НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3: ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Частина 5: Палі
(EN 1993-5:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-5:201X

(Друга, остаточна редакція)

Видання офіційне

Київ
Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

201X

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського»
ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **А. Гром**, к.т.н. (керівник розробки), **О. Кордун**, **Я. Левченко**, **Г. Ленда**, **Я. Лимар**, **В. Циховський**, д.т.н., **К. Павлова**, **О. Шимановський**, д.т.н.

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від «____» _____ 20__ № ____

3 Національний стандарт відповідає EN 1993-5:2007 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 5: Палі).
Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

Цей стандарт видано з дозволу CEN

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

Мінрегіон України, 20XX

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1993-5:2007 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 5: Палі).

EN 1993-5:2007 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріатом якого керує BSI.

До національного стандарту долучено англомовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1993-5:2007 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 5: Палі), викладена українською мовою.

Відповідно до ДБН А.1.1-1-2009 «Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення» цей стандарт відноситься до комплексу В.1.2 «Система надійності та безпеки в будівництві».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

Науково-технічна організація, відповідальна за цей стандарт, – ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського».

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей міжнародний стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Національний вступ», «Визначення понять» та «Бібліографічні дані» оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- з «Передмови до EN 1993-5» у цей «національний вступ» взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

Копії МС, неприйнятих як національні стандарти, на які є посилання в EN 1993-5:2007, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ».

ЗМІСТ

ВСТУП		**FOREWORD**	**VIII**
Основи програми Єврокоду		Background of the Eurocode programme	1
Статус та галузь застосування Єврокодів		Status and field of application of eurocodes	3
Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди		National Standards implementing Eurocodes	4
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs та ETAs) для виробів		Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products	5
Додаткова інформація щодо EN 1993-5		Additional information specific for EN 1993-5	5
Національний додаток до EN 1993-5		National annex for EN 1993-5	6
1	**Загальні положення**	**1 General**	8
1.1	Сфера застосування	1.1 Scope	8
1.2	Нормативні посилання	1.2 Normative references	9
1.3	Допущення	1.3 Assumptions	11
1.4	Відмінності між принципами та правилами застосування	1.4 Distinction between principles and application rules	12
1.5	Визначення	1.5 Definitions	12
1.6	Позначення	1.6 Symbols	12
1.7	Одиниці міжнародної системи	1.7 Units	14
1.8	Термінологія	1.8 Terminology	15
1.9	Умовні позначення осьових ліній шпунтових паль	1.9 Convention for sheet pile axes	26
2	**Основи проектування**	**2 Basis of design**	26
2.1	Загальні положення	2.1 General	26
2.2	Критерії граничного стану	2.2 Ultimate limit state criteria	27
2.3	Критерії граничного стану експлуатаційної надійності	2.3 Serviceability limit state criteria	28
2.4	Дослідження будівельного майданчика і характеристики ґрунту	2.4 Site investigation and soil parameters	29
2.5	Аналіз	2.5 Analysis	29
2.6	Проектування за допомогою випробувань	2.6 Design assisted by testing	31
2.7	Занурюваність	2.7 Driveability	32
3	**Властивості матеріалів**	**3 Material properties**	32
3.1	Загальні положення	3.1 General	32
3.2	Несучі палі	3.2 Bearing piles	33
3.3	Сталеві шпунтові палі гарячої прокатки	3.3 Hot rolled steel sheet piles	33
3.4	Сталеві шпунтові палі холодного штампування	3.4 Cold formed steel sheet piles	34
3.5	Профілі, які використовуються для обв`язок і зв'язок жорсткості	3.5 Sections used for waling and bracing	34
3.6	З'єднувальні пристрої	3.6 Connecting devices	34
3.7	Сталеві елементи, які використовуються для анкерів	3.7 Steel members used for anchors	34
3.8	Сталеві елементи, які використовуються для комбінованих стінок	3.8 Steel members used for combined walls	35
3.9	В'язкість руйнування	3.9 Fracture toughness	35
4 Тривала стійкість		**4 Durability**	36

4.1	Загальні положення	4.1 General 39
4.2	Вимоги до тривалої стійкості для несучих паль	4.2 Durability requirements for bearing piles 38
4.3	Вимоги до тривалої стійкості для рядів шпунтових паль	4.3 Durability requirements for sheet piling 39
4.4	Швидкості корозії для проектних розрахунків	4.4 Corrosion rates for design 39
5	**Граничні стани**	**5 Ultimate limit states** 41
5.1	Основні принципи	5.1 Basis 41
5.2	Шпунтовий ряд	5.2 Sheet piling 42
5.3	Несучі палі	5.3 Bearing piles 61
5.4	Стінки з високою межою міцності	5.4 High modulus walls 65
5.5	Комбіновані стінки	5.5 Combined walls 65
6	**Граничні стани експлуатаційної надійності**	**6 Serviceability limit states** 70
6.1	Основні принципи	6.1 Basis 70
6.2	Зміщення підпірних стінок	6.2 Displacements of retaining walls 70
6.3	Переміщення несучих паль	6.3 Displacements of bearing piles 71
6.4	Конструктивні аспекти рядів сталевих шпунтових паль	6.4 Structural aspects of steel sheet piling 71
7	**Анкери, схватки, зв'язки жорсткості та з'єднання**	**7 Anchors, walings, bracing and connections** 73
7.1	Загальні положення	7.1 General 73
7.2	Анкери	7.2 Anchorages 73
7.3	Поясні обв`язки і зв'язки жорсткості	7.3 Walings and bracing 76
7.4	Звя'зки	7.4 Connections 76
8	**Виконання**	**8 Execution** 85
8.1	Загальні положення	8.1 General 85
8.2	Установка сталевих шпунтових паль	8.2 Steel sheet piling 85
8.3	Несучі палі	8.3 Bearing piles 86
8.4	Анкерні кріплення	8.4 Anchorages 86
8.5	Обв`язки, зв'язки жорсткості та з'єднання	8.5 Walings, bracings and connections 86
Додаток А (обов`язковий) Тонкостінний ряд сталевих шпунтових паль		**A [normative] - Thin walled steel sheet piling** 87
A.1	Загальні положення	A.1 General 87
A.2	Основні принципи проектування	A.2 Basis of design 89
A.3	Властивості матеріалів і поперечні перерізи	A.3 Properties of materials and cross-sections 89
A.4	Локальна втрата стійкості	A.4 Local buckling 93
A.5	Опір поперечного перерізу	A.5 Resistance of cross-sections 95
A.6	Проектування на основі розрахунків	A.6 Design by calculation 101
A.7	Проектування на основі випробувань	A.7 Design assisted by testing 102
Додаток В (довідковий) Випробування сталевих тонкостінних шпунтових паль		**B [informative] - Testing of thin walled steel sheet piles** 104
B.1	Загальні положення	B.1 General 104
B.2	Випробування балки з одним прольотом	B.2 Single span beam test 104
B.3	Випробування проміжного опорного кріплення	B.3 Intermediate support test 106
B.4	Випробування балки з двома прольотами	B.4 Double span beam test 108
B.5	Оцінка результатів випробувань	B.5 Evaluation of test results 109

Додаток С (довідковий) Керівні вказівки по проектуванню рядів сталевих шпунтових паль **C [informative] - Guidance for the design of steel sheet piling** 111
С.1 Проектування поперечного перерізу шпунтової палі в граничному стані C.1 Design of sheet pile cross section at ultimate limit state 111
С.2 Граничний стан експлуатаційної надійності C.2 Serviceability limit state 115
Додаток D (довідковий) Первинні елементи комбінованих стінок **D [informative] - Primary elements of combined walls** **118**
D.1 Двотаврові профілі, використовувані як первинні елементів D.1 I-sections used as primary elements 118
D.2 Трубчасті палі, використовувані як первинні елементи D.2 Tubular piles used as primary elements 120
Технічна поправка **Technical amendment** 126

Вступ

Цей документ EN 1993-5:2007 підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого підтримується BSI.

Цьому Європейському стандарту буде наданий статус національного з публікацією ідентичного тексту або схваленням не пізніше серпня 2007 року і при скасуванні конфліктуючих національних стандартів не пізніше березня 2010 року.

У відповідності з внутрішніми постановами ЦЕНТР/CENELEC національні органи зі стандартизації таких країн зобов'язані здійснити імплементацію цього Європейського стандарту: Австрія, Бельгія, Болгарія, Кіпр, Чеська Республіка, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Ісландія, Ірландія, Італія, Латвія Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія

Швеція, Швейцарія і Об'єднав Королівство.

Даний Європейський стандарт замінює ENV 1993-5:1998.

CEN/TC 250 є відповідальним за всі Будівельні Єврокоди.

Foreword

This document EN 1993-5:2007 has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250 "Structural Eurocodes", the Secretariat for which is held by BSI.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by August 2007, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by March 2010.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

This European Standard supersedes ENV 1993-5:1998.

CEN/TC 250 is responsible for all Structural Eurocodes.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3: ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ
ЧАСТИНА 5: ПАЛІ

ЕВРОКОД 3: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ЧАСТЬ 5: СВАИ

EUROCODE 3: DESIGN OF STEEL STRUCTURES
PART 5: PILING

Чинний від _____

Основи програми Єврокоду

У 1975 році Комісія Європейської Спільноти вирішила розпочати програму дій у галузі будівництва на підставі статті 95 Договору. Метою програми було усунення технічних перешкод для торгівлі та узгодження технічних умов.

У рамках цієї програми дій Комісія взяла на себе ініціативу встановити систему узгоджених технічних правил для проектування будівель і споруд, які на першій стадії мали слугувати альтернативою чинним національним правилам держав-членів, а зрештою мали замінити їх.

Упродовж п’ятнадцяти років Комісія за допомогою Робочого комітету, до складу якого входили представники держав-членів, вела розробку програми Єврокодів, яка призвела до публікації комплекту першого покоління Європейських кодів у 80-х роках.

У 1989 році Комісія та держави-члени EU (Європейської Спільноти) та EFTA (Європейської Асоціації Вільної Торгівлі)

Background of the Eurocode programme

In 1975, the Commission of the European Community decided on an action programme in the field of construction, based on article 95 of the Treaty. The objective of the programme was the elimination of technical obstacles to trade and the harmonisation of technical specifications.

Within this action programme, the Commission took the initiative to establish a set of harmonised technical rules for the design of construction works which, in a first stage, would serve as an alternative to the national rules in force in the Member States and, ultimately, would replace them.

For fifteen years, the Commission, with the help of a Steering Committee with Representatives of Member States, conducted the development of the Eurocodes programme, which led to the first generation of European codes in the 1980s.

In 1989, the Commission and the Member States of the EU and EFTA decided, on the basis of an agreement[1] between the

на основі угоди[1] між Комісією та CEN (Європейським комітетом зі стандартизації) вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів CEN за допомогою серії мандатів, що в результаті надало б Єврокодам у майбутньому статусу Європейського стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і Рішень Комісії щодо Європейських стандартів (тобто Директиви Ради 89/106/EEC щодо будівельних виробів – CPD – та Директив Ради 93/37/EEC, 92/50/EEC та 89/440/EEC відносно суспільних робіт та послуг і еквівалентних директив EFTA, започаткованих з метою заснування внутрішнього ринку).

Commission and CEN, to transfer the preparation and the publication of the Eurocodes to the CEN through a series of Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN). This links *de facto* the Eurocodes with the provisions of all the Council's Directives and/or Commission's Decisions dealing with European standards (e.g. the Council Directive 89/106/EEC on construction products – CPD – and Council Directives 93/37/EEC, 92/50/EEC and 89/440/EEC on public works and services and equivalent EFTA Directives initiated in pursuit of setting up the internal market).

Структурна програма Єврокодів включає стандарти, які в основному складаються з декількох частин:

The Structural Eurocode programme comprises the following standards generally consisting of a number of Parts:

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

EN 1990 Eurocode 0: Basis of Structural Design

EN 1991 Єврокод 1: Дії на конструкції

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures

EN 1992 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures

EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

EN 1994 Єврокод 4: Проектування сталезалізобетонних конструкцій

EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures

EN 1995 Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures

EN 1996 Єврокод 6: Проектування кам'яних конструкцій

EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures

EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування

EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

EN 1998 Єврокод 8: Проектування сейсмостійких конструкцій

EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій.

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium structures.

Стандарти Єврокодів визнають відповідальність регуляторних органів держав-членів та захищають їх право на призначення величин, які пов'язані з регулюванням питань безпеки на

Eurocode standards recognise the responsibility of regulatory authorities in each Member State and have safeguarded their right to determine values related to regulatory safety matters at national level

[1]Угода між Комісією Європейської Спільноти та Європейським комітетом зі стандартизації (CEN) щодо роботи над Єврокодами для проектування будівель і споруд (BC/CEN/03/89).

[1]Agreement between the Commission of the European Communities and the European Committee for Standardisation (CEN) concerning the work on EUROCODES for the design of building and civil engineering works (BC/CEN/03/89).

національному рівні там, де вони відрізняються.

Статус та галузь застосування Єврокодів

Держави-члени EU та EFTA визнають, що Єврокоди діють як еталонні документи для таких цілей:

– як засіб доведення відповідності будівель і споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі № 1 – Механічна стійкість та стабільність – і основній вимозі № 2 – Пожежна безпека;

– як основа для укладання контрактів для будівель і споруд та пов'язаних з ними інженерних послуг;

– як основа для складання узгоджених технічних специфікацій для будівельних виробів (ENs та ETAs).

Єврокоди, оскільки вони безпосередньо відносяться до будівельних споруд, мають прямий зв'язок із тлумачними документами[2] розділу 12 CPD, незважаючи та те, що вони мають різну природу з гармонізованими стандартами на вироби[3]. Таким чином, технічні аспекти, які випливають з Єврокодів для

where these continue to vary from State to State.

Status and field of application of Eurocodes

The Member States of the EU and EFTA recognise that Eurocodes serve as reference documents for the following purposes:

– as a means to prove compliance of building and civil engineering works with the essential requirements of Council Directive 89/106/ EEC, particularly Essential Requirement № 1 – Mechanical resistance and stability – and Essential Requirement № 2 – Safety in case of fire;

– as a basis for specifying contracts for construction works and related engineering services;

– as a framework for drawing up harmonised technical specifications for construction products (ENs and ETAs)

The Eurocodes, as far as they concern the construction works themselves, have a direct relationship with the Interpretative Documents[2] referred to in Article 12 of the CPD, although they are of a different nature from harmonised product standards[3]. Therefore, technical aspects arising from the Eurocodes work need to be adequately

[2]Відповідно до ст. 3.3 документа CPD основні вимоги (ER) отримають конкретну форму у тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між основними вимогами та мандатами для гармонізованих EN та ETAG/ETA.

[3]Відповідно до ст. 12 CPD тлумачні документи мають:

a) надати конкретної форми основним вимогам, узгодивши термінологію і технічні засади і вказавши класи або рівні для кожної вимоги, де це необхідно;

b) вказати методи встановлення співвідношення між цими класами або рівнями вимог із технічними вимогами, наприклад, методи розрахунку і перевірки, технічні правила проектування і т. ін.;

c) слугувати рекомендацією для встановлення узгоджених стандартів і настанов для Європейського технічного ухвалення.

Єврокоди фактично відіграють подібну роль у сфері ER 1 і частині ER 2.

[2]According to Art. 3.3 of the CPD, the essential requirements (ERs) shall be given concrete form in interpretative documents for the creation of the necessary links between the essential requirements and the mandates for harmonised ENs and ETAGs/ETAs.

[3]According to Art. 12 of the CPD the interpretative documents shall :

a) give concrete form to the essential requirements by harmonising the terminology and the technical bases and indicating classes or levels for each requirement where necessary;

b) indicate methods of correlating these classes or levels of requirement with the technical specifications, e.g. methods of calculation and of proof, technical rules for project design, etc.;

c) serve as a reference for the establishment of harmonised standards and guidelines for European technical approvals.

The Eurocodes, de facto, play a similar role in the field of the ER 1 and a part of ER 2.

будівель і споруд, повинні в повній мірі бути розглянутими Технічними комітетами CEN та/чи робочими групами EOTA, які розробляють стандарти на будівельні вироби, з позицій досягнення повної сумісності технічних специфікацій з Єврокодами.

considered by CEN Technical Committees and/or EOTA Working Groups working on product standards with a view to achieving a full compatibility of these technical specifications with the Eurocodes.

Стандарти Єврокодів регламентують загальні правила проектування для практичного використання всіх конструкцій та їх компонентів як традиційного, так і інноваційного характеру. Унікальні форми конструкції або умови проектування не охоплюються, і в таких випадках проектувальнику потрібен додатковий експертний розгляд.

The Eurocode standards provide common structural design rules for everyday use for the design of whole structures and component products of both a traditional and an innovative nature. Unusual forms of construction or design conditions are not specifically covered and additional expert consideration will be required by the designer in such cases.

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди

National Standards implementing Eurocodes

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди, завжди включають повний текст Єврокоду (включаючи всі додатки), виданий CEN, якому можуть передувати Національний титульний лист та Національна передмова, а також можуть супроводжуватися Національним додатком.

The National Standards implementing Eurocodes will comprise the full text of the Eurocode (including any annexes), as published by CEN, which may be preceded by a National title page and National foreword, and may be followed by a National Annex.

Національний додаток може включати інформацію відносно тих параметрів, які залишилися відкритими в Єврокодах для національного вибору, відомі як національно визначені параметри для використання при проектуванні будівель та інженерних споруд, що будуть зведені у зацікавленій країні, а саме:

The National Annex may only contain information on those parameters which are left open in the Eurocode for national choice, known as Nationally Determined Parameters, to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the country concerned, i.e.:

– значення часткових коефіцієнтів надійності та/або класифікацію випадків, для яких Єврокод регламентує використання альтернатив;

– values for partial factors and/or classes where alternatives are given in the Eurocode,

– значення, які слід використовувати там, де в Єврокоді наведено тільки символ;

– values to be used where a symbol only is given in the Eurocode,

– специфічні дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта вітру;

– country specific data (geographical, climatic, etc.), e.g. wind map,

– конкретні методики для тих випадків, коли Єврокод регламентує використання альтернатив.

– the procedure to be used where alternative procedures are given in the Eurocode.

Вони можуть також містити:

– рекомендації щодо застосування довідкових додатків;

– посилання на додаткову інформацію, яка не суперечить нормативним вимогам і допомагає при користуванні Єврокодами.

Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs та ETAs) для виробів

Необхідна узгодженість між гармонізованими технічними специфікаціями для будівельних виробів та технічними правилами для будівель і споруд та будівельних робіт. Крім того, у повній інформації, яка супроводжує СЕ маркування будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, має бути чітко зазначено, які національно визначені параметри були взяті до уваги.

Додаткова інформація щодо EN 1993-5

Викладені у цьому документі матеріали не повторюються. EN 1993-5 розроблено для використання:

- групами, що розроблюють ескізні проекти споріднених товарів, експерименти та виробничі стандарти,

- замовниками (наприклад для формулювання особливих вимог)

- проектувальниками та конструкторами

- компетентними органами.

Числові значення для часткових коефіцієнтів та інших параметрів рекомендуються як основні значення, що забезпечують прийнятний рівень безпеки. Вони обираються за умови забезпечення відповідного кваліфікаційного рівня та

[4] Див. Ст. 3.3 та ст. 12 CPD, а також пункти 4.2, 4.3.1, 4.3.2 та 5.2б ID 1

It may also contain

– decisions on the use of informative annexes, and

– references to non-contradictory complementtary information to assist the user to apply the Eurocode.

Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products

There is a need for consistency between the harmonised technical specifications for construction products and the technical rules for works[4]. Furthermore, all the information accompanying the CE Marking of the construction products which refer to Eurocodes shall clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

Additional information specific for EN 1993-5

Matters that are already covered in those documents are not repeated. EN 1993-5 is intended for use by

- committees drafting design related product, testing and execution standards,

- clients (e.g. for the formulation of their specific requirements)

- designers and constructors

- relevant authorities.

Numerical values for partial factors and other parameters are recommended as basic values that provide an acceptable level of safety. They have been selected assuming that an appropriate level of workmanship

[4] See Art. 3.3 and Art. 12 of the CPD, as well as clauses 4.2, 4.3.1, 4.3.2 and 5.2 of ID 1.

загальної корисності.

Додаток A Та додаток Відготовані щоб доповнити дані EN 1993-1-3 для 4 класу сталевих шпунтових паль.

Додаток C надає керівництво щодо розрахунку з урахуванням пластичності для утримуючих конструкцій сталевих шпунтових паль.

Додаток D наводить порядок розрахунку основних елементів комбінованих стін.

Особливості геотехнічного розрахунку не охоплюються цим документом і викладені у EN 1997.

and quality management applies.

Annex A and Annex B have been prepared to complement the provisions of EN 1993-1-3 for class 4 steel sheet piles.

Annex C gives guidance on the plastic design of steel sheet pile retaining structures.

Annex D gives one possible set of design rules for primary elements of combined walls.

Reference should be made to EN 1997 for geotechnical design which is not covered in this document.

Національний додаток до EN 1993-5

У цьому стандарті наведені альтернативні методи, оцінки і рекомендації з примітками, які вказують, де необхідно зробити національні вибір. Таким чином, національний стандарт, який імплементує EN 1993-5, повинен мати Національний додаток, до якого включено усі національно визначені параметри, які використовуються при проектуванні сталевих конструкцій, що будуть побудовані у відповідній країні.

Національний вибір дозволено для EN 1993-5 за допомогою:

− 3.7 (1)
− 3.9 (1)P
− 4.4 (1)
− 5.1.1 (4)
− 5.2.2 (2)
− 5.2.2 (13)
− 5.2.5 (7)
− 5.5.4 (2)
− 6.4 (3)
− 7.1 (4)
− 7.2.3 (2)
− 7.4.2 (4)

National annex for EN 1993-5

This standard gives alternative procedures, values and recommendations with notes indicating where

national choices may have to be made. Therefore the National Standard implementing EN 1993-5

should have a National Annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of steel structures to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1993-5 through:

− 3.7 (1)
− 3.9 (1)P
− 4.4 (1)
− 5.1.1 (4)
− 5.2.2 (2)
− 5.2.2 (13)
− 5.2.5 (7)
− 5.5.4 (2)
− 6.4 (3)
− 7.1 (4)
− 7.2.3 (2)
− 7.4.2 (4)

− A.3.1 (3)
− B.5.4 (1)
− D.2.2 (5)

− A.3.1 (3)
− B.5.4 (1)
− D.2.2 (5)

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Сфера застосування

(1) У частині 5 EN 1993 визначено принципи та правила застосування для проектування в будівництві несучих паль і шпунтових паль, виготовлених зі сталей.

(2) Крім того, в ньому наводяться приклади підготовки детальних креслень для фундаменту і конструкцій підпірних стінок.

(3) В межі області застосування входять:

– сталеві пальові фундаменти для споруд цивільного будівництва на землі і на воді;

– тимчасові і постійні конструкції, необхідні для виконання сталевих пальових споруд;

– тимчасові чи постійні підпірні конструкції, що складаються із сталевих шпунтових паль, включаючи всі види комбінованих стінок.

(4) В межі області застосування не входять:

– платформи на палях;

– пальові кущі;

(5) У частині 5 EN 1993 наведені також правила застосування сталевих паль-оболонок, заповнених бетоном.

(6) Спеціальні вимоги по проектуванню сейсмостійких конструкцій не включені в даний документ. Опис випадків, в яких наслідки зсуву ґрунту через землетрус є значними, див. у EN 1998.

(7) Також положення з проектування схваток, зв'язок і анкерних кріплень див. у розділі 7.

(8) Проектування сталевих шпунтових стінок з використанням поперечних перерізів класів 1, 2 і 3 входить до розділів 5 і 6, а

1. GENERAL

1.1 Scope

(1)P art 5 of EN 1993 provides principles and application rules for the structural design of bearing piles and sheet piles made of steel.

(2) It also provides examples of detailing for foundation and retaining wall structures.

(3) The field of application includes:

– steel piled foundations for civil engineering works on land and over water;

– temporary or permanent structures needed to carry out steel piling work;

– temporary or permanent retaining structures composed of steel sheet piles, including all kinds of combined walls.

(4) The field of application excludes:

– offshore platforms;

– dolphins.

(5)P art 5 of EN 1993 also includes application rules for steel piles filled with concrete.

(6) Special requirements for seismic design are not covered. Where the effects of ground movements caused by earthquakes are relevant see EN 1998.

(7) Design provisions are also given for walings, bracing and anchorages, see section 7.

(8) The design of steel sheet piling using class 1, 2 and 3 cross-sections is covered in sections 5 and 6, whereas the design of class 4 cross-sections is

проектування поперечних перерізів класу 4 описано в додатку A.

Примітка. Випробування шпунтових паль класу 4 описано в додатку B.

(9) В методиках проектування для U-подібних паль з обтисненням і прямих сталевих шпунтових паль використовується несуча здатність, яка отримана у випробуваннях. Інформація щодо методів випробувань наведена у EN 10248.

(10) Геотехнічні аспекти не увійшли до цього документа. Їх можна знайти в EN 1997.

(11) Положення з врахування впливів корозії в проектуванні пальового ряду наводяться в розділі 4.

(12) Допуски для загального аналізу пластичності відповідно до 5.4.3
EN 1993-1-1 наводяться в 5.2 даного стандарту.

Примітка Вказівки по проектуванню стінок із сталевих шпунтових паль, яке враховує загальний аналіз пластичності, наведені в додатку C

(13) Проектування комбінованих стінок при граничних станах описано в розділі 5, включаючи загальні положення по проектуванню первинних елементів.

Примітка. Вказівки по проектуванню трубчастих паль і двотаврових профілів, які використовуються в якості первинних елементів, наведено в додатку D.

1.2 Нормативні посилання

Даний Європейський стандарт включає у вигляді датованих і недатованих посилань положення інших публікацій. Ці нормативні посилання наводяться у відповідних

covered in annex A.

NOTE: The testing of class 4 sheet piles is covered in annex B.

(9) The design procedures for crimped U-piles and straight web steel sheet piles utilise design resistances obtained by testing. Reference should be made to EN 10248 for testing procedures.

(10) Geotechnical aspects are not covered in this document. Reference is made to EN 1997.

(11)P rovisions for taking into account the effects of corrosion in the design of piling are given in section 4.

(12) Allowance for plastic global analysis in accordance with 5.4.3 of EN 1993-1-1 is given in 5.2.

NOTE: Guidance for the design of steel sheet pile walls allowing for plastic global analysis is given in Annex C.

(13) The design of combined walls at ultimate limit states is covered in section 5 including general provisions for the design of primary elements.

NOTE: Guidance for the design of both tubular piles and I-sections used as primary elements is given in Annex D.

1.2 Normative references

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated

місцях у тексті, а самі публікації перераховані нижче. Що стосується датованих посилань, пізніших поправок або редакцій, для цього Європейського стандарту можуть бути застосовані будь-які такі публікації, тільки якщо вони включені в нього із зазначенням поправки або редакції. Для недатованих посилань може застосовуватися останнє видання публікації, на яку дається посилання.	references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies.
EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій	EN 1990 Eurocode: Basis of structural design
EN 1991 Єврокод 1: Дії на конструкції	EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures
EN 1992 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій	EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures
EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій	EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures
Частина 1.1. Загальні правила. Загальні правила і правила для споруд	Part 1.1: General rules: General rules and rules for buildings;
Частина 1.2. Загальні правила. Протипожежне будівельне проектування	Part 1.2: General rules: Structural fire design;
Частина 1.3. Загальні правила. Додаткові правила для тонкостінних елементів і листового матеріалу холодного штампування	Part 1.3: General rules: Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting;
Частина 1.5. Загальні правила. Пластинчасті конструктивні елементи	Part 1.5: General rules: Plated structural elements;
Частина 1.6. Загальні правила. Міцність та стійкість оболонок	Part 1.6: General rules: Strength and stability of shell structures
Частина 1.8. Загальні правила. Проектування з'єднань	Part 1.8: General rules: Design of joints
Частина 1.9. Загальні правила. Втома	Part 1.9: General rules: Fatigue
Частина 1.10. Загальні правила. Ударна в'язкість	Part 1.10: General rules: Material toughness and through-thickness properties
Частина 1.11. Загальні правила. Проектування конструкцій з натяжними компонентами, виготовленими із сталей	Part 1.11: General rules: Design of structures with tension components made of steel
EN 1994 Єврокод 4: Проектування сталезалізобетонних конструкцій	EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures
EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування	EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

EN 1998 Єврокод 8: Проектування сейсмостійких конструкцій	EN 1998 Eurocode 8: Earthquake resistant design of structures;
EN 10002 Матеріали металеві. Випробування на розтяг	EN 10002 Metallic materials; tensile testing;
EN 10027 Системи класифікування сталі	EN 10027 Designation systems for steel;
EN 10210 Профілі трубчасті (порожнисті) гарячого формування з нелегованих і дрібнозернистих конструкційних сталей	EN 10210 Hot finished structural hollow sections of non-alloy fine grain structural steels;
EN 10219 Порожнисті зварні профілі холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих конструкційних сталей	EN 10219 Cold formed structural hollow sections of non-alloy fine grain structural steels;
EN 10248 Шпунтові стінки паль гарячої прокатки з нелегованих сталей	EN 10248 Hot rolled sheet piling of non alloy steels;
EN 10249 Шпунтові стінки паль холодного штампування з нелегованих сталей	EN 10249 Cold formed sheet piling of non alloy steels;
EN 1536 Виконання спеціальних геотехнічних споруд. Буронабивні палі	EN 1536 Execution of special geotechnical work - Bored piles;
EN 1537 Виконання спеціальних геотехнічних споруд. Ґрунтові анкери	EN 1537 Execution of special geotechnical work - Ground anchors;
EN 12063 Виконання спеціальних геотехнічних споруд. Стінки з шпунтових паль	EN 12063 Execution of special geotechnical work - Sheet-pile walls;
EN 12699 Виконання спеціальних геотехнічних споруд. Забивні палі	EN 12699 Execution of special geotechnical work - Displacement piles;
EN 14199 Виконання спеціальних геотехнічних споруд. Ґ рунтоцементні палі	EN 14199 Execution of special geotechnical work - Micro piles;
EN 10045 Матеріали металеві. Випробування на ударний вигин за Шарпі.	EN 10045 Metallic materials; Charpy impact test;
EN 1090-2 Виконання сталевих конструкцій і алюмінієвих конструкцій. Частина 2: Технічні вимоги до сталевих конструкцій	EN 1090-2 Execution of steel structures and aluminium structures, Part 2: Technical requirements for steel structures.

1.3 Допущення

(1) На додаток до загальних допущень EN 1990 застосовуються такі допущення:

1.3 Assumptions

(1) In addition to the general assumptions in EN 1990 the following assumptions apply:

Встановлення і спорудження сталевих паль і сталевих шпунтових паль відповідає положенням EN 12699, EN 14199 і EN 12063.

1.4 Відмінності між принципами та правилами застосування

(1)P Наведено у 1.4, EN 1990.

1.5 Визначення

Цілі даного стандарту передбачають використання таких визначень:

1.5.1 *фундамент*

Частина будівельної споруди, що включає в себе палі і, можливо, наголовники паль.

1.5.2 *підпірна конструкція*

Будівельний елемент, що включає в себе стінки, які підпирають ґрунт, подібний до нього матеріал та/або воду і при необхідності – їх опорні системи (наприклад, анкерування).

1.5.3 *взаємодія ґрунту*

Взаємний вплив деформацій у ґрунті та фундаменті чи підпорній конструкції.

1.6 Позначення

(1) Окрім позначень, наведених у EN 1993-1-1, застосовуються такі позначення:

c – апофема переборки із сталевих шпунтових паль (див. рис. 5.1);

α – кут нахилу переборки (рис. 5.1);

(2) Окрім індексів, наведених у стандарті EN 1993-1-1, застосовується наступний підрядковий індекс:

red – зменшений

(3) На додаток до символів, наведених в стандарті EN 1993-1-1, застосовуються такі важливі символи:

A_v – площа проектованої площі зсуву (рисунок 5.1);

Installation and fabrication of steel piles and steel sheet piles are in accordance with EN 12699, EN 14199 and EN 12063.

1.4 Distinction between principles and application rules

(1)P Reference shall be made to 1.4 of EN 1990.

1.5 Definitions

For the purpose of this standard, the following definitions apply:

1.5.1 *foundation*

Part of a construction work including piles and possibly their pile cap.

1.5.2 *retaining structure*

A construction element including walls retaining soil, similar material and/or water, and, where relevant, their support systems (e.g. anchorages).

1.5.3 *soil-structure interaction*

The mutual influence of deformations on soil and a foundation or a retaining structure.

1.6 Symbols

(1) In addition to those given in EN 1993-1-1, the following main symbols are used:

c – slant height of the web of steel sheet piles, see Figure 5.1;

α – inclination of the web, see Figure 5.1.

(2) In addition to those given in EN 1993-1-1, the following subscripts are used:

red – reduced.

(3) In addition to those given in EN 1993-1-1, the following major symbols are used:

A_v – projected shear area, see Figure 5.1;

F_{Ed} – розрахункове значення анкерного зусилля;

F_{Ed} – design value of the anchor force;

$F_{Q,Ed}$ – додаткове горизонтальне зусилля, що виникає в результаті загального поздовжнього вигину, якому чинить опір п`ята шпунтової палі, при допущенні режиму неколивального поздовжнього вигину (див. рисунок 5.4);

$F_{Q,Ed}$ – additional horizontal force resulting from global buckling to be resisted by the toe of a sheet pile to allow for the assumption of a non-sway buckling mode, see Figure 5.4;

$F_{t,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню анкера;

$F_{t,Rd}$ – design tension resistance of an anchor;

$F_{t,Ed}$ – розрахункове значення окружного розтягуючого зусилля в комірчастій перемичці;

$F_{t,Ed}$ – design value of the circumferential tensile force in a cellular cofferdam;

$F_{t,ser}$ – осьове зусилля в анкері при характеристичному навантаженні;

$F_{t,ser}$ – axial force in an anchor under characteristic loading;

$F_{ta,Ed}$ – розрахункова сила розтягування в дуговій комірці комірчастої перемички;

$F_{ta,Ed}$ – design tensile force in the arc cell of a cellular cofferdam;

$F_{tc,Ed}$ – розрахункова сила розтягування в загальній стінці комірчастої перемички;

$F_{tc,Ed}$ – design tensile force in the common wall of a cellular cofferdam;

$F_{tg,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню стрижнів анкерів;

$F_{tg,Rd}$ – design tensile resistance of shafts of anchors;

$F_{tm,Ed}$ – розрахункова сила розтягування в головній комірці комірчастої перемички;

$F_{tm,Ed}$ – design tensile force in the main cell of a cellular cofferdam;

$F_{ts,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню простих прямих сталевих шпунтових паль у переборці;

$F_{ts,Rd}$ – design tensile resistance of simple straight web steel sheet piles;

$F_{tt,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню різьби анкерів;

$F_{tt,Rd}$ – design tensile resistance of threads of anchors;

$R_{c,Rd}$ – розрахунковий опір шпунтової палі локальній поперечній силі;

$R_{c,Rd}$ – design resistance of a sheet pile to a local transverse force;

$R_{tw,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню перегородок з шпунтових паль прикладенню локальної поперечної силі;

$R_{tw,Rd}$ – design tensile resistance of the webs of a sheet pile to the introduction of a local transverse force;

$R_{Vf,Rd}$ – розрахунковий опір зрушенню полки шпунтової палі прикладенню локальної поперечної сили;

$R_{Vf,Rd}$ – design shear resistance of the flange of a sheet pile to the introduction of a local transverse force;

$p_{m,Ed}$ – розрахункове значення внутрішнього тиску, що діє в головній комірці комірчастої

$p_{m,Ed}$ – design value of the internal pressure acting in the main cell of a cellular cofferdam;

перемички;

r_a – початковий радіус дугової комірки в комірчастій перемичці;

r_m – початковий радіус основної комірки в комірчастій перемичці;

t_f – номінальна товщина полиці сталевої шпунтової палі;

t_w – номінальна товщина стінки зі сталевих шпунтових паль;

β_B – коефіцієнт, що враховує можливе зниження моменту опору перерізу U-подібних паль в результаті недостатньої передачі зусилля зсуву в замкові з'єднання;

β_D – коефіцієнт, що враховує можливе зниження жорсткості при згині U-подібних паль в результаті недостатньої передачі зусилля зсуву в замкові з'єднання;

β_R – коефіцієнт, що враховує опір замкового з'єднання прямих сталевих шпунтових паль у стінці;

β_T – коефіцієнт, що враховує поведінку палі зі зварним з'єднанням в граничних станах;

$\beta_{o,I}$ – коефіцієнт, що враховує зниження другого моменту площі навколо осі стінки в результаті втрати круглої форми (овалізації) труби;

ρ_P – коефіцієнт, що враховує впливи диференціального тиску води на місцевий поперечний вигин пластини.

(4) Додаткові символи визначаються там, де використовуються в перший раз.

r_a – initial radius of the arc cell in a cellular cofferdam;

r_m – initial radius of the main cell in a cellular cofferdam;

t_f – nominal flange thickness of a steel sheet pile;

t_w – nominal web thickness of steel sheet piles;

β_B – factor accounting for the possible reduction of the section modulus of U-piles due to insufficient shear force transmission in the interlocks;

β_D – factor accounting for the possible reduction of the bending stiffness of U-piles due to insufficient shear force transmission in the interlocks;

β_R – factor accounting for the interlock resistance of straight web steel sheet piles;

β_T – factor accounting for the behaviour of a welded junction pile at ultimate limit states;

$\beta_{o,I}$ – factor accounting for the reduction of the second moment of area about the wall axis due to the ovalisation of the tube;

ρ_P – factor accounting for the effects of differential water pressure on transverse local plate bending.

(4) Further symbols are defined where they first occur.

1.7 Одиниці міжнародної системи

(1) Одиниці міжнародної системи слід використовувати відповідно до ISO 1000.

(2) Для використання в розрахунках рекомендуються наступні одиниці виміру:

– сила і навантаження: кілоньютон (кН), кілоньютон на метр (кН / м),

1.7 Units

(1) S.I. units should be used in accordance with ISO 1000.

(2) The following units are recommended for use in calculations:

– forces and loads: kN, kN/m, kN/m^2;

кілоньютон на метр квадратний (кН/м^2);

– одиниця маси: кілограм на метр кубічний (кг/м^3);

– unit mass: kg/m^3;

– питома вага: кілоньютон на метр кубічний - (кН/м^3);

– unit weight: kN/m^3;

– напруга і міцність: Ньютон на міліметр квадратний - (Н/мм^2) (МН/м^2 або МПа);

– stresses and strengths: N/mm² (MN/m^2 or MPa);

– згинальний момент: кілоньютон-метр - (кН м);

– bending moments: kNm;

– крутильний момент: кілоньютон-метр - (кН м).

– torsional moments: kNm.

1.8 Термінологія

1.8 Terminology

Цілі даного стандарту передбачають використання таких визначень:

For the purposes of this Standard, the following terminology is used:

Примітка. Рисунки 1.1–1.10 показують лише приклади, вони представлені для того, щоб полегшити розуміння формулювань використовуваної термінології. Приклади ні в якому разі не є вичерпними і не відображають усі необхідні деталі.

NOTE: Figure 1.1 to Figure 1.10 are only examples and are provided in order to enhance the understanding of the wording of the terminology used. The examples are by no means exhaustive and they do not represent any preferred detailing.

1.8.1 *Анкерне кріплення*

1.8.1 *Anchorage*

Загальний вираз, що використовується для опису анкерної системи на зворотному боці підпірної стінки, наприклад, анкерні блоки, анкерні плити або анкерні щити, ґвинтові анкерні болти, ґрунтові анкери, анкерні палі і розширювані частини. Приклади з'єднань між анкерами і стінкою шпунтових паль показані на рисунку 1.1.

The general expression used to describe the anchoring system at the back of a retaining wall, such as deadman anchors, anchor plates or anchor screens, screw anchors, ground anchors, anchor piles and expanded bodies. Examples of connections between anchors and a sheet pile wall are shown in Figure 1.1.

1.8.2 *Стінка з анкерним кріпленням*

1.8.2 *Anchored wall*

Стінка, стійкість якої залежить від глибини проникнення шпунтових паль у ґрунт, а також від одного або більше рівнів анкерів.

A wall whose stability depends upon penetration of the sheet piling into the ground and also upon one or more anchor levels.

1.8.3 *Несучі палі*

1.8.3 *Bearing piles*

Конструктивні елементи (порожнисті, широкополочні двотаврові, хрестоподібні або хрестові поперечні перерізи), вбудовані в фундаменти будівель або споруд цивільного будівництва, що використовуються

Structural elements (hollow type, H-type, cruciform or X-type cross-sections) incorporated into the foundations of building or civil engineering works and used for resisting axial compressive or tensile forces, moments and transverse (shear) forces (see Table 1.1). The bearing resistance is achieved by

для опору осьовим стискаючим або розтягуючим зусиллям, моментам і поперечним (зрушуючим) зусиллям (див. таблицю 1.1). Несуча здатність досягається за допомогою стійкості основи, сили тертя стержня або комбінації того й іншого.

base resistance or shaft friction or a combination of both.

1.8.4 ***Зв'язки жорсткості***

Розпорки, перпендикулярні або під кутом до передньої поверхні підпірної стінки, які підтримують стінку і, як правило, сполучені з зв`язуючими елементами (див. рисунок 1.2).

1.8.4 ***Bracing***

Struts perpendicular or at an angle to the front face of a retaining wall, supporting the wall and usually connected to the walings (see Figure 1.2).

1.8.5 ***Консольна стінка***

Стінка, стійкість якої залежить виключно від глибини проникнення шпунтових паль в ґрунт.

1.8.5 ***Cantilever wall***

Wall whose stability depends solely upon the penetration of the sheet piling into the ground.

1.8.6 ***Комірчасті перемички***

Перемички, сконструйовані з прямих профілів стінки з блокуванням опору при розтягуванні, достатнім для опору окружному розтягуванню, що виникає в комірчастій стінці в результаті радіального тиску наповнення (див. рисунок 1.3). Стійкість цих комірок досягається за допомогою власної ваги наповнення. Існують два основних типи комірчастих перемичок:

1.8.6 ***Cellular cofferdams***

Cofferdams constructed of straight web profiles with interlock tensile strength sufficient to resist the circumferential tension developed in the cellular walls due to the radial pressure of the contained fill (see Figure 1.3). The stability of these cells is obtained by the self-weight of the fill. Two basic types of cellular cofferdams are:

– комірчасті перемички, що включають в себе кільцеві комірки: такий тип перемички складається з окремих комірок великого діаметру, з'єднаних між собою дугами меншого діаметра (див. рисунок 1.4 a).

– cellular cofferdams involving circular cells: this type of cofferdam consists of individual cells of large diameter connected together by arcs of smaller diameter (see Figure 1.4a);

– комірчасті перемички, що включають в себе діафрагмові комірки: такий тип перемички складається з двох рядів кільцевих дуг, з'єднаних між собою діафрагмами, перпендикулярно до осі перемички (див. рисунок 1.4 b).

– cellular cofferdams involving diaphragm cells: This type of cofferdam consists of two rows of circular arcs connected together by diaphragms perpendicular to the axis of the cofferdam (see Figure 1.4b).

1.8.7 ***Комбіновані стінки***

Підпірні стінки, що складаються з первинних і вторинних елементів. Первинними елементами, як правило,

1.8.7 ***Combined walls***

Retaining walls composed of primary and secondary elements. The primary elements are normally steel tubular piles, I-sections or built up box types, spaced

є сталеві трубчасті палі, двотаврові профілі або збірні коробчаті профілі з однаковими інтервалами по довжині стінки. Вторинними елементами, як правило, є сталеві шпунтові палі різних типів, встановлені в проміжках між первинними елементами і з'єднані з ними замковими з'єднаннями (див. рисунок 1.5).

uniformly along the length of the wall. The secondary elements are generally steel sheet piles of various types installed in the spaces between the primary elements and connected to them by interlocks (see Figure 1.5).

1.8.8 ***Подвійна U- подібна паля***

Дві поодинокі переплетені U-подібні шпунтові палі із загальним обтискним або зварним замком, з урахуванням передачі зсувного зусилля

1.8.8 ***Double U-pile***

Two threaded single U sheet piles with a crimped or welded common interlock allowing for shear force transmission.

1.8.9 ***Занурюваність***

Здатність шпунтової палі або несучої палі занурюватися через пласти ґрунту до необхідної глибини проникнення без негативних впливів.

1.8.9 ***Driveability***

The ability of a sheet pile or bearing pile to be driven through the ground strata to the required penetration depth without detrimental effects.

1.8.10 ***Занурення***

Метод установки палі в ґрунт на необхідну глибину, наприклад, ударне занурення, віброзанурення, пресування чи ґвинтове занурення, або за допомогою комбінації цих чи інших методів

1.8.10 ***Driving***

Any method for installing a pile into the ground to the required depth, such as impact driving, vibrating, pressing or screwing or by a combination of these or other methods.

1.8.11 ***Стінка з високою межою міцності***

Високоміцна підпірна стінка, сформована з'єднаними в замок сталевими елементами, що мають однакову геометрію. Елементи можуть складатися із збірних профілів (див. рисунок 1.6) для досягнення високого моменту опору перерізу.

1.8.11 ***High modulus wall***

A high strength retaining wall formed by interlocking steel elements that have the same geometry. The elements may consist of fabricated profiles, see Figure 1.6, to obtain a high section modulus.

1.8.12 ***Замкове з'єднання***

Частина сталевої шпунтової палі або іншої шпунтової стінки, що з'єднує сусідні елементи за допомогою крильчатої гайки і штиря чи аналогічної конфігурації для виконання безперервної стінки. Замкові з'єднання можна описати таким чином:

1.8.12 ***Interlock***

The portion of a steel sheet pile or other sheeting that connects adjacent elements by means of a thumb and finger or similar configuration to make a continuous wall. Interlocks may be described as:

– вільні: різьбові замкові з'єднання,

– free: threaded interlocks that are neither crimped

які не стискаються та не зварюються;

– стислі: замкові з'єднання поодиноких переплетених паль, які з'єднані механічно з точками обтиску;

– зварні: замкові з'єднання поодиноких переплетених паль, які з'єднані механічно за допомогою безперервного або переривчастого зварювання.

nor welded;

– crimped: interlocks of threaded single piles that have been mechanically connected by crimped points;

– welded: interlocks of threaded single piles that have been mechanically connected by continuous or intermittent welding.

1.8.13 ***Зигзагоподібна стінка***

Специфічна конфігурація шпунтової палі, при якій поодинокі палі розташовуються або для підвищення моменту інерції стінки (див. рисунок 1.7) або для узгодження спеціальних застосувань (див. рисунок 1.8).

1.8.13 ***Jagged wall***

Special sheet pile wall configuration in which the single piles are arranged either to enhance the moment of inertia of the wall (see example in Figure 1.7) or to suit special applications (see example in Figure 1.8).

1.8.14 ***Зчеплення палі***

Механічна фрикційна муфта, яка використовується для подовження сталевої трубчастої або Х-подібної палі.

1.8.14 ***Pile coupler***

A mechanical friction sleeve used to lengthen a steel tubular or X shaped pile.

1.8.15 ***Шарнірно-оперта стінка***

Підпірна стінка, стійкість якої залежить від глибини проникнення шпунтових паль у ґрунт, а також від одного або більше рівня зв'язки жорсткості.

1.8.15 ***Propped wall***

A retaining wall whose stability depends upon penetration of the sheet piling into the ground and also upon one or more levels of bracing.

1.8.16 ***Стінка з паль огородження або напрямних паль***

Стінки огородження або направляючі пальові стінки з вертикальних паль (напрямні, провідні палі або палі огородження), які занурюються з інтервалами та підтримують проміжні горизонтальні елементи (дерев'яну обшивку, планки або затяжки) (див. рисунок 1.9). Напрямними або провідними палями можуть бути прокатні або зварні двотаврові профілі, трубчасті або коробчаті профілі.

1.8.16 ***Soldier or king pile wall***

Soldier or king pile walls consist of vertical piles (king, master or soldier piles) driven at intervals, supporting intermediate horizontal elements (boarding, planks or lagging), see Figure 1.9. The king or master piles may be rolled or welded I-sections, tubular or box sections.

1.8.17 ***Сталеві коробчаті палі***

Палі з некруговою порожнистою геометрією, зроблені з двох або більше гарячекатаних профілів, безперервно або переривчасто

1.8.17 ***Steel box piles***

Piles with a non-circular hollow shape formed from two or more hot-rolled sections continuously or intermittently welded together in longitudinal direction (see Table 1.1).

зварених один з одним в подовжньому напрямку (див. таблицю 1.1).

1.8.18 ***Сталеві трубчасті палі***

Палі з круглим поперечним перерізом, складені із застосуванням безшовного, поздовжнього або спірального зварювання (див. таблицю 1.1).

1.8.18 ***Steel tubular piles***

Piles of circular cross-section formed by the seamless, longitudinal or helical welding processes (see Table 1.1).

1.8.19 ***Сталева шпунтова паля***

Окремі сталеві елементи, з яких складається шпунтова пальова стінка. Типи сталевих шпунтових паль, які описані в частині 5, наведено в таблиці 1.2: Z-подібні, U-подібні і прямі профілі переборки, і в таблиці A.1 додатка A для шпунтових паль холодного штампування. Замкові з'єднання Z-подібних паль розташовуються в крайніх шарах стінки, а замкові з'єднання U-подібних і прямих профілів переборки розташовуються на осі підпірної стінки.

1.8.19 ***Steel sheet pile***

The individual steel elements of which a sheet pile wall is composed. The types of steel sheet piles covered in this Part 5 are given in Table 1.2: Z-shaped, U-shaped and straight web profiles, and in Table A.1 of Annex A for cold formed sheet piling. The interlocks of the Z-piles are located on the extreme fibres of the wall, whereas the interlocks of U-shaped and straight web profiles are located on the axis of the retaining wall.

1.8.20 ***Сталева шпунтова пальова стінка***

Щит із шпунтових паль, який створює безперервну стінку за допомогою різьби замкових з'єднань

1.8.20 ***Steel sheet pile wall***

The screen of sheet piles that forms a continuous wall by threading of the interlocks.

1.8.21 ***Трійникове з'єднання***

Спеціальний елемент (див. рисунок 1.10) для з'єднання двох комірчастих перемичок дугами меншого діаметра (див. рисунок 1.3).

1.8.21 ***T-connection***

Special element, see Figure 1.10, to connect two cellular cofferdams by arcs of smaller diameter, see Figure 1.3.

1.8.22 ***Потрійна U-подібна паля***

Шпунтова паля, що складається з трьох одиничних переплетених U-подібних шпунтових паль з двома обтиснутими або зварними загальними замковими з'єднаннями, з урахуванням передачі зсувного зусилля.

1.8.22 ***Triple U-pile***

A sheet pile consisting of three threaded single U sheet piles with two crimped or welded common interlocks allowing for shear force transmission.

1.8.23 ***Обв`язка***

Горизонтальна (поясна) балка, як правило, зі сталі або армованого бетону, скріплена з підпірною

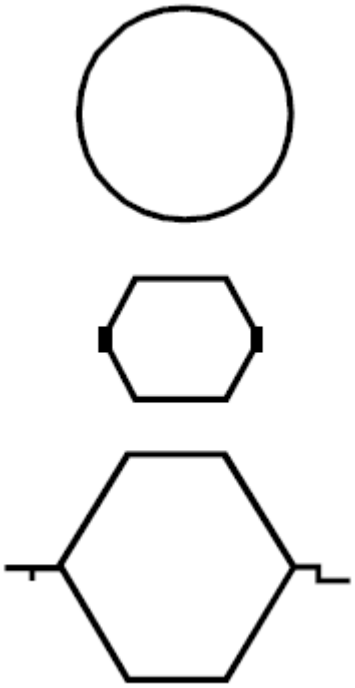
1.8.23 ***Waling***

Horizontal beam, usually of steel or reinforced concrete, fixed to the retaining wall and used to transmit the design support force for the wall into the

стінкою, яка використовується для передачі розрахункового опорного зусилля для стінки в стяжні стрижні або підпори.

tie rods or struts.

Таблиця 1.1 – Приклади поперечних перерізів сталевих несучих паль
Table 1.1 – Examples of cross-sections of steel bearing piles

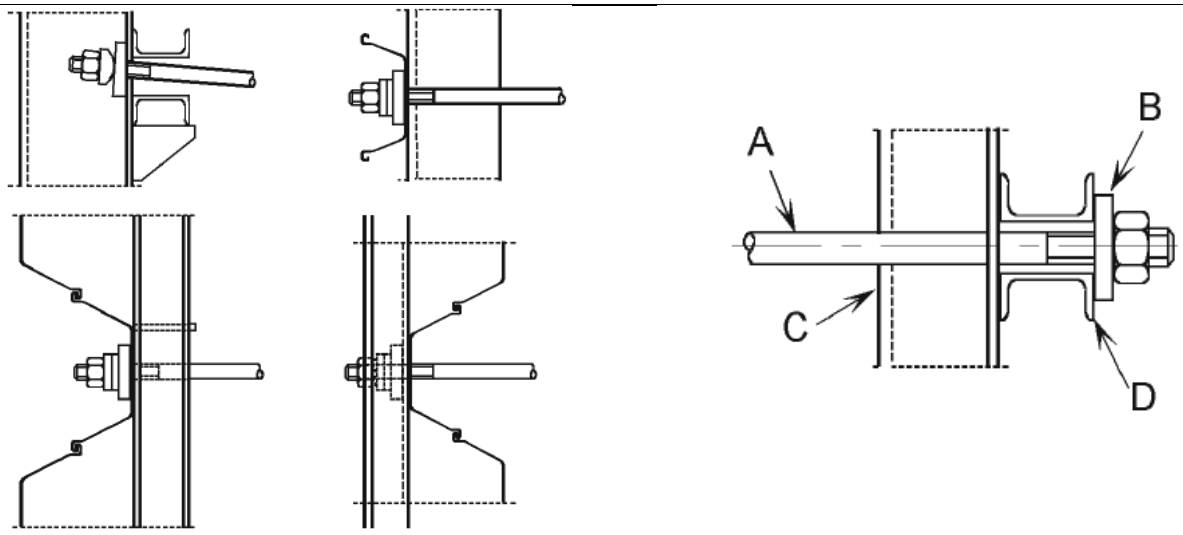
Тип поперечного перерізу Type of cross-section	Зображення Representation
Порожнистий (приклади), див. примітку Hollow type (examples), see Note	
Широкополочний двотавровий H type	
Хрестоподібний X type	

Примітка. Інформацію про виконання див. у EN 12699 і EN 14199.

NOTE: Reference should be made to EN 12699 and EN 14199 for execution details.

Таблиця 1.2 – Сталеві шпунтові палі
Table 1.2 – Steel sheet piles

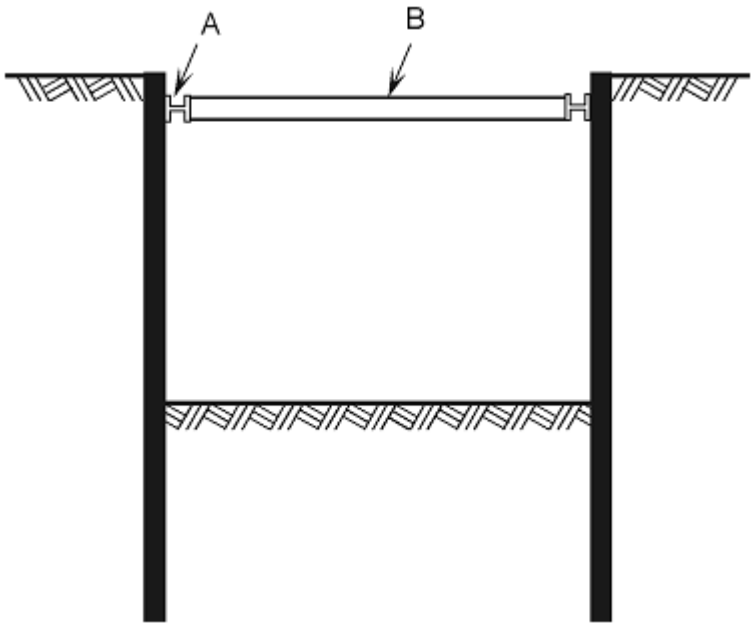
Тип поперечного перерізу	Одинична паля	Подвійна паля
Z-подібні профілі Z - profiles		
U-подібні профілі U - profiles		
Прямі профілі переборки Straight web profiles		
Примітка. Інформацію щодо замкових з'єднань див. у EN 10248. **NOTE:** Reference should be made to EN 10248 for details of the interlocks.		



A – стяжний стрижень; B – шайба; C – шпунтова паля; D – обв`язка

A tie rod; B washer plate; C sheet pile; D waling

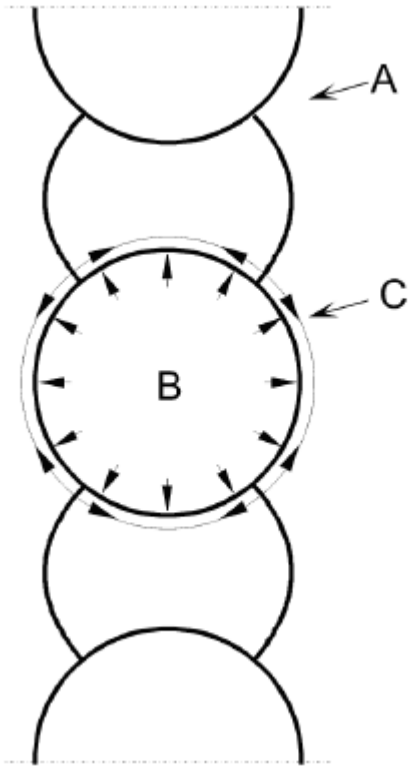
Рисунок 1.1 – Приклади з'єднань між анкерами і шпунтовими пальовими стінками
Figure 1.1 – Examples of connections between anchors and sheet pile walls



A – стикове з`єднання; B – розпорка

A Waling; B Strut

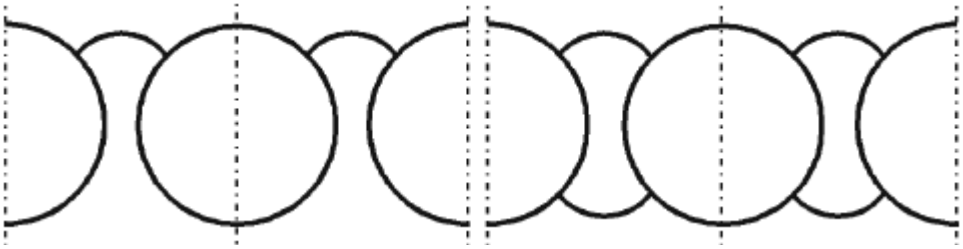
Рисунок 1.2 – Приклад зв'язок жорсткості
Figure 1.2 – Example of bracing



A – трійникове з'єднання; B – внутрішній тиск; C – кільцеве розтягуюче зусилля

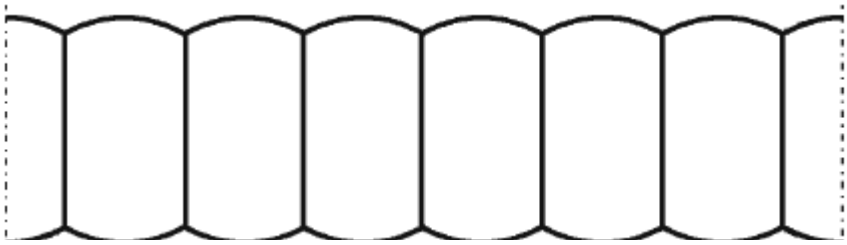
A T-junction; B internal pressure; C circumferential tensile force

Рисунок 1.3 – Комірчасті перемички
Figure 1.3 – Cellular cofferdams



a – конструкція, сформована з кільцевих комірок;

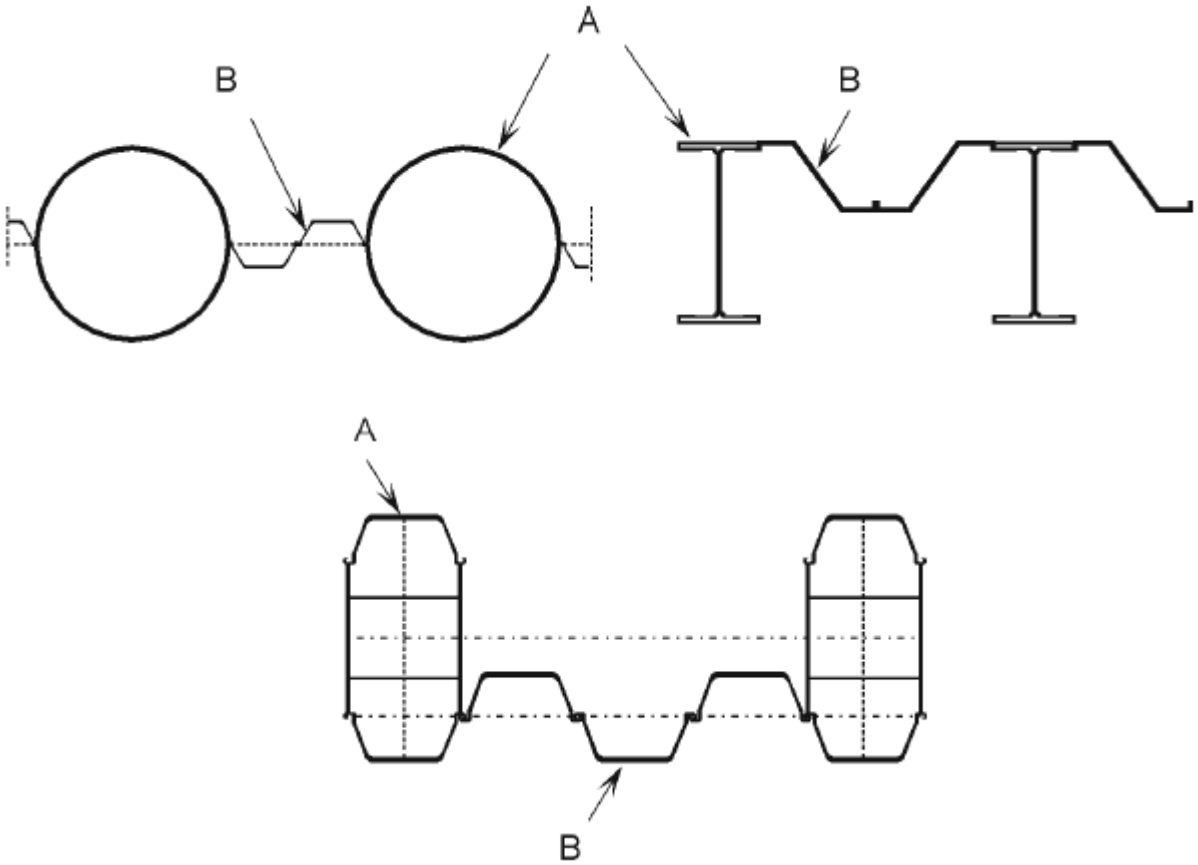
a) structure formed with circular cells



b – конструкція, сформована з діафрагменних комірок

b) structure formed with diaphragm cells

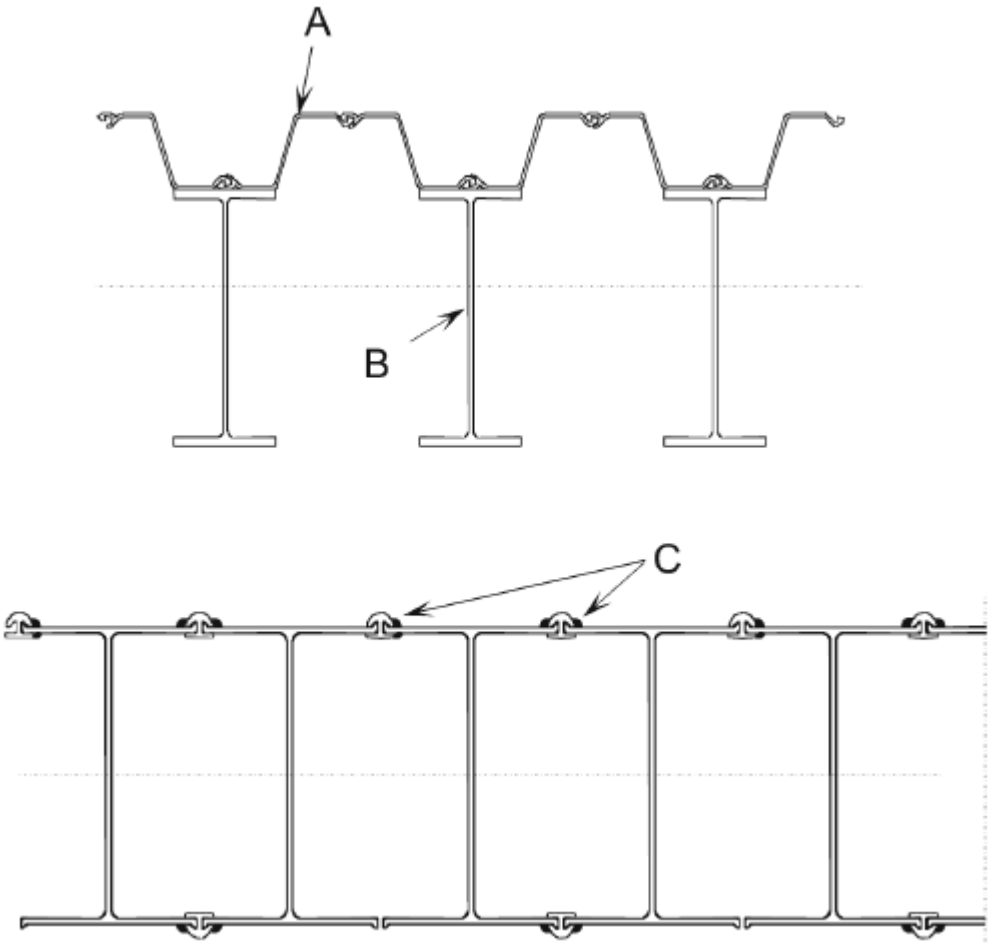
Рисунок 1.4 – Приклади комірчастих конструкцій
Figure 1.4 – Examples of cellular structures



A– первинні елементи; B– вторинні елементи

A Primary Elements; B Secondary Elements

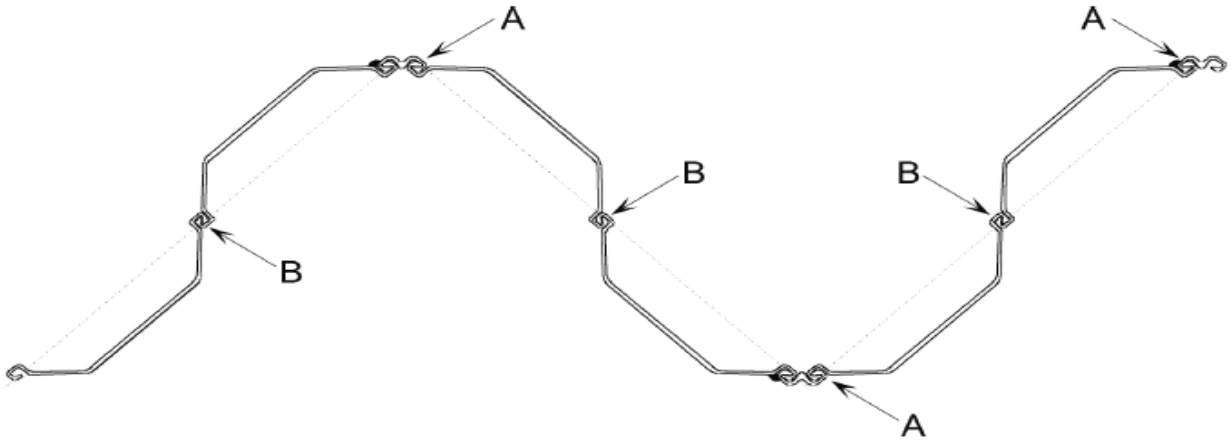
Рисунок 1.5 – Приклади комбінованих стінок
Figure 1.5 – Examples of combined walls



A – шпунтова паля, зварена з двотавровим профілем; B – двотавровий профіль; C – з'єднувач, зварений з двотавровим профілем

A sheet pile welded to I-Section; B I-section; C connector welded to I-Section

Рисунок 1.6 – Приклади стінок з високою межою міцності
Figure 1.6 – Examples of high modulus walls

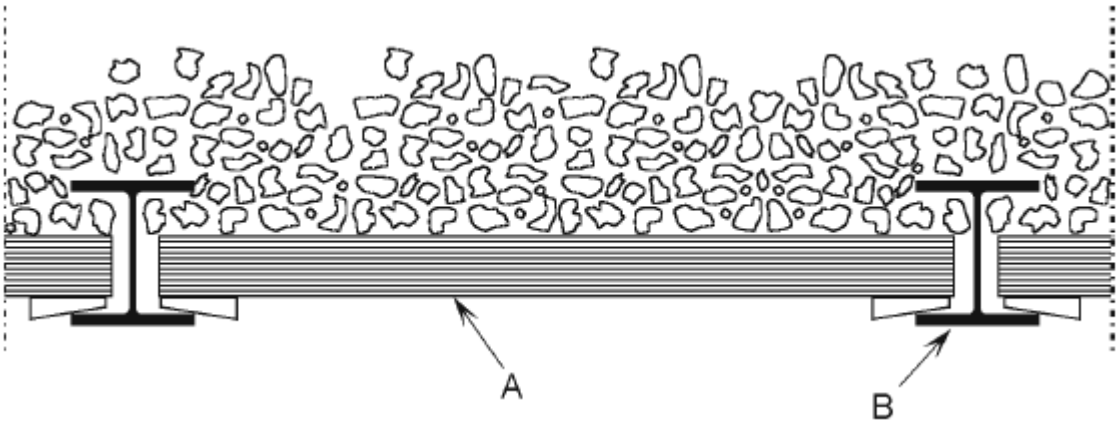


A – з'єднувач, зварений з однією подвійною палею; B – обтиснене замкове з'єднання

A connector welded to one double pile; B crimped Interlock

Рисунок 1.7 – Приклад зигзагоподібної стінки, складеної з U-подібних профілів
Figure 1.7 – Example of a jagged wall formed from U-profiles

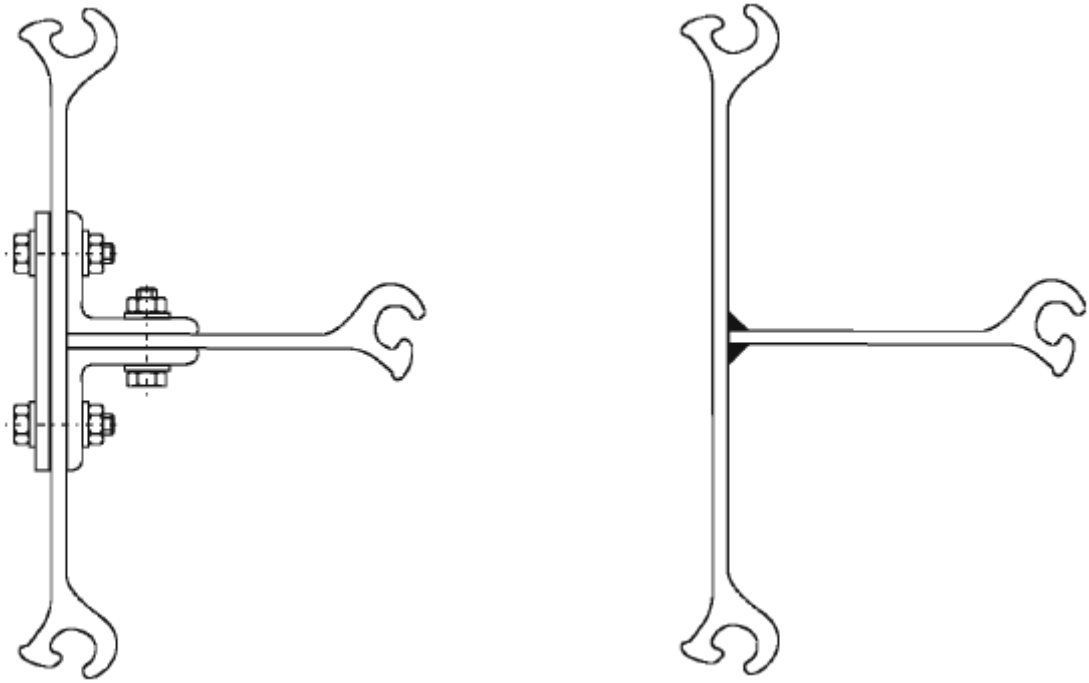
Рисунок 1.8 – Приклад зигзагоподібної стінки, складеної з Z-подібних профілів
Figure 1.8 – Example of a jagged wall formed from Z-profiles



A – затяжка, дерев'яна обшивка, планки; B – стійка огорожі, напрямна або ведуча паля

A lagging, boarding, planks; B soldier, king or master pile

Рисунок 1.9 – Приклад стінки з паль огородження
Figure 1.9 – Example of a soldier pile wall



a – болтове з'єднання

a) bolted

b – зварне з'єднання

b) welded

Рисунок 1.10 – Приклади трійникових з'єднань
Figure 1.10 – Examples of T-connections

1.9 Умовні позначення осьових ліній шпунтових паль

(1) Для шпунтових паль використовуються наступні умовні позначення:

– у загальних випадках:

– x - x - поздовжня вісь палі;

– y - y - поперечна вісь, паралельна підпірній стінці;

– z - z - друга поперечна вісь;

– у разі необхідності;

– u - u - головна вісь, найближча до площини підпірної стінки, якщо вона не співпадає з віссю y - y;

– v - v - друга головна вісь, якщо вона не збігається з віссю z - z.

Примітка. Таке позначення відрізняється від умовного позначення осей, яке використовується в EN 1993-1-1. Тому необхідна уважність при перехресних посиланнях на частину 1.1.

1.9 Convention for sheet pile axes

(1) For sheet piling the following axis convention is used:

– generally:

– x - x is the longitudinal axis of a pile;

– y - y is the cross-sectional axis parallel to the retaining wall;

– z - z is the other cross-sectional axis;

– where necessary:

– u - u is the principal axis nearest to the plane of the retaining wall if this does not coincide with the y-y axis;

– v - v is the other principal axis if this does not coincide with z-z.

NOTE: This differs from the axis convention used in EN 1993-1-1. Care therefore needs to be taken when cross-reference is made to Part 1.1

2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Загальні положення

(1)P Для проектування несучих паль і шпунтових паль, включаючи проектування обв`язок, зв`язок жорсткості і анкерних кріплень застосовуються положення EN 1990, за винятком випадків, для яких вказані інші умови в цьому стандарті.

(2) Далі наводяться спеціальні положення з проектування несучих паль і шпунтових паль, що відповідають вимогам безпеки і тривалої стійкості і для експлуатаційної надійності, і для граничних станів.

(3) Несучу здатність ґрунту слід визначати відповідно до EN 1997-1.

(4)P Необхідно передбачити всі проектні ситуації, включаючи етап виконання та застосування, див. EN 1990.

(5) При проектуванні конструкції необхідно враховувати занурюваність несучих паль й шпунтових паль, див. 2.7.

6) Умови, визначені в цьому документі

2 BASIS OF DESIGN

2.1 General

(1)P For the design of bearing piles and sheet piling, including the design of walings, bracing and anchorages, the provisions of EN 1990 apply, except where different provisions are given in this document.

(2) In the following, specific provisions are given for the design of bearing piles and sheet piling to fulfil the safety and durability requirements for both serviceability and ultimate limit states.

(3) The bearing resistance of the ground should be determined according to EN 1997-1.

(4)P All design situations, including each stage of execution and use, shall be taken into account, see EN 1990.

(5) The driveability of bearing piles and sheet piles should be taken into account in the design of the structure, see 2.7.

(6) The provisions given in this document

однаково застосовні для тимчасових і постійних конструкцій, якщо не вказано інакше, див EN 1990.

(7) Далі, там, де це важливо, наводиться відмінність між несучими палями та підпірними стінками.

(8) Умови, що стосуються обв`язок, зв'язок жорсткості, з'єднань і анкерів визначені у розділі 7.

2.2 Критерії граничного стану

(1)P Необхідно враховувати наступні критерії граничного стану:

a) пошкодження конструкції через руйнування в ґрунті (перевищення несучої здатності ґрунту);

b) конструктивне пошкодження;

c) комбінація руйнування в ґрунті і конструктивного пошкодження.

Примітка. Руйнування суміжних конструкцій може бути викликано деформаціями в результаті виїмки ґрунту. Якщо суміжні конструкції чутливі до таких деформацій, можна надавати рекомендації до проекту щодо заходів, які вживаються в таких випадках.

(2) Необхідно виконувати перевірки дотримання критеріїв граничного стану відповідно до EN 1997-1.

(3) В залежності від проектної ситуації необхідно перевіряти стійкість до одного або більше з таких видів руйнувань:

– для несучих паль:

– руйнування в результаті дії згинальної та/або осьової сили;

– руйнування в результаті загальної втрати стійкості при поздовжньому згині, з урахуванням обмеження, забезпечуваного ґрунтом і підтримуваного конструкцією в з'єднаннях;

– локальне руйнування в точках прикладання навантаження;

– втома;

– для підпірних стінок:

– руйнування в результаті дії згинальної та/або осьової сили;

apply equally to temporary and permanent structures, unless otherwise stated, see EN 1990.

(7) In the following distinction is made between bearing piles and retaining walls where relevant.

(8) For provisions regarding walings, bracing, connections and anchors, reference should be made to section 7.

2.2 Ultimate limit state criteria

(1)P The following ultimate limit state criteria shall be taken into account:

a) failure of the construction by failure in the soil (the soil resistance is exceeded);

b) structural failure;

c) combination of failure in the soil and structural failure.

NOTE: Failure of adjacent structures may be caused by deformations resulting from excavation. If adjacent structures are sensitive to such deformations, recommendations for dealing with the situation can be given for the project.

(2) Verifications related to ultimate limit state criteria should be carried out in accordance with EN 1997-1.

(3) Depending on the design situation the resistance to one or more of the following modes of structural failure should be verified:

– for bearing piles:

– failure due to bending and/or axial force;

– failure due to overall flexural buckling, taking account of the restraint provided by the ground and by the supported structure at the connections to it;

– local failure at points of load application;

– fatigue;

– for retaining walls:

– failure due to bending and/or axial force;

– руйнування в результаті загальної втрати стійкості при поздовжньому згині, з урахуванням обмеження, забезпечуваного ґрунтом;

– failure due to overall flexural buckling, taking account of the restraint provided by the soil;

– локальна втрата стійкості при поздовжньому згині;

– local buckling due to overall bending;

– локальне руйнування в точках прикладання навантаження (наприклад, критичне навантаження підпірних стінок);

– local failure at points of load application (e.g. web crippling);

– втома.

– fatigue.

2.3 Критерії граничного стану експлуатаційної надійності

(1) Якщо не вказано інше, слід враховувати наступні критерії граничного стану експлуатаційної надійності:

– для несучих паль:

– межі вертикальних осадок або горизонтальних зміщень, необхідні для задоволення вимог до підтримуваної конструкції;

– межі коливань, необхідні для задоволення вимог до конструкцій, безпосередньо з'єднаних або суміжних з несучими палями;

– для підпірних стінок:

– межі деформацій, необхідні для задоволення вимог до експлуатаційної надійності самої підпірної стінки;

– межі горизонтальних зміщень, вертикальних осадок або коливань, необхідні для задоволення вимог до конструкцій, безпосередньо з'єднаних або суміжних із самою підпірної стінкою.

(2) Для кожного проекту необхідно визначати значення меж, зазначених у пункті (1), відносно поєднання впливів, які приймаються в розрахунок відповідно до EN 1990.

(3) Там, де це важливо, для проекту необхідно визначати значення меж, пов'язаних із суміжними конструкціями. Вказівки по визначенню таких меж надані в EN 1997-1.

Примітка. Критерії експлуатаційної надійності можуть бути визначальними критеріями для проектування.

2.3 Serviceability limit state criteria

(1) Unless otherwise specified, the following serviceability limit state criteria should be taken into account:

– for bearing piles:

– limits to vertical settlements or horizontal displacements necessary to suit the supported structure;

– vibration limits necessary to suit structures directly connected to, or adjacent to, the bearing piles;

– for retaining walls:

– deformation limits necessary to suit the serviceability of the retaining wall itself;

– limits to horizontal displacements, vertical settlements or vibrations, necessary to suit structures directly connected to, or adjacent to, the retaining wall itself.

(2) Values for the limits given in (1), in relation to the combination of actions to be taken into account according to EN 1990, should be defined for each project.

(3) Where relevant, values for limits imposed by adjacent structures should be defined for the project. Guidance for determining such limits is given in EN 1997-1.

NOTE: Serviceability criteria may be the governing criteria for the design.

2.4 Дослідження будівельного майданчика і характеристики ґрунту

(1)P Характеристики ґрунту і/або зворотної засипки слід визначати на основі геотехнічного дослідження відповідно до EN 1997.

2.4 Site investigation and soil parameters

(1)P Parameters for soil and/or backfill shall be determined from geotechnical investigation in accordance with EN 1997.

2.5 Аналіз

2.5 Analysis

2.5.1 ***Загальні положення***

2.5.1 ***General***

(1) Загальний аналіз необхідно виконувати для визначення результатів дій (внутрішні сили і моменти, напруги, розтягування і переміщення) у всій конструкції або в її частині. Локальні додаткові дослідження повинні виконуватися там, де це необхідно, наприклад, в точках прикладення навантаження, в з'єднаннях і т. д.

(1) Global analysis should be carried out to determine the effects of actions (internal forces and moments, stresses, strains and displacements) over the whole or part of the structure. Additional local analyses of the structure should be carried out where necessary, e.g. load application points, connections etc.

(2) Аналіз можна виконувати з використанням ідеалізацій геометрії, поведінки конструкції і поведінки ґрунту. Ідеалізації слід вибирати в залежності від проектної ситуації.

(2) Analyses may be carried out using idealisations of the geometry, behaviour of the structure and behaviour of the soil. The idealisations should be selected with regard to the design situation.

(3) За винятком випадків, коли проект чутливий до впливів коливань, оцінку результатів впливів в пальових фундаментах і в стінках з шпунтових паль можна виконувати на основі номінальних значень геометричних даних.

(3) Except where the design is sensitive to the effects of variations, assessment of the effects of actions in piled foundations and in sheet pile walls may be carried out on the basis of nominal values of geometrical data.

(4) Будівельне протипожежне проектування слід приймати в розрахунок за допомогою EN 1993-1-2 і EN 1991-1-2.

(4) Structural fire design should be taken into account through the provisions of EN 1993-1-2 and EN 1991-1-2.

2.5.2 ***Оцінка впливів***

2.5.2 ***Assessment of actions***

(1) Там, де це прийнятно, впливи слід розглядати на основі EN 1991, в іншому випадку вони повинні визначатися для проекту і узгоджуватися з замовником.

(1) Where relevant, actions should be taken from EN 1991, otherwise they should be defined for the project and agreed with the client.

(2) Що стосується пальових фундаментів, впливи в результаті вертикальних або поперечних зсувів ґрунтів (наприклад, послаблення і.т..д.) слід оцінювати відповідно до EN 1997-1.

(2) In the case of piled foundations, actions due to vertical or transverse ground movements (e.g. downdrag, etc.) should be assessed in accordance with EN 1997-1.

(3) Дії, що передаються в конструкцію через ґрунт, слід оцінювати із застосуванням моделей, які обираються згідно EN 1997-1, або визначати для проекту та узгоджувати з клієнтом.

(3) The actions transmitted to the structure through the soil should be assessed by using models selected in accordance with EN 1997-1, or defined for the project and agreed with the client.

(4) Там, де це необхідно, слід враховувати впливи в результаті коливань температури протягом часу або в результаті особливих навантажень, не визначених у EN 1991.

Примітка 1. Може виникнути потреба приймати в розрахунок температурні впливи, наприклад, в підпорках, якщо можливі великі коливання температури. У проектуванні можуть бути запропоновані заходи щодо зменшення впливу температурних коливань.

Примітка 2: Приклади особливих навантажень:

– навантаження в результаті падіння об'єктів або розгойдування ковшів;

– навантаження від екскаваторів і кранів;

– тимчасові навантаження, такі як насоси, під'їзні шляхи, проміжні підпірки, стелажі для матеріалів або укладені в штабелі зв'язки сталевої арматури.

(5) Якщо не вказано інше, для підпірних стінок, що зазнають навантаженнь від шосе або залізничних шляхів, можна використовувати спрощені моделі таких навантажень (наприклад, одномірно розподілені навантаження), вибрані з моделей, визначених для мостів, див. EN 1991 -2.

2.5.3 Структурний аналіз

2.5.3.1 Загальні положення

(1) Аналіз структури слід виконувати із застосуванням відповідної моделі ґрунту - конструкції згідно EN 1997-1.

2) В залежності від проектної ситуації анкери можна моделювати як прості опорні кріплення або як пружнопіддатливі в'язі.

(3) Якщо з'єднання мають найбільший вплив на розподіл внутрішніх сил і моментів, це слід враховувати в структурному аналізі.

2.5.3.2 Граничні стани

(1) Структурний аналіз пальових фундаментів для граничних станів може базуватися на ідентичному типі моделі, такому як модель, що використовується для граничних станів експлуатаційної надійності.

(2) Якщо необхідно брати до уваги випадкові ситуації, оцінку результатів

(4) Where necessary, the effects of actions resulting from variations in temperature with time, or from special loads not specified in EN 1991, should be taken into account.

NOTE 1: It may be necessary to take into account temperature effects, for example on struts, if there are likely to be large variations in temperature. The design may prescribe measures to reduce the influence of temperature variations.

NOTE 2: Examples of special loads are:

– loads due to falling objects or swinging buckets;

– loads from excavators and cranes;

– imposed loads such as pumps, access ways, intermediate struts, staging for materials or stacking of bundles of steel reinforcement.

(5) Unless otherwise specified, for retaining walls subject to loads from a road or a railway track, simplified models for such loads (for example uniformly distributed loads) derived from those defined for bridges may be used, see EN 1991-2.

2.5.3 ***Structural analysis***

2.5.3.1 General

(1) The analysis of the structure should be carried out using a suitable soil-structure model in accordance with EN 1997-1.

(2) Depending on the design situation, anchors may be modelled either as simple supports or as springs.

(3) If connections have a major influence on the distribution of internal forces and moments, they should be taken into account in the structural analysis.

2.5.3.2 Ultimate limit states

(1) The structural analysis of piled foundations for ultimate limit states may be based on the same type of model as used for serviceability limit states.

(2) Where accidental situations need to be taken into account, the assessment of effects

впливів в палях фундаменту можна виконувати на основі пружно-пластичної моделі і для всієї конструкції, і для взаємодії ґрунту - конструкції.

Примітка. Прикладом випадкової ситуації може служити зіткнення судна з віссю обертання моста.

of actions in the piles in a foundation may be carried out on the basis of a plastic model, both for the whole structure and for the soil-structure interaction.

NOTE: An example of an accidental situation is a ship collision against a bridge pier.

(3) Оцінку результатів впливів в підпірних стінках з шпунтових паль слід виконувати на основі відповідного типу руйнування для перевірок граничного стану з застосуванням моделі взаємодії ґрунту - конструкції відповідно до вказівки 2.5.3.1 (1).

(3) Assessment of the effects of actions in sheet pile retaining walls should be carried out on the basis of the relevant failure mode for ultimate limit state verifications, using a soil structure interaction model as defined in 2.5.3.1 (1).

2.5.3.3 Граничні стани експлуатаційної надійності

2.5.3.3 Serviceability limit states

(1) Для підпірних стінок з шпунтових паль, а також для пальових фундаментів загальний аналіз повинен базуватися на лінійній моделі пружності конструкції і на моделі ґрунту - конструкції відповідно до вказівки 2.5.3.1 (1).

(1) For sheet pile retaining walls, and also for piled foundations, the global analysis should be based on a linear elastic model of the structure, and a soil-structure model as defined in 2.5.3.1(1).

(2) Необхідно продемонструвати, що в конструкції не виникає пластичних деформацій в результаті експлуатаційного навантаження.

(2) It should be shown that no plastic deformations occur in the structure as a result of serviceability loading.

2.6 Проектування за допомогою випробувань

2.6 Design assisted by testing

2.6.1 *Загальні положення*

(1) Слід виконувати загальні положення по проектуванню з допомогою випробувань, визначені в EN 1990, EN 1993-1-1 та EN 1997-1.

Примітка. Вказівки щодо визначення розрахункового опору на основі випробувань наведені в додатку D, EN 1990.

2.6.1 *General*

(1) The general provisions for design assisted by testing given in EN 1990, EN 1993-1-1 and EN 1997-1 should be satisfied.

NOTE: Guidance on the determination of design resistance from tests is given in Annex D of EN 1990.

2.6.2 *Несучі палі*

(1) Вказівки щодо випробувань несучих паль надані в EN 1997-1, EN 12699 і EN 14199

2.6.2 *Bearing piles*

(1) For guidance on the testing of bearing piles, reference should be made to EN 1997-1, EN 12699 and EN 14199.

2.6.3 *Сталеві шпунтові палі*

(1) Допущення, зроблені при проектуванні рядів шпунтових паль, можна підтверджувати в робочому порядку за допомогою випробувань на місці під час виконання споруди (наприклад, у випадку

2.6.3 *Steel sheet piling*

(1) The assumptions made in the design of sheet piling may be verified in stages by on-site testing during execution of the work (for instance in the case of an excavation procedure).

процесу виїмки ґрунту).

(2) Інформація щодо систематизації моделі розрахунків та модифікацій проекту під час виконання надана в EN 1997-1.

(2) Reference should be made to EN 1997-1 for calibration of a calculation model and modification of the design during execution.

2.6.4 *Анкерні кріплення*

(1) Для анкерних кріплень необхідно за допомогою випробувань дотримуватися загальних положень проектування, визначених у EN 1997-1, EN 1537 і EN 1993-1-11.

2.6.4 *Anchorages*

(1) The general provisions for design assisted by testing given in EN 1997-1 , EN 1537 and EN 1993-1-11 should be followed for anchorages.

2.7 Занурюваність

(1) P При проектуванні всіх видів паль (несучі палі або шпунтові палі) необхідно враховувати практичні аспекти встановлення паль на необхідну глибину проникнення. Необхідна інформація міститься в EN 12063, EN 12699 і EN 14199.

(2) Тип, розмір і деталізацію паль, в поєднанні з ефективністю обладнання, що використовується для встановлення й витягнення паль, і з процедурою занурення (параметри занурення), слід вибирати по можливості застосування для умов ґрунту, в який палі необхідно занурювати.

(3) Якщо в якості допоміжного засобу для занурення або для зміцнення паль під час встановлення використовуються кінцівники паль, ребра жорсткості або редуктори тертя, необхідно враховувати їх вплив на робочі характеристики паль в умовах експлуатації.

2.7 Driveability

(1)P In the design of all piles (bearing piles or sheet piles), the practical aspects of installing the piles to the required penetration depth shall be taken into account. Reference shall be made to EN 12063 and to EN 12699 and EN 14199.

(2) The type, size and detailing of the piles should be chosen, in combination with the effectiveness of the piling plant used for installation and extraction, and the driving procedure (driving parameters), to be suitable for the ground conditions through which the piles have to be driven.

(3) If pile points, stiffeners or friction reducers are used as an aid to driving or to strengthen the piles during installation, their effects on the performance of the piles under service conditions should be taken into account.

3 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

3 MATERIAL PROPERTIES

3.1 Загальні положення

(1)P Дану частину 5, EN 1993, слід використовувати для проектування паль і підпірних стінок, виготовлених зі сталей, що відповідають умовам стандартів, названих в 3.2 - 3.9.

(2) Цей документ можна також застосовувати для інших конструкційних сталей при умові, що наявні відповідні дані, які підтверджують застосування прийнятних правил проектування та виготовлення. Методи випробувань та

3.1 General

(1)P This Part 5 of EN 1993 shall be used for the design of piles and retaining walls fabricated from steel conforming with the standards referred to in 3.2 to 3.9.

(2) This document may also be used for other structural steels, provided that adequate data exist to justify application of the relevant design and fabrication rules. Test procedures and test evaluation should conform with section 2 of EN 1993-1-1 and EN 1990 and

оцінка випробувань повинні задовольняти вимоги розділу 2 EN 1993-1-1 і EN 1991, і вимоги до випробування повинні збігатися з вимогами, зазначеними у відповідних стандартах, перерахованих у 3.2 - 3.9.

the test requirements should align with those given in the relevant standards mentioned in 3.2 to 3.9.

(3) Повторно використовувані палі і палі другого сорту повинні, як мінімум, відповідати вимогам, що стосуються геометричних характеристик і властивостей матеріалу, зазначеним у проекті, і не повинні мати пошкоджень і містити агресивні речовини, які можуть негативно вплинути на міцність і тривалу стійкість.

(3)P Re-used and second quality piles shall as a minimum comply with the requirements concerning geometrical and material properties specified in the design and shall be free from damage and deleterious matters that would affect strength and durability.

3.2 Несучі палі

3.2 Bearing piles

(1) Інформація щодо властивостей сталей міститься в EN 1993-1-1.

(1) Reference should be made to EN 1993-1-1 for steel properties.

(2) Властивості сталевих паль, виготовлених зі сталевих шпунтових паль, див в 3.3 або 3.4.

(2) For the properties of steel piles fabricated from steel sheet piles see 3.3 or 3.4.

3.3 Сталеві шпунтові палі гарячої прокатки

3.3 Hot rolled steel sheet piles

(1) P Сталеві шпунтові палі гарячої прокатки повинні відповідати вимогам EN 10248.

(1)P Hot rolled steel sheet piles shall be in accordance with EN 10248.

(2) Номінальні значення межі текучості f_y і межі міцності при розтягуванні f_u для сталевих шпунтових паль гарячої прокатки можна визначати за таблицею 3.1, вони є мінімальними значеннями, зазначеними в EN 10248-1.

(2) Nominal values of the yield strength *fy* and the ultimate tensile strength *fu* for hot rolled steel sheet piles may be obtained from Table 3.1, which are the minimum values given in EN 10248-1.

(3) Інформація щодо вимог до пластичності міститься у EN 1993-1-1.

(3) Reference should be made to 3.2.2 of EN 1993-1-1 for ductility requirements.

Примітка. Сорти сталей, перераховані в таблиці 3.1, прийняті як відповідні таким вимогам.

NOTE: The steel grades listed in Table 3.1 are accepted as satisfying these requirements.

Таблиця 3.1 – Номінальні значення межі текучості f_y і межі міцності при розтягуванні f_u для сталевих шпунтових паль гарячої прокатки відповідно до EN 10248-1

Table 3.1 – Nominal values of yield strength f_y and ultimate tensile strength f_u for hot rolled steel sheet piles according to EN 10248-1

Назва сталі відповідно до EN 10027 Steel name to EN 10027	f_y *Н/мм²* [N/mm²]	f_u *Н/мм²* [N/mm²]
S240 GP	240	340
S270 GP	270	410
S320 GP	320	440
S355 GP	355	480
S390 GP	390	490

S430 GP	430	510

3.4 Сталеві шпунтові палі холодного штампування

(1)P Сталеві шпунтові палі холодного штампування повинні відповідати вимогам EN 10249.

(2) Номінальні значення для основної межі текучості f_{yb} і межі міцності при розтягуванні f_u для сталевих шпунтових паль холодного штампування можна взяти з таблиці 3.2, вони від-повідають вимогам EN 10249-1.

Примітка. Основна межа текучості f_{yb} являє собою номінальну межу текучості основних сталей, що використовуються для холодного штампування.

(3) За інформацією про вимоги пластичності слід звертатися до А.3.1.

3.4 Cold formed steel sheet piles

(1)P Cold formed steel sheet piles shall be in accordance with EN 10249.

(2) Nominal values for the basic yield strength f_{yb} and the ultimate tensile strength f_u for cold formed steel sheet piles may be obtained from Table 3.2 which is in accordance with EN 10249-1.

NOTE: The basic yield strength f_{yb} is the nominal yield strength of the basic steel used for cold forming.

(3) Reference should be made to A.3.1 for ductility requirements.

Таблиця 3.2 – Номінальні значення основного межі текучості f_{yb} і межі міцності при розтягуванні f_u для сталевих шпунтових паль холодного штампування відповідно до EN 10249-1

Table 3.2 – Nominal values of basic yield strength f_{yb} and ultimate tensile strength f_u for cold formed steel sheet piles according to EN 10249-1

Назва сталі відповідно до EN 10027 Steel name to EN 10027	f_{yb} *Н/мм²* [N/mm²]	f_u *Н/мм²* [N/mm²]
S235 JRC	235	340
S275 JRC	275	410
S355 JOC	355	490

3.5 Профілі, які використовуються для обв`язок і зв'язок жорсткості

(1) Інформація щодо властивостей сталей, які використовуються для обв`язок та зв'язок жорсткості, міститься у 3.1 і 3.2 EN 1993-1-1.

3.5 Sections used for waling and bracing

(1) Reference should be made to 3.1 and 3.2 of EN 1993-1-1 for properties of steels used for walings and bracing.

3.6 З'єднувальні пристрої

(1) Інформація щодо властивостей болтів, гайок і шайб, а також витратних матеріалів для зварювання міститься у EN 1993-1-8.

3.6 Connecting devices

(1) Reference should be made to EN 1993-1-8 for properties of bolts, nuts and washers and of welding consumables.

3.7 Сталеві елементи, які використовуються для анкерів

3.7 Steel members used for anchors

(1) Інформація щодо анкерів, виготовлених з високоміцних сталей із заданою мінімальною межою текучості $f_{y,spec}$, яка не повинна бути вище, ніж $f_{y,spec,max}$, міститься у EN 1537.

Примітка. Значення $f_{y,spec,max}$ може бути зазначено в національному додатку. Рекомендується значення $f_{y,spec,max}$ = 500 Н/мм^2.

(2) Інформація щодо властивостей матеріалу анкерів, виготовлених не з високоміцних сталей, міститься у 3.2.1, 3.2.2 EN 1993-1-1 і 3.9 EN 1993-5.

3.8 Сталеві елементи, які використовуються для комбінованих стінок

(1)P Властивості сталей спеціальних паль з двотаврового профілю, використовуваних як первинних елементів комбінованих стінок, повинні відповідати вимогам EN 10248.

(2)P Труби, що використовуються в комбінованих стінках в якості первинних елементів, повинні відповідати вимогам EN 10210 чи EN 10219.

(3) Властивості сталей збірних коробчатих паль, які використовуються в якості первинних елементів комбінованих стінок, повинні задовольняти вимогам, зазначеним у 3.2.

(4) Властивості сталей вторинних елементів, що використовуються для комбінованих стінок, повинні задовольняти вимогам, зазначеним в 3.3 або 3.4 відповідно.

(5) З`єднувальні пристрої гарячої прокатки для шпунтових паль повинні відповідати вимогам EN 10248.

3.9 В'язкість руйнування

(1)P Матеріал повинен мати достатню ударну в'язкість, щоб запобігти крихке руйнування при найменшій температурі експлуатації, очікуваної в межах наміченого терміну служби конструкції.

Примітка. Найменша температура експлуатації для урахування в проекті може бути вказана в національному додатку.

(1) Reference should be made to EN 1537 for anchors made from high strength steel with a specified minimum yield strength $f_{y,spec}$, which should not be higher than $f_{y,spec,max}$.

NOTE: The value $f_{y,spec,max}$ may be given in the National Annex. The value $f_{y,spec,max}$ = 500 N/mm² is recommended.

(2) Reference should be made to 3.2.1, 3.2.2 of EN 1993-1-1 and 3.9 of EN 1993-5 for the material properties of anchors made of non-high strength steel.

3.8 Steel members used for combined walls

(1)P Steel properties of special I-section piles used as the primary elements of combined walls shall be in accordance with EN 10248.

(2)P Tubes used as the primary elements in combined walls shall conform with EN 10210 or EN 10219.

(3) Steel properties of built up box piles used as the primary elements of combined walls should satisfy the requirements given in 3.2.

(4) Steel properties of the secondary elements used for combined walls should satisfy the requirements given in 3.3 or 3.4 respectively.

(5)P Hot rolled connecting devices for sheet piles shall be in accordance with EN 10248.

3.9 Fracture toughness

(1)P The material shall have sufficient toughness to avoid brittle fracture at the lowest service temperature expected to occur within the intended life of the structure.

NOTE: The lowest service temperature to be taken into account may be given in the National Annex.

(2) Для шпунтових паль з товщиною полиці не більше 25 мм, можна використовувати сорти сталей зі значеннями T27J відповідно до таблиці 3.3 за умови, що найменша температура експлуатації не нижче ніж 30 С.

(2) For sheet piling with a flange thickness not more than 25mm, steels with values of *T*27J according to Table 3.3 may be used, provided that the lowest service temperature is not lower than -30EC.

Примітка 1. Опис інших випадків знаходиться в EN 1993-1-10.

NOTE 1: For other cases reference can be made to EN 1993-1-10.

Примітка 2: Значення T_{27J} являє собою температуру, при якій потрібна енергія удару *KV (T)*> 27 Дж., щоб зруйнувати зразок з V-подібним надрізом за Шарпі. Випробування див. в EN 10045.

NOTE 2: The T_{27J} value is the test temperature at which an impact energy *KV(T)* > 27 Joule is required to fracture a Charpy-V-notch specimen. For the test see EN 10045.

Таблиця 3.3 – Температура випробування T_{27J} для ударної в'язкості сталевих паль
Table 3.3 – Test temperature T_{27J} for fracture toughness of steel piles

Межа текучості *fy*, Н/мм^2 Yield strength *fy* [N/mm2]		240	270	320	355	390	430
Значення T_{27J} Values of T_{27J}	Для мінімальної температури експлуатації – 15 С^o for lowest service temperature of -15°C	35^o	35^o	35^o	15^o	15^o	15^o
	Для мінімальної температури експлуатації – 30 С^o for lowest service temperature of -30°C	20^o	20^o	20^o	0^o	0^o	0^o

Примітки.
1 Якщо в полиці під напругою розтягнення є отвори (наприклад, для анкерів), необхідно приймати до уваги ослаблення опору поперечного перерізу, використовуючи знижену межу текучості чи ефективну площу поперечного перерізу.
2 Ці значення були розраховані для найменшої температури експлуатації та товщини полки не більше 25 мм без урахування динамічних впливів. Для поиці товщиною 25 $< t_f \leq$ 30 мм значення, вказані в таблиці для температури T_{27J}, повинні бути знижені на 5 С^o для найменшої температури експлуатації 15 С^o і на 10 С^o для найменшої температури експлуатації 30 С^o
3 Якщо передбачається занурення паль в жорсткі ґрунти при температурах нижче 10 С^o, можуть знадобитися більш високі вимоги до ударної в'язкості.

NOTES:
1. If there are holes (e.g. for anchors) in a flange stressed in tension, the reduction of the crosssectional resistance should be taken into account by using a reduced yield strength or an effective cross-sectional area.
2. These values have been calculated for a lowest service temperature and a flange thickness of not more than 25mm without taking into account dynamic effects. For a flange thickness 25 < *tf* £ 30 mm the values given in the table for *T*27J should be reduced by 5° for lowest service temperature of –15° C and by 10° for lowest service temperature of –30° C.
3. Higher toughness requirements may be necessary if driving of the piles is foreseen in hard soils at temperatures below -10° C.

4 ТРИВАЛА СТІЙКІСТЬ

4 DURABILITY

4.1 Загальні положення

4.1 General

(1)P Залежно від агресивності навколишнього середовища, в якому використовуються сталеві елементи, слід брати до уваги заходи проти впливів корозії, якщо очікуються суттєві втрати товщини сталі.

(1)P Dependant upon the aggressiveness of the media surrounding the steel member, measures against corrosion effects shall be taken into account if substantial losses of steel thickness are to be expected.

(2) Якщо в проекті необхідно враховувати корозію по зменшенню

(2) If corrosion is to be taken into account in the design by a reduction of thickness,

товщини, див.4.4.

(3) Необхідно передбачити наступні заходи для продовження терміну служби конструкції:.

– використання додаткової товщини сталей в якості допуску на корозію;

– статичний резервний запас;

– застосування захисних покриттів (як правило, це фарби, цементація або оцинковування);

– застосування катодного захисту разом із захисними покриттями або без них;

– забезпечення захисту за допомогою бетону, будівельного розчину або цементного розчину в зоні підвищеної корозії

(4) Якщо потрібний розрахунковий термін експлуатації перевищує тривалу стійкість захисної дії покриття, в перевірках граничного стану і граничного стану експлуатаційної надійності необхідно враховувати втрату товщини, що відбувається протягом залишкового розрахункового терміну експлуатації.

Примітка 1. Для досягнення високого терміну експлуатації проекту може бути корисним поєднання різних захисних заходів. Захисну систему в цілому можна визначати з урахуванням проектування конструкції та захисного покриття, а також можливості здійснення перевірок.

Примітка 2: Необхідна особлива акуратність у зонах, де погано ізольовані джерела постійного струму можуть створювати струми витоку в ґрунті.

5) Слід взяти до уваги ймовірність того, що корозія може бути нерівномірною по всій довжині палі, це дозволяє домогтися економічного проекту за допомогою вибору розподілу моментів, адаптованих до розподілу корозії (див. рисунок 4.1).

(6) Необхідний розрахунковий термін експлуатації для рядів шпунтових паль і несучих паль повинен бути вказаний для кожного проекту.

(7) Втрату товщини в результаті корозії можна не враховувати для необхідного розрахункового терміну експлуатації менше 4 років, якщо для проекту не

reference should be made to 4.4.

(3) Consideration should be given to the following measures to prolong the life of the structure:

– the use of additional steel thickness as a corrosion allowance;

– statical reserve;

– the use of protective coatings (usually paints, grouting or galvanizing);

– the use of cathodic protection, with or without protective coatings;

– providing a concrete, mortar or grout protection in the zone of high corrosion.

(4) If the required design working life is longer than the duration of the protective effect of a coating, the loss of thickness occurring during the remaining design working life should be taken into account in serviceability limit state and ultimate limit state verifications.

NOTE 1: A combination of different protective measures may be useful to obtain a high design working life. The whole protective system can be defined taking into account the design of the structure and of the protective coating as well as the feasibility of inspection.

NOTE 2: Special care is necessary in areas where poorly isolated sources of direct current are likely to produce stray currents in the soil.

(5) The possibility that corrosion may not be uniform over the whole length of a pile may be taken into account, allowing an economic design to be achieved by selection of a moment distribution adapted to the corrosion distribution, see Figure 4.1.

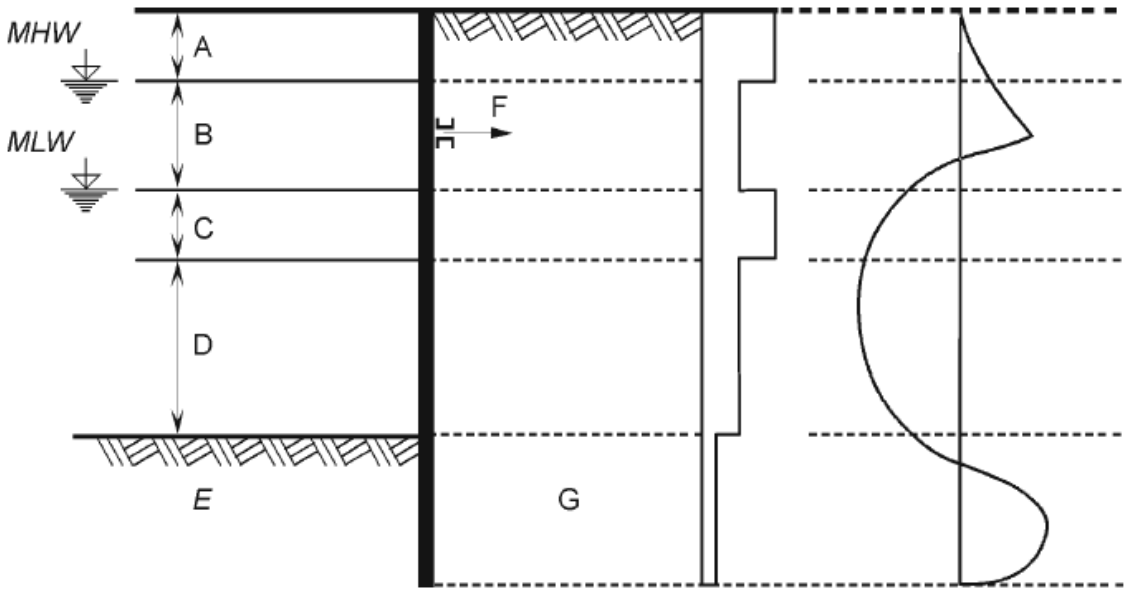
(6) The required design working life for sheet piling and bearing piles should be given for each project.

(7) The loss of thickness due to corrosion may be neglected for a required design working life of less than 4 years, unless a different period is given for the project

зазначений інший період.

8) Системи захисту від корозії повинні бути зазначені для кожного проекту.

(8) Corrosion protection systems should be defined for each project.



a) Вертикальний розподіл агресивності морської води по зонах

a) Vertical zoning of sea water aggressivity

b) Розподіл швидкості корозії на стороні, яка зазнає впливу морської води

b) Corrosion rate distribution at side exposed to sea water

c) Типовий розподіл згинальних моментів

c) Typical bending moment distribution

A – зона високого корозійного впливу (зона періодичного змочування);

B – приливна зона;

C – зона високого корозійного впливу (зона низьких вод);

D – зона постійного занурення;

E – зона затоплення (з боку води);

F – анкер;

G – зона затоплення (з боку ґрунту);

MHW – середній підйом води;

MLW – середнє зниження води

A – Zone of high attack (splash zone);

B – Intertidal zone;

C – Zone of high attack (Low water zone);

D – Permanent immersion zone;

E – Buried zone (Water side);

F – Anchor;

G – Buried zone (Soil side)

MHW – Mean high water;

MLW – Mean low water

Примітка. Розподіл швидкості корозії і зони агресивності морської води можуть значною мірою відрізнятися від прикладу, показаного на рисунку 4.1, залежно від умов, що переважають в місці розташування конструкції.

NOTE: Corrosion rate distribution and zones of sea water aggressivity may vary considerably from the example shown in Figure 4.1, dependant upon the conditions prevailing at the location of the structure.

Рисунок 4.1 – Приклад розподілу швидкості корозії
Figure 4.1 – Example of corrosion rate distribution

4.2 Вимоги до тривалої стійкості для

4.2 Durability requirements for bearing

несучих паль

(1) Якщо не вказано інше, необхідно виконувати перевірки міцності окремих паль як на на експлуатаційну надійність, так і на граничний стан, з урахуванням рівномірної втрати товщини сталі по всьому периметру поперечного перерізу.

(2) Якщо не вказано інше, в експлуатаційній надійності і граничних станах слід враховувати зменшення товщини в результаті корозії паль, що знаходяться в контакті з водою або з ґрунтом (з підземними водами або без підземних вод) згідно з розділом 4.4, в залежності від необхідного розрахункового терміну експлуатації конструкції.

3) Якщо в проекті не вказано інше, корозію усередині порожнистих паль, які на кінцях мають водонепроникне перекриття, або заповнені бетоном, можна не враховувати.

4.3 Вимоги до тривалої стійкості для рядів шпунтових паль

(1) Якщо не вказано інше, у перевірках шпунтових паль на експлуатаційну надійність і на граничні стани необхідно враховувати втрату товщини для частин шпунтових паль стінок, що контактують з водою або з ґрунтом (з підземними водами або без них), згідно з 4.4, в залежності від необхідного розрахункового терміну експлуатації конструкції. Якщо шпунтові палі контактують з ґрунтом або з водою з обох сторін, швидкості корозії застосовуються для кожної сторони.

(2) Якщо агресивність ґрунту або води різна на протилежних сторонах стінки з шпутових паль, то можна застосовувати дві різні швидкості корозії.

4.4 Швидкості корозії для проектних розрахунків

(1) Швидкості корозії, що визначаються в даному розділі, повинні розглядатися тільки як розрахункові значення.

Примітка. Відповідні значення для швидкостей корозії можна визначати згідно з національним додатком, з урахуванням локальних умов. Значення, які можна використовувати,

piles

(1) Unless otherwise specified, the strength verification of individual piles for both serviceability and ultimate limit state should be carried out taking into account a uniform loss of steel thickness all around the perimeter of the cross-section.

(2) Unless otherwise specified, for serviceability and ultimate limit states the reduction of thickness due to corrosion of piles in contact with water or with soil (with or without groundwater) should be taken from section 4.4, dependant upon the required design working life of the structure.

(3) Unless otherwise specified for the project, corrosion inside hollow piles that have watertight closed ends, or are filled with concrete, may be neglected.

4.3 Durability requirements for sheet piling

(1) Unless otherwise specified, in the strength verification of sheet piles for both serviceability and ultimate limit states, the loss of thickness for parts of sheet pile walls in contact with water or with soil (with or without groundwater) should be taken from section 4.4, dependant upon the required design working life of the structure. Where sheet piles are in contact with soil or water on both sides, the corrosion rates apply to each side.

(2) If the aggressiveness of the soil or water is different on opposite sides of a sheet pile wall, two different corrosion rates may be applied.

4.4 Corrosion rates for design

(1) Corrosion rates given in this section should be considered as for design only.

NOTE: Suitable values for corrosion rates may be given in the National Annex, taking into account local conditions. Values that may be used for guidance are

зазначені в таблицях 4.1 і 4.2.

(2) Втрату товщини в результаті атмосферної корозії можна розглядати як 0,01 мм на рік в атмосферах кліматичних норм і як 0,02 мм на рік в регіонах, де умови морського клімату можуть негативно впливати на експлуатаційні характеристики конструкції.

Примітка. Найбільш серйозний вплив на швидкість корозії в ґрунтах спричиняють наступні фактори:

– тип ґрунту;

– коливання рівня підземних вод;

– наявність кисню;

– наявність домішок.

given in Table 4.1 and Table 4.2.

(2) The loss of thickness due to atmospheric corrosion may be taken as 0,01 mm per year in normal atmospheres and as 0,02 mm per year in locations where marine conditions may affect the performance of the structure.

NOTE: The following have a major influence on the corrosion rates in soils:

– the type of soil;

– the variation of the level of the groundwater table;

– the presence of oxygen;

– the presence of contaminants.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані значення втрати товщини, мм, в результаті корозії для паль і шпунтових паль в ґрунтах з підземними водами або без підземних вод

Table 4.1 – Recommended value for the loss of thickness [mm] due to corrosion for piles and sheet piles in soils, with or without groundwater

Необхідний розрахунковий термін експлуатації Required design working life	5 років 5 years	25 років 25 years	50 років 50 years	75 років 75 years	100 років 100 years
Природні непорушені ґрунти (пісок, мул, глина, кристалічний сланець, ...) Undisturbed natural soils (sand, silt, clay, schist, ...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Природні забруднені ґрунти та промислові робочі майданчики Polluted natural soils and industrial sites	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Агресивні природні ґрунти (болотистий ґрунт, болото, торф, ...) Aggressive natural soils (swamp, marsh, peat, ...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Неущільнені та неагресивні насипи (глина, кристалічний сланець, пісок, мул, ...) Non-compacted and non-aggressive fills (clay, schist, sand, silt, ...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Неущільнені і агресивні насипи (зола, шлак, ...) Non-compacted and aggressive fills (ashes, slag, ...)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Примітки.1 Швидкості корозії в ущільнених насипах нижче, ніж швидкості корозії в неущільнених насипах. В ущільнених насипах цифрові значення, вказані в таблиці, слід ділити на два.

2 Значення, зазначені для 5 і 25 років, засновані на вимірах, інші значення екстрапольовані.

NOTES:

1) Corrosion rates in compacted fills are lower than those in non-compacted ones. In compacted fills the figures in the table should be divided by two.

2) The values given for 5 and 25 years are based on measurements, whereas the other values are extrapolated.

Таблиця 4.2 – Рекомендовані значення втрати товщини в результаті корозії для паль і

шпунтових паль у прісній воді або в морській воді, мм

Table 4.2 – Recommended value for the loss of thickness [mm] due to corrosion for piles and sheet piles in fresh water or in sea water

Необхідний розрахунковий термін експлуатації Required design working life	5 років 5 years	25 років 25 years	50 років 50 years	75 років 75 years	100 років 100 years
Звичайна прісна вода (ріка, судноплавний канал, ...) Common fresh water (river, ship canal, ...) in the zone of high attack (water line)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Сильно забруднена прісна вода (стічні води, промислові стічні води, ...) в зоні високого корозійного впливу (ватерлінія) Very polluted fresh water (sewage, industrial effluent, ...) in the zone of high attack (water line)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Морська вода в помірному кліматі в зоні високого корозійного впливу (зони пониження води і періодичного змочування) Sea water in temperate climate in the zone of high attack (low water and splash zones)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Морська вода в помірному кліматі в зоні постійного занурення або в приливній зоні Sea water in temperate climate in the zone of permanent immersion or in the intertidal zone	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

Примітки.
1 Найбільш висока швидкість корозії знаходиться, як правило, в зоні періодичного змочування або на рівні зниження води в приливних водах. Проте в більшості випадків найсильніші згинальні напруги виникають в зонах постійного занурення (див. рисунок 4.1).
2 Значення, зазначені для 5 і 25 років, засновані на вимірах, інші значення екстрапольовані.
NOTES:
1) The highest corrosion rate is usually found in the splash zone or at the low water level in tidal waters. However, in most cases, the highest bending stresses occur in the permanent immersion zone, see Figure 4.1.
2) The values given for 5 and 25 years are based on measurements, whereas the other values are extrapolated.

5 ГРАНИЧНІ СТАНИ

5.1 Основні принципи

5.1.1 *Загальні положення*

(1)P Палі та їх компоненти повинні проектуватися так, щоб були дотримані базові проектні вимоги до граничних станів, визначені в розділі 2.

(2) Для перевірки опору поперечних перерізів і елементів відносно граничних станів повинні застосовуватися зазначені далі умови.

(3) Інформація щодо часткових коефіцієнтів для впливів та методу для комбінованих застосовуваних впливів міститься у EN 1990.

5 ULTIMATE LIMIT STATES

5.1 Basis

5.1.1 *General*

(1)P Piles and their components shall be designed such that the basic design requirements for ultimate limit states given in section 2 are satisfied.

(2) The following provisions should be applied for the verification of the resistances of cross-sections and members with respect to ultimate limit states.

(3) Reference should be made to EN 1990 for the partial factors for actions and the method for combining actions to be applied.

(4) Часткові коефіцієнти γ_{M0}, γ_{M1} і γ_{M2}, що застосовуються для опору, див у EN 1993-1-1.

Примітка. Часткові коефіцієнти γ_{M0}, γ_{M1} і γ_{M2} для рядів пальових можуть бути визначені згідно з національним додатком. Рекомендуються наступні значення: $\gamma_{M0} = 1,00$; $\gamma_{M1} = 1,10$ and $\gamma_{M2} = 1,25$.

(4) For the partial factors γ_{M0}, γ_{M1} and γ_{M2} to be applied to resistance see EN 1993-1-1.

NOTE: The partial factors γ_{M0}, γ_{M1} and γ_{M2} for piling may be chosen in the National Annex. The following values are recommended: $\gamma_{M0} = 1,00$; $\gamma_{M1} = 1,10$ and $\gamma_{M2} = 1,25$.

5.1.2 *Проектування*

(1) Для підпірних стінок і несучих паль необхідно виконувати такі виміри:

– опір поперечного перерізу і загальна втрата стійкості шпунтових паль рядів (див. 5.2) і несучих паль (див. 5.3);

– опір стиків, зв'язок жорсткості, з'єднань і анкерів (див. розділ 7);

– загальне руйнування конструкції в результаті руйнування ґрунту (див. розділ 2).

5.1.2 *Design*

(1) Retaining walls and bearing piles should be checked for:

– resistance of the cross-section and overall buckling of sheet piling (see 5.2) and of bearing piles (see 5.3);

– the resistance of walings, bracing, connections and anchors (see section 7);

– global failure of the structure as a result of soil failure (see section 2).

5.1.3 *Втома*

(1) Якщо конструкція або її частина чутлива до явища втоми, необхідно виконувати оцінку втоми відповідно до EN 1993-1-9.

Примітка. На опір втоми значний вплив чинить корозія, тому рекомендується відповідний захист від корозії

5.1.3 *Fatigue*

(1) Where a structure or a part of it is sensitive to fatigue phenomena, the fatigue assessment should be carried out in accordance with EN 1993-1-9.

NOTE: The fatigue resistance is significantly influenced by corrosion and a suitable corrosion protection is recommended.

2) В аналізі втоми можна не враховувати ударні впливи або впливи коливання під час установки несучих паль або шпунтових паль.

(2) The effects of impact or vibration during installation of bearing piles or sheet piles may be neglected in fatigue analysis.

5.2 Шпунтовий ряд

5.2 Sheet piling

5.2.1 *Класифікація поперечних перерізів*

1)P Якщо проводиться загальний аналіз пружності, необхідно підтверджувати, що максимальні результати впливів не перевищують відповідних опорів.

(2) Якщо проводиться загальний аналіз пластичності, необхідно підтверджувати, що максимальні результати впливів не перевищують пластичний опір сталевої палі. Крім того, необхідно перевіряти обертальну здатність, див. таблицю 5.1.

(3) Метод аналізу для розподілу

5.2.1 *Classification of cross-sections*

(1)P If elastic global analysis is used, it shall be verified that the maximum effects of actions do not exceed the corresponding resistances.

(2)P If plastic global analysis is used, it shall be verified that the maximum effects of actions do not exceed the plastic resistance of the steel pile. In addition, the rotation capacity shall be checked, see Table 5.1.

(3) The analysis method for the

результатів впливів повинен узгоджуватися з нуступною класифікацією поперечних перерізів:

– поперечні перерізи класу 1, для яких можна виконувати аналіз пластичності, який стосується перерозподілу моментів, за умови, що вони мають достатньою обертальну здатність;

– поперечні перерізи класу 2, для яких обов'язковий загальний аналіз пластичності, але перевагу можна віддавати пластичному опору поперечного перерізу;

– поперечні перерізи класу 3, які повинні проектуватися із застосуванням загального аналізу еластичності і пружного розподілу напружень по поперечному перерізу, з допущенням пластичної деформації в крайніх шарах;

– поперечні перерізи класу 4, для яких локальна втрата стійкості негативно впливає на опір поперечного перерізу, див. додаток А.

(4) Можна застосовувати обмежуючі пропорції для поперечних перерізів класів 1, 2 і 3 з таблиці 5.1 для сталевих шпунтових паль, з урахуванням можливого зменшення товщини сталі в результаті корозії.

Примітка. Додаткові вказівки щодо класифікації поперечних перерізів наведено в додатку С.

(5) Елемент, що не відповідає умовам обмежень для класів 1, 2 і 3, можна відносити до класу 4.

(6)P Результати дій в інших елементах і з'єднаннях конструкції не повинні перевищувати опорів цих елементів і з'єднань.

distribution of effects of actions should be consistent with the following classification of cross-sections:

– class 1 cross-sections for which a plastic analysis involving moment redistribution may be carried out, provided that they have sufficient rotation capacity;

– class 2 cross-sections for which elastic global analysis is necessary, but advantage can be taken of the plastic resistance of the cross-section;

– class 3 cross-sections which should be designed using an elastic global analysis and an elastic distribution of stresses over the cross-section, allowing yielding at the extreme fibres;

– class 4 cross-sections for which local buckling affects the cross-sectional resistance, see Annex A.

(4) The limiting proportions for class 1, 2 and 3 cross-sections may be obtained from Table 5.1 for steel sheet piles, taking into account a possible reduction of steel thickness due to corrosion.

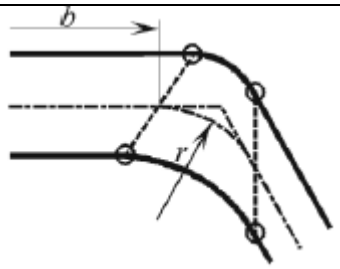
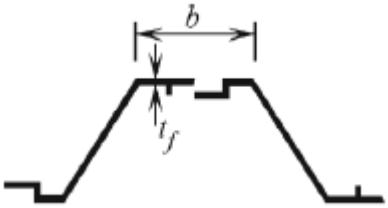
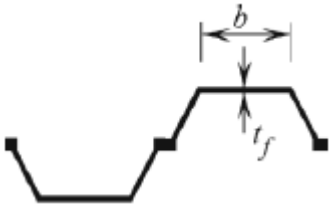
NOTE: Further guidance on the classification of cross-sections is given in Annex C.

(5) An element which fails to satisfy the limits for class 1, 2 or 3 should be taken as class 4.

(6)P The effects of actions in other structural elements and connections shall not exceed the resistances of those elements and connections.

Таблиця 5.1 – Класифікація поперечних перерізів
Table 5.1 – Classification of cross-sections

Класифікація Classification	Z-подібний профіль Z-profile	U-подібний профіль U-profile

							
Клас 1 Class 1		Застосовуються такі ж обмеження, як і для класу 2. Необхідне виконання вимірювання повороту. Tthe same boundaries as for class 2 apply A rotation check has to be carried out					
Клас 2 Class 2		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 45$		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 37$			
Клас 3 Class 3		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 66$		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 49$			
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	f_y, Н/мм^2 f_y [N/mm²]	240	270	320	355	390	430
	ε	0,99	0,93	0,86	0,81	0,78	0,74

b – ширина плоскої частини полиці, яка вимірюється між радіусами заокруглення вершин, якщо співвідношення r / t_f не більше 5,0; в іншому випадку слід використовувати більш точний спосіб;
t_f – товщина полиці для полиць з постійною товщиною;
r – середньолінійний радіус кутових вигинів між перегородками і полицями;
f_y – межа текучості
b – width of the flat portion of the flange, measured between the corner radii, provided that the ratio r/t_f is not greater than 5,0; otherwise a more precise approach should be used;
t_f – thickness of the flange for flanges with constant thickness;
r – midline radius of the corners between the webs and the flanges;
f_y – yield strength.

Примітка. Для поперечних перерізів класу 1 необхідно підтверджувати, що пластичне обертання, обумовлене поперечним перерізом, становить не менше, ніж пластичне обертання, необхідне у фактичному проектному випадку. Вказівки по такому підтвердженню (вимірювання обертання) наведені у додатку С.

NOTE: For class 1 cross-sections it should be verified that the plastic rotation provided by the cross-section is not less than the plastic rotation required in the actual design case. Guidance for this verification (rotation check) is given in Annex C.

5.2.2 *Шпунтовий пальовий ряд при вигині і зсуві*

(1) За відсутності поперечного (зсувного) і осьового зусилля розрахункове значення згинального моменту M_{Ed} в кожному поперечному перерізі має задовольняти наступній умові:

$$M_{Ed} \le M_{c,Rd}$$

де:

M_{Ed} – розрахунковий згинальний момент, отриманий на основі розрахунку згідно з відповідним випадком EN 1997-1;

$M_{c,Rd}$ – розрахунковий опір згинального моменту поперечного перерізу.

5.2.2 *Sheet piling in bending and shear*

(1) In the absence of shear and axial force, the design value of the bending moment M_{Ed} at each crosssection should satisfy:

$$M_{Ed} \le M_{c,Rd} \qquad (5.1)$$

where:

M_{Ed} is the design bending moment, derived from a calculation according to the relevant case of EN 1997-1;

$M_{c,Rd}$ is the design moment resistance of the cross-section.

(2) Розрахунковий опір згинального моменту поперечного перерізу $M_{c,Rd}$ слід визначати на основі наступних рівнянь:

– поперечні перерізи класу 1 або 2:

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{pl} f_y / \gamma_{M0}$$

– поперечні перерізи класу 3:

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{el} f_y / \gamma_{M0}$$

– поперечні перерізи класу 4:

див. Додаток А.

Де:

W_{el} – пружний момент опору перерізу, який визначається для безперервної стінки;

W_{pl} – пластичний момент опору перерізу, який визначається для безперервної стінки;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт безпеки відповідно до 5.1.1 (4);

β_B – коефіцієнт, що враховує ймовірну відсутність передачі зсувного зусилля

в замкові з'єднання, який має наступні значення

β_B = 1,0 для Z-подібних паль

і потрійних U-подібних паль;

$\beta_B \leq 1{,}0$ для одиничних і подвійних U-подібних паль.

Примітка 1. На ступінь передачі зсувного зусилля в замкові з'єднання U-подібних паль інтенсивно впливають наступні умови:

– тип ґрунту, в який занурювалися палі;

– тип встановленого елементу;

– кількість опорних рівнів та спосіб їх фіксації на площині стінки;

– метод установки;

– обробка замкових з'єднань, різьблення яких виконується на місці (змащені або частково закріплені за допомогою зварювання, обв'язка тощо.);

– висота консолі стінки (наприклад, якщо стінка виступає на велику відстань над найвищою обв'язкою або під найнижчою обв'язкою).

Примітка 2: Цифрові значення β_B для одиничних і подвійних U-подібних паль, які включають в себе ці параметри, можуть бути зазначені в національному додатку на основі

(2) The design moment resistance of the cross-section $M_{c,Rd}$ should be determined from the following:

– class 1 or 2 cross-sections:

(5.2)

– class 3 cross-sections:

(5.3)

– class 4 cross-sections:

see Annex A.

where:

W_{el} is the elastic section modulus determined for a continuous wall;

W_{pl} is the plastic section modulus determined for a continuous wall;

γ_{M0} is the partial safety factor according to 5.1.1 (4);

β_B is a factor that takes account of a possible lack of shear force transmission in the interlocks and has the following values:

β_B = 1,0 for Z-piles and triple U-piles

$\beta_B \leq 1{,}0$ for single and double U-piles.

NOTE 1: The degree of shear force transmission in the interlocks of U-piles is strongly influenced by:

– the type of soil into which the piles have been driven;

– the type of element installed;

– the number of support levels and their way of fixation in the plane of the wall;

– the method of installation;

– the treatment of the interlocks to be threaded on site (lubricated or partly fixed by welding, a

capping beam etc.);

– the cantilever height of the wall (e.g. if the wall is cantilevered to a substantial distance above

the highest waling or below the lowest waling)

NOTE 2: The numerical values for β_B for single and double U-piles covering these parameters, based on local design experience, may be given in the National Annex.

досвіду локального проекту.

(3) Для переборок з шпунтових паль слід виконувати вимірювання опору зсуву.

(4) Розрахункове значення зсувного зусилля V_{Ed} в кожному поперечному перерізі має відповідати умові:

$$V_{Ed} \le V_{pl,Rd}$$

де:

$V_{pl,Rd}$ – розрахунковий пластичний опір зсуву для кожної переборки, визначений на основі

$$\frac{A_V f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

A_V – площа проектованого зсуву для кожної переборки, що діє в тому ж напрямку, що і V_{Ed}.

Площа проектованого зсуву A_v може розраховуватися наступним чином для кожної переборки U-подібного або Z-подібного профілю (див. рисунок 5.1):

$$A_v = t_w (h - t_f)$$

де:

h – загальна висота,

t_f – товщина полиці

t_w – товщина переборки. У разі зміни товщини переборки $t_{w,i}$ по апофемі c, виключаючи замкові з'єднання, t_w у формулі (5.6) слід розглядати як мінімальне значення $t_{w,i}$.

(3) The webs of sheet piles should be verified for shear resistance.

(4) The design value of the shear force V_{Ed} at each cross-section should satisfy:

(5.4)

where:

$V_{pl,Rd}$ is the design plastic shear resistance for each web given by

(5.5)

A_V is the projected shear area for each web, acting in the same direction as V_{Ed}.

(5) The projected shear area A_v may be taken as follows for each web of a U-profile or a Z-profile, see Figure 5.1:

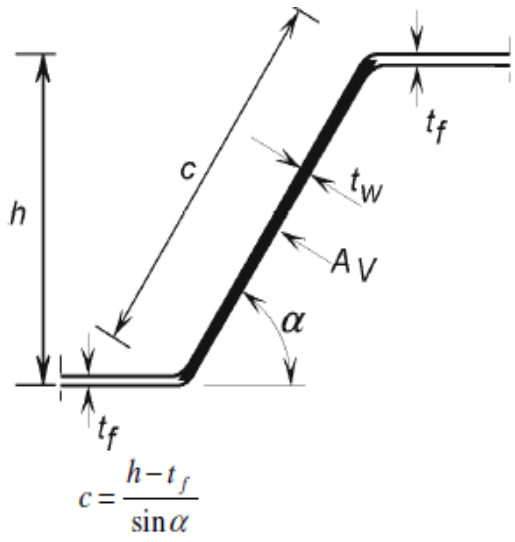
(5.6)

where:

h is the overall height;

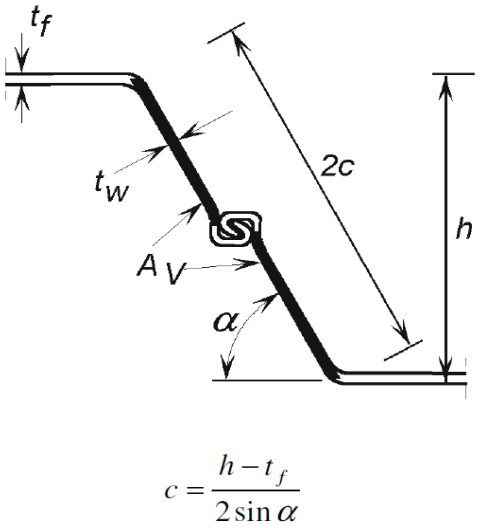
t_f is the flange thickness;

t_w is the web thickness. In the case of varying web thicknesses $t_{w,i}$ over the slant height c, excluding the interlocks, t_w in expression (5.6) should be taken as the minimum value of $t_{w,i}$.



a – Z-подібна паля

a) Z-pile



b– U-подібна паля

b) U-pile

Рисунок 5.1 – Визначення площі зсуву
Figure 5.1 – Definition of the shear area

(6) Крім того, необхідно підтвердити відповідність опору до втрати стійкості від перерізуючої сили у стінці з шпунтових паль наступній умові:

(6) In addition the shear buckling resistance of the webs of sheet piles should be verified if

$$c/t_w > 72\ \varepsilon.$$

(7) Опір до втрати стійкості від перерізуючої сили слід визначати на основі:

(7) The shear buckling resistance should be obtained from:

$$V_{b,Rd} = \frac{(h - t_f) t_w b_{bv}}{\gamma_{M0}} \qquad (5.7)$$

де $f_{b,v}$ – міцність в умовах втрати стійкості при зсуві згідно з таблицею 6.1 EN 1993-1-3 для переборки без елементів жорсткості в опорному кріпленні і для відносної податливості переборки, яка визначається на основі:

where $f_{b,v}$ is the shear buckling strength according to Table 6.1 of EN 1993-1-3 for a web without stiffening at the support and for a relative web slenderness given by:

$$\bar{\lambda} = 0,346 \frac{c}{t_w} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \qquad (5.8)$$

(8) Якщо розрахункове значення перерізуючої сили V_{Ed} не перевищує 50% розрахункового пластичного опору зсуву $V_{pl,Rd}$, не потрібно виконувати пониження в розрахунковому опорі моменту $M_{c,Rd}$.

(8) Provided that the design value of the shear force V_{Ed} does not exceed 50% of the design plastic shear resistance $V_{pl,Rd}$ no reduction need be made in the design moment resistance $M_{c,Rd.}$

(9) Коли V_{Ed} перевищує 50% значення $V_{pl,Rd}$, розрахунковий опір момента

(9) When V_{Ed} exceeds 50% of $V_{pl,Rd}$ the design moment resistance of the cross-section

поперечного перерізу має бути зменшений до значення $M_{V,Rd.}$ Зменшений розрахунковий пластичний опір моменту з урахуванням перерізуючого зусилля розраховується наступним чином:

should be reduced to $M_{V,Rd}$, the reduced design plastic moment resistance allowing for the shear force, obtained as follows:

$$M_{V,Rd} = \left[\beta_B W_{pl} - \frac{\rho A_V^{\,2}}{4 t_w \sin\alpha} \right] \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{, але (but) } M_{V,Rd} \le M_{c,Rd} \tag{5.9}$$

при:

with:

$$\rho = \left(2V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1 \right)^2 \tag{5.10}$$

де:

A_V – площа зсуву згідно (5.6);

t_w – товщина переборки;

α – кут нахилу переборки згідно з рисунком 5.1;

β_B – коефіцієнт, визначений в 5.2.2 (2).

Примітка. A_V і t_w відносяться до ширини, що розглядається для W_{pl}.

where:

A_V is the shear area according to (5.6);

t_w is the web thickness;

α is the inclination of the web according to Figure 5.1;

β_B is the factor defined in 5.2.2(2).

NOTE: A_V and t_w are related to the width considered for W_{pl}.

(10) Якщо сталевий шпунтовий пальовий ряд, виготовлений з U-подібних паль, був з'єднаний за допомогою зварювання або за допомогою обтискання для того, щоб підвищити передачу зсувного зусилля в ці замкові з'єднання, то з'єднання необхідно перевірити, допускаючи, що зсувне зусилля може передаватися тільки в з'єднані замки.

Примітка. Це допущення передбачає безпечне проектування з'єднань.

(10) If steel sheet piling made of U-piles has been connected by welding or by crimping in order to enhancethe shear force transmission in these interlocks, the connections should be verified assuming that the shear force can be transferred only in the connected interlocks.

NOTE: This assumption allows for a safe-sided design of the connections.

(11) Перевірка передачі зсувного зусилля в стикових зварних швах повинна відповідати 4.7 EN 1993-1-8.

(11) The verification of the butt welds for the transmission of the shear force should be in accordance with 4.7 of EN 1993-1-8.

(12) Розташування стикових зварних швів повинно відповідати вимогам 4.3 EN 1993-1-8, з урахуванням корозії там, де вона істотна.

(12) The layout of the butt welds should be in accordance with 4.3 of EN 1993-1-8 taking into account corrosion if relevant.

(13) У разі переривчастих стикових зварних швів необхідно створювати безперервну довжину l на кожному кінці палі, щоб уникнути можливого перенапруження під час установлення. Інформація щодо проектування зварних швів міститься у 1993-1-8.

Примітка. Значення l може бути зазначене в національному додатку. Рекомендується значення l = 500 мм.

(13) In the case of intermittent butt welds, a length of not less than l should be made continuous at each end of the pile in order to avoid possible overstressing during installation. Reference should be made to 1993-1-8 for the design of the welds.

NOTE: The value l may be given in the National Annex. A value of l = 500 mm is recommended.

(14) Необхідно підтвердити, що точки обтиснення замкових з'єднань були здатні передавати створювані в результаті зсувні зусилля замкового з'єднання.

(14)P It shall be verified that the crimped points of interlocks are able to transmit the resulting interlock shear forces.

(15) Якщо відстань між поодинокими або подвійними точками обтиснення не перевищує 0,7 м, а відстань між потрійними точками обтиснення не перевищує 1,0 м, можна припускати, що кожна точка обтиснення передає однакове зсувне зусилля $V_{Ed} \le R_k/\gamma_{M0,}$ де R_k – характеристичний опір точки стиснення, визначений за допомогою випробування відповідно до розділу 2.6.

(15) Provided that the spacing of the single or double crimped points does not exceed 0,7 m and the spacing of triple crimped points does not exceed 1,0 m, each crimped point may be assumed to transmit an equal shear force $V_{Ed} \le R_k/\gamma_{M0}$ where R_k is the characteristic resistance of the crimped point determined by testing in accordance with section 2.6.

Примітка. Визначення значення R_k за допомогою випробування див. у EN 10248.

NOTE: For the determination of R_k by testing see EN 10248.

5.2.3 *Шпунтовий пальовий ряд з згинальними, зсувними і осьовими зусиллями*

5.2.3 *Sheet piling with bending, shear and axial force*

(1) Для комбінованого згинання і стиснення втрату стійкості не потрібно враховувати, якщо:

(1) For combined bending and compression, member buckling need not be taken into account if:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \le 0,04 \qquad (5.11)$$

де:

where:

N_{Ed} – розрахункове значення стискаючого зусилля;

N_{Ed} is the design value of the compression force;

N_{cr} – пружне критичне навантаження шпунтової палі, що розраховується з використанням відповідної моделі ґрунту, яке враховує тільки стискаючі зусилля в шпунтової палі.

N_{cr} is the elastic critical load of the sheet pile, calculated with an appropriate soil model, taking into account only compression forces in the sheet pile.

(2) В якості альтернативного варіанту N_{cr} можна розраховувати наступним чином:

(2) Alternatively N_{cr} may be taken as:

$$N_{cr} = EI\beta_D\pi^2 / \ell^2 \qquad (5.12)$$

де ℓ – довжина втрати стійкості, визначається згідно з рисунком 5.2 для незакріпленого або частково закріпленого опорного кріплення в ґрунті або згідно з рисунком 5.3 для фіксованого опорного кріплення в ґрунті; β_D – коефіцієнт зменшення, див. 6.4.

in which ℓ is the buckling length, determined according to Figure 5.2 for a free or partially fixed earth support or according to Figure 5.3 for a fixed earth support and β_D is a reduction factor, see 6.4.

(3) Якщо відсутня відповідність критеріям пункту (1), слід перевірити опір

(3) If the criterion given in (1) is not satisfied, the buckling resistance should be

до втрати стійкості.

Примітка. Перевірку можна виконувати за допомогою процедури, описаної в (4) - (7).

(4) Якщо граничні умови виконуються елементами (анкер, опорне кріплення в ґрунті, обв'язувальна балка тощо), які забезпечують обмеження положення, яке відповідає режиму втрати стійкості без бокового переміщення, можна використати таку спрощену перевірку втрати стійкості:

для перерізів класів 1, 2 і 3:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi N_{pl,Rd}(\gamma_{M0}/\gamma_{M1})}+1{,}15\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}(\gamma_{M0}/\gamma_{M1})}\le 1{,}0 \qquad (5.13)$$

де:

$N_{pl,Rd}$ – пластичний розрахунковий опір поперечного перерізу ($A\,f_y/\gamma_{M0}$);

$M_{c,Rd}$ – розрахунковий опір моменту поперечного перерізу, див. 5.2.2 (2);

γ_{M1} –частковий коефіцієнт згідно 5.1.1 (4);

γ_{M0} – частковий коефіцієнт згідно 5.1.1 (4);

χ – коефіцієнт втрати стійкості згідно з 6.3.1.2 EN 1993-1-1, з використанням безрозмірної податливості кривої *d* і *a*, даної на основі:

$$\overline{\lambda}=\sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}}$$

де:

N_{cr} – пружне критичне навантаження, яке можна визначити на основі (5.12);

A – площа поперечного перерізу:

– щодо перерізів класу 4, див. додаток А.

Примітка. Крива втрати стійкості *d* включає в себе деформації занурення до 0,5% значення ℓ, які вважаються прийнятними.

(5) У спрощений спосіб довжину втрати стійкості ℓ можна визначати наступним чином, допускаючи режим втрати стійкості без бокового переміщення, згідно (7):

– для незакріпленого опорного кріплення в ґрунті, якщо існує достатнє обмеження згідно (6), довжина ℓ може розглядатися як відстань між переднім нижнім ребром і горизонтальним опорним кріпленням

verified.

NOTE: This verification can be carried out using the procedure given in (4) to (7).

(4) Provided that the boundary conditions are supplied by elements (anchor, earth support, capping beam etc.) that give positional restraint corresponding to the non-sway buckling mode, the following simplified buckling check may be used:

for class 1, 2 and 3 sections:

where:

$N_{pl,Rd}$ is the plastic design resistance of the cross-section ($A\,f_y/\gamma_{M0}$);

$M_{c,Rd}$ is the design moment resistance of the cross-section, see 5.2.2 (2);

γ_{M1} is the partial factor according to 5.1.1 (4);

γ_{M0} is the partial factor according to 5.1.1 (4);

χ is the buckling coefficient from 6.3.1.2 of EN 1993-1-1, using curve *d* and *a* non dimensional slenderness given by:

with:

N_{cr} is the elastic critical load, which may be determined according to (5.12);

A is the cross-sectional area;

– for class 4-sections: see Annex A.

NOTE: Buckling curve *d* also covers driving imperfections up to 0,5% of ℓ which is considered to be good practice.

(5) For the simplified approach the buckling length ℓ may be determined as follows, assuming a non-sway buckling mode according to (7):

– for a free earth support, provided that sufficient restraint exists according to (6), ℓ may be taken as the distance between the toe and the horizontal support (waling, anchor),

(обв`язка, анкер), див. рисунок 5.2;

– для фіксованого опорного кріплення в ґрунті довжина ℓ може розглядатися як 70% від відстані між переднім нижнім ребром і горизонтальним опорним кріпленням (обв`язка, анкер), див. рисунок 5.3.

(6) Можна допустити, що незакріплене опорне кріплення в ґрунті забезпечує достатнє обмеження для спрощеного способу, якщо переднє нижнє ребро стінки з шпунтових паль закріплене в корінний породі, або якщо переднє нижнє ребро стінки з шпунтових паль здатне протистояти додатковому горизонтальному зусиллю $F_{Q,Ed}$ за допомогою пасивного тиску ґрунту або за допомогою тертя, відповідно до рисунку 5.4. Значення $F_{Q,Ed}$ визначається за допомогою формули:

$$F_{Q,Ed} = \pi N_{Ed}\left(\frac{d}{\ell} + 0,01\right) \qquad (5.14)$$

де d – максимальний відносний прогин стінки з шпунтових паль, що виникає між опорними кріпленнями згідно з аналізом першого порядку. Зусиллю $F_{Q,Ed}$ можна протистояти за допомогою забезпечення додаткової довжини палі h згідно рисунку 5.4, якщо опір ґрунту повністю задіяний при відсутності тертя.

(7) Якщо додатковий зсув горизонтального опорного кріплення (анкер, обв`язка) в результаті навантаження опорного кріплення $N_{Ed}/100$ менше, ніж $\ell/500$, можна припустити, що опорне кріплення забезпечує достатнє обмеження для допущення режиму втрати стійкості без бокового переміщення.

(8) Якщо система не забезпечує достатнє обмеження, необхідно виконати детальне дослідження втрати стійкості на основі методів, вказаних в EN 1993-1-1.

see Figure 5.2;

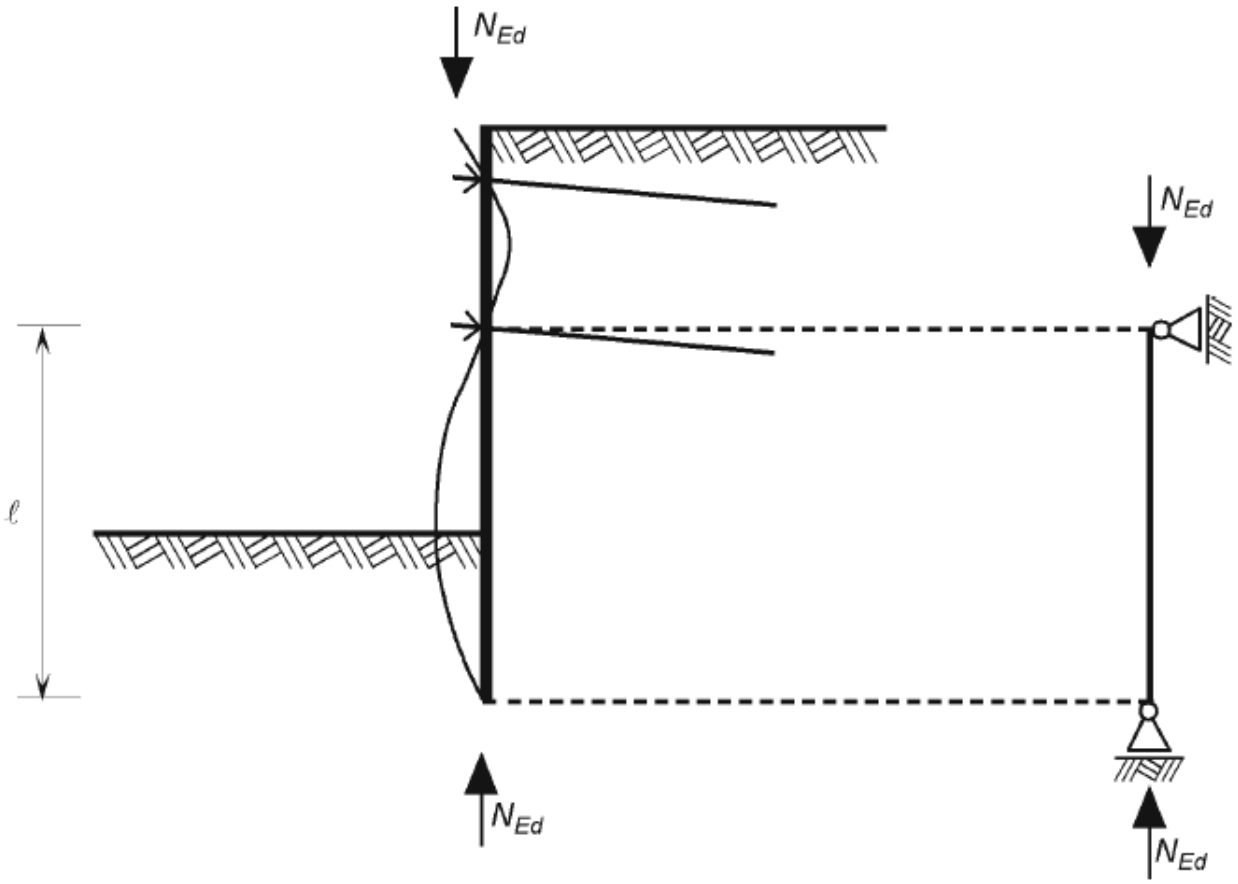
– for a fixed earth support ℓ may be taken as 70 % of the distance between the toe and the horizontal support (waling, anchor), see Figure 5.3.

(6) It may be assumed that a free earth support provides sufficient restraint for the simplified approach if the toe of the sheet pile wall is fixed in bedrock or if the toe of the sheet pile wall is able to resist an additional horizontal force $F_{Q,Ed}$ by passive earth pressure or by friction according to Figure 5.4. $F_{Q,Ed}$ is given by:

where d is the maximum relative deflection of the sheet pile wall occurring between the supports according to a first order analysis. The force $F_{Q,Ed}$ can be resisted by providing an additional pile length h according to Figure 5.4 if the soil resistance is fully mobilised in the absence of friction.

(7) If the supplementary displacement of a horizontal support (anchor, waling) due to a support load of $N_{Ed}/100$ is less than $\ell/500$, the support may be assumed to provide enough restraint for the assumption of a non-sway buckling mode.

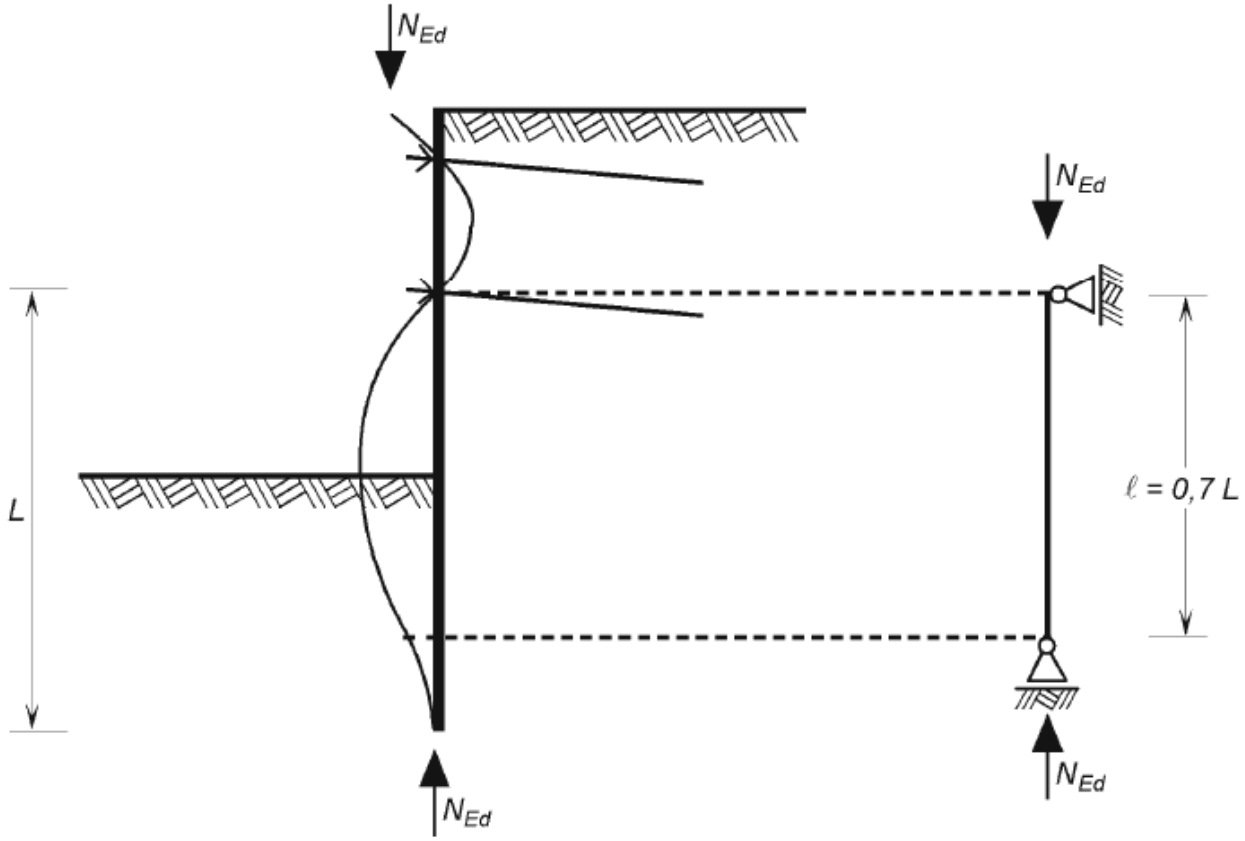
(8) If the system does not provide enough restraint, a detailed buckling investigation should be carried out, based on the methods given in EN 1993-1-1.



a – геометрія прогину в результаті втрати стійкості; b – спрощена система
a) deflected shape due to buckling; b) simplified system

Рисунок 5.2 – Можливе визначення довжини втрати стійкості ℓ, незакріплене опорне кріплення в ґрунті

Figure 5.2 – Possible determination of buckling length ℓ, free earth support

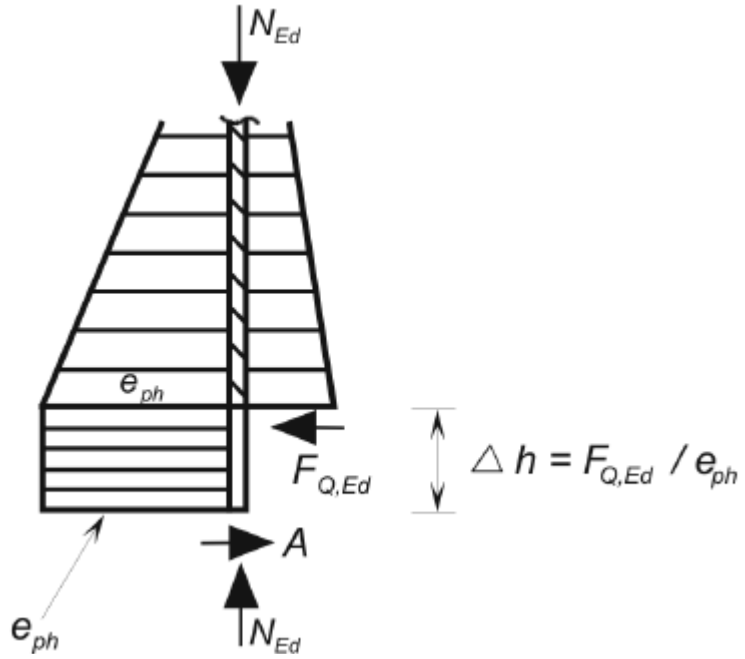


a – геометрія прогину в результаті втрати стійкості; b – розрахункова схема

a) deflected shape due to buckling; b) simplified system

Рисунок 5.3 – Можливе визначення довжини втрати стійкості ℓ, зафіксоване опорне кріплення в ґрунті:

Figure 5.3 – Possible determination of buckling length ℓ, fixed earth support



e_{ph} - горизонтальний, пасивний тиск ґрунту; A - зусилля тертя

e_{ph} Horizontal passive earth pressure; A Friction force

Рисунок 5.4 – Визначення додаткового горизонтального зусилля $F_{Q,Ed}$
Figure 5.4 – Determination of supplementary horizontal force $F_{Q,Ed}$

(9) Для елементів, що піддаються осьовому зусиллю, розрахункове значення осьового зусилля N_{Ed} в кожному поперечному перерізі має відповідати такій умові:

$$N_{Ed} \le N_{pl,Rd} \qquad (5.15)$$

де $N_{pl,Rd}$ – пластичний розрахунковий опір поперечного перерізу з наступним визначенням:

$$N_{pl,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} \qquad (5.16)$$

(10) Вплив осьового зусилля на пластичне опір моменту шпунтових паль поперечного перерізу класу 1, 2 і 3 можна не враховувати, якщо:

– для Z-подібних профілів класу 1 і 2:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \le 0{,}1 \qquad (5.17)$$

– для U-подібних профілів класу 1 і 2:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \le 0{,}25 \qquad (5.18)$$

(9) For members subject to axial force, the design value of the axial force N_{Ed} at each cross-section should satisfy:

(5.15)

in which $N_{pl,Rd}$ is the plastic design resistance of the cross-section with:

(5.16)

(10) The effects of axial force on the plastic moment resistance of the cross-section of class 1, 2 and 3 sheet piles may be neglected if:

– for Z-profiles of class 1 and 2:

(5.17)

– for U-profiles of class 1 and 2:

(5.18)

– для профілів класу 3:

– for class 3 profiles:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \le 0,1 \qquad (5.19)$$

(11) Якщо осьове зусилля перевищує обмежуючі значення, вказані в (10), необхідно виконати наступні критерії при відсутності зсувного зусилля:

(11) If the axial force exceeds the limiting values given in (10), the following criteria should be satisfied in the absence of shear force:

– поперечні перерізи класу 1 і 2:

– class 1 and 2 cross-sections:

– для Z-подібних профілів:

– for Z-profiles:

$$M_{N,Rd} = 1,11 M_{c,Rd}\left(1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}\right), \text{ але (but) } M_{N,Rd} \le M_{c,Rd} \qquad (5.20)$$

– для U -подібних профілів:

– for U-profiles:

$$M_{N,Rd} = 1,33 M_{c,Rd}\left(1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}\right), \text{ але (but) } M_{N,Rd} \le M_{c,Rd} \qquad (5.21)$$

– поперечні перерізи класу 3:

– Class 3 cross-sections:

$$M_{N,Rd} = M_{c,Rd}\left(1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}\right) \qquad (5.22)$$

– поперечні перерізи класу 4 – див. додаток А

– class 4 cross-sections: see Annex A.

де:

where:

$M_{N,Rd}$ – зменшений розрахунковий опір моменту з урахуванням осьового зусилля;

$M_{N,Rd}$ is the reduced design moment resistance allowing for the axial force.

(12) Якщо осьове зусилля перевищує обмежуюче значення, вказане в (10), слід взяти до уваги сумарну дію згинального, осьового і зсувного зусилля наступним чином:

(12) If the axial force exceeds the limiting value given in (10), account should be taken of the combined presence of bending, axial and shear force as follows:

a) якщо розрахункове значення зсувного зусилля V_{Ed} не перевищує 50% розрахункового пластичного опору до зсуву $V_{pl,Rd}$, то не потрібно виконувати зниження в сукупності зусилля моменту і осьового зусилля, які відповідають критеріям (11).

a) Provided that the design value of the shear force V_{Ed} does not exceed 50% of the design plastic shear resistance $V_{pl,Rd}$ no reduction need be made in combinations of moment and axial force that satisfy the criteria in (11).

b) якщо V_{Ed} перевищує 50% $V_{pl,Rd}$, розрахунковий опір поперечного перерізу для сукупності моментів і осьових зусиль слід розраховувати з використанням зменшеної межі текучості $f_{y,red} = (1 - \rho)\, f_y$ для площі зсуву, де $\rho = (2\, V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2$.

b) When V_{Ed} exceeds 50% of $V_{pl,Rd}$ the design resistance of the cross-section to combinations of moment and axial force should be calculated using a reduced yield strength $f_{y,red} = (1 - \rho)\, f_y$ for the shear area, where $\rho = (2\, V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2$.

5.2.4 *Локальні впливи тиску води*

5.2.4 *Local effects of water pressure*

(1) У випадку, якщо диференціальний (різницевий) тиск води перевищує 5 м висоти напору для Z-подібних паль і 20 м

(1) In the case of differential water pressure exceeding 5 m head for Z-piles and 20 m head for U-piles the effects of water

для U-подібних паль, для визначення загального опору вигину слід приймати в розрахунок вплив тиску води на локальне поперечне згинання плити.

pressure on transverse local plate bending should be taken into account to determine the overall bending resistance.

(2) У спрощеному варіанті таку перевірку можна виконувати для Z-подібних паль за допомогою наступної процедури:

(2) As a simplification, this verification may be carried out for Z-piles using the following procedure:

– якщо диференціальний тиск води становить більше 5 м висоти напору, перевірка поперечного перерізу повинна виконуватися в зонах максимальних загальних моментів згинання;

– if the differential water pressure is more than 5 m head, the cross-sectional verification should be carried out at the locations of the maximum overall bending moments;

вплив диференціального тиску води слід враховувати за допомогою зменшеної межі текучості

– the effect of differential water pressure should be taken into account by using a reduced yield strength

$$f_{y,red} = \rho_P f_y$$

де ρ_P вибрано з таблиці 5.2 для визначення опору поперечного перерізу;

with ρ_P taken from Table 5.2, for the determination of the cross-sectional resistance;

для визначення ρ_P з таблиці 5.2 необхідно враховувати диференціальний тиск води, що діє у відповідних зонах максимального моменту.

to determine ρ_P from Table 5.2 the differential water pressure acting at the relevant locations of maximum moment should be taken into account.

Таблиця 5.2 – Коефіцієнти зменшення ρ_P для Z-подібних паль в результаті впливу диференціального тиску води

Table 5.2 – Reduction factors ρ_P for Z-piles due to differential water pressure

w	(b/t_{min}) ε = 20,0	(b/t_{min}) ε = 30,0	(b/t_{min}) ε = 40,0	(b/t_{min}) ε = 50,0
5,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10,0	0,99	0,97	0,95	0,87
15,0	0,98	0,96	0,92	0,76
20,0	0,98	0,94	0,88	0,60

Позначення:
b - ширина полиці, але *b* не можна розглядати менш ніж c / 2, де c - апофема перебирання;
tmin t_{min} - становить менше ніж tf або tw;
t_f -товщина полиці;
t_w -товщина перегородки;
w – локальний диференційний напір, м;
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$, f_y - межа текучості, Н/мм^2.

Key:
b is the width of the flange, but *b* should not be taken as less than $c\sqrt{2}$, where *c* is the slant height of the web
t_{min} is the lesser of t_f or t_w
t_f is the flange thickness
t_w is the web thickness
w is the differential head in m

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ is the yield strength in N/mm².
Примітки: 1. ρ_P = 1,0 можна використовувати, якщо замкові з'єднання Z-подібних паль зварюються. 2. Проміжні значення допускається інтерполювати лінійно **NOTES:** 1) ρ_P = 1,0 may be used if the interlocks of Z-piles are welded. 2) Intermediate values may be interpolated linearily.

5.2.5 *Прямі сталеві шпунтові палі у стінці*

(1)P Результати впливів для перевірки міцності прямих сталевих шпунтових паль у стінці, що використовуються в комірчастих конструкціях, слід визначати на основі моделі, яка відображає поведінку пальового ряду в граничних станах.

(2) За інформацією про часткові коефіцієнти, що застосовуються для наповнення, і про впливи слід звертатися до EN 1997-1 і EN 1990.

(3) Модель наповнення повинна відповідати вимогам EN 1997-1.

(4) Модель пальового ряду повинна відповідати вимогам EN 1993-1-1.

Примітка. Корисним може стати застосування моделей, що враховують великі зміщення для пальового ряду.

(5) Можна використовувати двомірний аналіз на основній горизонтальній площині.

(6) Внутрішній тиск, що виникає від наповнення або передається через наповнення, повинен визначатися з використанням значення не меншого, ніж залишкове значення тиску ґрунту, див. EN 1997-1.

(7) Опір розтягуванню $F_{ts,Rd}$ сталевих шпунтових паль у простій рівній переборці (таких, що відрізняються від з'єднувальних паль) слід розглядати як менше з опору замкового з'єднання і опору переборки, користуючись формулою:

5.2.5 *Straight web steel sheet piles*

(1)P The effects of actions for strength verification of straight web steel sheet piles used in cellular structures, shall be determined from a model that describes the behaviour of the piling at ultimate limit states.

(2) Reference should be made to EN 1997-1 and to EN 1990 for partial factors to be applied to the fill and the actions.

(3) The fill model should be in accordance with EN 1997-1.

(4) The piling model should be in accordance with EN 1993-1-1.

NOTE: It can be beneficial to use models taking into account large displacements for the piling.

(5) A two-dimensional analysis in the governing horizontal plane may be used.

(6) The internal pressure resulting from or transmitted through the fill should be determined using a value not less than the at rest value of the earth pressure, see EN 1997-1.

(7) The tensile resistance $F_{ts,Rd}$ of plain straight web steel sheet piles, (other than junction piles) should be taken as the lesser of the interlock resistance and the resistance of the web, using:

$$F_{ts,Rd} = \beta_R R_{k,s} / \gamma_{M0}\text{, але (but) } F_{ts,Rd} \le t_w f_y / \gamma_{M0} \quad (5.23)$$

де:

f_y – межа текучості;

$R_{k,s}$ – характеристичний опір замкового з'єднання;

t_w – товщина переборки;

β_R – коефіцієнт зменшення для опору замкового з'єднання.

Примітка. Значення R може бути зазначено в національно додатку. Рекомендується значення R = 0,8.

(8) Характеристичний опір замкового з'єднання $R_{k,s}$ залежить від поперечного перерізу замкового з'єднання і використовуваних сортів сталей. Характеристичний опір $R_{k,s}$ слід визначати за допомогою випробування у відповідності з 2.6 EN 10248.

(9) Для простих паль необхідно підтверджувати, що:

$$F_{t,Ed} \le F_{ts,Rd} \quad (5.24)$$

де:

$F_{ts,Rd}$ – розрахунковий опір розтягування згідно з формулою (5.23);

$F_{t,Ed}$ – розрахункове значення кільцевого розтягуючого зусилля.

(10) Якщо в одному секторі стінки використовуються палі різних розмірів, для перевірки слід використовувати найменше значення опору розтягуванню.

(11) Кут відхилення (180° мінус кут між двома сусідніми гранями) необхідно обмежувати до максимального значення, зазначеного виробником.

(12) Для зварюваних з'єднувальних паль повинні використовуватися сорти сталей з відповідними властивостями.

(13) У проектуванні з'єднувальних паль згідно з рисунком 5.5 і рисунком 5.6 слід враховувати напруги в результаті згинання плити.

where:

f_y is the yield strength;

$R_{k,s}$ is the characteristic interlock resistance;

t_w is the web thickness;

β_R is the reduction factor for interlock resistance.

NOTE: The value β_R may be given in the National Annex. The value β_R = 0,8 is recommended.

(8) The characteristic resistance of the interlock $R_{k,s}$ depends upon the cross-section of the interlock and the steel grade adopted. The characteristic interlock resistance $R_{k,s}$ should be determined by testing according to 2.6 and EN 10248.

(9) Plain piles should be verified such that:

where:

$F_{ts,Rd}$ is the design tensile resistance according to expression (5.23);

$F_{t,Ed}$ is the design value of the circumferential tensile force.

(10) When piles of different sizes are used in the same segment of a wall, the lowest tensile resistance should be used for the verification.

(11) The deviation angle (180° minus the angle between two adjacent faces) should be limited to the maximum value given by the manufacturer.

(12) For welded junction piles, steel grades with appropriate properties should be used.

(13) The design of junction piles according to Figure 5.5 and Figure 5.6 should take account of the stresses due to plate bending.

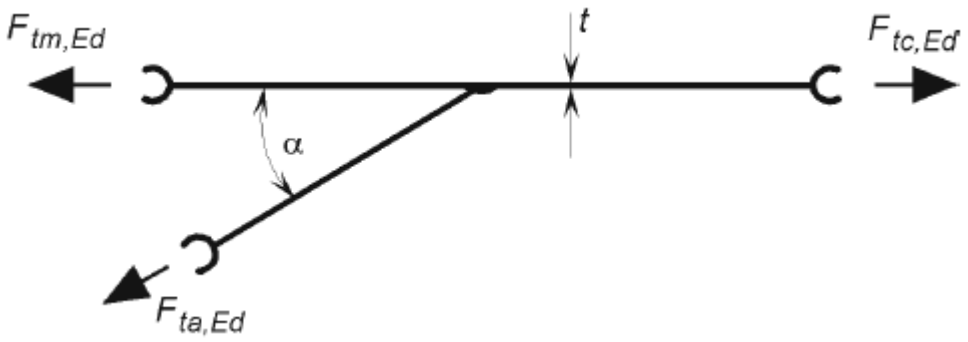


Рисунок 5.5 – Зварювана сполучна паля
Figure 5.5 – Welded junction pile

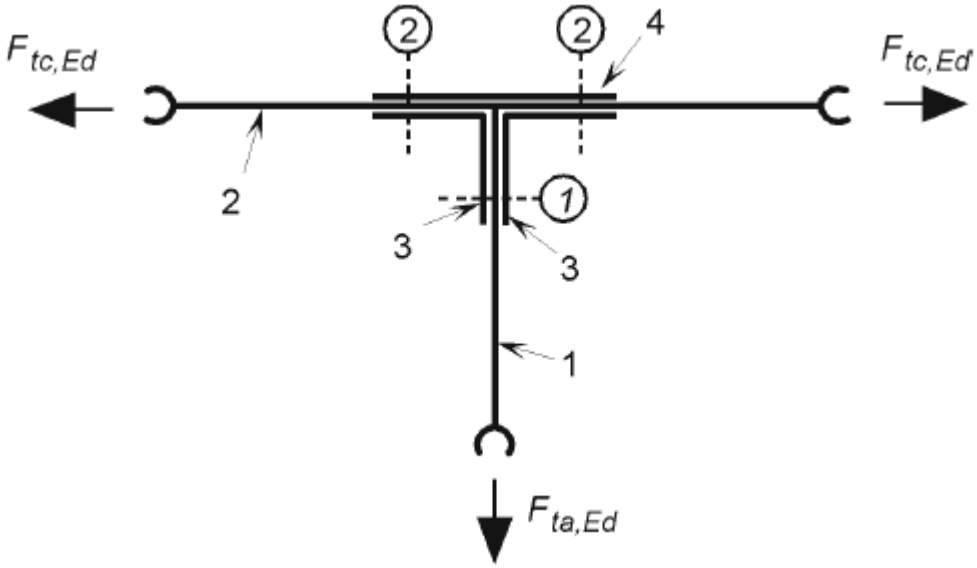


Рисунок 5.6 – Болтове трійникове з'єднання з підкладкою
Figure 5.6 – Bolted T-connection with backing plate

(14) Якщо зварювання виконується відповідно до процедури, зазначеної в EN 12063, зварювану зєднувальну палю можна перевіряти згідно з:

$$F_{tc,Ed} \le \beta_T F_{ts,Rd} \qquad (5.25)$$

де:

$F_{ts,Rd}$ – розрахунковий опір розтягуванню палі згідно з формулою (5.23);

$F_{tc,Ed}$ – розрахункове розтягуюче зусилля в основній комірці, що визначається за формулою:

$$F_{tc,Ed} = p_{m,Ed}\, r_m \qquad (5.26)$$

де:

$p_{m,Ed}$ – розрахункове значення внутрішнього тиску основної комірки на

(14) Provided that welding is carried out according to the procedure given in EN 12063 the welded junction pile may be verified using:

where:

$F_{ts,Rd}$ is the design tensile resistance of the pile according to expression (5.23);

$F_{tc,Ed}$ is the design tensile force in the main cell given by:

with:

$p_{m,Ed}$ is the design value of the internal pressure of the main cell in the governing

основній горизонтальній площині, в результаті впливу тиску води і залишкового тиску наповнення;

r_m – радіус основної комірки (див. рисунок 5.7).

β_T – коефіцієнт зменшення, в якому врахована поведінка зварюваної сполучної палі в граничних станах, і який має бути розрахований за наступною формулою:

horizontal plane due to water pressure and the at rest pressure of the fill;

r_m is the radius of the main cell, see Figure 5.7.

β_T is a reduction factor that takes into account the behaviour of the welded junction pile at ultimate limit states and should be calculated as follows:

$$\beta_T = 0{,}9\ (1{,}3 - 0{,}8\ r_a / r_m)\ (1 - 0{,}3\ \tan \varphi_d) \qquad (5.27)$$

де r_a і r_m – радіуси з'єднувальної дуги і основної комірки згідно рисунку 5.7, а φ_d – розрахункове значення внутрішнього кута тертя матеріалу наповнення.

Примітка 1. В коефіцієнті β_T врахована поворотна здатність (пластичність) з`єднувальної палі, а також поворотна потреба (до 20°) відповідно до моделі, що відображає поведінку перемички в граничних станах.

Примітка 2: Формула (5.27), незважаючи на те, що складена для комірчастих перегородок з суміщеними з'єднувальними дугами (див. рисунок 5.7) дає прийнятні результати для альтернативних конфігурацій. Там, де потрібні більш відповідні значення, вони можуть визначатися або за допомогою порівняльного досвіду, або за допомогою випробування в поєднанні з підходящою розрахунковою моделлю згідно (1) Р.

in which r_a and r_m are the radii of the connecting arc and of the main cell according to Figure 5.7 and φ_d is the design value of the internal friction angle of the fill material.

NOTE 1: The factor β_T takes into account the rotation capacity (ductility) of the junction pile as well as the rotation demand (up to 20°) according to a model covering the behaviour of the cofferdam at ultimate limit states.

NOTE 2: Expression (5.27) although developed for cellular cofferdams with aligned connecting arcs, see Figure 5.7, yields acceptable results for alternative configurations. Where more appropriate values are required, these values can be determined either by comparable experience or by testing in combination with a suitable design model in accordance with (1)P.

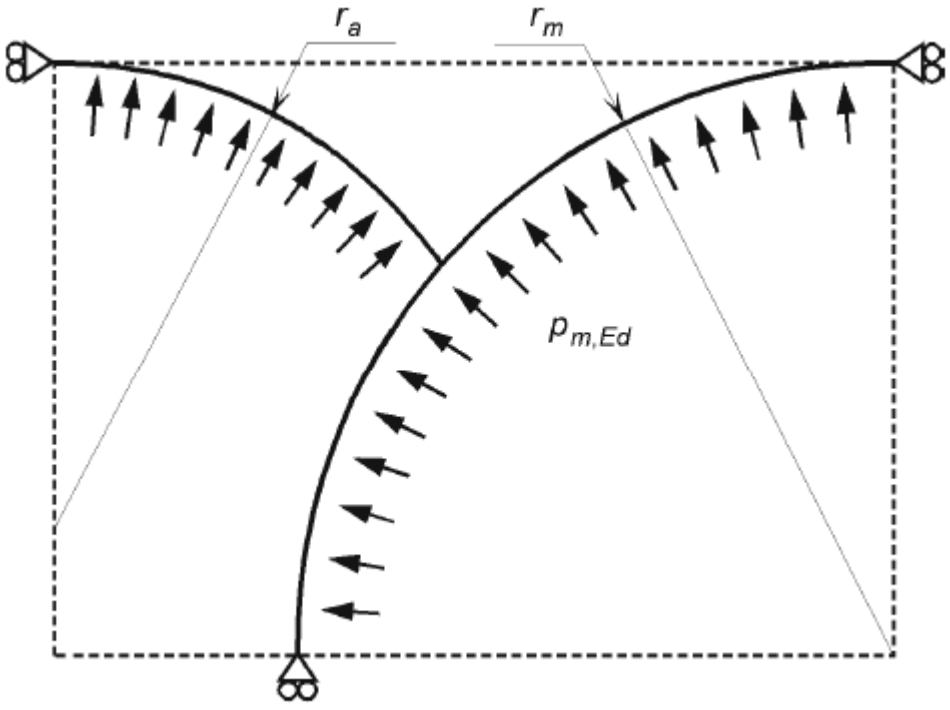


Рисунок 5.7 – Геометрія кільцевої комірки та з`єднувальної сполучної дуги
Figure 5.7 – Geometry of circular cell and the aligned connecting arc

(15) Для з`єднувальної палі під кутом 90^o можна використовувати болтове трійникове з'єднання.

(15) For a 90^o junction pile a bolted T-connection may be used.

(16) Для з`єднувальних паль, зібраних в болтове трійникове з'єднання, показане на рисунку 5.6, перевірку можна виконувати з використанням наступної процедури.

(16) For junction piles built up as a bolted T-connection shown in Figure 5.6, the verification may be carried out using the following procedure.

(17) Міцність замкового з'єднання слід перевіряти відповідно до (9).

(17) The interlock strength should be verified according to (9).

(18) Перевірки з'єднань необхідно виконувати таким чином, див. рисунок 5.6:

(18) The connections should be verified as follows, see Figure 5.6:

– перевірка опору зрушенню і зсуву болтів (1) згідно 3.6 EN 1993-1-8, припускаючи, що розтягуюче зусилля $F_{ta,Ed}$ розподілене рівномірно;

– verification of the shear and bearing resistance of the bolts (1) according to 3.6 of EN 1993-1-8, assuming the tensile force $F_{ta,Ed}$ is equally distributed;

– перевірка інтервалів між болтами (1) згідно 3.5 EN 1993-1-8;

– verification of the bolt spacing (1) according to 3.5 of EN 1993-1-8;

– перевірка поперечного перерізу нетто переборки 1 і суміжних сторін кутів 3 згідно з положеннями, визначеними в 6.2.5 EN 1993-1-8;

– verification of the net cross-section of the web 1 and of the adjacent legs of the angles 3 according to the provisions given in 6.2.5 of EN 1993-1-8;

– перевірка болтів (2) згідно 3.11 EN 1993-1-8 на опір розтягуванню, з використанням моделі трійникової деталі згідно 6.2.4 (тип 3) EN 1993-1-8;

– verification of the bolts (2) according to 3.11 of EN 1993-1-8 for their tensile resistance using a T-stub model according to 6.2.4 (mode 3) of EN 1993-1-8;

– перевірка пластини підкладки 4 і суміжних сторін кутів 3 згідно з положеннями, визначеними в 6.2.4 (тип 1 і тип 2) EN 1993-1-8. Щоб дозволити застосування режимів розрахункового руйнування, визначених у 6.2.4 EN 1993-1-8, перегородку палі 2 (див. рисунок 5.6) слід розглядати як полицю еквівалентної трійникової деталі для режимів 1 і 2;

– verification of the backing plate 4 and of the adjacent legs of the angles 3 according to the provisions given in 6.2.4 (mode 1 and mode 2) of EN 1993-1-8. In order to permit the use of the design failure modes given in 6.2.4 of EN 1993-1-8, the web of the pile 2 (see Figure 5.6) should be taken as the flange of the equivalent T-stub for modes 1 and 2;

– перевірка переборки палі 2 для розтягуючого зусилля $F_{tc,Ed}$ щодо текучості поперечного перерізу нетто.

– verification of the web of the pile 2 for the tensile force $F_{tc,Ed}$ against yielding of the net crosssection.

(19) Інші типи сполучних паль можна перевіряти відповідним чином.

(19) Other types of junction piles may be verified accordingly.

5.3 Несучі палі

5.3 Bearing piles

5.3.1 *Загальні положення*

5.3.1 *General*

(1) Підсумки впливів в палях слід визначати відповідно до EN 1997-1, з

(1) The effects of actions in piles should be determined in accordance with EN 1997-1,

урахуванням рівноваги і сумісності.

(2) Перевірки граничних станів повинні виконуватися на руйнування в ґрунті для окремих паль і для груп паль відповідно до EN 1997, а також на руйнування паль і їх з`єднань в конструкції відповідно до EN 1993-5, EN 1992 і EN 1994.

5.3.2 *Методи проектування та аналіз*

(1) Для паль, що піддаються осьовим і поперечним навантаженням, опір ґрунту слід вибирати з EN 1997-1.

(2) Результати впливів поперечних зусиль у палі слід враховувати в поєднанні з осьовими зусиллями і вживаними моментами. Вони повинні визначатися за допомогою накладення результатів різних розрахунків, в яких передбачається, що ґрунт в контакті з окремими частинами довжини палі чинить опір різним впливам. В якості альтернативи, осьове зусилля, згинальні моменти і поперечні зусилля можна розглядати як зусилля, яким чинить опір ґрунт по ідентичній довжині палі, якщо ґрунт здатний переносити їх сукупні впливи.

(3) Конструктивне проектування окремої палі слід перевіряти відповідно до розділу 5 EN 1993-1-1.

(4) Для осьових зусиль, що діють на головку палі, розподіл напруги можна завбачливо розглядати як постійну величину по довжині палі для визначення результатів впливів, за винятком випадку негативного поверхневого тертя.

(5) Передачу крутних моментів, що діють на головку палі, слід допускати, якщо тільки спеціальні умови не дозволяють введення крутного моменту в ґрунт. Розподіл крутних моментів слід розглядати як постійну величину по довжині палі.

5.3.3 *Стальні палі*

(1) Перевірка поперечного перерізу сталевих несучих паль повинна відповідати EN 1993-1-1.

taking account of both equilibrium and compatibility.

(2) Ultimate limit state verifications should be carried out for failure in the soil for both individual piles and pile groups according to EN 1997, and for failure of the piles and their connections to the structure according to EN 1993-5, EN 1992 and EN 1994.

5.3.2 *Design methods and design considerations*

(1) For piles subjected to axial and transverse loading, the soil resistance should be taken from EN 1997-1.

(2) The effects of actions in the pile due to transverse forces should be taken into account in combination with those due to axial forces and applied moments. They may be determined by superimposing the results of separate calculations in which the soil in contact with separate portions of the pile length is assumed to be resisting different actions. Alternatively the axial force, bending moments and transverse forces may be considered as resisted by soil over the same length of pile, provided that the soil is capable of resisting their combined effects.

(3) The structural design of an individual pile should be verified in accordance with section 5 of EN 1993-1-1.

(4) For axial forces acting at the head of the pile, the distribution of stress may be conservatively taken as constant over the length of the pile for the determination of the effects of actions, except in the case of negative skin friction.

(5) The transmission of torsional moments acting at the head of the pile should not be assumed unless special provisions allow the introduction of the torque into the soil. The distribution of the torque should be taken as constant over the pile length.

5.3.3 *Steel piles*

(1) Cross sectional verification of steel bearing piles should be in accordance with EN 1993-1-1.

(2) Інформація щодо визначення умов ґрунту, при яких необхідно враховувати загальну втрату стійкості паль, міститься у розділі 7.8 EN 1997.

(2) Reference to section 7.8 of EN 1997 may be made for indications of the soil conditions under which overall buckling of piles has to be taken into account.

(3) Якщо ґрунт забезпечує недостатнє обмеження поперечного переміщення, можна припустити, що дотримується критерій піддатливості для загальної втрати стійкості, якщо $N_{Ed} / N_{cr} \leq 0{,}10$, де N_c – критичне значення осьового зусилля N_{Ed}..

(3) If the soil provides insufficient lateral restraint, the slenderness criterion for overall buckling may be assumed to be satisfied if $N_{Ed} / N_{cr} \leq 0{,}10$, where N_{cr} is the critical value of the axial force N_{Ed}.

(4) Якщо потрібна перевірка загальної втрати стійкості, слід звернутися до розділу 5 EN 1993-1-1. Необхідно враховувати наступні впливи:

(4) If overall buckling verification is required reference should be made to section 5 of EN 1993-1-1. The following effects should be taken into account:

– окрім недосконалостей, перелічених в 5.3 EN 1993-1-1, належну увагу слід приділити додатковим первісним дефектам (наприклад, в результаті з`єднань або установки), відповідно до EN 12699 і EN 14199.

– in addition to the imperfections given in 5.3 of EN 1993-1-1 due consideration should be given to supplementary initial imperfections (e.g. due to joints or installation) in accordance with EN 12699 and EN 14199;

– можна приймати в розрахунок бічну опору, забезпечувану оточуючими ґрунтами, з використанням відповідної моделі (наприклад, метод p-y, модель опору земляного полотна) на основі теорії другого порядку.

– lateral support due to the surrounding soils may be taken into account using an appropriate model (e.g. p-y approach, subgrade reaction model) based on second order theory.

(5) Довжину втрати стійкості можна оцінювати наступним способом (див. рисунок 5.8):

(5) The buckling length may be estimated using the following approach (see Figure 5.8):

$$l_{cr} = kH \qquad (5.28)$$

У значенні k враховано з'єднання між голівкою палі і бетонним ростверком або сталевою конструкцією.

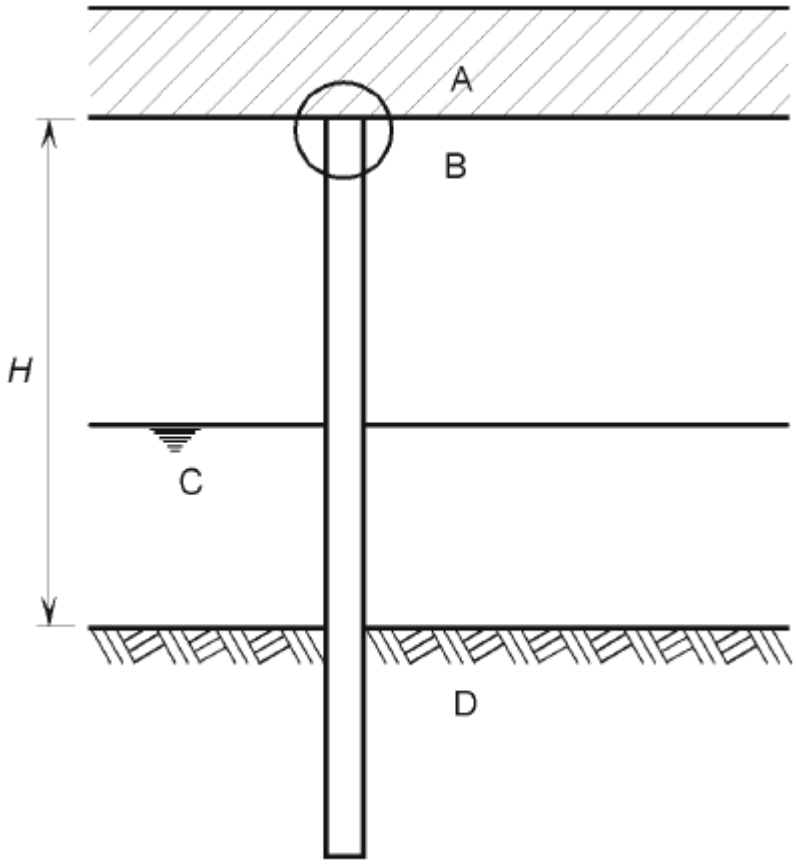
The value k takes into account the connection between the pile head and the concrete deck or the steel structure.

(6) Більш точне визначення довжини втрати стійкості, наприклад, для мікро-паль, можна знайти в 5.3.3 (4).

(6) For a more precise determination of the buckling length, for instance for micro piles, reference should be made to 5.3.3 (4).

(7)P Виконання повинно відповідати вимогам EN 12699 і EN 14199.

(7)P Execution shall be in accordance with EN 12699 and EN 14199.



A – бетон або сталева конструкція;

B – з'єднання;

C – вода або м'який ґрунт;

D – щільний ґрунт

$l_{crit} = k\,H$ **with** k

=

1,0 з`єднання B, зафіксоване та заштифтоване

0,7 з`єднання B, зафіксоване та закріплене

2,0 з`єднання B, не зафіксоване, але закріплен

A concrete or steel structure

B connection

C water or soft soil

D firm soil

$l_{crit} = k\,H$ **with** k

=

1,0 connection B fixed and pinned

0,7 connection B fixed and restrained

2,0 connection B non fixed, but restrained

Рисунок 5.8 – Спрощена оцінка довжини втрати міцності для несучих паль
Figure 5.8 – Simplified estimation of buckling length for bearing piles

5.3.4 *Сталеві палі, заповнені бетоном*

(1) Проектування сталевих паль, що заповнюються бетоном, слід виконувати згідно з EN 1994.

(2) Перевірки поперечних перерізів сталевих паль, заповнених бетоном повинні відповідати вимогам EN 1994-1-1.

(3) За інформацією про перевірку загальної втрати стійкості слід звертатися

5.3.4 *Steel piles filled with concrete*

(1) Steel piles filled with concrete should be designed in accordance with EN 1994.

(2) Cross sectional verifications of steel piles filled with concrete should be in accordance with EN 1994-1-1.

(3) Reference should be made to 5.3.3 and section 6.7 of EN 1994-1-1 for overall

до 5.3.3 і до розділу 6.7 EN 1994-1-1.

(4) Бетонування сталевої палі повинно виконуватися відповідно до вимог EN 1536, EN 12699 і EN 14199.

5.4 Стінки з високою межою міцності

(1) Проектування стінок з високою межою міцності має виконуватися відповідно до положень для стінок з шпунтових паль, беручи до уваги специфічну геометрію використовуваних профілів (див. рисунок 1.6) з допущенням локальних впливів тиску ґрунту і води, і введення зусиль анкера і обв`язки.

(2) Визначення опору поперечного перерізу можна виконувати на основі аналізу пружності поперечного перерізу, якщо:

– втрата стійкості елементів розраховується за допомогою EN 1993-1-5;

– для широких елементів врахована інерційність зсуву.

5.5 Комбіновані стінки

5.5.1 *Загальні положення*

(1) Далі визначено умови по граничним станам для наступних типів комбінованих стінок (див. рисунок 1.5):

– комбіновані стінки з труб і шпунтових паль;

– комбіновані спеціальні стінки з двотаврового профілю та шпунтових паль;

– комбіновані стінки зі збірних профілів і шпунтових паль.

(2) Проектування первинних і вторинних елементів повинно ґрунтуватися на їх функціональному призначенні:

– первинні елементи діють як підпірні елементи проти тиску ґрунту і води і можуть діяти в якості несучих паль для вертикальних навантажень;

– вторинні елементи тільки заповнюють зазор між первинними елементами і передають навантаження, що виникають в результаті тиску ґрунту і води, в первинні елементи.

buckling verification.

(4) Concreting of a steel pile should be carried out in accordance with EN 1536, EN 12699 and EN 14199.

5.4 High modulus walls

(1) The design of high modulus walls should be carried out according to the provision for sheet pile walls, taking into account the specific geometry of the sections used, see Figure 1.6, allowing for local effects due to earth and water pressures and the introduction of anchor and waling forces.

(2) The determination of cross-section resistance may be conservatively based on an elastic analysis of the cross-section, provided that:

– buckling of plate elements is checked using EN 1993-1-5;

– the shear lag effect is taken into account for wide elements.

5.5 Combined walls

5.5.1 *General*

(1) In the following provisions for the ultimate limit state are given for the following types of combined walls, see Figure 1.5:

– mixed tube and sheet pile walls;

– mixed special I-section and sheet pile walls;

– mixed built-up section and sheet pile walls.

(2) The design of the primary and secondary elements should be based on their functionality:

– the primary elements act as retaining elements against the earth and water pressures and may act as bearing piles for vertical loads;

– the secondary elements only fill the gap between the primary elements and transmit the loads resulting from earth and water pressures to the primary elements.

(3) Дозволяється не приймати до уваги передачу поздовжніх зусиль в незакріплених замкових з'єднаннях між первинними і вторинними елементами.

(4)P Для кожного проекту необхідно встановити і узгодити з замовником, чи слід враховувати дефекти в результаті занурення в проектуванні комбінованих стінок. Розрахункові значення для дефектів в результаті занурення повинні бути вказані у відсотках від довжини первинних елементів з допущенням лінійного розподілу.

5.5.2 *Вторинні елементи*

(1) Шпунтові палі в якості вторинних елементів для комбінованих стінок повинні відповідати вимогам EN 10248.

(2)P Для проектування вторинних елементів необхідно підтверджувати, що вони здатні передавати внутрішні зусилля, які виникають в результаті тиску ґрунту і води, в первинні елементи через з`єднувальні пристрої .

Примітка. Корисним може бути урахування ефектів вип`ячування схилу, що спричиняють додаткове навантаження у первинних елементах і зменшення тиску ґрунту, що діє на вторинні елементи.

(3) Перевірку згідно з пунктом (2)P можна виконувати з використанням спрощеної двомірної каркасної моделі для вторинних елементів. Якщо необхідно, згідно з 5.5.1 (4), в такому спрощеному аналізі слід враховувати недосконаліть занурення за допомогою вимушеного переміщення δ з використанням граничних умов, показаних на рисунку 5.9, де в якості прикладу вторинного елемента зображена подвійна U-подібна паля.

Примітка. Мається на увазі, що недосконаліть занурення перпендикулярно площині підпірної стінки амортизується поворотом в замкових з'єднаннях («коливання замкового з'єднання»).

(3) No transmission of longitudinal shear forces may be taken into account in the free interlocks between primary and secondary elements.

(4)P It should be stated for each project and agreed with the client whether driving imperfections need to be considered in the design of the combined wall. The design values of any driving imperfections shall be given as percentages of the length of the primary elements, assuming a linear distribution.

5.5.2 *Secondary elements*

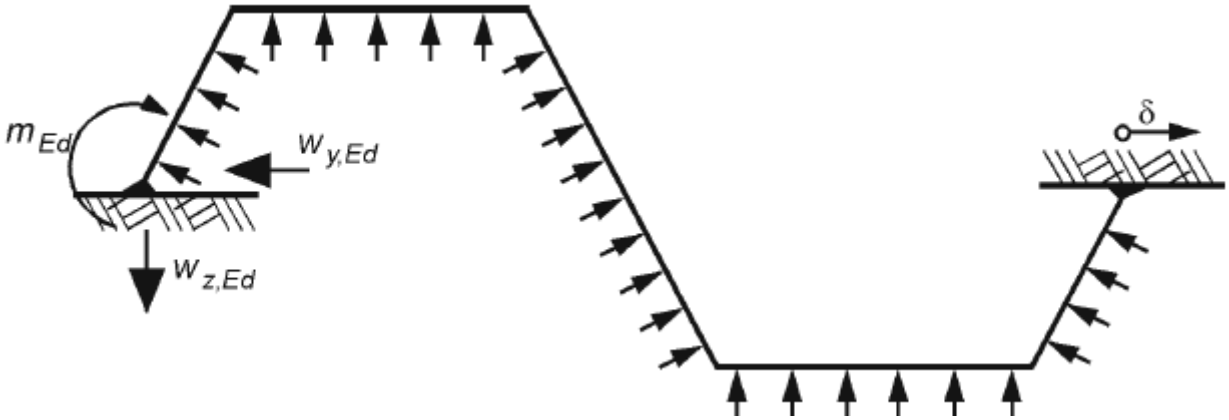
(1) Sheet piles used as secondary elements for combined walls should be in accordance with EN 10248.

(2)P For the design of secondary elements, it shall be verified that they are able to transmit the internal forces resulting from earth and water pressures into the primary elements via the connecting devices.

NOTE: It can be advantageous to take into account arching effects leading to a supplementary loading on the primary elements and a reduction of the earth pressures acting on the secondary elements.

(3) The verification according to (2)P may be carried out using a simplified two dimensional frame model for the secondary elements. If required according 5.5.1 (4), driving imperfections should be taken into account in this simplified analysis via the imposed displacement δ using the boundary conditions given in Figure 5.9, which shows a double U-pile as an example of a secondary element.

NOTE: The driving imperfection perpendicular to the plane of the retaining wall is assumed to be absorbed by rotation at the interlocks ("interlock swing").



(Замкові з'єднання не приймаються в розрахунок)

(interlocks not to be taken into account)

Рисунок 5.9 – Спрощена модель для вторинних елементів
Figure 5.9 – Simplified model for secondary elements

(4) Для перевірки поперечного перерізу у спрощеній каркасній моделі можна використовувати аналіз пластичності разом з великими переміщеннями. Якщо елементи каркасної моделі зазнають напруги при стисненні, особливу увагу слід приділити можливій нестійкості, нерівномірній осадці.

(4) For the verification of the cross-section in the simplified frame model, a plastic analysis combined with large displacements may be used. If members of the frame model are stressed in compression, particular attention should be paid to the possibility of instability, such as "snap-through".

(5) В якості альтернативи, перевірка згідно з пунктом (2) P може ґрунтуватися на результатах випробування відповідно до розділу 2.6.

(5) Alternatively the verification according to (2)P may be based on the results of testing in accordance with section 2.6.

Примітка. Оцінювання випробування див. у додатку D, EN 1990.

NOTE: For test evaluation see Annex D of EN 1990

(6) Випробувальний стенд повинен бути здатний моделювати поведінку проміжних елементів.

(6) The test set-up should be able to simulate the behaviour of the intermediate elements.

(7) Для шпунтових паль, які використовуються в якості вторинних елементів, додаткову перевірку можна не виконувати, якщо дотримані всі наступні умови:

(7) For sheet piles used as secondary elements, further verification may be omitted if all the following conditions are met:

– товщина стінки шпунтових паль: ≥10мм;

– wall thickness of the sheet piles: ≥10mm;

– різниця тиску, що діє на шпунтові палі: ≤40кН/м^2, що відповідає 4м диференціального напору води;

– pressure difference acting on the sheet piles: ≤40kN/m^2, corresponding to 4 m differential water head;

– максимальний крок між первинними елементами складає: 1,8 м – для U-подібних паль і 1,5 м – для Z-подібних паль.

– maximum clearance between the primary elements is 1,8m for U-piles and 1,5m for Z-piles.

(8) Корисним може бути використання

(8) It may be useful to have the secondary

більш коротких вторинних елементів, ніж первинні елементи. Укорочення вторинних елементів необхідно контролювати відповідно до EN 1997-1.

Примітка 1. Для укорочених вторинних елементів необхідно приділяти увагу запобіганню потоку підземних вод у разі високого тиску води або там, де існує ризик розмивання.

Примітка 2: Інформація щодо розподілу пасивного тиску ґрунту, що діє на первинні елементи, міститься у EN 1997-1.

5.5.3 *З'єднувальні пристрої*

(1)P З'єднання між первинними і вторинними елементами слід проектувати так, щоб забезпечити передачу розрахункових зусиль з вторинних елементів у первинні елементи.

(2) Така перевірка може ґрунтуватися на результатах випробування згідно з розділом 2.6.

(3) Якщо перевірка виконується за допомогою розрахунків, необхідно переконатися, що з'єднання здатні передавати опорні реакції, які визначаються згідно 5.5.2 (3).

(4) При перевірці з'єднувальних пристроїв у вигині плити необхідно враховувати пластичність.

5.5.4 *Первинні елементи*

(1)P Загальні впливи в результаті тиску ґрунту і води повинні визначатися з урахуванням навантаження і на первинні, і на вторинні елементи і можливого додаткового навантаження, спричиненого утворенням схилу в ґрунті, див. 5.5.2(2)P.

(2) Необхідно враховувати зменшення загального опору первинних елементів в результаті зусиль, переданих вторинними елементами за допомогою з`єднувальних пристроїв. Ця вимога може вважатися виконаною, якщо передбачається, що тиск ґрунту діє безпосередньо на первинні елементи в результаті утворення схилу, і якщо диференціальний тиск води, що діє на вторинні елементи, становить $\leq h$ метрів напору.

Примітка 1. Значення h може бути зазначено в національному додатку. Рекомендується значення

elements shorter than the primary elements. Shortening of the secondary elements should be checked according to EN1997-1.

NOTE 1: For shortened secondary elements, care should be taken to avoid underflow in the case of high differential water pressure, or where there is a danger of scour.

NOTE 2: Reference should be made to EN1997-1 for the distribution of passive earth pressure acting on primary elements.

5.5.3 *Connecting devices*

(1)P The connections between the primary and secondary elements shall be designed to allow the transmission of the design forces from the secondary elements into the primary elements.

(2) This verification may be based on the results of testing in accordance with section 2.6.

(3) If the verification is carried out by calculation it should be verified that the connections are able to transfer the support reactions determined according to 5.5.2(3).

(4)P lasticity should be taken into account for the verification of the connecting devices in plate bending.

5.5.4 *Primary elements*

(1)P The overall effects of actions due to earth and water pressures shall be determined taking into account the loading on both primary and secondary elements and possible supplementary loading due to arching effects in the ground, see 5.5.2(2)P.

(2) Account should be taken of the reduction of the overall resistance of the primary elements due to the forces introduced by the secondary elements via the connecting devices. This requirement may be deemed to be satisfied, if the earth pressure is supposed to act on the primary elements directly, due to the arching effect and if the differential water pressure acting on the secondary elements is $\leq h$ m head.

NOTE: The value h may be given in the National Annex. A value of h = 5 m is recommended.

h = 5 м.

(3) При перевірці міцності первинних елементів, якщо не застосовується вдосконалений метод, слід враховувати розрахункові зусилля з вторинних елементів, що передаються через з'єднання, з використанням опорних реакцій, які визначаються згідно 5.5.2 (3).

(3) For strength verification of primary elements, unless a more advanced method is used, the design forces from secondary elements introduced via connections, should be taken into account using support reactions determined according to 5.5.2 (3).

(4) Загальний опір може визначатися за допомогою випробування згідно з розділом 2.6 або за допомогою розрахунків, описаних далі.

(4) The overall resistance may be determined either by testing in accordance with section 2.6 or by calculation as given below.

(5) Перевірка двотаврових профілів або трубчастих паль повинна відповідати вимогам розділу 5 EN 1993-1-1.

(5) The verification of I-section or tubular piles should be in accordance with section 5 of EN 1993-1-1.

(6) Згідно EN 1993-1-1, слід враховувати вплив на опірність паль з двотаврового профілю в результаті передачі зусиль із вторинних елементів через з'єднання.

Примітка. Процедуру, описану в додатку D.1, можна використовувати для визначення зменшеної загальної опірності паль з двотаврового профілю, використовуваних як первинні елементи в комбінованих стінках, в результаті застосування розрахункових зусиль з вторинних елементів.

(6) The effects on the resistance of I-section piles due to the introduction of forces from secondary elements via connections should be taken into account in accordance with EN 1993-1-1.

NOTE: The procedure given in Annex D.1 may be used to determine the reduced overall resistance of Isection piles used as primary elements in combined walls due to the application of the design forces from the secondary elements.

(7) Відповідно до EN 1993-1-1 і EN 1993-1-6 слід враховувати вплив на опірність трубчастих паль в результаті передачі зусиль із вторинних елементів через з'єднання.

Примітка. Процедуру, описану в додатку D.2, можна використовувати для визначення зменшеної загальної опірності трубчастих паль, які використовуються в якості первинних елементів в комбінованих стінках, в результаті застосування розрахункових навантажень з вторинних елементів.

(7) The effects on the resistance of tubular piles due to the introduction of forces from secondary elements via connections should be taken into account in accordance with EN 1993-1-1 and EN 1993-1-6.

NOTE: The procedure given in Annex D.2 may be used to determine the reduced overall resistance for tubular piles used as primary elements in combined walls due to the application of the design loads from the secondary elements.

(8) Що стосується прикладення зосереджених навантажень через обв`язки, анкери тощо, трубчасту палю необхідно або перевірити відповідним чином, або оснастити ребрами жорсткості, або заповнити бетоном чи високоякісним ущільненим незв'язним матеріалом, щоб уникнути локальної втрати стійкості.

(8) For the application of concentrated loads via walings, anchors etc. the tubular pile should either be verified accordingly or be provided with stiffeners or be filled with concrete or with high grade compacted, non-cohesive material in order to avoid local buckling.

(9) Якщо трубчаста паля наповнюється згідно з умовами пункту (8), в заповненій частині труби можна використовувати повний опір поперечного перерізу згідно EN 1992 - EN 1994.

(9) In the case of a tubular pile that is filled according to (8) the full cross-sectional resistance in accordance with EN 1992, EN 1993 and EN 1994 may be used in the filled part of the tube.

(10) Збірні профілі, які використовуються як первинні елементи, слід перевіряти у відповідності до розділу 5.4 за умови, що дії програми навантаження, одержуваної від вторинних

елементів, приділяється належна увага.

(11) Якщо використовується спрощений метод згідно 5.4 (2), слід враховувати локальні впливи в результаті прикладання опорних реакцій, що визначаються відповідно до 5.5.2 (3).

(10) Built-up sections used as primary elements should be verified according to 5.4, provided that due consideration is given to the effect of load application resulting from the secondary elements.

(11) If the simplified approach of 5.4(2) is used, the local effects due to the application of the support reactions determined according to 5.5.2(3) should be taken into account.

6 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ

6 SERVICEABILITY LIMIT STATES

6.1 Основні принципи

(1) У проекті необхідно визначити значимість осадок і коливань, і граничні значення для них в кожному випадку, приймаючи до уваги місцеві умови.

(2) Граничні значення повинні бути підтверджені статичною перевіркою граничного стану експлуатаційної надійності.

(3) Навіть якщо не надано граничних значень, необхідно підтвердити, що не виникає пластичних деформацій, з використанням моделі згідно 2.5.3.3 (1).

(4) Проектування шпунтових паль або несучих паль слід перевіряти в граничних станах експлуатаційної надійності з використанням відповідних проектних ситуацій згідно вказівкам EN 1997-1, враховуючи можливе зменшення товщини сталі в результаті корозії.

6.1 Basis

(1) The significance of settlements and vibrations, and their limiting values in each case, should be given for the project taking into account local conditions.

(2) The limiting values should be confirmed by a serviceability limit state verification.

(3) Even if no limiting values are given, it should be verified that plastic deformations do not occur, using a model in accordance with 2.5.3.3 (1).

(4) The design of sheet piles or bearing piles should be checked at serviceability limit states using appropriate design situations as specified in EN 1997-1, taking into account a possible reduction of steel thickness due to corrosion.

6.2 Зміщення підпірних стінок

(1) При оцінюванні переміщень підпірних стінок необхідно приймати до уваги EN 1997-1.

(2) Слід враховувати зміщення в результаті переміщення опорних кріплень (таких як обв`язки, зв'язки жорсткості, анкери).

(3) Якщо необхідно, то окрім деформацій в результаті навантажень, заснованих на допусках для занурення, які зазначені в EN 12063, слід враховувати початкові недосконалості в результаті

6.2 Displacements of retaining walls

(1) EN 1997-1 should be taken into account when assessing the displacements of retaining walls.

(2) Displacements due to the movement of supports (such as walings, bracing, anchorages) should be taken into account.

(3) If necessary, initial imperfections due to driving should be taken into account in addition to the deformations due to loading based on the driving tolerances indicated in

занурення.

Примітка. Це може бути необхідним, якщо в огорожі котловану потрібен винятковий зазор.

(4) При оцінюванні зсувів стінки з шпунтових паль необхідно враховувати той факт, що якість виготовлення і контролю під час виконання має великий вплив на величину цих переміщень.

6.3 Переміщення несучих паль

(1) При визначенні зміщення несучих паль і мікро-паль слід приймати до уваги вимоги EN 1997-1.

6.4 Конструктивні аспекти рядів сталевих шпунтових паль

(1) При розрахунку зміщень підпірної конструкції необхідно враховувати можливі додаткові зміщення в результаті локальної деформації в точках установки анкерів, обв`язочних поясів і зв'язок жорсткості в місцях, де їх вплив є значним.

Примітка. Такі дії можуть бути доцільними, якщо в зигзагоподібні стінки без елементів жорсткості передаються високі локальні поперечні зусилля (див. рисунок 1.7) через широкополочну балку двотаврового перетину, яка виступає у ролі обв`язочного поясу.

(2)P Необхідно враховувати ефективну жорсткість при згині.

(3) Ефективну жорсткість при згині шпунтового ряду з U-подібних паль можна визначати за допомогою наступної формули, беручи до уваги ступінь передачі зсувного зусилля в замкових з'єднаннях, які розташовані близько до центральної осі перерізу стінки:

$$\left(EI\right)_{eff} = \beta_D \left(EI\right) \qquad (6.1)$$

де:

I – другий момент інерції площі перерізу безперервної стінки;

β_D – коефіцієнт із значенням $\leq$ 1,0, з урахуванням можливого зменшення в результаті недостатньою передачі зсувного зусилля в замкових з'єднаннях.

Примітка 1. Величина β_D залежить від багатьох локальних впливів відповідно до примітки 1 пункту

EN 12063.

NOTE: This may be necessary if a particular clearance is required in a cofferdam.

(4) When assessing the displacements of a sheet pile wall account should be taken of the fact that the quality of the workmanship and supervision during execution has an important influence on the magnitude of those displacements.

6.3 Displacements of bearing piles

(1) EN 1997-1 should be taken into account when determining the displacements of bearing piles and micro piles.

6.4 Structural aspects of steel sheet piling

(1) When calculating the displacements of the retaining structure, the possible supplementary displacements due to local deformation at the location of anchors, walings and bracing should be taken into account where their effect is significant.

NOTE: These effects may be relevant if high local transverse forces are introduced into unstiffened jagged walls, see Figure 1.7, through an H-beam used as waling.

(2)P The effective flexural stiffness shall be taken into account.

(3) The effective flexural stiffness of sheet piling made of U-piles may be determined as follows, taking into account the degree of shear force transmission in interlocks that are located close to the centroidal axis of the wall:

where:

I is the second moment of area of the continuous wall;

β_D is a factor with a value $\leq$ 1,0, accounting for the possible reduction due to insufficient shear force transmission in the interlocks.

NOTE 1: β_D depends on many local influences as given in note 1 to 5.2.2(2). The numerical value for

5.2.2 (2). Цифрове значення величини β_D може бути визначено в національному додатку.

Примітка 2: Передача зсувних зусиль у замкових з'єднаннях U-подібних паль може бути посилена за допомогою з'єднання замків шляхом безперервного або переривчастого зварювання, або обтиснення.

(4)P Обтиснені точки повинні бути здатні передавати необхідне зсувне зусилля замкових з'єднань. Репрезентативне зсувне зусилля R_{ser}, яке передається обтисненою точкою в граничному стані експлуатаційної надійності, становить: R_{ser} = 75 кН. У відповідності з EN 10248, необхідно перевірити за допомогою випробувань , що жорсткість обтисненої точки становить не менше, ніж 15 кН/мм.

Примітка 1. Така вимога до жорсткості відповідає зсувному зусиллю 75 кН при зміщенні 5 мм.

Примітка 2. Обтиснені точки можуть бути одинарними, подвійними або потрійними.

(5) Якщо відстань між одинарними або подвійними обтиснутими точками не перевищує 0,7 м (див. рисунок 6.1), а відстань між потрійними обтиснутими точками не перевищує 1,0 м, можна припускати, що кожна обтиснена точка передає однакове зсувне зусилля $V_{ser} \leq R_{ser}$.

β_D may be given in the National Annex.

NOTE 2: The transmission of shear forces in the interlocks of U-piles may be enhanced by connecting the interlocks by continuous or intermittent welding or by crimping.

(4)P Crimped points shall be able to transmit the required interlock shear force. The representative shear force R_{ser} transmitted by a crimped point at serviceability limit state is: R_{ser} = 75 kN. It shall be verified by testing, in accordance with EN 10248, that the stiffness of the crimped point is not less than 15 kN/mm.

NOTE 1: This stiffness requirement corresponds to a shear force of 75 kN at a displacement of 5 mm.

NOTE 2: Crimped points may be single, double or triple crimped points**.**

(5) Provided that the spacing of the single or double crimped points does not exceed 0,7 m (see Figure 6.1) and the spacing of triple crimped point does not exceed 1,0 m, each crimped point may be assumed to transmit an equal shear force $V_{ser} \leq R_{ser}$.

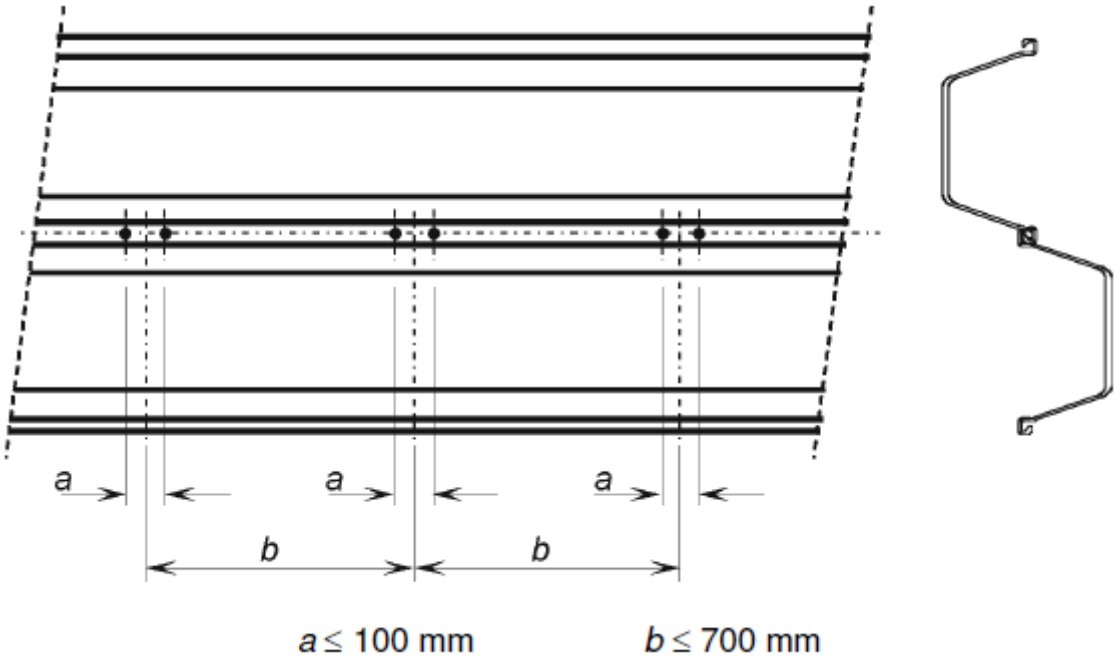


Рисунок 6.1 – Відстань між обтиснутими точками
Figure 6.1 – Spacing of double crimped points

7 АНКЕРИ, СХВАТКИ, ЗВ'ЯЗКИ ЖОРСТКОСТІ ТА З'ЄДНАННЯ

7.1 Загальні положення

(1)P Результати дій в анкерах, схватках, зв'язках жорсткості та з'єднаннях повинні визначатися на основі структурного аналізу з урахуванням взаємодії між ґрунтом та конструкцією.

(2) За потреби необхідно враховувати результати дій, наприклад, впливу в результаті температурних змін або специфічних навантажень, див. 2.5.2 (4).

(3) Можна використовувати відповідні спрощені методи аналізу, в яких у впливах, які діють на різні елементи конструкції, враховується поведінка окремих елементів.

(4) Часткові коефіцієнти γ_{M2} і $\gamma_{Mt,ser}$, що застосовуються для з'єднань, див у EN 1993-1-8.

Примітка. Часткові коефіцієнти γ_{Mb} та $\gamma_{Mt,ser}$ можуть бути визначені в національному додатку. Рекомендуються значення γ_{M2} = 1,25 і $\gamma_{Mt,ser}$ = 1,10.

7.2 Анкери

7.2.1 *Загальні положення*

(1)P Перевірку поперечних перерізів і з'єднань між сталевими деталями анкерних блоків, в тому числі стяжних стержнів, головних елементів анкерів або зчіпок, слід виконувати згідно з наступними вказівками.

Примітка. Умови проектування для сталевих деталей з анкерами з попереднім напруженням визначені в EN 1537.

(2) Процедури випробування і використання результатів випробування для визначення розрахункового опору анкерних блоків і цементованих анкерів щодо пошкодження зчеплення анкера (поведінка ґрунту-конструкції) повинні відповідати принципам, встановленим в EN 1997-1 і EN 1537.

7.2.2 *Основні умови проектування*

(1)P Для проектування анкерів необхідно

7 ANCHORS, WALINGS, BRACING AND CONNECTIONS

7.1 General

(1)P The effects of actions in anchors, walings, bracing and connections shall be determined from the structural analysis taking into account the interaction between the soil and the structure.

(2) Where necessary, effects of actions such as those due to temperature changes or to specific loads should be taken into account, see 2.5.2 (4).

(3) Appropriate simplified methods of analysis may be used in which the actions applied to the various elements of the structure take account of the behaviour of individual members.

(4) For partial factor γ_{M2} and $\gamma_{Mt,ser}$ to be applied to connections see EN 1993-1-8.

NOTE: The partial factors γ_{Mb} and $\gamma_{Mt,ser}$ may be defined in the National Annex. The values γ_{M2} = 1,25 and $\gamma_{Mt,ser}$ = 1,10 are recommended.

7.2 Anchorages

7.2.1 *General*

(1)P The verification of the cross-sections and the connections between the steel parts of dead-man anchors, including tie rods, anchor heads or couplers, shall be carried out according to the following.

NOTE: Design provisions for the steel parts of prestressed anchors are given in EN 1537.

(2) The testing procedure and the use of test results for determining the design resistance of dead-man anchors and grouted anchors in respect of pull-out failure of the anchor (soil-structure behaviour), should be in accordance with the principles laid down in EN 1997-1 and EN 1537.

7.2.2 *Basic design provisions*

(1)P For anchor design, consideration shall

приділяти увагу як експлуатаційній надійності, так і граничним станам.

(2) Довжина анкера повинна бути такою, щоб запобігати руйнуванню ґрунту або руйнуванню в результаті втрати зчеплення перед переходом у стан текучості мінімально необхідного поперечного перерізу анкера. Довжину анкерного кріплення слід розраховувати згідно з EN 1997-1.

(3) Для анкерних блоків слід використовувати сталь із зазначеною межою текучості не більше, ніж 800 Н/мм^2.

(4) У проектуванні підпірної стінки необхідно враховувати осьову жорсткість анкера. Її можна визначити за допомогою попереднього випробування або на основі порівняльного досвіду.

Примітка. Корисним може бути «закріплення скобами» дії жорсткості анкера в проектуванні підпірної стінки з використанням принципу максимуму/мінімуму для жорсткості.

7.2.3 *Перевірка граничного стану*

(1) Як опір розтягуванню $F_{t,Rd}$ анкерів має прийматися найменше із значень $F_{tt,Rd}$ і $F_{tg,Rd}$.

(2) Якщо не вказано інше, опір розтягуванню $F_{tt,Rd}$ різьби анкерів має розраховуватися наступним чином:

$$F_{tt,Rd} = k_t \frac{f_{ua} A_S}{\gamma_{M2}}$$

де:

A_s – площа напруження при розтягуванні в різьбі;

f_{ua} – межа міцності при розтягуванні сталевого анкера;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт згідно 7.1 (4).

Примітка 1. Величину k_t можна визначати за національним додатком, рекомендується значення k_t = 0,9.

Примітка 2: Переважним є використання площі нетто нарізної частини замість площі напруження при розтягуванні.

(3) Опір розтягування $F_{tg,Rd}$ осі анкера має розраховуватися наступним чином:

be given to both serviceability and ultimate limit states.

(2) The anchor length should be such as to prevent failure of the soil or bond failure before yielding of the minimum required cross-section of the anchor. The anchorage length should be calculated in accordance with EN 1997-1.

(3) For dead-man anchors steel with a specified yield strength not greater than 800 N/mm^2 should be used.

(4) The axial stiffness of the anchor should be taken into account in the design of the retaining wall. It may be assessed by preliminary testing or from comparable experience.

NOTE: It may be useful to “bracket” the effect of the anchor stiffness on the design of the retaining wall by using a maximum/minimum approach for the stiffness.

7.2.3 *Ultimate limit state verification*

(1) The tensile resistance $F_{t,Rd}$ of anchors should be taken as the lesser of $F_{tt,Rd}$ and $F_{tg,Rd}$.

(2) Unless otherwise specified, the tensile resistance $F_{tt,Rd}$ of threads of anchors should be taken as:

$$F_{tt,Rd} = k_t \frac{f_{ua} A_S}{\gamma_{M2}} \qquad (7.1)$$

where:

A_s is the tensile stress area at the threads;

f_{ua} is the tensile strength of the steel anchor;

γ_{M2} is the partial factor according to 7.1 (4).

NOTE 1: k_t may be given in the National Annex, k_t = 0,9 is a recommended value.

NOTE 2: Conservatively, the net area of the threaded portion can be used instead of the tensile stress area.

(3) The tensile resistance $F_{tg,Rd}$ of the shaft of an anchor should be taken as

$$F_{tg,Rd} = A_g f_y / \gamma_{M0} \qquad (7.2)$$

де:

A_g – площа брутто поперечного перерізу стержня анкера.

(4) Умови проектування, визначені в пунктах (2) і (3) не приймають до уваги виникнення згинання в різьбі. Деталізація з'єднання, що надає допуски на поворот і, якщо це потрібно, процедура установки для стяжних стержнів можуть запобігти виникненню згинання в різьбі.

(5) Якщо анкери оснащені торцями безпеки або іншими елементами розподілу навантаження на торці, то не потрібно враховувати вплив зчеплення вздовж осі анкера. Усе зусилля цілком має передаватися через пристрій розподілу навантаження.

(6) За розрахунковий опір розтягуванню комплекта підкладок $B_{t,Rd}$ слід приймати меншу величину зі значень розрахункового опору розтягуючому зусиллю $F_{tg,Rd}$, зазначеного в пункті (3) та розрахункового опору продавлювання голови анкера і гайки $B_{p,Rd}$,з таблиці 3.4, EN 1993-1-8.

(7) Проектування сталевих елементів розподілу навантаження повинно відповідати вимогам EN 1993-1-1.

(8) Якщо анкер похилий, то необхідне підтвердження того, що компонент зусилля анкера, діючого в напрямку поздовжньої осі шпунтової палі, може безпечно передаватися з анкера в обв`язку або полицю шпунтової палі і в ґрунт, див. EN 1997-1.

7.2.4 *Перевірка граничного стану експлуатаційної надійності*

(1)P Для перевірок граничного стану експлуатаційної надійності поперечний переріз анкера має проектуватися з урахуванням запобігання деформацій в результаті піддатливості стяжного стержня при поєднанні характеристичних навантажень.

(2) Принцип (1)P може вважатися виконаним за умови, що:

where:

A_g is the gross cross-sectional area of the anchor rod.

(4) The design provisions given in (2) and (3) do not cover the occurrence of bending in the thread. Detailing of the connection providing enough rotation tolerance and, if relevant, the installation procedure for the tie rods can avoid the occurrence of bending in the threads.

(5) If the anchors are provided with a dead-man end, or with other load distributing members at their end, no account should be taken of the contribution of bond along the anchor shaft. The whole of the force should be transferred through the load distributing device.

(6) The design tensile resistance of the washer plate assembly $B_{t,Rd}$ should be taken as the lesser of the design tension resistance $F_{tg,Rd}$ given in (3) and the design punching shear resistance of the anchor head and the nut $B_{p,Rd}$ from Table 3.4 of EN 1993-1-8.

(7) The design of steel load-distributing members should be in accordance with EN 1993-1-1.

(8) In the case of an inclined anchor, it should be demonstrated that the component of the anchor force acting in the direction of the longitudinal axis of the sheet pile can be safely transferred from the anchor to the walings or the flange of the sheet pile and into the ground, see EN 1997-1.

7.2.4 *Serviceability limit state verification*

(1)P For serviceability limit state verifications, the cross-section of the anchor shall be designed to prevent deformations due to yielding of the tie rod under the characteristic load combination.

(2) The principle (1)P may be deemed to be satisfied provided that

$$F_{t,ser} \le \frac{f_y A_S}{\gamma_{Mt,ser}} \quad F_{t,ser} \le \frac{f_y A_S}{\gamma_{Mt,ser}} \qquad (7.3)$$

де:

A_s – площа напруження при розтягуванні нарізної частини або площа брутто поперечного перерізу осі, в залежності від того, яке з цих значень менше;

$F_{t,ser}$ – осьове зусилля анкера при характеристичному навантаженні;

$\gamma_{Mt,ser}$ – частковий коефіцієнт згідно 7.1 (4).

7.2.5 *Вимоги до тривалої міцності*

(1) Інформація щодо вимог до тривалої міцності анкерів, виготовлених з високоміцних сталей, відповідно до умов 3.7 (1), міститься у EN 1537.

(2) Інформація про анкери, виготовлені з інших сортів сталей, міститься у 4.1.

Примітка. Виникнення згинання стержня анкера на з`єднанні зі стінкою з шпунтових паль може чинити негативний вплив на тривалу стійкість підпірної конструкції. Цьому необхідно приділити належну увагу, особливо для підпірних стінок, стійкість яких залежить тільки від анкерів.

7.3 Поясні обв`язки і зв'язки жорсткості

(1) Конструктивні властивості обв`язок і зв'язок жорсткості, що використовуються в структурному аналізі, повинні відповідати деталізації проекту.

(2) Для перевірки граничних станів результати впливів на поясні обв`язки і зв'язки жорсткості повинні визначатися для всіх значущих проектних ситуацій.

Примітка. Якщо руйнується підпорка, це не проявляється через застережні явища, такі як поступове переміщення; також відсутній час для прийняття заходів по усуненню руйнування. Руйнування анкера може привести до прогресуючого руйнування. Оскільки наслідки руйнування цих елементів можуть бути дуже серйозними, доцільним може бути консервативний підхід до проектування таких елементів і їх з`єднань

(3) Опір поперечного перерізу елементів повинен відповідати вимогам EN 1993-1-1.

7.4 Звя'зки

where:

A_s is the tensile stress area of the threaded portion or the gross cross-sectional area of the shaft, whichever is smaller;

$F_{t,ser}$ is the axial force of the anchor under characteristic loading;

$\gamma_{Mt,ser}$ is the partial factor according to 7.1 (4).

7.2.5 *Durability requirements*

(1) Reference should be made to EN 1537 for the durability requirements of anchors made from high strength steel as defined in 3.7 (1).

(2) Reference should be made to 4.1 for anchors made from other steel grades.

NOTE: The occurrence of bending of the anchor rod at the connection with the sheet pile wall may have a detrimental effect on the durability of the retaining structure. Due consideration needs to be given to this, especially for retaining walls whose stability is reliant solely on anchors.

7.3 Walings and bracing

(1) The structural properties of walings and bracing used in structural analysis should be in accordance with the design details.

(2) For the verification of ultimate limit states, the effects of actions on the walings and bracing should be determined for all relevant design situations.

NOTE: If a strut fails there is unlikely to be any warning such as gradual movement, or any time to take remedial measures. Failure of an anchor may lead to progressive failure. As the consequences of these members failing can be very serious, a conservative approach to the design of such members and their connections may be appropriate.

(3) The cross-sectional resistance of the members should be in accordance with EN 1993-1-1.

7.4 Connections

7.4.1 *Загальні положення*

(1) Опір з'єднань повинен бути перевірений відповідно до положень EN 1993-1-8.

7.4.2 *Несучі палі*

(1) Якщо не вказано інше, з'єднання між несучою палею і оголовком палі можна приймати в розрахунок різними (консервативними) способами для проектування сталевої палі і для проектування оголовка палі.

Примітка. Ступінь закріплення в з'єднанні між палею і оголовком палі або фундаментом буде обумовлювати локальні зсувні зусилля і моменти, які необхідно проектувати для цих елементів.

(2) Конструктивні властивості з'єднань (забиті або зафіксовані з'єднання) між наголовниками паль і наголовником окремої палі, які залежать від їх жорсткості та проектної деталізації, слід встановлювати відповідно до обраного способу передачі навантаження, приклади яких представлені на рисунках 7.1 і 7.2, див також EN 1994.

Примітка. Також можливе пряме з'єднання сталевої конструкції з несучою палею, як показано на рисунку 7.3.

(3) При проектуванні з'єднань між палями і оголовком паль необхідно враховувати аспекти тривалої міцності.

(4) З'єднання між двома пальовими елементами повинні проектуватися відповідно до положень EN 1993-1-8.

Примітка. Інформацію про метод проектування для пальових зв'язок може надавати національний додаток.

7.4.1 *General*

(1) The resistance of connections should be verified according to EN 1993-1-8.

7.4.2 *Bearing piles*

(1) Unless otherwise specified, the connection between the bearing pile and the pile cap may be taken into account in different (conservative) ways for the design of the steel pile and for the design of the pile cap.

NOTE: The degree of fixity at the connection between a pile and the pile cap or foundation will dictate the local shear forces and moments that have to be designed for.

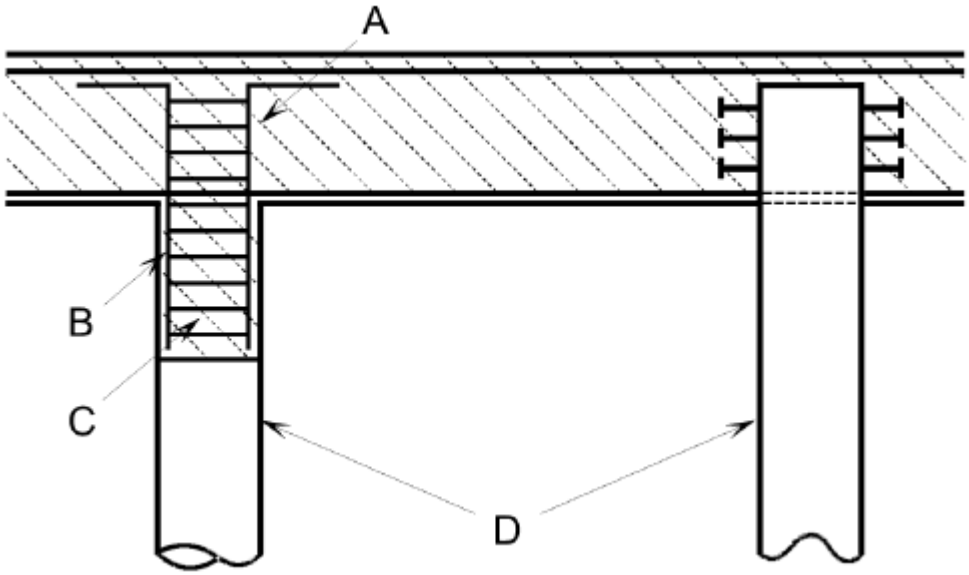
(2) The structural properties of connections (pinned or fixed connections) between the heads of the piles and the pile cap, which depend on their rigidity and design detailing, should be chosen in accordance with the selected method of load transfer, examples of which are provided in Figure 7.1 and Figure 7.2, see also EN 1994.

NOTE: Direct connection of a steel structure to a bearing pile is also possible as illustrated in Figure 7.3.

(3) Durability aspects should be taken into account in the design of connections between pile and pile cap.

(4) Joints between two pile elements should be designed in accordance with EN 1993-1-8.

NOTE: The National Annex may give information on the design procedure for pile couplers.

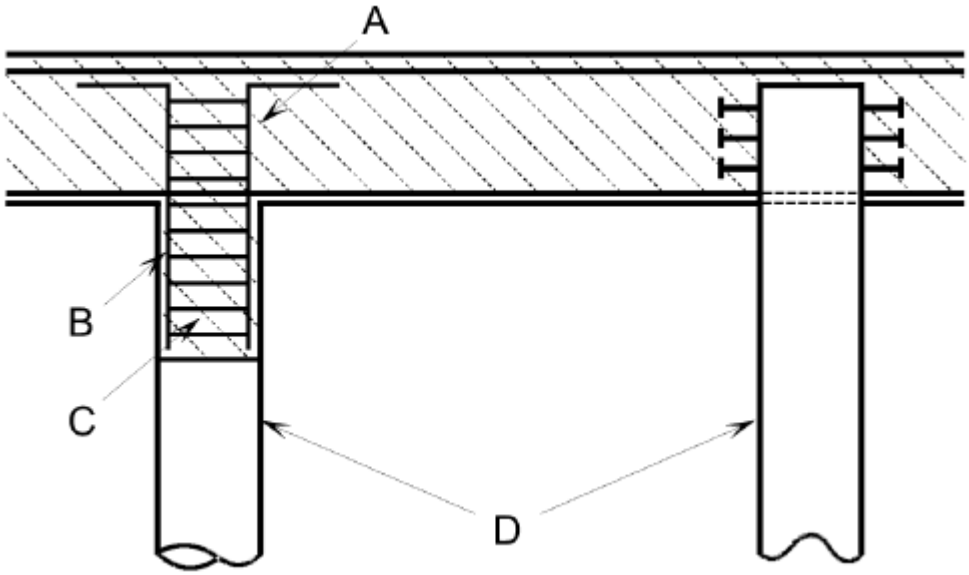


A – бетонна плита (ростверк) / оголовок палі; B – посилення; C – заповнення армованим бетоном; D – сталева паля

A Concrete slab / pile cap; B Reinforcement; C Reinforced concrete infill; D Steel pile

Рисунок 7.1 – Трубчасті і коробчаті палі. Приклади з'єднань з оголовком палі

Figure 7.1 – Tubular and box type piles, examples of connections with the pile cap

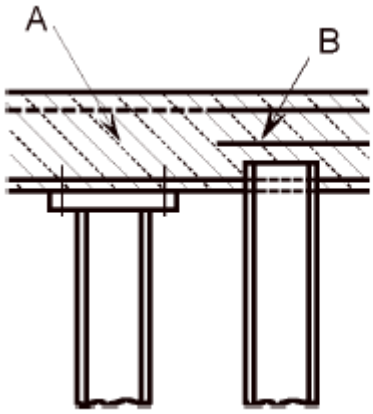


A – бетонна плита (ростверк) / оголовок палі; B – посилення; C – заповнення армованим бетоном; D – сталева паля

A Concrete slab / pile cap; B Reinforcement; C Reinforced concrete infill; D Steel pile

Рисунок 7.2 – Трубчасті і коробчаті палі. Приклади з'єднань з оголовком палі

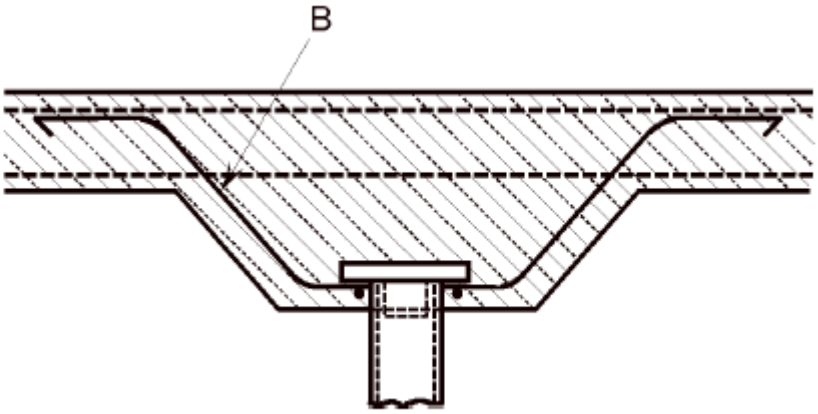
Figure 7.2 – Tubular and box type piles, examples of connections with the pile cap



A Pile cap;

B reinforcement designed to take into account the method of load transfer to the concrete slab

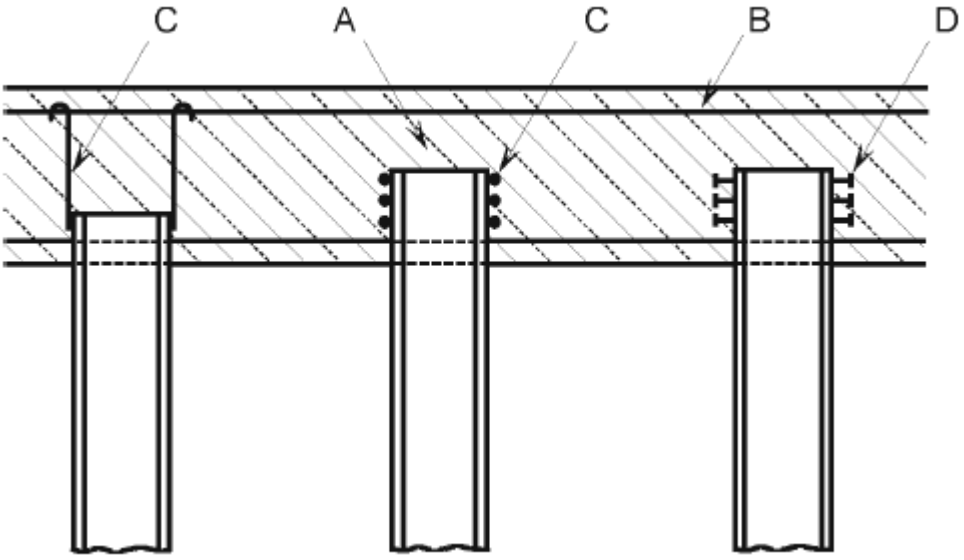
a) compressive loading



A –оголовок палі;

B – посилення, спроектоване з урахуванням способу передачі навантаження в бетонну плиту

a – стискаюче навантаження



A Pile cap;

B reinforcement designed to take into account the method of load transfer to the concrete slab

C Rebar welded to piles

D Shear studs or welded on angle

b) compressive and tensile loading

A –оголовок палі;

B – посилення, спроектоване з урахуванням способу передачі навантаження на бетонні ростверки;

C - арматурний пруток, приварений до паль;

D – обрізні шпильки або шпильки, приварені під кутом;

b – стискаюче та розтягуюче навантаження

Рисунок 7.2 – Приклади з'єднань несучих паль з бетонним оголовком палі

Figure 7.2 – Examples of bearing pile connections with a concrete pile cap

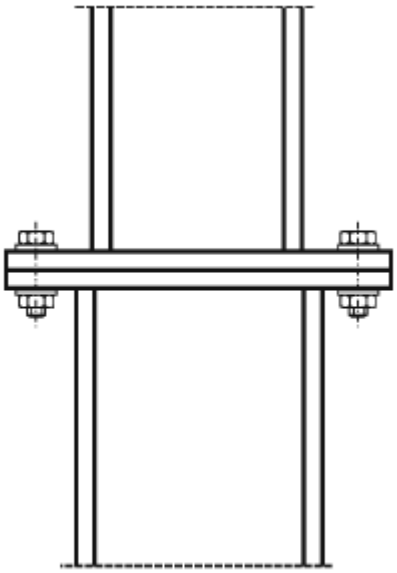


Рисунок 7.3 – Приклад з'єднання несучої палі зі стійкою сталевої конструкції над фундаментом

Figure 7.3 – Example of a bearing pile connection to a column of a steel structure above the foundation

7.4.3 *Анкерування*

(1)P Необхідно виконувати перевірку опору шпунтової палі для передачі зусилля анкера в його фланець через підкладку, з обв`язкою позаду стінки (див. рисунок 7.4) або без застосування обв`язки (див. рисунок 7.5 a) .

Примітка. Можлива методика для такої перевірки визначена в пункті (3).

(2)P Необхідно виконувати перевірку опору шпунтової палі для передачі зусилля анкера або зусилля розпірки в переборку через обв`язку (див. рисунок 7.6) або через підкладку (див. рисунок 7.5 b).

Примітка. Можлива методика для таких перевірок визначена в пунктах (4) і (5).

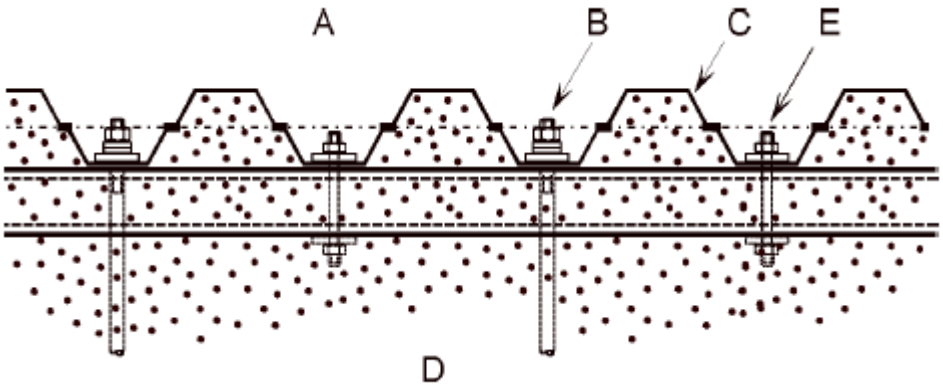
7.4.3 *Anchoring*

(1)P The resistance of the sheet pile to the introduction of the anchor force into its flange via a washer plate with a waling behind the wall (see Figure 7.4), or without using a waling (see Figure 7.5a), shall be verified.

NOTE: A possible procedure for this verification is given in (3).

(2)P The resistance of the sheet pile to the introduction of the anchor force or strut force into the webs via a waling (see Figure 7.6) or via a washer plate (see Figure 7.5b) shall be verified.

NOTE: Possible procedures for these verifications are given in (4) and (5).



A – виїмка ґрунту;

B – анкер;

C – стінка шпунтових паль;

D – ґрунт;

E – стяжний болт

A Excavation;

B Anchor;

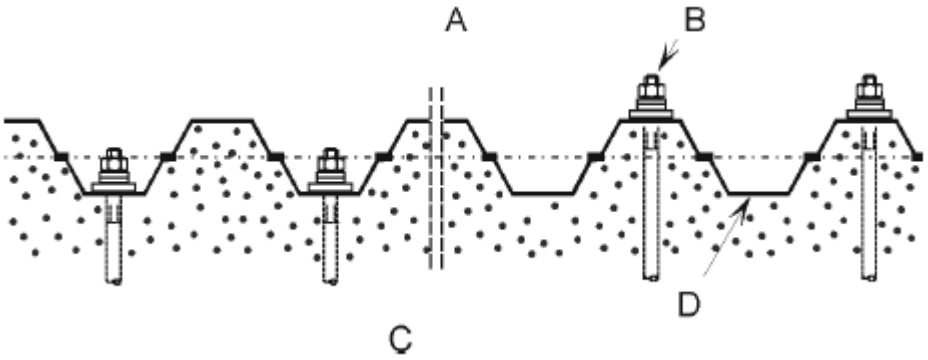
C Sheet pile wall;

D Soil;

E Tie bolt

Рисунок 7.4 – Приклад анкерування з обв`язкою позаду стінки шпунтових паль

Figure 7.4 – Example of anchoring with a waling behind the sheet pile wall



A – виїмка ґрунту;

B – анкер;

C – ґрунт;

D – стінка шпунтових паль

A Excavation;

B Anchor;

C Soil;

D Sheet pile wall

a – анкер, розташований у внутрішньому з'єднанні стінки шпунтових паль;

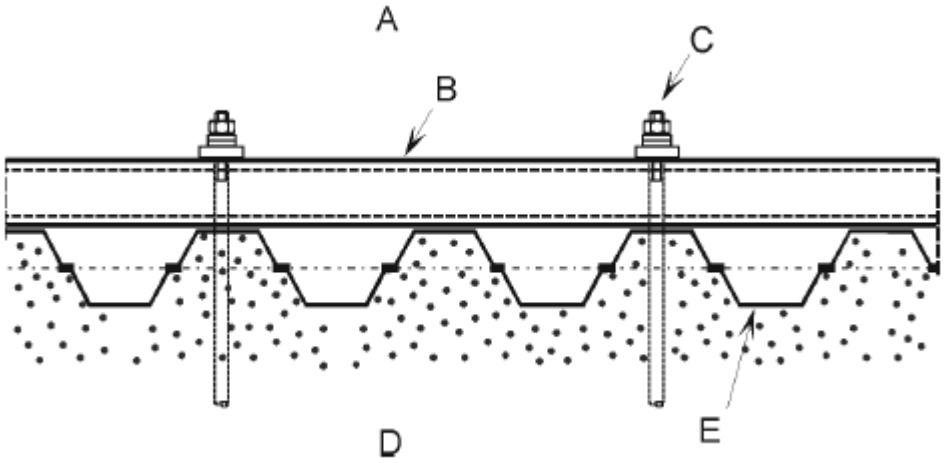
a) anchor located in an in-pan

b) anchor located on an out-pan of the sheet pile wall of the sheet pile wall

b – анкер, розташований у зовнішньому з'єднанні стінки шпунтових паль

Рисунок 7.5 – Приклади анкерування без обв`язки

Figure 7.5 – Examples of anchoring without a waling



A – виїмка ґрунту;	**A Excavation;**
B – обв`язка;	**B Waling;**
C – анкер;	**C Anchor;**
D – ґрунт;	**D Soil;**
E – стінка шпунтових паль	**E Sheet pile wall**

Рисунок 7.6 – Приклад обв`язки перед стінкою шпунтових паль
Figure 7.6 – Example of a waling in front of the sheet pile wall

(3) Опір шпунтової палі тій частині зусилля анкера, яке передається у фланець через підкладку, з схваткою позаду стінки (див. рисунок 7.4) або без застосування схватки (див. рисунок 7.5 а) можна перевіряти згідно з такими умовами:

а) опір зсуву фланця:

$$F_{Ed} \le R_{Vf,Rd}$$

де:

F_{Ed} – розрахункове значення локального поперечного зусилля, застосовуваного через фланець;

$R_{Vf,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву фланця під підкладкою, обумовлене наступним чином:

$$R_{Vf,Rd} = 2,0(b_a + h_a)t_f \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

b_a – ширина підкладки;

f_y – межа текучості ряду шпунтових паль;

h_a – довжина підкладки, але ≤ 1,5 b_a;

t_f – товщина фланця;

(3) The resistance of the sheet pile to that part of the anchor force to be introduced into the flange via a washer plate with a waling behind the wall (see Figure 7.4) or without using a waling (see Figure 7.5a) may be verified in accordance with the following:

a) Shear resistance of flange:

(7.4)

where:

F_{Ed} is the design value of the local transverse force applied through the flange;

$R_{Vf,Rd}$ is the design value of the shear resistance of the flange under the washer plate, given as

(7.5)

b_a is the width of the washer plate;

f_y is the yield strength of the sheet piling;

h_a is the length of the washer plate, but ≤ 1,5 b_a;

t_f is the flange thickness;

b) опір розтягуванню переборки:

$$F_{Ed} \le R_{tw,Rd} \qquad (7.6)$$

де:

$R_{tw,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягуванню двох переборок, обумовлене наступним чином:

$$Rt_{w,Rd} = 2{,}0\ h_a\ t_w f_y / \gamma_{M0} \qquad (7.7)$$

де:

t_w – товщина переборки;

c) ширина прокладки:

$$b_a \ge 0{,}8\ b \qquad (7.8)$$

де:

b_a – ширина прокладки;

b – ширина фланця (див. рисунок в таблиці 5.1).

Примітка. Якщо перевіряється згинання фланця, можна приймати менше значення для b.

d) товщина прокладки:

прокладку слід перевірити на згинання, і її товщина повинна бути $2t_f$

(4) Перевірку опору шпунтової палі до частини зусилля анкера або зусилля підпорки, яке передається в переборку через обв`язку (див. рисунок 7.6), можна виконувати таким чином:

$F_{Ed} \le 0{,}5\ R_{c,Rd}$: додаткова перевірка не потрібна;

$$F_{Ed} > 0{,}5\ R_{c,Rd}: \frac{F_{Ed}}{R_{c,Rd}} + 0{,}5\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \le 1{,}0 \qquad (7.9)$$

де:

F_{Ed} – розрахункове значення локального поперечного зусилля для переборки, застосовуваного через обв`язку;

$R_{c,Rd}$ – розрахунковий опір локального поперечного зусилля. За значення $R_{c,Rd}$ повинна прийматися мінімальне значення з $R_{e,Rd}$ і $R_{p,Rd}$, для кожної переборки, яке визначається наступним чином:

b) tensile resistance of webs:

(7.6)

where:

$R_{tw,Rd}$ is the design value of the tensile resistance of 2 webs, given as

(7.7)

with:

t_w is the web thickness;

c) width of washer plate:

(7.8)

where:

b_a is the width of the washer plate;

b is the width of the flange, see figure in Table 5.1;

NOTE: A smaller value for b may be taken provided flange bending is checked.

d) thickness of washer plate:

the washer plate should be verified for bending and should have a minimum thickness of $2t_f$.

(4) The verification of the resistance of the sheet pile to that part of the anchor force or strut force to be introduced into the webs via a waling (see Figure 7.6) may be carried out as follows:

$F_{Ed} \le 0{,}5\ R_{c,Rd}$: no further verification necessary

(7.9)

where:

F_{Ed} is the design value of the local transverse force per web applied through the waling;

$R_{c,Rd}$ is the design resistance to the local transverse force. $R_{c,Rd}$ should be taken as the minimum of $R_{e,Rd}$ and $R_{p,Rd}$ for each web, given by:

$$R_{e,Rd} = \frac{\varepsilon}{4e}(s_S + 4,0 s_{ec}) \sin\alpha (t_w^2 + t_f^2) f_y / \gamma_{M0} \qquad (7.10)$$

$$R_{p,Rd} = \chi R_{po} / \gamma_{M0} \qquad (7.11)$$

де: with:

$$\chi = 0,06 + \frac{0,47}{\lambda} \le 1,0 \qquad (7.12)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{p0}}{R_{cr}}} \qquad (7.13)$$

$$R_{cr} = 5,42 E \frac{t_w^3}{c} \sin\alpha \qquad (7.14)$$

$$R_{p0} = \sqrt{2}\varepsilon f_y t_w \sin\alpha \left(s_S + t_f \sqrt{\frac{2b \sin\alpha}{t_w}} \right) \qquad (7.15)$$

b – ширина фланця (див. рисунок в таблиці 5.1);

b is the width of the flange, see figure in Table 5.1;

c – висота нахилу переборки, як показано на рисунку 5.1;

c is the slant height of the web as shown in Figure 5.1;

e – ексцентриситет зусилля, що передається в переборку, який визначається таким чином:

e is the eccentricity of the force introduced into the web, given by

$$r_0 \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \frac{t_w}{2\sin\alpha}$$,але не менше 5 мм (but not less than 5 mm); (7.16)

f_y – межа текучості шпунтової палі;

f_y is the yield strength of the sheet pile;

r_0 – зовнішній радіус кута між фланцем і нахиленою переборкою;

r_0 is the outside radius of the corner between flange and web;

$$s_{ec} = 2,0\pi r_0 \left(\frac{\alpha}{180}\right)$$, де α вимірюється у градусах (with α in degrees); (7.17)

s_s – довжина жорсткої опори, що визначається на основі 6.3, EN 1993-1-5. Якщо обв`язка складається з двох частин, наприклад з двоканального профілю, то s – сума обох деталей плюс мінімальна відстань між двома частинами або довжина s_{ec};

s_s is the length of stiff bearing, determined from 6.3 of EN 1993-1-5. If the waling consists of two parts, e.g. two channel-sections, s_s is the sum of both parts plus the minimum of the distance between the two parts or the length s_{ec};

t_f – товщина фланця;

t_f is the flange thickness;

t_w – товщина переборки;

t_w is the web thickness;

α – кут нахилу переборки (див. рисунок 5.1);

α is the inclination of the web, see Figure 5.1;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$, де f_y – в Н/мм^2

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ with f_y in N/mm²;

M_{Ed} – розрахункове значення згинального моменту в місці прикладання зусилля анкера або зусилля обв`язки;

M_{Ed} is the design value of the bending moment at the location of the anchor force or strut force;

$M_{c,Rd}$ – розрахунковий опір вигину шпунтової палі на основі 5.2.2 (2).

$M_{c,Rd}$ is the design bending resistance of the sheet pile from 5.2.2(2).

(5) Якщо підкладка використовується для передачі зусилля анкера в переборку, відповідно до рисунку 7.5b, можна застосовувати вираз, наведений в пункті (4), якщо ширина підкладки більше, ніж ширина фланця, для запобігання додаткового ексцентриситету *e*, зазначеного в пункті (4).

(5) If a washer plate is used for the introduction of the anchor force into the webs according to Figure 7.5b the expressions given in (4) may be applied, provided that the width of the washer plate is greater than the width of the flange to prevent an additional eccentricity *e* as given in (4).

8 ВИКОНАННЯ

8 EXECUTION

8.1 Загальні положення

8.1 General

(1) Роботи по встановленню паль повинні виконуватися відповідно до вказівок по проекту.

(1) The piling works should be carried out as defined for the project.

(2) Якщо між будівництвом на місці і вказівками до проекту виникають відмінності, необхідно проаналізувати послідовність операцій і за необхідності внести зміни.

(2) If there are differences between what is constructed on site and what has been defined for the project. The consequences should be investigated and modifications shall be introduced if necessary.

3) Вимоги до виконання повинні відповідати положенням EN 1997-1.

(3) The execution requirements should conform with EN 1997-1.

(4) Для кожного проекту необхідно визначати специфічні вимоги.

(4) Any specific requirements should be given for each project.

8.2 Установка сталевих шпунтових паль

8.2 Steel sheet piling

(1)P Установка шпунтових паль повинна виконуватися відповідно до вимог EN 12063.

(1)P Sheet piling shall be executed in accordance with EN 12063.

(2) Допуски на розташування і вертикальність шпунтових паль повинні відповідати вказівкам в таблиці 2 EN 12063.

(2) The tolerances for position and verticality of sheet piles should be as specified in Table 2 of EN 12063.

(3) Для того, щоб пальовий ряд міг створювати номінальний опір і проявляти властивості жорсткості, вирівнювання стінки повинно відповідати вимогам розділу 8.5, EN 12063.

(3) In order for the piling to develop its nominal resistance and stiffness properties, the wall alignment should be in accordance with 8.5 of EN 12063.

8.3 Несучі палі

(1)P Установка несучих паль повинна відповідати вимогам розділу 4 EN 1997-1.

(2) P Установка несучих паль повинна також відповідати вимогам EN 12699 і EN 14199.

(3) Допуски на розташування і вертикальність несучих паль повинні відповідати вказівкам EN 12699 і EN 14199.

8.4 Анкерні кріплення

(1) Виконання анкерних кріплень повинне відповідати EN 1997-1 і EN 153, якщо вони прийнятні.

8.5 Обв`язки, зв'язки жорсткості та з'єднання

(1) Інформація щодо виконання конструктивних компонентів міститься у EN 1090-2.

8.3 Bearing piles

(1)P The installation of bearing piles shall conform with 4 of EN 1997-1.

(2)P The installation of bearing piles shall also be in accordance with EN 12699 and EN 14199.

(3) The tolerances for position and verticality of bearing piles should be as specified in EN 12699 and EN 14199.

8.4 Anchorages

(1) The execution of anchorages should be in accordance with EN 1997-1 and EN 1537 if applicable.

8.5 Walings, bracings and connections

(1)P For the execution of structural components reference shall be made to EN 1090-2.

ДОДАТОК А (обов`язковий)

ТОНКОСТІННИЙ РЯД СТАЛЕВИХ ШПУНТОВИХ ПАЛЬ

А.1 Загальні положення

А.1.1 *Область застосування*

(1) Цей додаток слід використовувати для визначення опору і міцності сталевого шпунтового пальового ряду і для деяких специфічних аспектів сталевих шпунтових паль холодного штампування з поперечним перерізом класу 4. За інформацією щодо визначення впливів і результатів дій необхідно звертатися до розділу 2.

(2) За інформацією щодо класифікації поперечних перерізів слід звертатися до 5.2.

(3) Незважаючи на те, що в цьому додатку представлені способи проектування на прикладі шпунтових паль холодного штампування, їх можна застосовувати також для гарячекатаних профілів класу 4.

(4) Проектування за допомогою розрахунку, описане в цьому документі, передбачає, що поперечні перерізи обмежені до поперечних перерізів, складених з елементів без проміжних елементів жорсткості. Таке обмеження не потрібно застосовувати для проектування за допомогою випробувань, див А.7. За інформацією про профілі, складені з елементів з проміжними елементами жорсткості і проектованих з використанням розрахунків, слід звертатися до EN 1993-1-3.

(5) Якщо передбачені тонкостінні ряди сталевих шпунтових паль, то проектування за допомогою розрахунків не завжди дає в результаті економічні рішення, і часто корисним буває проведення випробувань для визначення опору.

Примітка. Вказівки щодо випробувань містяться у Додатку В.

(6) Обмеження, що стосуються геометричних властивостей або матеріалів,

ANNEX A [normative]

THIN WALLED STEEL SHEET PILING

A.1 General

A.1.1 *Scope*

(1) This annex should be used for the determination of the resistance and stiffness of steel sheet piling and for some special aspects of cold-formed steel sheet piling with class 4 cross-sections. For the determination of actions and effects of actions, reference should be made to section 2.

(2) Reference should be made to 5.2 for the classification of cross-sections.

(3) Although the design methods in this annex are presented in terms of cold-formed sheet piling, they may also be applied to class 4 hot rolled profiles.

(4) Design assisted by calculation included in this document, assumes that the cross-sections are limited to those made up of elements without intermediate stiffeners. This restriction need not be applied to the design assisted by testing, see A.7. For profiles made up of elements with intermediate stiffeners and designed by calculation reference should be made to EN 1993-1-3.

(5) In the case of thin walled steel sheet piling, design by calculation may not always lead to economic solutions and it is often useful to use tests for the determination of resistance.

NOTE: Guidance for testing are given in Annex B.

(6) Restrictions regarding geometrical properties or materials only apply to design by

застосовуються тільки при проектуванні за допомогою розрахунків.

A.1.2 ***Форма сталевих шпунтових паль холодного штампування***

(1) Сталеві шпунтові палі холодного штампування являють собою вироби, виготовлені з плоских гарячекатаних профілів згідно EN 10249. До них належать прямі і закруглені стінки. По всій їх довжині в межах дозволених допусків вони мають постійний поперечний переріз і товщину не менше 2 мм.

(2) Такі шпунтові палі виготовляються виключно за допомогою холодного штампування (прокатка або пресування).

(3) Краї поперечного перерізу шпунтової палі можуть складатися з замкових з'єднань.

(4) Деякі типи профілів паль холодного штампування, що описуються в цьому додатку, наведено в таблиці A.1.

A.1.3 ***Термінологія***

(1) Використовується термінологія для розмірів поперечних перерізів, визначена в 1.5.3, EN 1993-1-3.

(2) Для сталевих шпунтових паль холодного штампування застосовуються умовні позначення осей, визначені в 1.9.

calculation.

A.1.2 ***Form of cold formed steel sheet piles***

(1) Cold formed steel sheet piles are products made from hot rolled flat products according to EN 10249. They consist of straight and rounded walls. Over their entire length, within the permitted tolerances, they have a constant cross-section and a thickness not less than 2 mm.

(2) These sheet piles are obtained solely by cold forming (rolling or pressing).

(3) The edges of the cross-section of a sheet pile may consist of interlocks.

(4) Some examples of cold formed piling sections covered in this annex are given in Table A.1.

A.1.3 ***Terminology***

(1) The terminology for cross-section dimensions given in 1.5.3 of EN 1993-1-3 applies.

(2) For cold formed steel sheet piles the axis convention given in 1.9 applies.

Таблиця A.1 – Приклади профілів паль холодного штампування
Table A.1 – Examples of cold formed piling sections

	Приклад поперечного перерізу Example of cross-section
Ω-подібний профіль Ω - profile	
Z-подібний профіль Z – profile	

Профіль листа з канавками Trench sheet profile	

A.2 Основні принципи проектування

A.2.1 *Граничні стани*

(1) Загальні положення, визначені в 2.2 і 5.1, повинні також застосовуватися для профілів холодного штампування, за винятком випадків, для яких у цьому додатку представлені інші умови.

A.2.2 *Граничні стани експлуатаційної надійності*

(1) Загальні положення, визначені в 2.3, 6.1 і 6.2, повинні також застосовуватися для профілів холодного штампування, за винятком випадків, для яких у цьому додатку представлені інші умови.

(2) За інформацією про перевірки граничних станів експлуатаційної надійності слід звертатися до розділу 7 EN 1993-1-3.

A.3 Властивості матеріалів і поперечні перерізи

A.3.1 *Властивості матеріалів*

(1) За інформацією про властивості матеріалів, що описуються в цьому додатку, слід звертатися до розділу 3.

(2) Умови, визначені в цьому додатку, застосовуються для сталевих шпунтових паль класу 4 відповідно до EN 10248 і EN 10249.

(3) Такі способи проектування можуть застосовуватися також для інших конструкційних сталей з аналогічними якостями міцності і ударної в'язкості, якщо виконана відповідність усім зазначеним далі умовам:

– сталь відповідає вимогам по хімічному аналізу, механічним випробування та іншим контрольним процедурам в тому обсязі і в такий спосіб, як це запропоновано

A.2 Basis of design

A.2.1 *Ultimate limit states*

(1) The general provisions given in 2.2 and 5.1 should also be applied to cold formed profiles, except where different provisions are given in this annex.

A.2.2 *Serviceability limit states*

(1) The general provisions given in 2.3, 6.1 and 6.2 should also be applied to cold formed profiles, except where different provisions are given in this annex.

(2) Reference should be made to section 7 of EN 1993-1-3 for serviceability limit state verifications.

A.3 Properties of materials and cross-sections

A.3.1 *Material properties*

(1) For the properties of the materials covered in this annex reference should be made to section 3.

(2) The provisions given in this annex apply to class 4 steel sheet piles according to EN 10248 and EN 10249.

(3) These design methods may also be applied to other structural steels with similar strength and toughness properties, provided that all of the following conditions are satisfied:

– the steel satisfies the requirements for chemical analysis, mechanical tests and other control procedures to the extent and in the manner prescribed in EN 10248 or EN 10249;

в EN 10248 чи EN 10249;

– потрібні мінімальні показники пластичності, що мають бути виражені в наступних обмеженнях;

– f_u / f_y

– подовження при руйнуванні по довжині виміру $5{,}65\sqrt{A_0}$, де A_0 - площа первісного поперечного перерізу);

– критична деформація ε_u, де ε_u, відповідає межі міцності f_u.

Примітка. Ці обмежуючі значення можуть бути визначені в національному додатку. Рекомендуються наступні значення:

– $f_u / f_y \geq 1{,}1$;

– подовження при руйнуванні≥ 15 %;

– $\varepsilon_u \geq 15\ \varepsilon_y$;

– де ε_y відповідає межі текучості f_y;

– сталь постачається за умовами:

– відповідно до інших загальновизнаних стандартів для листового матеріалу з конструкційних сталей;

– з механічними властивостями і хімічним складом, принаймні, еквівалентними одному з сортів сталей, які перераховані в таблиці 3.1 або в таблиці 3.2 відповідно.

4) Номінальні значення базової межі текучості f_{yb}, наведені в 3.1 і в таблиці 3.2, слід приймати як характеристичні значення у проектних розрахунках. Для інших сталей характеристичні значення повинні ґрунтуватися на результатах випробувань на розтяг, виконаних відповідно до EN 10002-1.

(5) Можна допустити, що властивості сталей при стисненні залишаються такими ж самими, як при розтягуванні.

(6) Для сталей, описаних в цьому додатку, інші властивості матеріалу, що використовуються в проектуванні, повинні розглядатися наступним чином:

– модуль пружності: $E = 210\,000$ Н/мм^2;

– модуль зсуву: $G = E / [2(1 + \nu)]$ Н/мм^2;

– коефіцієнт Пуассона: $\nu = 0{,}3$;

– a minimum ductility is required that should be expressed in terms of limits of:

– f_u / f_y;

– the elongation at failure on a gauge length of $5{,}65\sqrt{A_0}$ (where A_0 is the original cross section area) ;

– the ultimate strain ε_u, where ε_u corresponds to the ultimate strength f_u.

NOTE: These limiting values may be given in the National Annex. The following values are recommended:

– $f_u / f_y \geq 1{,}1$;

– elongation at failure ≥ 15 %;

– $\varepsilon_u \geq 15\ \varepsilon_y$;

– where ε_y corresponds to the yield strength f_y;

– the steel is supplied either:

– according to another recognized standard for structural steel sheet, or

– with mechanical properties and chemical composition at least equivalent to one of the steel grades that are listed in Table 3.1 or Table 3.2 respectively.

(4) The nominal values of the basic yield strength f_{yb} given in Table 3.1 and Table 3.2 should be adopted as characteristic values in design calculations. For other steels the characteristic values should be based on the results of tensile tests carried out in accordance with EN 10002-1.

(5) It may be assumed that the properties of steel in compression are the same as those in tension.

(6) For the steels covered by this annex, the other material properties to be used in design should be taken as follows:

– modulus of elasticity: $E = 210\,000$ N/mm^2;

– shear modulus: $G = E / [2(1 + \nu)]$ N/mm^2;

– Poisson's ratio: $\nu = 0{,}3$;

– коефіцієнт лінійного термічного подовження: $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ 1/K;

– одинична маса: $\rho = 7850$ кг/м^3.

(7) Результат збільшеної межі текучості в результаті холодного штампування можна приймати в розрахунок на основі випробувань згідно А.7

(8) Якщо межа текучості визначається за допомогою f_y (у цьому додатку або в EN 1993-1-3), то слід використовувати або базову межу текучості f_{yb} з таблиці 3.2, або межу текучості з таблиці 3.1.

Примітка. Це відрізняється від умовних позначень, що використовуються в EN 1993-1-3.

(9) Умови для проектування за допомогою розрахунків, які визначаються в цьому додатку, можуть використовуватися тільки для сталей в межах номінальної товщини t наступним чином:

2,0 мм ≤ t ≤ 15,0 мм.

(10) Для поперечних перерізів сталевих шпунтових паль класу 4 з більшою чи меншою товщиною допустима несуча здатність повинна визначатися в проекті, який виконується за допомогою випробувань згідно А.7.

А.3.2 *Властивості перерізу*

(1) Властивості профілів слід розраховувати з урахуванням чутливості властивостей загального поперечного перерізу до будь-яких використовуваних апроксимацій, див. 5.1 EN 1993-1-3, і їх впливу на прогнозований опір елемента.

(2) Слід приймати до уваги вплив локальної втрати стійкості з використанням корисної площі перерізу згідно з вказівками пункту А.4.

(3) Властивості поперечного перерізу брутто слід визначати з використанням зазначених номінальних розмірів. У розрахунках властивостей поперечного перерізу брутто малі отвори можна не враховувати, але необхідно робити поправку на великі отвори.

(4) Площу нетто поперечного перерізу палі або елемента поперечного перерізу слід розраховувати як його площу брутто

– coefficient of linear thermal elongation: $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ 1/K;

– unit mass: $\rho = 7850$ kg/m^3.

(7) The effect of an increased yield strength due to cold forming may be taken into account on the basis of tests in accordance with A.7.

(8) Where the yield strength is specified using the symbol f_y either in this annex or in EN 1993-1-3, either the basic yield strength f_{yb} from Table 3.2 or the yield strength from Table 3.1 should be used.

NOTE: This differs from the convention used in EN 1993-1-3.

(9) The provisions for design by calculation given in this annex may be used only for steel within the range of nominal thickness t as follows:

2,0 mm ≤ t ≤ 15,0 mm.

(10) or thicker or thinner class 4 steel sheet pile cross-sections, the load bearing capacity should be determined by design assisted by testing in accordance with A.7.

A.3.2 *Section properties*

(1) Section properties should be calculated, taking due account of the sensitivity of the properties of the overall cross-section to any approximations used, see 5.1 of EN 1993-1-3, and their influence on the predicted resistance of the member.

(2) The effects of local buckling should be taken into account by using effective cross-sections as specified in A.4.

(3) The properties of the gross cross-section should be determined using the specified nominal dimensions. In calculating gross cross-sectional properties, small holes need not be deducted but allowance should be made for large openings.

(4) The net area of a pile cross-section, or an element of a cross-section, should be taken as its gross area minus appropriate deductions

мінус відповідні відрахування для всіх отворів і зазорів.

(5) Необхідно враховувати вплив закруглених кутів на властивості профілю відповідно з 5.1.4 EN 1993-1-3.

Примітка. Приклад ідеалізованого поперечного перерізу шпунтової палі з гострими кутами наведено на рисунку А.1.

(6) При проектуванні за допомогою розрахунків співвідношення ширини до товщині не повинно перевищувати значень, наведених у таблиці А.2.

(7) Застосування співвідношень ширини до товщини, що перевищують ці значення, не виключається, але опір палі в граничних станах і її поведінку в граничних станах експлуатаційної надійності слід перевіряти за допомогою випробування у відповідності з пунктом А.7.

for all holes and openings.

(5) The influence of rounded corners on the profile properties should be taken into account according to 5.1.4 of EN 1993-1-3.

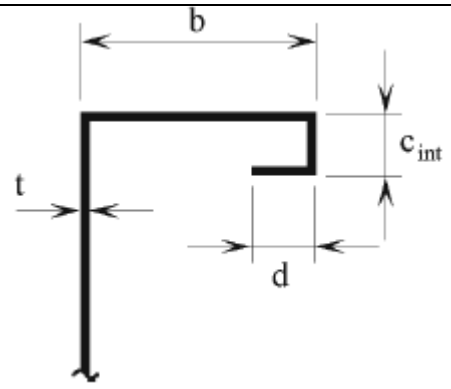
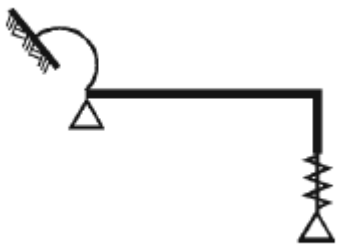
NOTE: An example of an idealized sheet pile cross-section with sharp corners is given in Figure A.1.

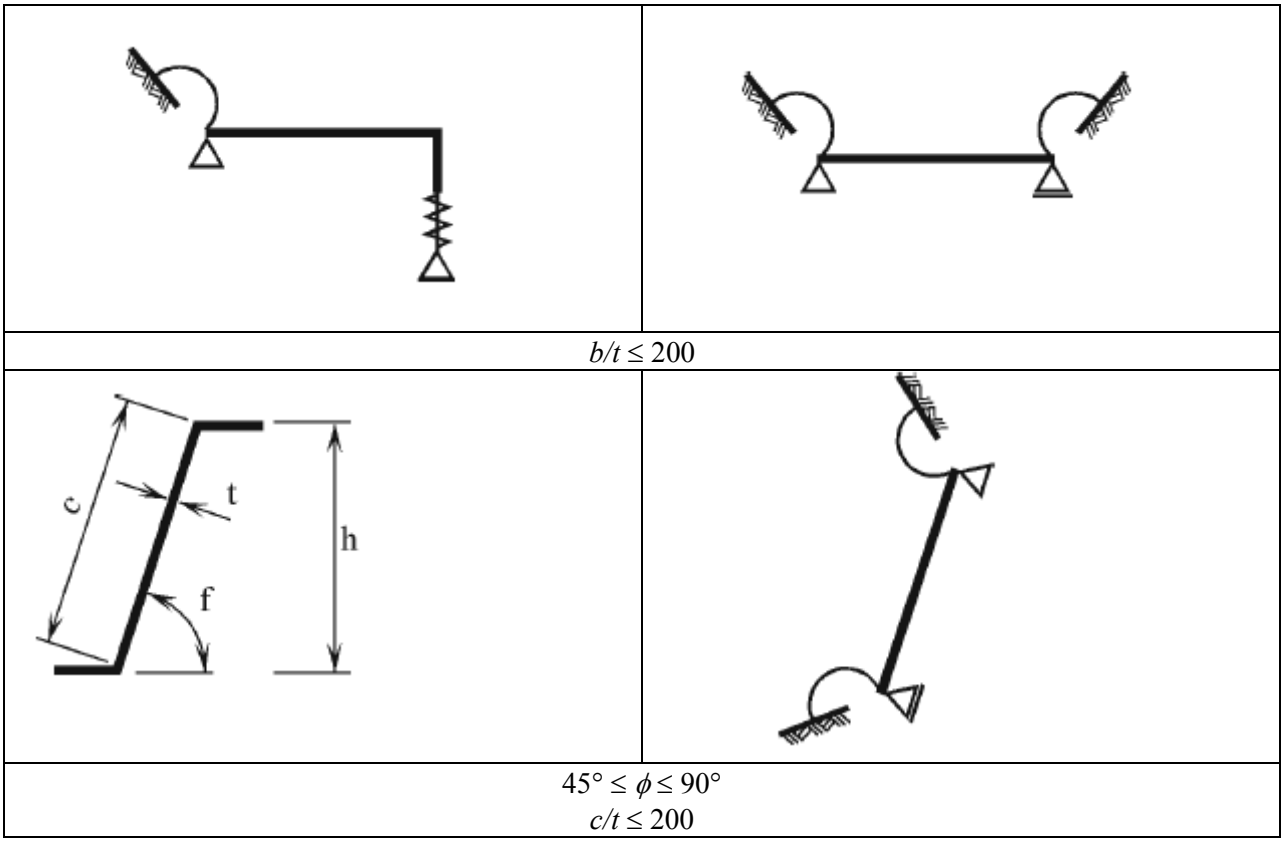
(6) For design by calculation, the width-to-thickness ratios should not exceed the values given in Table A.2.

(7) The use of width-to-thickness ratios exceeding these values is not precluded, but the resistance of the pile at ultimate limit states and its behaviour at serviceability limit states should be verified by testing in accordance with A.7.

Рисунок А.1 –Приклад ідеалізованого поперечного перерізу
Figure A.1 –Example of an idealized cross-section

Таблиця А.2 – Максимальні співвідношення ширини та товщини; моделювання статичної поведінки
Table A.2 – Maximum width-to-thickness ratios; modelling of statical behaviour

Частина поперечного перерізу Part of Cross section	Моделювання статичної поведінки Modelling of statical behaviour
	
$b/t \leq 90$	



$b/t \le 200$

$45° \le \phi \le 90°$
$c/t \le 200$

A.4 Локальна втрата стійкості

(1) При визначенні опору і жорсткості поперечних перерізів сталевих шпунтових паль класу 4 слід враховувати вплив локальної втрати стійкості відповідно до 5.5, EN 1993-1-3 за винятком випадків, для яких у цьому додатку зазначені інші умови.

(2) Плоскі елементи без ребер жорсткості поперечних перерізів шпунтових паль описані в 5.5.2, EN 1993-1-3.

(3) Плоскі елементи із замковими з'єднаннями, діючі в якості крайових ребер жорсткості, необхідно брати до уваги відповідно до 5.5.3.2 EN 1993-1-3.

Примітка. На рисунку А.2 показаний приклад ідеалізації геометрії замкового з'єднання, діючого як крайове ребро жорсткості.

A.4 Local buckling

(1) The effects of local buckling should be taken into account in determining the resistance and stiffness of class 4 steel sheet pile cross-sections according to 5.5 of EN 1993-1-3, except where different provisions are given in this annex.

(2) Unstiffened plane elements of sheet pile cross-sections are covered in 5.5.2 of EN 1993-1-3.

(3) Plane elements with interlocks acting as edge stiffeners should be taken into account according to 5.5.3.2 of EN 1993-1-3.

NOTE: Figure A.2 gives an example of the idealization of the geometry of the interlock acting as an edge stiffener.

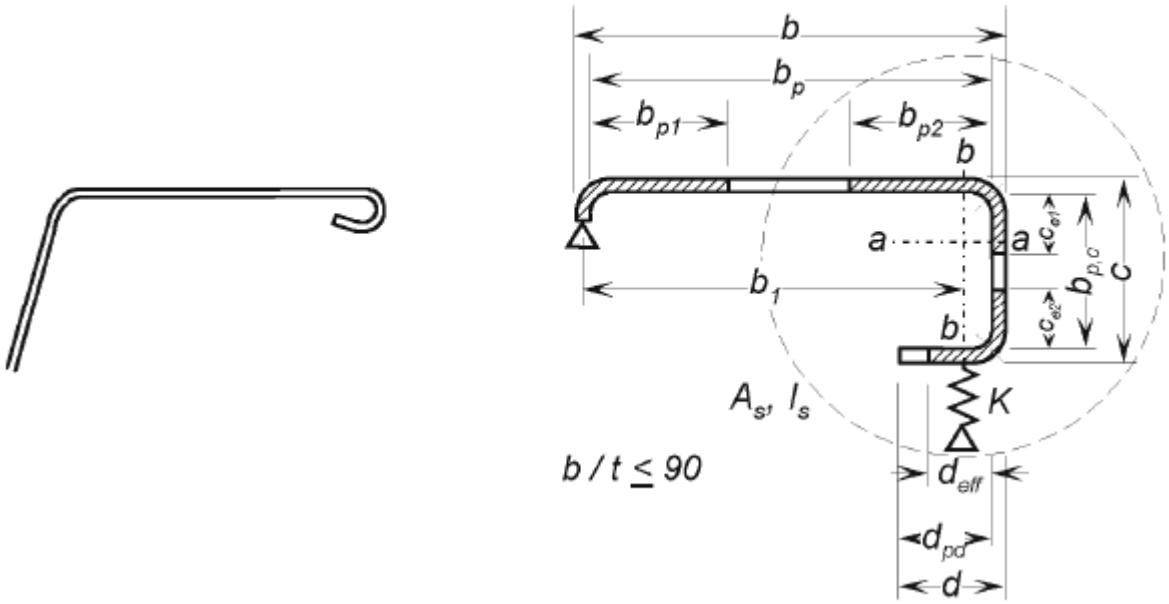


Рисунок А.2 – Замкове з'єднання, що вважається крайовим ребром жорсткості

Figure A.2 – Interlock to be treated as an edge stiffener

(4) Для плоских елементів стиснення із замковими з'єднаннями, що використовуються в якості крайових ребер жорсткості, проектування повинно ґрунтуватися на принципі, визначеному 5.5.3.1 (1) EN 1993-1-3.

(4) For plane compression elements with interlocks acting as edge stiffeners, the design should be based on the principle given in 5.5.3.1 (1) of EN 1993-1-3.

(5) Пружинну жорсткість замкового з'єднання, що діє як крайове ребро жорсткості, слід визначати на основі формули (5.9) EN 1993-1-3.

(5) The spring stiffness of the interlock acting as an edge stiffener should be determined according to expression (5.9) of EN 1993-1-3.

(6) Формулу (5.10) EN 1993-1-3 можна застосовувати для шпунтового пальового ряду для Z-подібного профілю відповідно до рисунків А.3 і А.4 за допомогою жорсткості вигину плити $(E\ t^3) / 12 / (1 - \nu^2)$. Жорсткість поворотної пружини, що представляє переборку (див. рисунок А.4) можна визначати наступним чином:

(6) Expression (5.10) of EN 1993-1-3 may be applied to sheet piling as follows for the Z-profile as shown in Figure A.3 and Figure A.4, by using the plate bending stiffness $(E\ t^3) / 12 / (1 - \nu^2)$. The stiffness of the rotational spring representing the web, see Figure A.4, may be determined from:

$$EI_w\theta = \frac{1}{2}\times 1\times 1\times s_w \qquad \text{(A.1)}$$

$$C_\theta = \frac{1}{\theta} = \frac{2EI_w}{c} \qquad \text{(A.2)}$$

$$I_w = \frac{t^3}{12\left(1-\nu^2\right)} \qquad \text{(A.3)}$$

Фактичний згинальний момент в поворотній пружині в результаті одиничного навантаження становить $u \times b_p$, а відповідний поворот визначається наступним чином :

$$\theta = \frac{ub_p}{C_\theta} = \frac{ub_p c}{2EI_w} \qquad \text{(A.4)}$$

Таким чином формула (5.10) EN 1993-1-3 перетворюється в наступний вираз:

$$\delta = \frac{2ub_p^2(1-v^2)}{Et^3}(3c + 2b_p) \qquad \text{(A.5)}$$

The actual bending moment acting in the rotational spring due to the unit load is $u \times b_p$ and the corresponding rotation is given by:

So expression (5.10) of EN 1993-1-3 becomes:

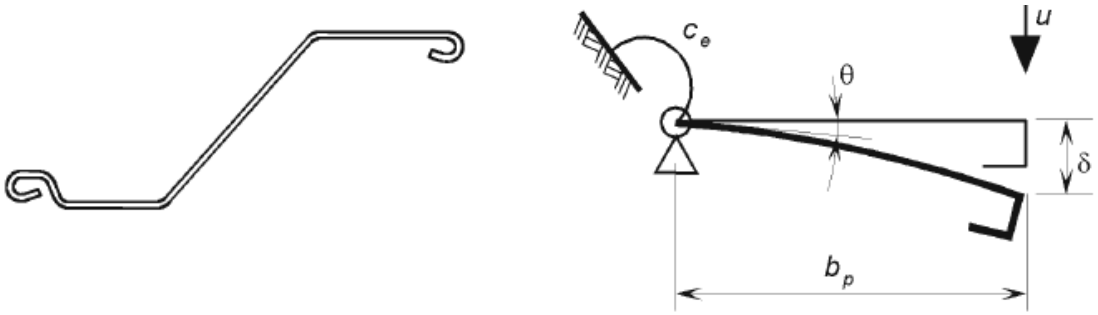


Рисунок А.3 – Визначення пружинної жорсткості фланця
Figure A.3 – Determination of spring stiffness of the flange

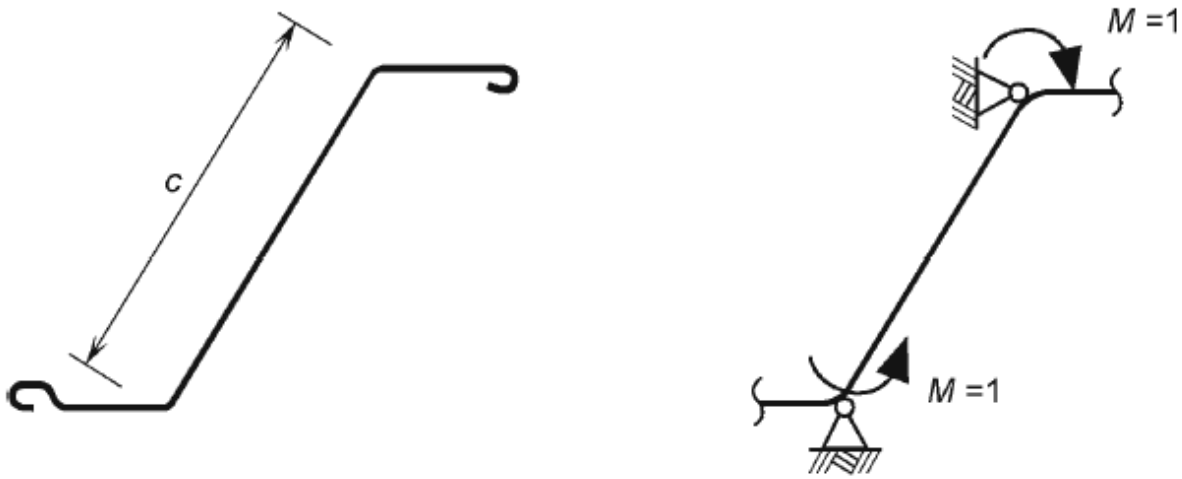


Рисунок А.4 – Визначення пружинної жорсткості переборки
Figure A.4 – Determination of the spring stiffness of the web

А.5 Опір поперечного перерізу

A.5 Resistance of cross-sections

А.5.1 *Загальні положення*

(1)P Розрахункові значення внутрішніх зусиль і моментів у кожному поперечному перерізі не повинні перевищувати

A.5.1 *General*

(1)P The design values of the internal forces and moments at each cross-section shall not exceed the design values of the corresponding

розрахункові значення відповідних опорів.

(2) Розрахунковий опір поперечного перерізу має визначатися або за допомогою розрахунків, використовуючи способи, визначені в цьому розділі, або за допомогою проектування на основі випробувань згідно А.7.

(3) Положення пункту А.5 не слід застосовувати за винятком одноосьового вигину з $M_z = 0$.

(4) Можна допустити, що одна з головних осей шпунтового пальового ряду паралельна осі системи підпірної стінки.

(5) Для проектування на основі розрахунків опір поперечного перерізу необхідно перевіряти для наступних пунктів:

– згинальний момент, з урахуванням впливів локального поперечного згинання;

– локальні поперечні зусилля;

– сукупність згинального моменту і зсувного зусилля;

– сукупність згинального моменту і осьового зусилля;

– сукупність згинального моменту і локальних поперечних зусиль.

(6) Проектування на основі випробувань можна застосовувати замість проектування на основі розрахунків для будь-якого з цих опорів.

Примітка. Проектування на основі випробувань може бути надзвичайно корисним для поперечних перерізів з відносно високими співвідношеннями b_p/t, наприклад, у відношенні не пружної поведінки або пошкодження переборки.

(7) При проектуванні на основі розрахунків необхідно враховувати вплив локальної втрати стійкості з використанням властивостей корисної площі перерізу, що визначаються згідно з вказівками пункту А.4.

(8) У положеннях, визначених у цьому розділі, не враховується можлива загальна втрата стійкості шпунтових паль. За інформацією про ряди шпунтових паль, в яких може виникнути втрата стійкості в результаті стискаючих зусиль, слід

resistances.

(2) The design resistance of a cross-section should be determined either by calculation, using the methods given in this section, or by design assisted by testing, in accordance with A.7.

(3) The provisions of A.5 should not be applied except for monoaxial bending with $M_z = 0$.

(4) It may be assumed that one of the principal axes of the sheet piling is parallel to the system axis of the retaining wall.

(5) For design by calculation, the resistance of the cross-section should be verified for:

– bending moment, taking into account the effects of local transverse bending;

– local transverse forces;

– combined bending moment and shear force;

– combined bending moment and axial force;

– combined bending moment and local transverse forces.

(6) Design assisted by testing may be used instead of design by calculation for any of these resistances.

NOTE: Design assisted by testing is particularly likely to be beneficial for cross-sections with relatively high b_p/t ratios, for instance in relation to inelastic behaviour or web crippling.

(7) For design by calculation, the effects of local buckling should be taken into account by using effective cross-sectional properties determined as specified in A.4.

(8) The provisions given in this section do not account for possible global instability of the sheet piles, so for sheet piling where instability due to compression forces may occur, reference should be made to section 6.2 of EN 1993-1-3.

звертатися до розділу 6.2 EN 1993-1-3.

(9) Слід застосовувати критерії, визначені в 5.2.3 (1). Необхідно уникати високих осьових зусиль, що призводять до загальної втрати стійкості, при використанні поперечних перерізів класу 4.

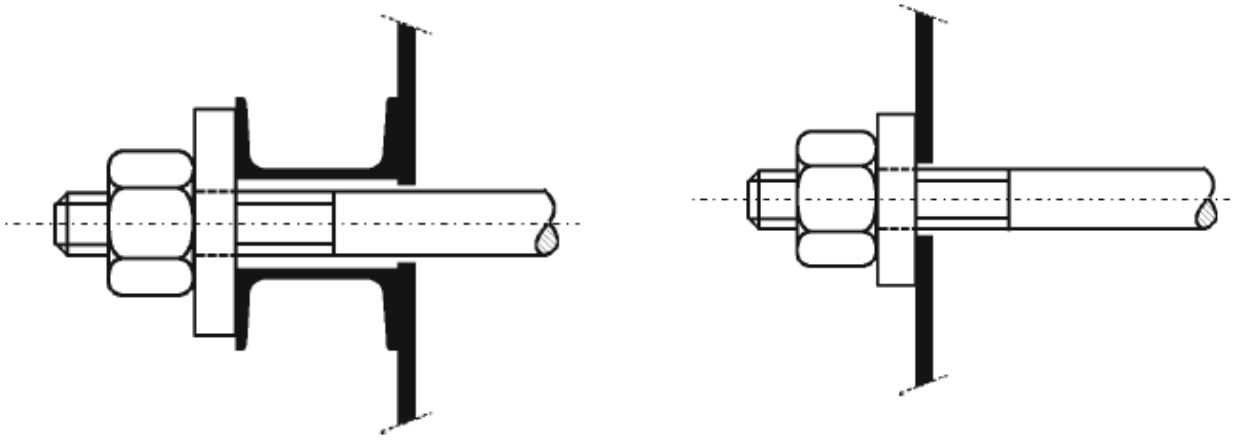
(9) The criterion given in 5.2.3(1) should be applied. Higher axial forces leading to overall instability should be avoided when using class 4 cross-sections.

(10) Обв`язки перед стінкою з шпунтових паль або позаду неї слід використовувати для передачі зусиль з анкерів або розпорок (див. рисунок A.5a), при цьому передбачаючи перерозподіл зусиль. Якщо для передачі зусилля з стяжного стрижня безпосередньо в шпунтову палю, як показано на рисунку A.5b), використовується підкладка, необхідно провести випробування згідно з розділом 2.6, якщо товщина профілю шпунтової палі становить ≤ 6 мм.

(10) Walings in front of or behind the sheet pile wall should be used to introduce forces from anchors or struts (see Figure A.5a), thereby allowing for redistribution of the forces. If a washer plate is used to introduce the force from a tie rod directly into the sheet pile as shown in Figure A.5b, tests in accordance with section 2.6 should be carried out if the thickness of the sheet pile profile is ≤ 6 mm.

(11) При використанні способів ітераційних обчислень в разі потреби необхідно зробити декілька ітерацій, щоб уникнути недостатньої точності.

(11) When using iterative calculation procedures, several iterations should be carried out if necessary to avoid a lack of accuracy.



a – з обв`язкою

a) with a waling

b - з підкладкою

b) with a washer plate

Рисунок A.5 – Передача зусиль анкера
Figure A.5 – Introduction of anchor forces

A.5.2 *Згинальний момент*

(1) Опір моменту поперечного перерізу шпунтової палі класу 4 слід визначати згідно 6.1.4, EN 1993-1-3, за винятком випадків, для яких у цьому додатку визначені інші умови.

(2) Вплив інерційності зсуву в рядах із сталевих шпунтових паль можна не

A.5.2 *Bending moment*

(1) The moment resistance of the class 4 sheet pile cross-section should be determined according to 6.1.4 of EN 1993-1-3, except where different provisions are given in this annex.

(2) The effects of shear lag may be neglected in steel sheet piling.

враховувати.

(3) Не потрібно виконувати пластичний перерозподіл згинальних моментів в підпірних стінках, що складаються з поперечних перерізів класу 4.

(4) Якщо опір моменту профілю різний для позитивних і негативних згинальних моментів, то це необхідно враховувати при проектуванні.

A.5.3 *Зсувне зусилля*

(1) Опір зсуву у переборці слід визначати відповідно до 6.1.5, EN 1993-1-3, за винятком випадків, для яких у цьому додатку визначені інші умови.

(2) Опір втрати стійкості при зсуві f_{bv} слід визначати за допомогою таблиці 6.1, EN 1993-1-3, для переборок без елементів жорсткості в опорному кріпленні.

A.5.4 *Локальні поперечні зусилля*

A.5.4.1 Загальні положення

(1) Якщо обв'язка розташована перед стінкою на стороні виїмки ґрунту, як показано на рисунку 7.6, то перевірку слід проводити згідно A.5.4.2.

(2) Якщо обв'язка розташована позаду стінки, як показано на рисунку 7.4, то перевірку слід проводити згідно A.5.4.3.

A.5.4.2 Переборки, що піддаються поперечним стискаючим зусиллям

(1) Щоб запобігти обваленню, пошкодженню або втраті стійкості в переборці, що піддається опорній реакції через обв'язку, прикладене поперечне зусилля F_{Ed} повинно відповідати наступній умові:

(3) No plastic redistribution of bending moments should be made in retaining walls consisting of class 4 cross-sections.

(4) If the moment resistance of the profile is different for positive and negative bending moments, this should be taken into account in the design.

A.5.3 *Shear force*

(1) The shear resistance of the web should be determined according to 6.1.5 of EN 1993-1-3, except where different provisions are given in this annex.

(2) The shear buckling strength f_{bv} should be determined using Table 6.1 of EN 1993-1-3 for webs without stiffening at the support.

A.5.4 *Local transverse forces*

A.5.4.1 General

(1) If the waling is located in front of the wall on the excavation side as shown in Figure 7.6, the verification should be carried out according to A.5.4.2.

(2) If the waling is located behind the wall as shown in Figure 7.4, the verification should be carried out according to A.5.4.3.

A.5.4.2 Webs subject to transverse compressive forces

(1) To avoid crushing, crippling or buckling in a web subject to a support reaction via a waling, the applied transverse force F_{Ed} should satisfy:

$$F_{Ed} \le R_{w,Rd}$$

де:

$R_{w,Rd}$ – локальний поперечний опір переборки.

(2) Для переборки без елементів жорсткості локальний поперечний опір $R_{w,Rd}$ має розраховуватися згідно 6.1.7.3 EN 1993-1-3, за винятком випадків, для яких у цьому додатку визначені інші умови.

where:

$R_{w,Rd}$ is the local transverse resistance of the web.

(2) For an unstiffened web, the local transverse resistance $R_{w,Rd}$ should be obtained from 6.1.7.3 of EN 1993-1-3 except where different provisions are given in this annex.

Примітка. В цей параграф входить опис Z-подібних профілів, що представляють подвійну палю, виготовлену з двох Z-подібних профілів.

NOTE: Z-profiles are covered by this paragraph, considering a double pile made up of two Z-profiles.

(3) Для обв'язок, що діють в якості опорного кріплення:

(3) For a waling acting as support:

– значення ефективної несучої довжини l_a, що використовується у формулі (6.18) EN 1993-1-3, має визначатися відповідно до 6.1.7.3 (4) EN 1993-1-3;

– the value of the effective bearing length l_a to be used in expression (6.18) of EN 1993-1-3 should be determined according to 6.1.7.3 (4) of EN 1993-1-3;

– значення коефіцієнта, що використовується у формулі (6.18) EN 1993-1-3, має бути розраховане згідно з такими умовами:

– the value of the coefficient α to be used in expression (6.18) of EN 1993-1-3 should be obtained from the following:

– для категорії 1: $\alpha = 0{,}075$;

– for category 1: $\alpha = 0{,}075$;

– для категорії 2: $\alpha = 0{,}15$.

– for category 2: $\alpha = 0{,}15$.

Примітка. Категорія 1 застосовується, якщо відстань між обв'язкою і кромкою палі становить $\leq 1{,}5\ h_w$, де h_w - глибина профілю, в інших випадках застосовується категорія 2, див. рисунок 6.9 в EN 1993-1-3.

NOTE: Category 1 applies if the distance between the waling and the edge of the pile is $\leq 1{,}5\ h_w$, where h_w is the depth of the profile, otherwise category 2 applies, see Figure 6.9 of EN 1993-1-3.

A.5.4.3 Переборки, що піддаються поперечним розтягуючим зусиллям

A.5.4.3 Webs subject to transverse tensile forces

(1) Для переборок, що піддаються поперечним розтягуючим зусиллям, перевірки повинні проводитися згідно 7.4.3 (3).

(1) For webs subject to transverse tensile forces, checks should be carried out in accordance with 7.4.3 (3).

A.5.5 *Сукупність зсувного зусилля і згинального моменту*

A.5.5 *Combined shear force and bending moment*

(1) Для сукупності зсувного зусилля і згинального моменту перевірку слід проводити за допомогою формули (6.27) EN 1993-1-3.

(1) For combined shear force and bending moment, the verification should be carried out using expression (6.27) of EN 1993-1-3.

A.5.6 *Сукупність згинального моменту і локальних поперечних зусиль*

A.5.6 *Combined bending moment and local transverse forces*

(1) Для сукупності згинального моменту і локальних поперечних зусиль перевірка повинна здійснюватися відповідно до 6.1.11 EN 1993-1-3.

(1) For combined bending moment and local transverse forces, the verification should be carried out according to 6.1.11 of EN 1993-1-3.

A.5.7 *Сукупність згинального моменту і осьового зусилля*

A.5.7 *Combined bending moment and axial force*

(1) Поєднання згинального моменту з осьовим розтягом повинно перевірятися згідно 6.1.8 EN 1993-1-3 без урахування згинання по осі z-z.

(1) The combination of bending moment with axial tension should be verified according to 6.1.8 of EN 1993-1-3, without taking bending about the z-z axis into account.

(2) Перевірку для сукупності згинального моменту і осьового стиснення

(2) The verification for combined bending moment and axial compression should be

слід проводити відповідно до 6.1.9 EN 1993-1-3 без урахування згинання по осі z - z.

carried out according to 6.1.9 of EN 1993-1-3 without taking bending about the z-z axis into account.

A.5.8 ***Локальне поперечне згинання***

(1) У випадку, якщо диференціальний тиск води перевищує 1 м напору, вплив тиску води на локальне поперечне згинання плити необхідно враховувати при визначенні загального опору вигину.

(2) У спрощеному варіанті таку перевірку можна виконувати за допомогою наступної процедури:

– перевірку поперечного перерізу необхідно виконувати тільки в точках максимальних моментів, де диференціальний тиск води більше, ніж 1 м напору;

– вплив диференціального тиску води слід приймати в розрахунок з використанням зменшеної товщини плити $t_{red} = \rho_P t$, де значення ρ_P визначається за таблицею A.3;

– при визначенні ρ_P по таблиці A.3 необхідно враховувати диференціальний тиск води, що діє в значимих точках максимальних моментів.

A.5.8 ***Local transverse bending***

(1) In the case of a differential water pressure exceeding 1 m head, the effects of water pressure on transverse local plate bending should be taken into account when determining the overall bending resistance.

(2) As a simplification, this verification may be carried out using the following procedure:

– the cross-sectional verification need only be carried out at the locations of the maximum moments where the differential water pressure is more than 1 m head;

– the effect of differential water pressure should be taken into account by using a reduced plate thickness $t_{red} = \rho_P t$ with ρ_P according to Table A.3;

– for the determination of ρ_P according to Table A.3 the differential water pressure acting at the relevant locations of the maximum moments should be taken into account.

Таблиця A.3 – Коефіцієнти зменшення ρ_P для товщини плити в результаті дії диференціального тиску води

Table A.3 – Reduction factors ρ_P for plate thickness due to differential water pressure

w	(b/t_{min}) $\varepsilon = 40{,}0$	(b/t_{min}) $\varepsilon = 60{,}0$	(b/t_{min}) $\varepsilon = 80{,}0$	(b/t_{min}) $\varepsilon = 100{,}0$
1,0	0,99	0,98	0,96	0,94
2,5	0,98	0,94	0,88	0,78
5,0	0,95	0,86	0,67	0,00
7,5	0,92	0,75	0,00	0,00
10,0	0,88	0,58	0,00	0,00

Пояснення:

b - ширина полиці, але b не повинно бути менше, ніж $c / \sqrt{2}$, де c - висота нахилу переборки;
t_{min} - мінімальна товщина полиці або переборки;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$, де у f_y вимірюється в Н/мм^2.

Key:

b is the width of the flange, but b should not be taken as less than $c / \sqrt{2}$, where c is the slant height of the web;
t_{min} is the minimum thickness of flange or web;
w is the head of differential water pressure in m;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ with f_y in N/mm²

Примітка. Ці значення застосовуються для Z-подібних паль і є консервативними для Ω-подібних і U-подібних паль. Можливе збільшення ρ_P (наприклад, якщо замкові з'єднання зварюються),але в цьому випадку необхідно додаткове дослідження.

NOTE: These values apply to Z-piles and are conservative for Ω- and U-piles. An increase of ρ_P is possible (for instance if interlocks are welded), but an additional investigation is then necessary.

A.6 Проектування на основі розрахунків

(1) Для проектування підпірної стінки, виготовленої з шпунтових паль класу 4, можна застосовувати такі способи.

(2) Результати впливів в палях в граничних станах можна визначати за допомогою пружної балочної моделі і відповідної моделі для ґрунту, див. EN 1997-1.

(3) При необхідності найкращою оцінкою слід вважати конструктивні вхідні дані для балкової моделі.

(4) Для осьового стиснення необхідно перевіряти, чи можна не враховувати втрату стійкості.

(5) При застосуванні проектування за допомогою розрахунків необхідно перевіряти, що для сталевих шпунтових паль, які передбачається використовувати, виконані відповідні критерії, визначені у даному додатку.

(6) На основі опорів поперечних перерізів, які поставляються виробником сталевих шпунтових паль, вибраний поперечний переріз палі необхідно перевіряти згідно з пунктом A.5, роблячи поправку на вплив корозії, якщо це потрібно.

Примітка. Дані про опір поперечного перерізу, які можуть надаватися виробником: $M_{c,Rk}$, N_{Rk}, $V_{b,Rk}$, $R_{w,Rk}$,з урахуванням сортів сталей і зменшеної товщини в результаті корозії.

(7) Якщо потрібно, з балочною моделлю в ітераційній процедурі слід використовувати ефективну жорсткість поперечного перерізу в граничних станах.

Примітка. Дані про жорсткість для поперечного перерізу в граничних станах можуть надаватися виробником в таблицях властивостей профілів.

(8) Якщо необхідна перевірка в

A.6 Design by calculation

(1) The following procedure may be adopted for the design of a retaining wall made up of class 4 sheet piles.

(2) The effects of actions in the piles at ultimate limit states may be determined using an elastic beam model and an appropriate model for the soil in accordance with EN 1997-1.

(3) If required, the structural input data for the beam model should be chosen as a best estimate.

(4) For axial compression it should be verified whether buckling may be neglected.

(5) For design by calculation to be applicable, it should be verified that the corresponding criteria given in this annex are fulfilled by the steel sheet piles that are expected to be used.

(6) Based on the resistances of the cross-sections provided by the manufacturer of the steel sheet piles, the chosen pile cross-section should be verified according to A.5, making due allowance for corrosion effects, if necessary.

NOTE: The cross-section resistance data that may be provided by the manufacturer are: $M_{c,Rk}$, N_{Rk}, $V_{b,Rk}$, $R_{w,Rk}$, taking into account the steel grade and the reduced thickness due to corrosion.

(7) If required, the effective stiffness of the cross-section at ultimate limit states should be used with the beam model in an iterative procedure.

NOTE: The stiffness data for the cross-section at ultimate limit states may be provided by the manufacturer in section property tables.

(8) If a verification at serviceability limit

граничному стані експлуатаційної надійності, можна використовувати балочну модель у поєднанні з відповідною моделлю для ґрунту, згідно з вказівками EN 1997-1.

states is required, an elastic beam model combined with an appropriate model for the soil in accordance with 1997-1 may be used.

(9) Інформація щодо визначення даних по жорсткості поперечного перерізу, що використовуються для перевірки станів експлуатаційної надійності, міститься у розділі 7.1 EN 1993-1-3.

(9) Reference should be made to section 7.1 of EN 1993-1-3 for the determination of the cross-section stiffness data to be used for serviceability states verifications.

A.7 Проектування на основі випробувань

A.7 Design assisted by testing

A.7.1 *Основні принципи*

A.7.1 *Basis*

(1) При застосуванні принципів проектування на основі випробувань, визначених у розділі 5 EN 1990, для спеціальних вимог до сталевих шпунтових паль холодного штампування слід використовувати наступну процедуру.

(1) The following procedure should be used to apply the principles for design assisted by testing given in section 5 of EN 1990, to the specific requirements of cold formed steel sheet piling.

(2) Незважаючи на те, що наступні умови були розроблені для профілів холодного штампування, їх можна також застосовувати для сталевих шпунтових гарячекатаних паль.

(2) Although the following provisions have been developed for cold formed profiles, they may also be applied to hot rolled steel sheet piles.

(3) Випробування можна проводити в одному з наступних випадків:

(3) Testing may be undertaken under any of the following circumstances:

a) властивості сталі не відомі;

a) if the properties of the steel are unknown;

b) існує необхідність врахування фактичних властивостей профілю холодного штампування;

b) if there is a need to take account of the actual properties of the cold formed profile;

c) для проектування профілю шпунтової палі тільки на основі розрахунків немає прийнятних аналітичних методів;

c) if adequate analytical procedures are not available for designing a sheet pile profile by calculation alone;

d) реалістичні дані для проектування неможливо отримати іншим способом;

d) if realistic data for design cannot otherwise be obtained;

e) необхідна перевірка експлуатаційних параметрів наявної конструкції;

e) if the performance of an existing structure needs to be checked;

f) бажане спорудження кількох аналогічних конструкцій або компонентів на основі макета;

f) if it is desirable to build a number of similar structures or components on the basis of a prototype;

g) необхідне підтвердження відповідності виготовлення;

g) if confirmation of consistency of production is required;

h) потрібно підтвердити достовірність і адекватність аналітичного методу;

h) if it is necessary to prove the validity and adequacy of an analytical procedure;

i) бажаним є складання таблиць опорів на

i) if it is desirable to produce resistance tables

основі випробувань або на сукупності випробувань та аналізу;

j) бажано приймати до уваги практичні коефіцієнти, які можуть змінювати експлуатаційні характеристики конструкції, але не є визначеними відповідним способом аналізу в проектуванні на основі розрахунків.

(4) Випробування, що є основою для таблиць несучої здатності, повинно проводитися відповідно до вказівок A.7.3.

Примітка. Інформація щодо процедур для сталевих тонкостінних шпунтових паль наводиться у додатку B.

(5) Випробування на розтяг сталей повинно проводитися відповідно до вказівок EN 10002-1. Випробування інших властивостей сталей слід виконувати згідно з відповідними Європейськими стандартами.

A.7.2 *Умови*

(1) Необхідно виконувати умови, визначені в пункті A.3.1 EN 1993-1-3, за винятком випадків, для яких у цьому додатку визначені інші умови.

(2) Під час прикладання навантаження, до досягнення експлуатаційного навантаження, навантаження можна усувати і потім прикладати знову. Для цієї мети робоче навантаження можна оцінювати як 30% граничного навантаження. Навантаження, що перевищує робоче навантаження, повинне підтримуватися з незмінною величиною при кожному зростанні, поки будь-які деформації, що залежать від часу, в результаті пластичної поведінки не стануть незначними.

A.7.3 *Дані про поперечнй переріз, засновані на випробуваннях*

(1) Опори поперечних перерізів і ефективну жорсткість сталевих шпунтових паль холодного штампування можна визначати згідно з вказівками A.4.2, EN 1993-1-3.

based on tests, or on a combination of testing and analysis;

j) if it is desirable to take into account practical factors that may alter the performance of a structure, but are not addressed by the relevant analysis method in design by calculation.

(4) Testing as a basis for tables of load carrying capacity should be carried out in accordance with A.7.3.

NOTE: Information is given in Annex B on procedures for thin walled steel sheet piles.

(5) Tensile testing of steel should be carried out in accordance with EN 10002-1. Testing of other steel properties should be carried out in accordance with the relevant European Standards.

A.7.2 *Conditions*

(1) The provisions given in A.3.1 of EN 1993-1-3 should be applied, except where different provisions are given in this annex.

(2) During load application, up to attainment of the service load, the load may be removed and then reapplied. For this purpose the service load may be estimated as 30 % of the ultimate load. Above the service load, the loading should be held constant at each increment until any time-dependent deformations due toplastic behaviour have become negligible.

A.7.3 *Cross-sectional data based on testing*

(1) The cross-sectional resistances and the effective stiffness of a cold formed steel sheet pile may be determined according to A.4.2 of EN 1993-1-3.

ДОДАТОК В (довідковий)

ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ ШПУНТОВИХ ПАЛЬ

В.1 Загальні положення

(1) Навантаження можна прикладати за допомогою повітряних мішків або за допомогою перекладин, розташованих для моделювання розподілених навантажень. Щоб запобігти деформації профілю в точках прикладання навантаження або опорних кріплень, можна використовувати поперечні стяжки і/або ребра жорсткості (такі як дерев'яні блоки або сталеві плити).

(2) Для випробувань Z-подібних паль слід використовувати, як мінімум, подвійну шпунтову палю.

(3) Для Ω-подібних паль слід використовувати, як мінімум, одну шпунтову палю.

(4) Точність вимірювання повинна відповідати величині вимірів і не повинна виходити за межі 1% значення, що визначається.

(5) Вимірювання поперечних перерізів зразка повинні охоплювати наступні геометричні властивості:

– габаритні розміри (ширина, глибина і довжина) з точністю +/- 1,0 мм;

– ширина плоскої частини профілю з точністю +/- 1,0 мм;

– радіуси вигинів з точністю +/- 1,0 мм;

– кут нахилу плоских стінок (кут між двома поверхнями) з точністю +/- 2°;

– товщина матеріалу з точністю +/- 1,0 мм.

(6) Необхідно забезпечити незмінність напрямку навантаження протягом випробування.

В.2 Випробування балки з одним прольотом

(1) Для отримання опору моменту (коли зсувне зусилля незначне) та ефективної

ANNEX B [informative]

TESTING OF THIN WALLED STEEL SHEET PILES

B.1 General

(1) Loading may be applied through air bags, or by cross beams arranged to simulate distributed loading. To prevent distortion of the profile at the points of load application or support, transverse ties and/or stiffeners (such as timber blocks or steel plates) may be applied.

(2) For tests on Z-piles at least one double sheet pile should be used.

(3) For Ω-piles at least one sheet pile should be used.

(4) The accuracy of measurement should be consistent with the magnitude of the measurements and should be within +/- 1% of the value to be determined.

(5) The cross-sectional measurements of the test specimen should cover the following geometrical properties:

– overall dimensions (width, depth and length) to an accuracy of +/- 1,0 mm;

– width of flat profile parts to an accuracy of +/- 1,0 mm;

– radii of bends to an accuracy of +/- 1,0 mm;

– inclination of flat walls (angle between two surfaces) to an accuracy of +/- 2°;

– the thickness of the material to an accuracy of +/- 0,1 mm.

(6) It should be ensured that the load direction remains constant during the test.

B.2 Single span beam test

(1) The test setup shown in Figure B.1 should be used to obtain the moment

жорсткості вигину слід застосовувати схеми випробування, показані на рисунку В.1.

(2) В цьому випробуванні необхідно використовувати, як мінімум, дві точки прикладання навантажень, як зображено на рисунку В.1.

(3) Проліт слід вибирати так, щоб результати випробування відображали опір моменту ряду шпунтових паль. Відхилення необхідно виміряти в середині прольоту на обох сторонах смуги (виключаючи деформації опорних кріплень).

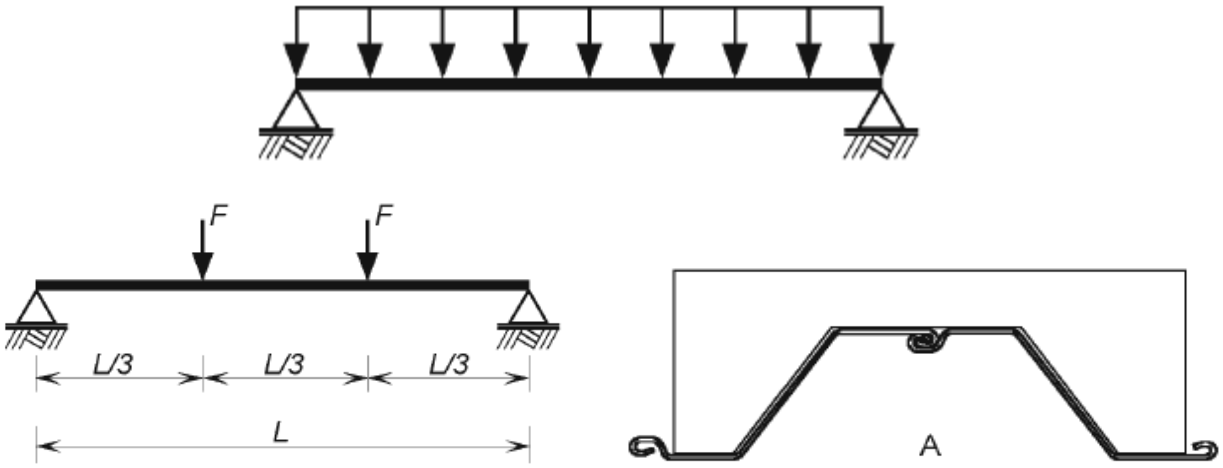
(4) Максимальне навантаження, яке застосовується до зразка, яке збігається за часом з пошкодженням, або прикладається перед пошкодженням необхідно записати як величину, що відображає граничний опір вигинальному моменту. Жорсткість вигину слід отримувати на основі кривої відхилень при навантаженні.

resistance (when the shear force is negligible) and the effective bending stiffness.

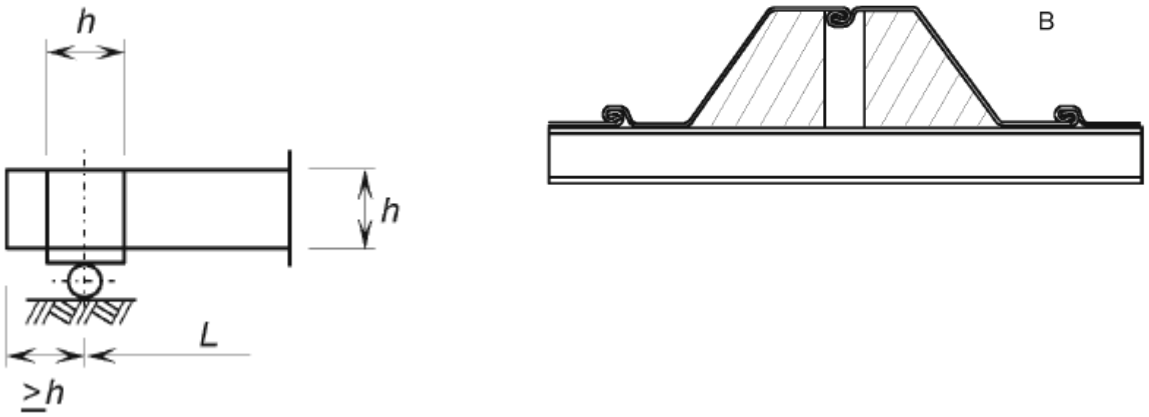
(2) In this test at least two load points as shown in Figure B.1 should be used.

(3) The span should be chosen in such a way that the test results represent the moment resistance of the sheet piling. The deflections should be measured in the middle of the span on both sides of the sheet (excluding the deformations of the supports).

(4) The maximum load applied to the specimen coincident with or prior to failure should be recorded as representing the ultimate bending moment resistance. The bending stiffness should be obtained from the load deflection curve.



a) Прикладання навантаження
a) Loading



b – забопігання деформації профіля

b) Preventing distortion of the section

A – в точці прикладання навантаження; **A at the loading point**

B – в опорному кріпленні **B at the support**

ПРИМІТКА. Може знадобитися також зміна напрямку навантаження на протилежний напрямок для несиметричних перерізів.
NOTE: The direction of loading may also need to be reversed for unsymmetrical sections.

Рисунок B.1 – Схеми випробувань для визначення опору моменту
Figure B.1 – Test set-up for moment resistance determination

B.3 Випробування проміжного опорного кріплення

(1) Схема випробування, зображена на рисунку B.2, може застосовуватися для визначення опору сукупності згинального моменту і зсувного зусилля в проміжному опорному кріпленні ряду з шпунтових паль, а також взаємодії між моментом і опорною реакцією для даної ширини

B.3 Intermediate support test

(1) The test setup shown in Figure B.2 may be used to obtain the resistance to combined bending moment and shear force at the intermediate support of sheet piling, as well as the interaction between moment and support reaction for a given support (waling) width.

опорного кріплення (обв’язки).

(2) Для того, щоб отримати детальний запис даних про спадаючу (нестійку) частину на кривій відхилень при навантаженнях, випробування повинно тривати протягом належного часу після досягнення максимального навантаження.

(3) Проліт для випробування L слід вибирати так, щоб він представляв частину палі між точками з кожного боку зворотного вигину опорного кріплення.

(4) Ширина навантажувального важеля b_B повинна представляти ширину обв’язки, що використовується на практиці.

(5) Деформації зразка необхідно вимірювати з обох сторін зразка (включаючи деформації опорних кріплень).

(6) Максимальне навантаження, що застосовується до зразка, яке збігається за часом з пошкодженням, або прикладається перед пошкодженням слід записувати як граничне критичне навантаження. Воно відображає момент вигину опорного кріплення і опорну реакцію для даної ширини опорного кріплення. Щоб отримати інформацію про взаємодію між моментом і опорною реакцією, випробування слід проводити для різних відстаней.

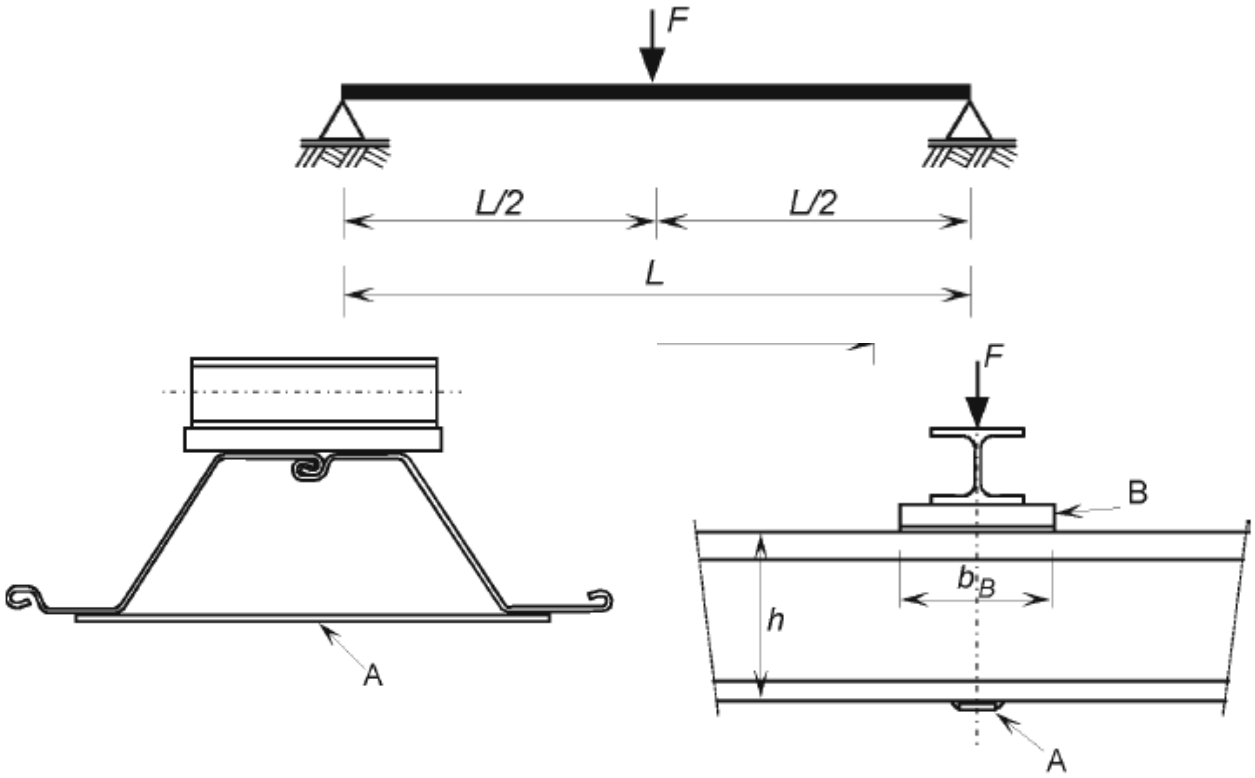
(2) In order to obtain a comprehensive record of the declining (unstable) part of the load deflection curve, the test should be continued for a suitable period after reaching the maximum load.

(3) The test span L should be selected so that it represents the portion of the pile between the points of contraflexure each side of the support.

(4) The width of the loading bar b_B should represent the waling width used in practice.

(5) The deformations of the specimen should be measured on both sides of the specimen (excluding the deformations of the supports).

(6) The maximum load applied to the specimen coincident with or prior to failure should be recorded as the ultimate crippling load. This represents the support bending moment and the support reaction for a given support width. To obtain information about the interaction between the moment and the support reaction, tests should be carried out with various spans.



A – стяжка; B – плита

A Tie B Plate

Рисунок B.2 – Прикладання навантаження для визначення опору вигину і опору зрушенню в проміжному опорному кріпленні (обв'язці)

Figure B.2 – Load introduction for the determination of bending resistance and shear resistance at intermediate support (waling)

B.4 Випробування балки з двома прольотами

(1) В якості альтернативи до B.3 можна проводити випробування з двома прольотами, щоб визначити граничний опір ряду з шпунтових паль холодного штампування. Переважно навантаження повинне прикладатися з рівномірним розподілом (наприклад, повітряний мішок).

(2) Таке прикладання навантаження можна замінити кількома зосередженими навантаженнями, які належним чином відображають поведінку при рівномірно розподілених навантаженнях (див. рисунок B.3).

B.4 Double span beam test

(1) As an alternative to B.3 double span beam tests may be carried out to determine the ultimate resistance of cold formed sheet piling. The loading should preferably be applied uniformly distributed (e.g. air bag).

(2) This loading may be replaced by any number of point loads that adequately reflect the behaviour under uniformly distributed loading (see Figure B.3).

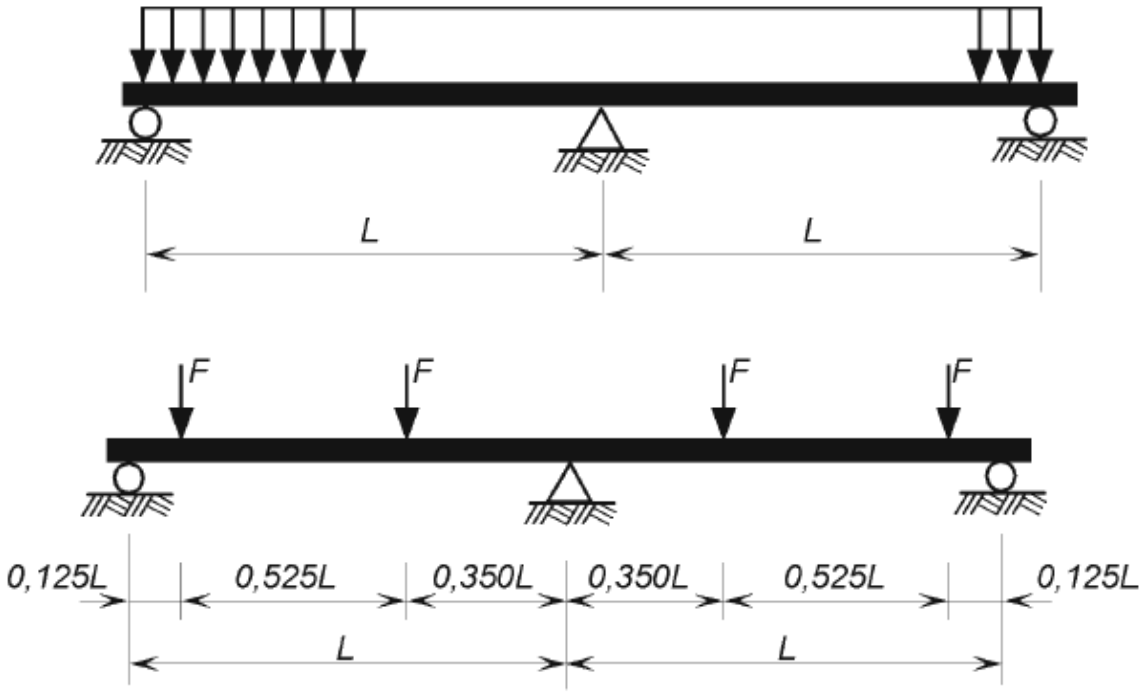


Рисунок B.3 – Схема для випробувань з подвійним прольотом
Figure B.3 – Test set-up for double span tests

B.5 Оцінка результатів випробувань

B.5.1 *Загальні положення*

(1) Випробовуваний зразок повинен вважатися зруйнованим, якщо прикладені випробувальні навантаження досягають своїх максимальних значень, або якщо відбуваються серйозні деформації, які перевищують допустимі межі, див A.6.1, EN 1993-1-3.

B.5.2 *Коригування результатів випробувань*

(1) За інформацією про коригування результатів слід звертатися до A.6.2, EN 1993-1-3.

B.5.3 *Характеристичні значення*

(1) Характеристичне значення R_k може бути визначено на основі результатів випробувань згідно з вказівками A.6.3, EN 1993-1-3.

B.5.4 *Розрахункові значення*

(1) Розрахункове значення опору R_d слід обчислювати на основі відповідного характеристичного значення R_k, визначеного під час випробування, за

B.5 Evaluation of test results

B.5.1 *General*

(1) A specimen under test should be regarded as having failed if the applied test loads reach their maximum values, or if gross deformations exceeding agreed limits occur, see A.6.1 of EN 1993-1-3.

B.5.2 *Adjustment of test results*

(1) For the adjustment of test results reference should be made to A.6.2 of EN 1993-1-3.

B.5.3 *Characteristic values*

(1) The characteristic value R_k may be determined from test results according to A.6.3 of EN 1993-1-3.

B.5.4 *Design values*

(1) The design value of a resistance R_d should be derived from the corresponding characteristic value R_k determined by testing,

допомогою формули:

$$R_d = R_k / \gamma_M / \eta_{sys}$$

де:

γ_M – частковий коефіцієнт для опору згідно 5.1.1 (4);

η_{sys} – коефіцієнт для відмінностей в поведінці в умовах випробування і в умовах експлуатації.

Примітка 1. Значення, що приписується символу η_{sys}, може бути визначено в національному додатку. Для правильно проведених стандартних методів випробувань, зазначених у B.2, B.3 і B.4, рекомендується η_{sys} = 1,0

Примітка 2: Значення γ_M можна визначити за допомогою статистичних методів для ряду останніх чотирьох випробувань. Звертатися слід до додатка D, EN 1990.

using:

(B.1)

where:

γ_M is the partial factor for resistance according to 5.1.1 (4);

η_{sys} is a factor for differences in behaviour under test and service conditions.

NOTE 1: The value to be ascribed to the symbol η_{sys} may be given in the National Annex. For the well defined standard testing procedures given in B.2, B.3 and B.4, η_{sys} = 1,0 is recommended.

NOTE 2: The value of γ_M can be determined using statistical methods for a family of at least four tests. Reference should be made to Annex D of EN 1990.

ДОДАТОК С (довідковий)

КЕРІВНІ ВКАЗІВКИ ПО ПРОЕКТУВАННЮ РЯДІВ СТАЛЕВИХ ШПУНТОВИХ ПАЛЬ

С.1 Проектування поперечного перерізу шпунтової палі в граничному стані

С.1.1 *Загальні положення*

(1) Розрахункові значення для результатів впливів не повинні перевищувати розрахунковий опір поперечного перерізу.

(2) Розрахунковий опір слід визначати з урахуванням ретельно обраної конструктивної моделі проекту відповідно до 2.5.

(3) Якщо потрібно, необхідно враховувати зниження властивостей поперечного перерізу в результаті втрати товщини, до якого призводить вплив корозії, відповідно до розділу 4.

(4) Для U-подібних паль слід враховувати можливу відсутність передачі зсувного зусилля в замкові з'єднання, відповідно до 5.2.2 (2).

(5) Якщо ряд шпунтових паль піддається поперечному згинанню в результаті диференціального тиску води, то необхідно приймати до уваги вплив тиску води за допомогою 5.2.4.

(6) Опір поперечного перерізу до передачі зусилля анкера в полку шпунтової палі через підкладку або зусилля анкера або розпорки в переборці сталевої палі через обв’язку слід визначати відповідно до 7.4.3.

(7) Якщо властивості поперечного перерізу, вибрані для визначення внутрішніх зусиль і моментів, не задовольняють критеріям, зазначеним у пунктах (1) - (4), слід вибрати новий профіль (або інший сорт сталі) і повторити процедуру розрахунків.

(8) Пластичний опір можна використовувати для поперечних перерізів

ANNEX C [informative]

GUIDANCE FOR THE DESIGN OF STEEL SHEET PILING

C.1 Design of sheet pile cross section at ultimate limit state

C.1.1 *General*

(1) The design values of the effects of actions should not exceed the design resistance of the cross-section.

(2) The design resistance should be determined taking into account a carefully chosen structural design model in accordance with 2.5.

(3) If required the reduction of cross section properties due to a loss of thickness induced by corrosion should be taken into account in accordance with 4.

(4) For U-piles possible lack of shear force transmission in the interlocks should be taken into account according to 5.2.2 (2).

(5) If the sheet piling is subject to transverse bending due to differential water pressure, the effects of the water pressure should be taken into account using 5.2.4.

(6) The resistance of the cross-section to the introduction of an anchor force into the flange of the sheet pile via a washer plate, or of an anchor or strut force into the webs of the sheet pile via a waling, should be determined according to 7.4.3.

(7) If the cross-sectional properties chosen for the determination of internal forces and moments do not satisfy the criteria given in (1) to (4), a new profile (or another steel grade) should be chosen and the calculation procedure repeated.

(8) Plastic resistance may be used for class 1 and class 2 cross-sections.

класу 1 і класу 2.

(9) Якщо для профілів класу 1 або 2 в розрахунок не приймається перерозподіл моментів і, отже, пластичний поворот, визначення результатів впливів для перевірки поперечного перерізу можна виконувати з застосуванням пружної балочної моделі.

(10) Якщо при проектуванні не враховується перерозподіл моментів і, отже, пластичний поворот, необхідно дотримуватися таких умов проектування:

– в комбінації з перевіркою повороту повинні використовуватися тільки поперечні перерізи класу 1 або класу 2, згідно з вказівками, наведеними далі;

– перевірку поперечних перерізів слід виконувати з використанням балочної моделі, яка передбачає пластичний поворот (наприклад, модель пластичної зони або пластичної шарнірно опертої балки).

C.1.2 *Перевірка поперечних перерізів класу 1 і класу 2*

(1) Класифікацію поперечних перерізів можна виконувати за допомогою співвідношень b/t_f відповідно до однієї з таких процедур:

– класифікація за таблицею 5.1: співвідношення b/t_f, визначені для повного опору вигинальному моменту в пластичному шарнірі;

– класифікація за таблицею C.1, при якій співвідношення b/t_f визначаються для 85 % - 100 % повного опору вигинальному моменту в пластичному шарнірі, поетапно по 5 %.

(2) Якщо для визначення поперечних перерізів класу 1 або класу 2 застосовується класифікація зі зниженим рівнем повного опору вигинальному моменту пластичного шарніра з коефіцієнтом зменшення ρ_C = 0,85-0,95, то розрахунковий опір поперечного перерізу

має визначатися з використанням зменшеною межою текучості $f_{y,red} = \rho_C f_y$..

(9) If no moment redistribution, and therefore no plastic rotation, is taken into account for class 1 or 2 profiles, determination of the effects of actions for the verification of the cross-section may be carried out using an elastic beam model.

(10) If moment redistribution, and therefore plastic rotation, is taken into account in a design, the following design considerations should be fulfilled:

– only class 1 or class 2 cross-sections should be used in combination with a rotation check as given below;

– the verification of the cross-sections should be carried out using a beam model that allows for plastic rotation (e.g. plastic zone or plastic hinge beam model).

C.1.2 *Verification of class 1 and class 2 cross-sections*

(1) The classification of a cross-section may be carried out by using b/t_f ratios according to one of the following procedures:

– classification according to Table 5.1: b/t_f ratios determined for the full plastic moment resistance;

– classification according to Table C.1 in which the b/t_f ratios are given for 85 % to 100 % of the full plastic moment resistance, in steps of 5 %.

(2) If classification with a reduced level of the full plastic moment resistance with a reduction factor ρ_C = 0,85 to 0,95 is used to determine a class 1 or class 2 cross-section, then the design resistance of the cross-section should be determined with a reduced yield strength $f_{y,red} = \rho_C f_y$.

Таблиця C.1 – Класифікація поперечних перерізів при згині на зниженому рівні $M_{pl,Rd}$
Table C.1 – Classification of cross-sections in bending on a reduced $M_{pl,Rd}$ level

Тип паль Type of pile	$M_{pl.Rd}$	100 %	95 %	90 %	85 %
	Коефіцієнт зниження ρ_C Reduction factor ρ_C	1,0	0,95	0,90	0,85
U-подібні палі U-piles	Клас 1 або 2 Class 1 or 2	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 37$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 40$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 46$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 49$
Z-подібні палі Z-piles	Клас 1 або 2 Class 1 or 2	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 45$	$50\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 50$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 60$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \le 66$

(3) Проектування при урахуванні пластичності з перерозподілом моменту можна виконувати з використанням поперечних перерізів класу 1 або класу 2, якщо можна підтвердити, що:

$$\phi_{Cd} \ge \phi_{Ed} \qquad \text{(C.1)}$$

де:

ϕ_{Cd} – розрахунковий кут повороту пластичної моделі, створюваний поперечним перерізом, див. рисунок C.1 і рисунок C.2;

ϕ_{Ed} – максимальний розрахунковий кут повороту, необхідний для реального проектного випадку.

(4) Кути повороту пластичної моделі ϕ_{Cd} показані на рисунку C.1 для різних рівнів $M_{pl,Rd}$ в залежності від співвідношень b/t_f /ε / поперечного перерізу. Ці діаграми засновані на результатах випробувань на вигин сталевих шпунтових паль (див. рисунок C.2).

(3) A plastic design with moment redistribution using class 1 or class 2 cross-sections may be carried out, provided that it can be shown that:

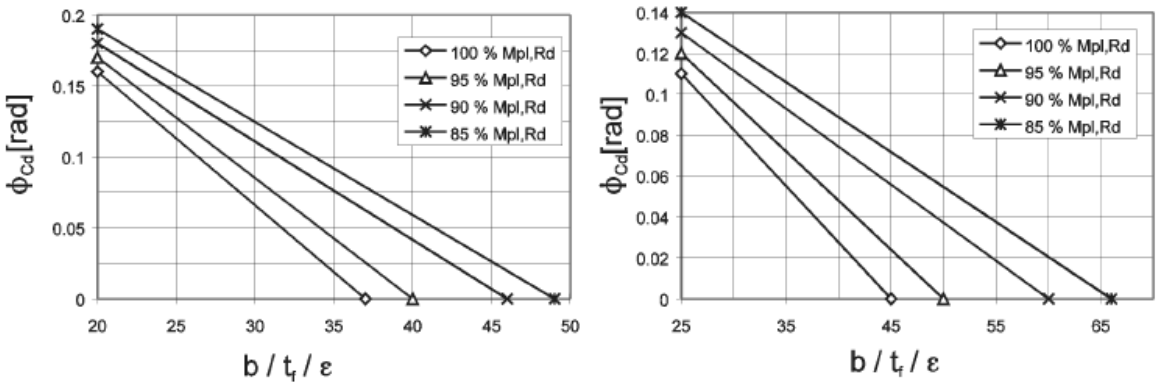
$$\phi_{Cd} \ge \phi_{Ed} \qquad \text{(C.1)}$$

where:

ϕ_{Cd} is the design plastic rotation angle provided by the cross-section, see Figure C.1 and Figure C.2;

ϕ_{Ed} is the maximum design rotation angle demand for the actual design case.

(4) Plastic rotation angles ϕ_{Cd} are given in Figure C.1 for different $M_{pl,Rd}$ levels, dependent on b/t_f /ε ratios of the cross-section. These diagrams are based on results from bending tests with steel sheet piles, see Figure C.2.



a) U-подібні палі **b) Z-подібні палі**

a) U-piles **b) Z-piles**

Рисунок C.1 – Кут повороту пластичної моделі ϕ_{Cd}, створюваний поперечним перерізом на різних рівнях $M_{pl,Rd}$

Figure C.1 – Plastic rotation angle ϕ_{Cd} provided by the cross-section at different levels of $M_{pl,Rd}$

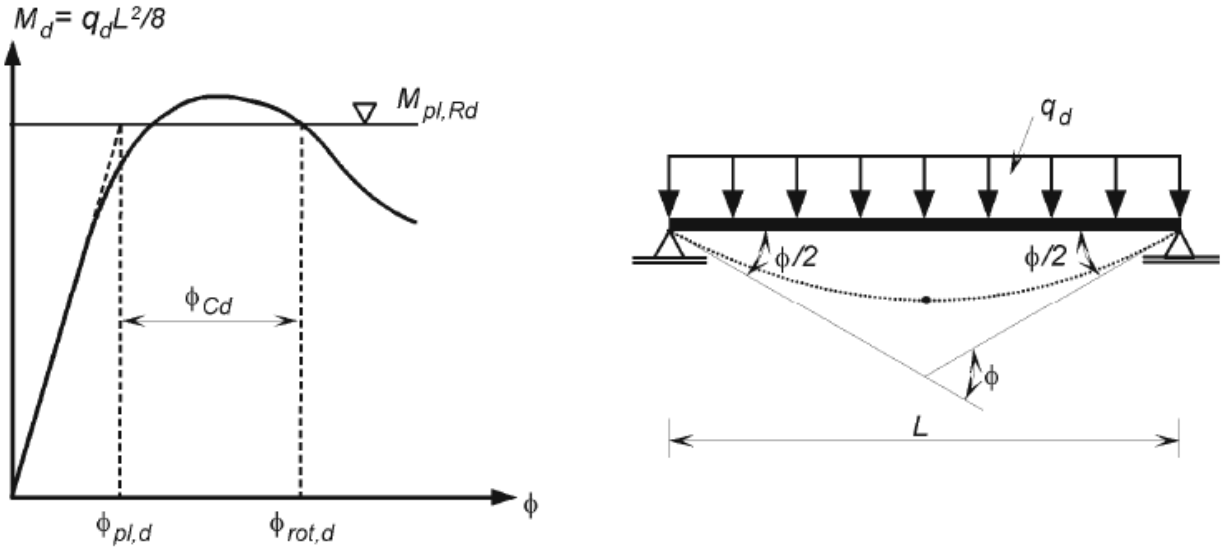


Рисунок C.2 – Визначення кута повороту пластичної моделі ϕ_{Cd}

Figure C.2 – Definition of the plastic rotation angle ϕ_{Cd}

(5) Розрахунковий кут повороту ϕ_{Ed} для реального проектного випадку можна визначити за допомогою однієї з таких процедур:

a) для моделей з пластичними шарнірами:

ϕ_{Ed} – максимальний кут повороту в будь-якому із пластичних шарнірів;

b) альтернативний спосіб для моделей з пластичними шарнірами і для моделей пластичних зон:

(5) The design rotation angle ϕ_{Ed} for the actual design case may be determined using one of the following procedures:

a) for plastic hinge models:

ϕ_{Ed} is the maximum rotation angle in any plastic hinge;

b) alternatively for plastic hinge models and for plastic zone models:

$$\phi_{Ed} = \phi_{rot,Ed} - \phi_{pl,Ed} \quad \text{(C.2)}$$

де:

$\phi_{rot,Ed}$ – розрахунковий кут в граничному стані, вимірюваний в точках нульових моментів (див. рисунок С.3);

$\phi_{pl,Ed}$ – розрахунковий кут повороту пружної моделі, що визначається для опору моменту пластичної моделі M_{pl}.

Примітка. В спрощеному варіанті значення $\phi_{pl,Ed}$ можна визначати наступним чином:

$$\phi_{pl,Ed} = \frac{2}{3}\frac{M_{pl,Rd}L}{\beta_D El} \quad \text{(C.3)}$$

де:

L – відстань між точками нульових моментів в граничному стані (див. рисунок С.3);

EI – жорсткість при пружному вигині шпунтової палі;

β_D – коефіцієнт, визначений в 6.4 (3).

c) для моделей з пластичним шарніром або з пластичною зоною, з використанням поворотів, які визначаються на основі розрахованих зсувів стінки, як показано на рисунку С.4:

$$\phi_{Ed} = \phi_{rot,Ed} - \phi_{pl,Ed} \quad \text{(C.4)}$$

при:

$$\phi_{rot,Ed} = \frac{w_2 - w_1}{L_1} + \frac{w_2 - w_3}{L_2} \quad \text{(C.5)}$$

$$\phi_{pl,Ed} = \frac{5}{12}\frac{M_{pl,Rd}L}{\beta_D El} \quad \text{(C.6)}$$

Примітка. Якщо програма розрахунків, що використовується для проектування, дозволяє зняття навантаження зі шпунтової палі після процедури розрахунків для того, щоб отримати пластичну деформацію, то таким чином можна визначити значення ϕ_{Ed}, і тоді визначення залишкової пластичної деформації не викликає труднощів.

С.2 Граничний стан експлуатаційної надійності

(1) В разі використання U-подібних

where:

$\phi_{rot,Ed}$ is the design angle at ultimate limit state, measured at the points of zero moment (see Figure C.3);

$\phi_{pl,Ed}$ is the design elastic rotation angle, determined for the plastic moment resistance M_{pl}.

NOTE: As a simplified procedure $\phi_{pl,Ed}$ may be determined as follows:

where:

L is the distance between the points of zero moment at ultimate limit state, see Figure C.3;

EI is the elastic bending stiffness of the sheet pile;

β_D is a factor defined in 6.4(3).

c) for plastic hinge or plastic zone models, using rotations determined from calculated displacements of the wall as shown in Figure C.4:

with:

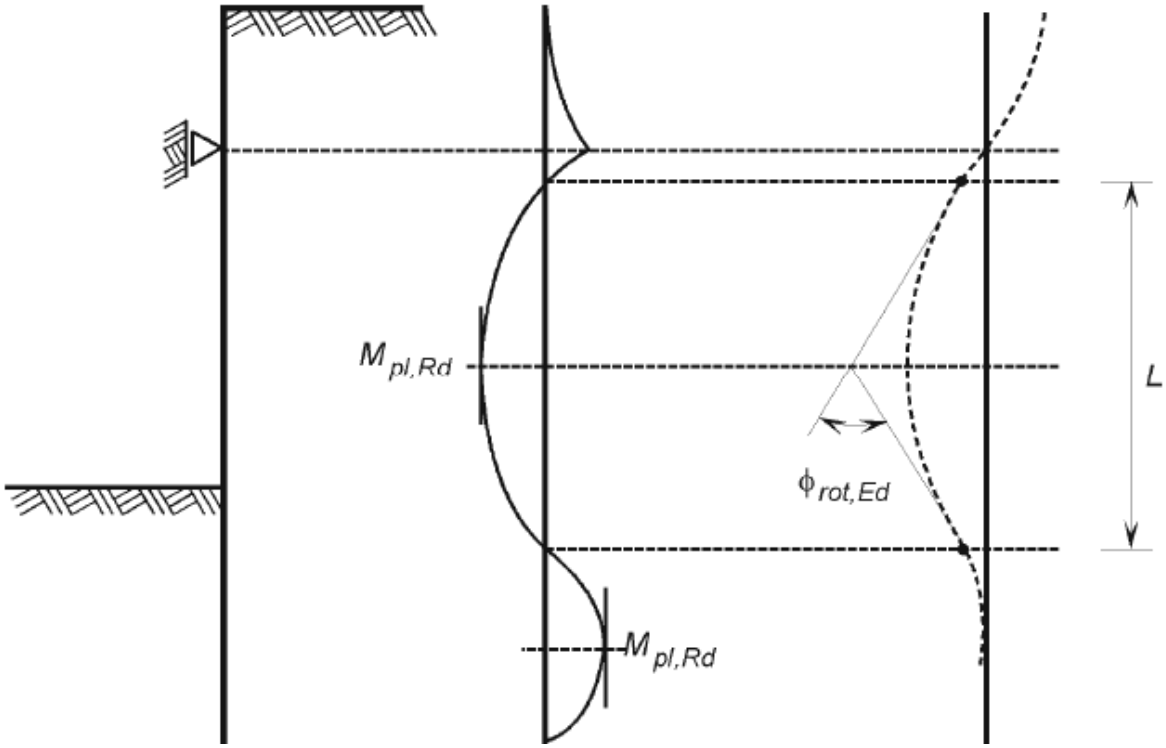
NOTE: If the calculation program used for the design allows unloading of the sheet pile after the calculation process in order to obtain the plastic deformation, ϕ_{Ed} can be determined in this way and determination of the remaining plastic deformation is then straight forward.

C.2 Serviceability limit state

(1) In the case of U-piles, possible lack of

паль необхідно враховувати можливу відсутність передачі зсувного зусилля в замкові з'єднання відповідно до 6.4.

shear force transmission in the interlocks should be taken into account according to 6.4.

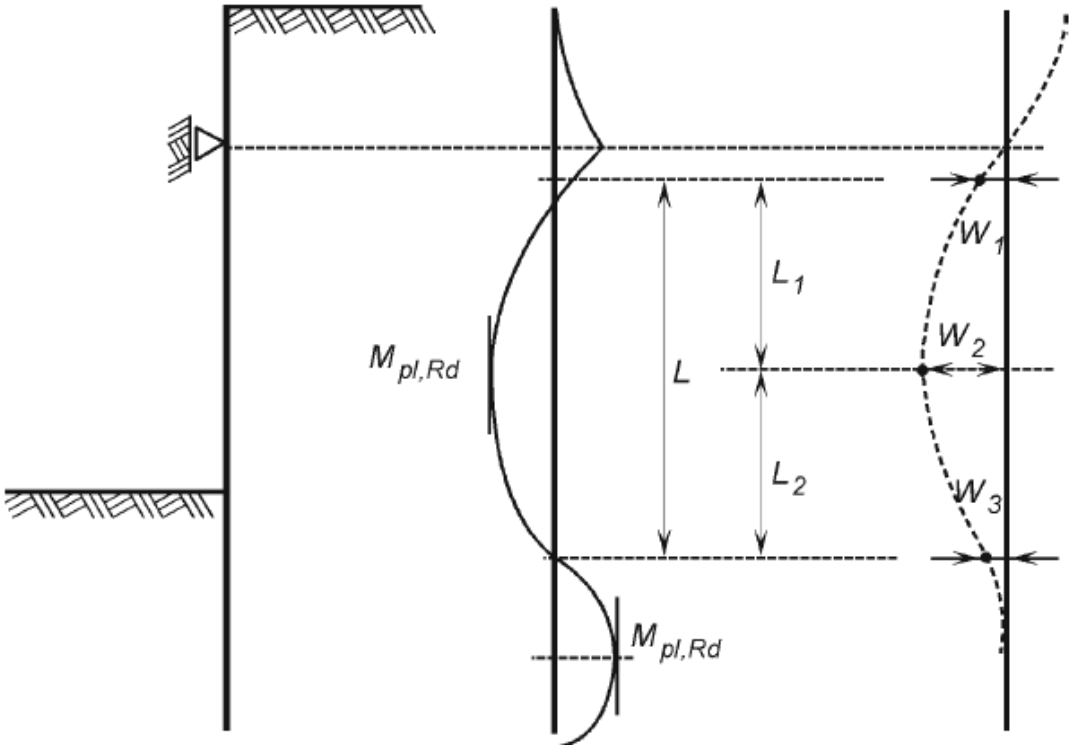


a) Система **b) Розподіл моментів** **c) Відхилення**

a) System **b) Moment distribution** **c) Deflection (scaled up)**

Рисунок С.3 – Приклад визначення загального кута повороту $\phi_{rot,Ed}$

Figure С.3 – Example of the determination of the total rotation angle $\phi_{rot,Ed}$



a) Система **b) Розподіл моментів** **c) Відхилення**

a) System **b) Moment distribution** **c) Deflection (scaled up)**

Рисунок С.4 – Примітка для визначення загального кута повороту $\phi_{rot,Ed}$ на основі зсувів

Figure C.4 – Notation for the determination of the total rotation angle $\phi_{rot,Ed}$ from displacements

ДОДАТОК D (довідковий)

ПЕРВИННІ ЕЛЕМЕНТИ КОМБІНОВАНИХ СТІНОК

D.1 Двотаврові профілі, використовувані як первинні елементів

D.1.1 *Загальні положення*

(1) Двотаврові профілі, використовувані як первинні елементи в комбінованих стінках (див. рисунок 1.5), які відносяться до перерізів класу 1, класу 2 або класу 3, по таблиці 5.2, EN 1993-1-1, можна перевіряти відповідно до процедури, наведеної в D.1.2.

Примітка. Поперечні перерізи класу 4 слід перевіряти відповідно до EN 1993-1-3 і EN 1993-1-7.

(2) Якщо не дотримуватися критерію (5.1), встановленого в EN 1993-1-1, загальні внутрішні зусилля і моменти слід визначати з використанням балочної моделі з теорії граничних станів. За інформацією про визначення довжини втрати стійкості слід звертатися до 5.2.3.

(3) Якщо необхідно, то слід враховувати локальні напруження при згині плити в результаті розрахункових зусиль, переданих вторинними елементами через з'єднання, відповідно до 5.5.4 (див. рисунок D.1).

D.1.2 *Метод перевірки*

(1) Якщо вдосконалені методи не застосовуються, то наступна спрощена процедура передбачає перевірку двотаврових профілів, з урахуванням взаємодії між загальним вигином, нормальними зусиллями і локальним вигином плити в полках в результаті розрахункових зусиль від вторинних елементів.

Примітка. За допомогою вдосконалених методів розрахунку, які враховують і матеріал, і геометричні нелінійні характеристики, можна розробляти більш економічний проект. Такий підхід рекомендується також для розгляду високих тисків води, що перевищують 10 м напору.

(2) При тиску води (або еквівалентному тиску ґрунту в дуже м'яких ґрунтах) до h = 10 м взаємодію між загальними впливами

ANNEX D [informative]

PRIMARY ELEMENTS OF COMBINED WALLS

D.1 I-sections used as primary elements

D.1.1 *General*

(1) I-sections used as primary elements in combined walls, see Figure 1.5, which appear to be class 1, class 2 or class 3 sections according to Table 5.2 of EN1993-1-1, may be verified according to the procedure given in D.1.2.

NOTE: Class 4 cross-sections should be verified according to EN1993-1-3 and EN1993-1-7.

(2) If criterion (5.1) in EN1993-1-1 is not fulfilled, the global internal forces and moments should be determined using a beam model with second order theory. Reference should be made to 5.2.3 for the determination of the buckling length.

(3) If required, the local plate bending stresses due to the design forces introduced by the secondary elements via connections should be taken into account in accordance with 5.5.4, see Figure D.1.

D.1.2 *Verification method*

(1) If no more advanced method is used, the following simplified procedure allows for the verification of I-sections taking into account the interaction between overall bending, normal forces and local plate bending in the flanges due to design forces from the secondary elements.

NOTE: Using a more advanced calculation method that takes into account both material and geometrical nonlinearities may lead to a more economical design. This approach is also recommended to deal with higher water pressures exceeding 10m head.

(2) Up to a water pressure (or equivalent earth pressure in very soft soils) of h = 10m head the interaction between overall action

або локальним вигином плити можна враховувати наступним чином:

– перевірка поперечного перерізу первинних елементів повинна виконуватися згідно 6.2.9.2 і 6.2.10, EN 1993-1-1 з урахуванням зниженої межі текучості:

effects and local plate bending may be taken into account as follows:

– the cross-sectional verification of the primary elements should be carried out according to 6.2.9.2 and 6.2.10 of EN 1993-1-1, taking into account a reduced yield strength:

– при (for) h = 10м (m): $f_{y,red} = 0.9\, f_y$

– при (for) $h \le$ 4м (m): $f_{y,red} = 1.0\, f_y$

– при (for) 4 м (m) < h < 10 м (m): лінійна інтерполяція (linear interpolation)

– локальний вигин плити в полках перевіряється відповідно до пункту (3).

– local plate bending of the flanges is verified according to (3).

(3) Локальний вигин плити в полках слід перевіряти для поперечного перерізу вздовж полки, розташованої на початку кутового з'єднання, з урахуванням розрахункових зусиль, переданих через з'єднувачі (див. рисунок D.1) за допомогою формули:

(3) Local plate bending in the flanges should be verified for a cross-section through the flange located at the beginning of the fillet taking into account the design forces introduced via the connectors, see Figure D.1, using:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^2 \le 1 \qquad \text{(D.1)}$$

де M_{Ed} та N_{Ed} – розрахункові впливи для вигину плити, що визначаються на основі:

where M_{Ed} and N_{Ed} are the design action effects for plate bending, given by

$$M_{Ed} = m_{Ed} + w_{z,Ed}\, d \text{ та (and) } N_{Ed} = w_{y,Ed} \qquad \text{(D.2)}$$

M_{Rd} та N_{Rd} – розрахункові значення опорів для вигину плити, що визначаються на основі:

M_{Rd} and N_{Rd} are the design values of the resistances for plate bending, given by:

$$M_{Rd} = 0,2875 t^2 f_y / \gamma_{M0} \text{ та (and) } N_{Rd} = t f_y / \gamma_{M0}$$

тут t – товщина полиці на початку кутового з'єднання.

where t is the flange thickness at the beginning of the fillet.

Примітка 1. M_{Ed}, N_{Ed}, M_{Rd} та N_{Rd} повинні прийматися на одиничній довжині.

NOTE 1: M_{Ed}, N_{Ed}, M_{Rd} and N_{Rd} are to be taken per unit length.

Примітка 2: Взаємодію зсувних зусиль можна не враховувати.

NOTE 2: The shear force interaction may be neglected.

(4) За інформацією про перевірку втрати стійкості при зсуві переборки слід звертатися до EN 1993-1-5.

(4) Reference should be made to EN 1993-1-5 for the shear buckling verification of the webs.

(5) За інформацією про перевірку загальної втрати стійкості слід звертатися до розділу 6.3.3, EN 1993-1-1.

(5) Reference should be made to section 6.3.3 of EN 1993-1-1 for the overall buckling verification.

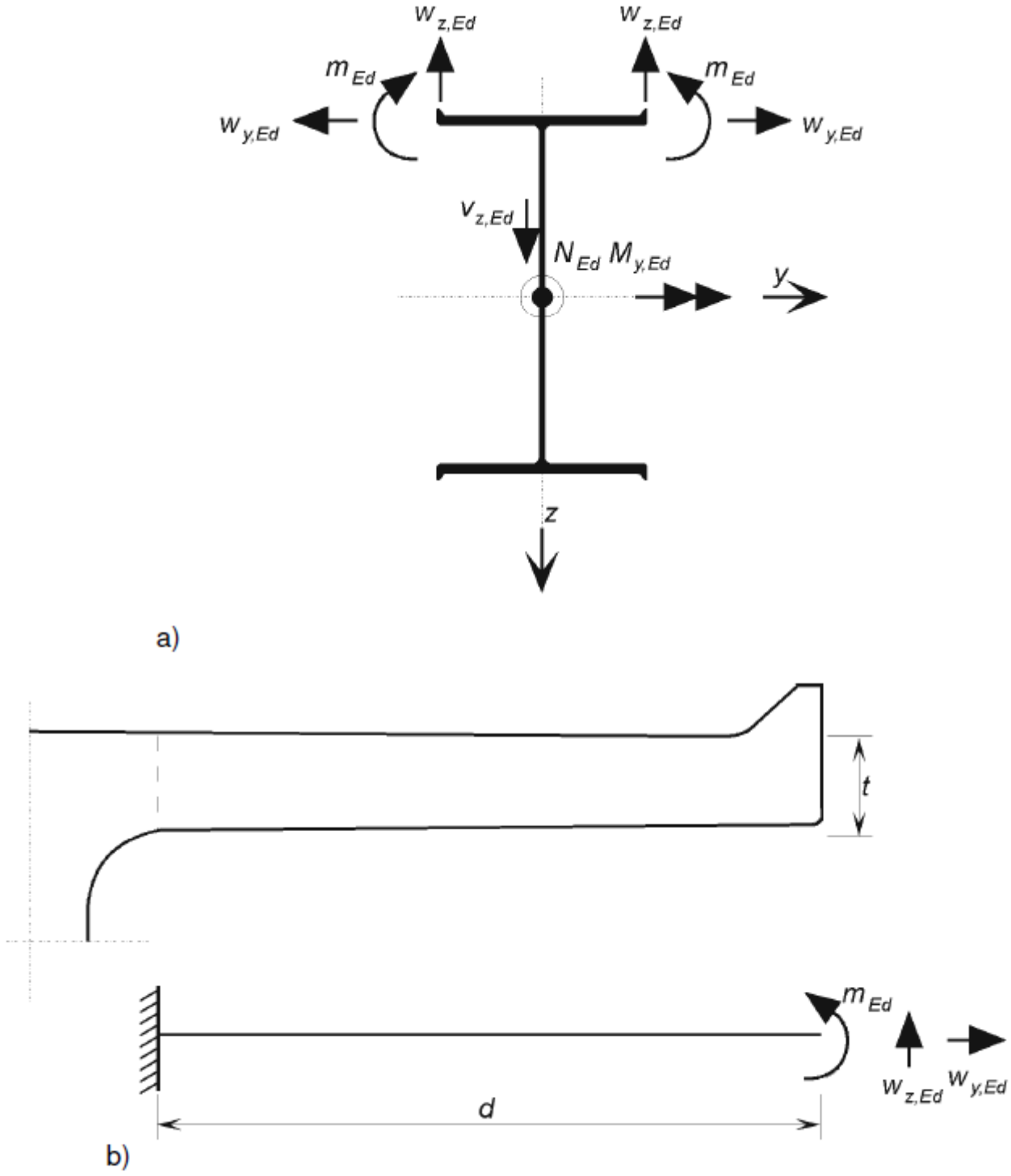


Рисунок D.1 – Двотавровий профіль із загальним вигином і вигином плити
Figure D.1 – I-section with overall and plate bending

D.2 Трубчасті палі, використовувані як первинні елементи

D.2.1 *Загальні положення*

(1) Трубчасті палі, що використовуються як первинні елементи в комбінованих стінках, які відносяться до

D.2 Tubular piles used as primary elements

D.2.1 *General*

(1) Tubular piles used as primary elements in combined walls, which appear to be class 4 sections according to Table 5.2 of EN 1993-1-

перетинів класу 4, відповідно до таблиці 5.2, EN 1993-1-1, можна перевіряти за допомогою наступної процедури.

(2) Якщо не дотримується критерій (5.1), встановлений в EN 1993-1-1, загальні внутрішні зусилля і моменти слід визначати з використанням балочної моделі з теорії за граничним станом.

Примітка : Щоб розрахувати значення F_{cr}, необхідно враховувати дію овалізації (втрати круглої форми) у другому моменті інерції площі. Визначення довжини викривлення див. у 5.2.3.

(3) У разі потреби, згідно з розділом 5.5.4 локальні напруження при згині оболонки і зміщення в результаті розрахункових зусиль, переданих вторинними елементами через з'єднувачі, можна оцінювати на основі таблиці D.1.

Примітка 1. Вертикальні опорні реакції, згідно з малюнком 5.9, можна не враховувати при визначенні локальних напружень при згині оболонці.

Примітка 2: Для спрощення можна допустити, що горизонтальні зусилля *wy,Ed* діють тільки при розтягуванні.

(4) Дію овалізації труби в результаті локального вигину оболонки в другому моменті інерції площі навколо осі стінки (див. рисунок D.2) можна оцінювати за допомогою коефіцієнта зменшення:

$$\beta_{o,I} = 1 - 1{,}5\,(e / r) \qquad \text{(D.3)}$$

Примітка : Дію овалізації в моменті опору перерізу можна не враховувати.

(5) Овалізацію e в результаті локального вигину оболонки (див. рисунок D.2 та таблицю D.1) можна оцінювати так:

$$e = 0{,}0684 w_{y,Ed} \frac{r^3}{El} \quad \text{але (but)} \quad e \le 0{,}1r \qquad \text{(D.4)}$$

де:

де EI – жорсткість для вигину оболонки труби, що визначається за формулою:

r – середньолінійний радіус труби;

$w_{y,Ed}$ – опорна реакція на одиничну довжину, яка визначається на основі 5.5.2 (3) (див. рисунок 5.9).

1, may be verified according to the following procedure.

(2) If the criterion (5.1) in EN 1993-1-1 is not fulfilled, the global internal forces and moments should be determined using a beam model with second order theory.

NOTE: To calculate F_{cr} the effect of the ovalisation on the second moment of area should be taken into account. See 5.2.3 for the determination of the buckling length.

(3) If required by section 5.5.4, the local shell bending stresses and displacements due to the design forces introduced by the secondary elements via the connectors may be estimated from Table D.1.

NOTE 1: The vertical support reactions from Figure 5.9 may be disregarded for the determination of local shell bending stresses.

NOTE 2: For simplification the horizontal forces $w_{y,Ed}$ may be assumed to act only in tension.

(4) The effect of the ovalisation of the tube due to local shell bending on the second moment of area about the wall axis, see Figure D.2, may be estimated using the reduction factor:

(5) The ovalisation e due to local shell bending, see Figure D.2 and Table D.1, may be estimated from:

where:

EI is the stiffness for shell bending of the tube, given by:

$$EI = E\,t^3/12;$$

r is the mid-line radius of the tube;

$w_{y,Ed}$ is the support reaction per unit length, determined from 5.5.2(3), see Figure 5.9.

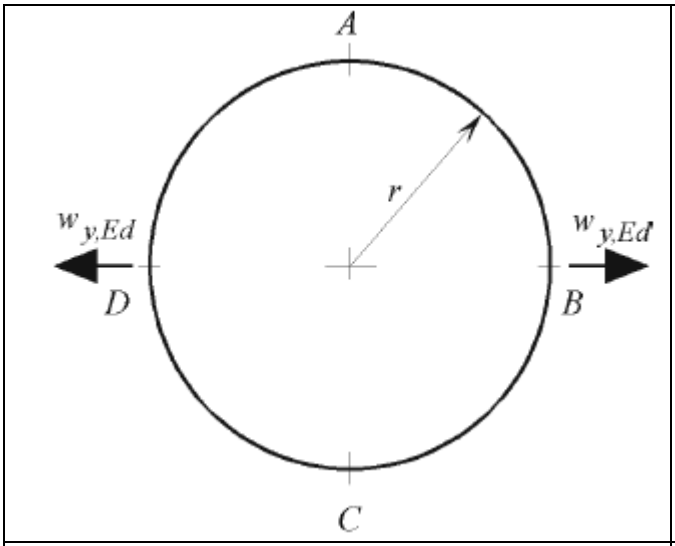
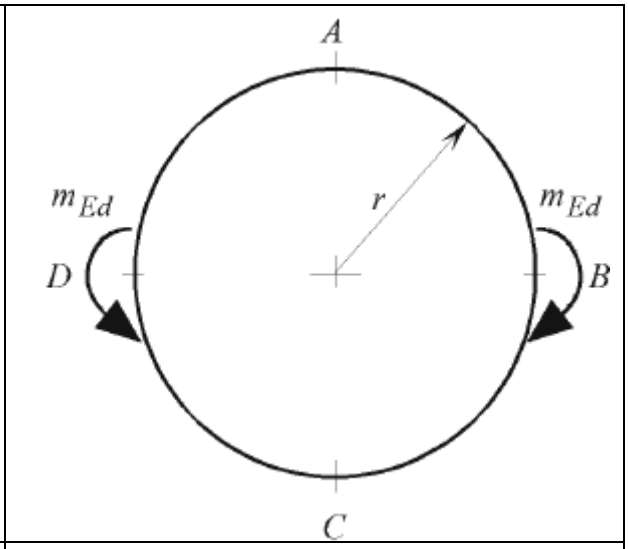
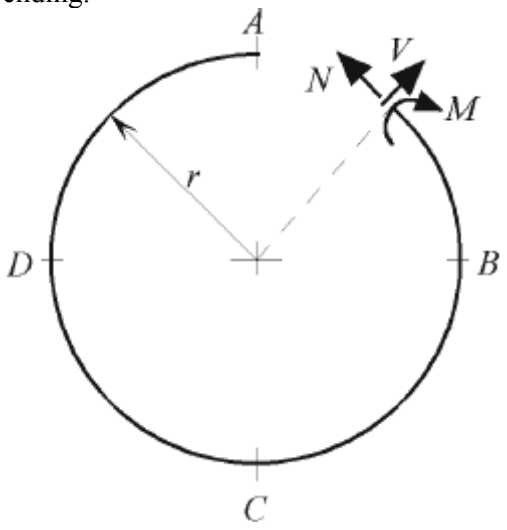
(6) Радіус викривлення a при овалізації (див. рисунок D.2) можна визначити за формулою:

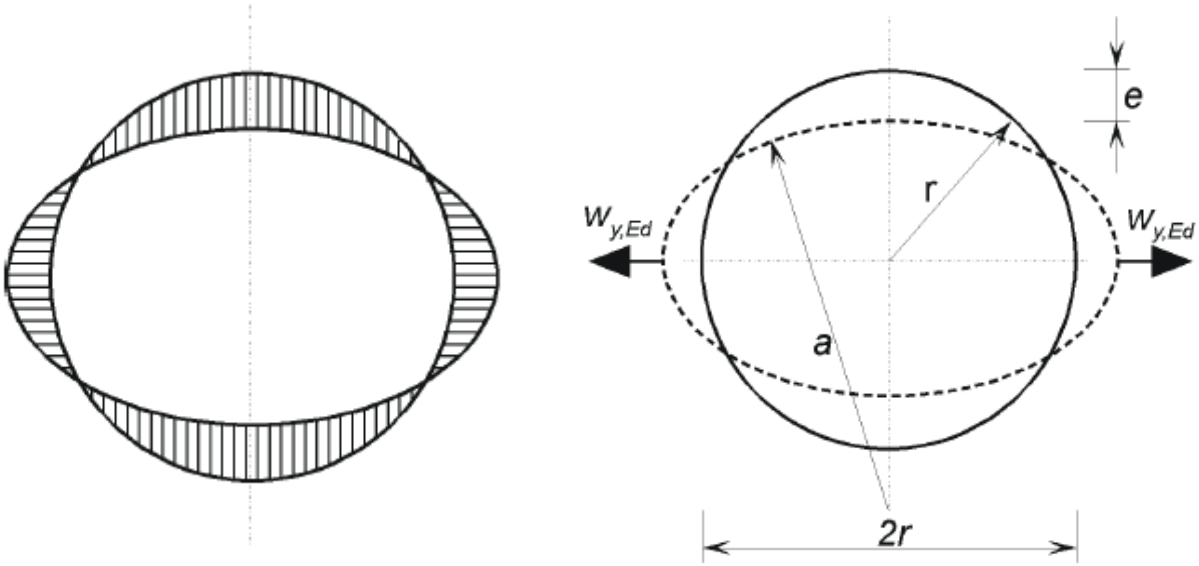
(6) The radius of curvature a at the ovalisation, see Figure D.2, may be obtained from:

$$a = \frac{r}{1 - \frac{3e}{r}} \qquad \text{(D.5)}$$

Таблиця D.1 – Локальний вигин оболонки в результаті дії розрахункових зусиль з вторинних елементів

Table D.1 – Local shell bending due to design forces from secondary elements

	
$M_A = 0{,}182\ w_{y,Ed}\, r$ $N_A = 0{,}5\ w_{y,Ed}$ $V_A = 0$ $M_B = -\ 0{,}318\ w_{y,Ed}\, r$ $N_B = 0$ $V_B = \pm\ 0{,}5\ w_{y,Ed}$ $\Delta D_{BD} = 0{,}1488\ w_{y,Ed}\, r^3 / EI$ $\Delta D_{AC} = -\ 0{,}1368\ w_{y,Ed}\, r^3 / EI$	$M_A = 0{,}137\ m_{Ed}$ $N_A = 0{,}637\ m_E d / r$ $V_A = 0$ $MB = \pm\ 0{,}5\ m_{Ed}$ $NB = 0$ $VB = -0{,}637\ m_{Ed} / r$ $\Delta D_{BD} = 0$ $\Delta D_{AC} = 0$
де: *M, N, V* - внутрішні зусилля і моменти у вигині оболонки згідно з даним рисунком; $w_{y,Ed}$ і m_{Ed} - розрахункові зусилля, що передаються вторинними елементами через з'єднувальні пристрої; ΔD_{BD} і ΔD_{AC} - зміни в діаметрі, що виникають в результаті вживаних зусиль (овалізації); *r* - середньолінійний радіус труби; *EI* - жорсткість вигину оболонки труби Where: – *M*, *N* and *V* are the internal forces and moments in shell bending according to the definition given in the figure. – $w_{y,Ed}$ and m_{Ed} are the design forces introduced by the secondary elements via the connecting devices. – ΔD_{BD} and ΔD_{AC} are the changes in diameter resulting from the applied forces (ovalisation). – *r* is the midline radius of the tube – *EI* is the shell bending stiffness of the tube	Визначення внутрішніх зусиль і моментів у вигині оболонки: Definition of internal forces and moments in shell bending: 



***a* – радіус викривлення при овалізації;**

***e* – овалізація в результаті локального вигину оболонки;**

***r* – середньолінійний радіус труби;**

***t* – товщина стінки труби;**

$w_{y,Ed}$ – зусилля, що передається вторинними елементами

***a*: radius of curvature at ovalisation**

***e*: ovalisation due to local shell bending**

***r*: midline radius of the tube**

***t*: wall thickness of the tube**

$w_{y,Ed}$: force introduced by the secondary elements

Рисунок D.2 – Трубчаста паля: геометричні дані і локальний вигин оболонки
Figure D.2 – Tube pile: geometrical data and local shell bending

D.2.2 *Метод перевірки*

(1) Наступну процедуру можна використовувати для перевірки трубчастих паль з урахуванням викривлення оболонки, взаємодії між загальним вигином, нормальними зусиллями, локальним вигином оболонки і загального викривлення.

Примітка : В якості альтернативи перевірку можна виконувати згідно 8.6 або 8.7 EN 1993-1-6 з використанням моделі, що підходить для такого типу аналізу, і належним чином враховує ефект ущільнення ґрунту. Такий підхід, як правило, надає більш економічні результати, ніж процедура, описана далі.

(2) Необхідне виконання перевірки викривлення для циліндричної оболонки з радіусом, рівним радіусу викривлення *a* при овалізації.

(3) За інформацією про перевірку викривлення слід звертатися до розділу 8.5, EN 1993-1-6.

(4) Викривлення при зсуві можна не

D.2.2 *Verification method*

(1) The following procedure may be used for the verification of the tubular piles taking into account shell buckling, the interaction between overall bending, normal forces, local shell bending and overall buckling.

NOTE: Alternatively the verification may be carried out according to 8.6 or 8.7 of EN1993-1-6 using a model suited for this type of analysis and which gives due consideration to the stiffening effect of the soil. This approach generally yields more economic results than the procedure given below.

(2) The buckling verification should be carried out for a cylindrical shell with a radius equal to the radius of curvature *a* at the ovalisation.

(3) Reference should be made to section 8.5 of EN1993-1-6 for the buckling verification.

(4) Shear buckling may be neglected at

враховувати в точках передачі навантаження, якщо ці точки посилені бетонним наповненням або відповідним чином спроектованими елементами жорсткості.

points of load introduction, provided that these points are stiffened by a concrete fill or appropriately designed stiffeners.

(5) Якщо труба заповнюється на певну висоту щільним піском або глиною середньої пластичності, напруги при кільцевому стисненні в результаті тиску ґрунту і води при перевірці викривлення в цій частині труби можна не враховувати.

Примітка : Інформація, що стосується необхідної щільності або жорсткості, може бути представлена в національному додатку на основі місцевого досвіду.

(5) If the tube is filled over a certain height with dense sand or stiff clay the circumferential compression stresses due to earth and water pressure may be neglected for the buckling verification in this part of the tube.

NOTE: Information concerning the required density or stiffness may be given in the National Annex based on local experience.

(6) Необхідно визначити критичне напруження при викривленні для:

– меридіональних осьових напружень відповідно до E.1.2.1, EN 1993-1-6, де C_x = 1,0 навіть для довгих циліндрів;

– напружень при зсуві відповідно до D.1.4.1, EN 1993-1-6;

– напружень при кільцевому стисненні відповідно до D.1.3.1, EN 1993-1-6 з використанням граничних умов для випадку 3 в таблиці D.3 або D.4.

(6) The critical buckling stress should be determined:

– for meridional (axial) stresses according to D.1.2.1 of EN 1993-1-6 with C_x = 1,0 even for long cylinders;

– according to D.1.4.1 of EN1993-1-6 for shear stresses;

– according to D.1.3.1 of EN 1993-1-6 using the boundary conditions of case 3 in Table D.3 or D.4 for circumferential compression stresses.

(7) Параметри викривлення слід визначати відповідно до D.1.2.2, D.1.4.2 та D.1.3.2, EN 1993-1-6, відповідно, з урахуванням класу якості B для нових труб.

(7) The buckling parameters should be determined according to D.1.2.2, D.1.4.2 and D.1.3.2 of EN 1993-1-6 respectively, taking into account quality class B for new tubes.

(8) Розрахункові значення напружень повинні розраховуватися з допомогою мембранної теорії згідно з додатком A, EN 1993-1-6.

(8) The design values of stresses should be calculated using membrane theory in accordance with Annex A of EN 1993-1-6.

(9) За інформацією про перевірку міцності на викривлення слід звертатися до розділу 8.5.3, EN 1993-1-6.

Примітка 1. Якщо при перевірці викривлення необхідно враховувати напруження при круговому стисненні, нерівномірні розподіли тиску слід замінити однорідними розподілами на основі максимального значення.

Примітка 2: Зсув можна не враховувати при перевірці взаємодії відповідно до пункту (3) розділу 8.5.3, EN 1993-1-6.

(9) Reference should be made to section 8.5.3 of EN 1993-1-6 for verification of the buckling strength.

NOTE 1: If the circumferential compressive stresses have to be taken into account for the buckling verification, non-uniform pressure distributions should be replaced by uniform distributions based on the maximum value.

NOTE 2: Shear may be neglected in the interaction check according to (3) of section 8.5.3 of EN 1993-1-6.

(10) Загальна перевірка поперечного перерізу повинна проводитися відповідно до 6.2.1, EN 1993-1-1, за допомогою

(10) The general cross-sectional verification should be carried out according to 6.2.1 of EN 1993-1-1 using the procedure given in

процедури, визначеної в розділі 6.2, EN 1993-1-6. У такій перевірці необхідно враховувати напруження як в результаті загального вигину, так і в результаті локального вигину оболонки, згідно таблиці D.1. Дію овалізації можна не брати до уваги, і для такої перевірки можна використовувати еластичні властивості повного поперечного перерізу. Критичні точки, в яких необхідно застосовувати критерії текучості, повинні визначатися з урахуванням основних поперечних перерізів і визначальних точок у цих поперечних перерізах (точки A, B, C і D в таблиці D.1).

section 6.2 of EN 1993-1-6. For this verification the stresses due to both overall bending and local shell bending according to Table D.1 should be taken into account. The effect of ovalisation may be neglected and the full elastic cross-sectional properties may be used for this verification. The critical points where the yield criterion should be applied, should be determined taking into account the governing cross-sections and the governing points in those cross-sections (points A, B, C and D in Table D.1).

(11) Інформація щодо перевірки загальної втрати стійкості міститься в EN 1993-1-1, розділ 6.3.3. Потрібно використовувати еластичні властивості повного поперечного перерізу, приймаючи до уваги дію овалізації відповідно до (4), D.2.1.

(11) For the overall buckling verification reference should be made to section 6.3.3 of EN 1993-1-1 using full elastic cross-sectional properties, taking into account the effect of ovalisation in accordance with (4) of D.2.1.

(12) Така перевірка може вважатися виконаною при підтвердженні відповідності критеріям взаємодії:

(12) This verification may be deemed to be satisfied by verifying the interaction criterion:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + 1,5\frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \le 1,0 \qquad \text{(D.6)}$$

де: N_{Ed} та M_{Ed} – розрахункові значення стискаючого зусилля і момента вигину в основному поперечному перерізі;

where: N_{Ed} and M_{Ed} are the design values of the compressive force and the bending moment in the governing cross-section;

N_{Rk} та M_{Rk} – характеристичні опори, що визначаються відповідно до пункту (11);

N_{Rk} and M_{Rk} are the characteristic resistances, determined in accordance with (11);

χ – коефіцієнт зменшення в результаті загального згинального викривлення, який визначається за допомогою 6.3.1.2, EN 1993-1-1, на основі довжини викривлення відповідно до 5.2.3.

χ is the reduction factor due to overall flexural buckling taken from 6.3.1.2 of EN 1993-1-1, based on a buckling length in accordance with 5.2.3.

Примітка : Гнучкість повинна визначатися відповідно до 6.3.1.3, EN 1993-1-1, з урахуванням D.2.1 (2).

NOTE: The slenderness should be determined according to 6.3.1.3 of EN 1993-1-1, taking into account (2) of D.2.1.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1993-5:2007/AC

Травень 2009 рік

ICS 91.010.30; 91.080.10

Англійська версія

Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій
Частина 5: Забивання паль

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 5: Pieux et palplanches

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 5: Pfähle und Spundwände

Це корегування вступає у дію, починаючи з 13 травня 2009 року для включення у три офіційні мовні версії EN.

Ce corrigendum prendra effet le 13 mai 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.
Die Berichtigung tritt am 11.Mai 2009 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Центр Управління: Авеню Марні 17, B-1000 Брюссель

© 2009 CEN Всі права на використання у будь-якій формі та якимось іншим чином зарезервовані у всьому світі для національних Членів CEN.

Ref. No.:EN 1993-5:2007/AC:2009 D/E/F

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1993-5:2007/AC

May 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

English version

Eurocode 3 - Design of steel structures
Part 5: Piling

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 5: Pieux et palplanches

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 5: Pfähle und Spundwände

This corrigendum becomes effective on 13 May 2009 for incorporation in the three official language versions of the EN.

Ce corrigendum prendra effet le 13 mai 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 11.Mai 2009 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATIONÏ
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2009 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No.:EN 1993-5:2007/AC:2009 D/E/F

1 Зміни до 5.2.3

Пункт "(6)", *останнє речення, замінити*

«додаткової довжини палі *h* згідно»

на

«додаткової довжини палі Δh згідно»

1 Modifications to 5.2.3

Paragraph "(6)", *last sentence, replace*

"an additional pile length *h* according"

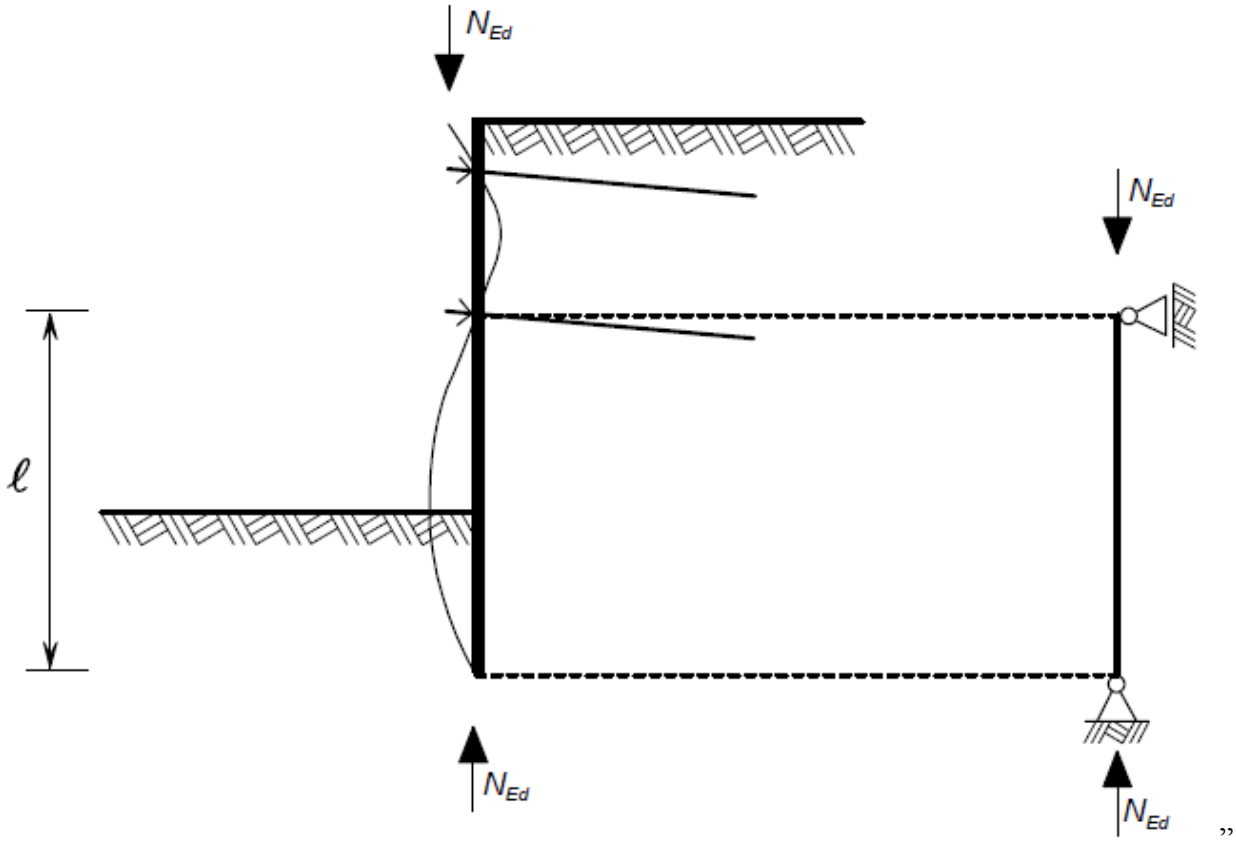
with

"an additional pile length Δh according".

Пункт "(8)", *замінити* «Рисунок 5.2» *наступним рисунком:*

Paragraph "(8)", *replace* "Figure 5.2" *with the following one:*

"

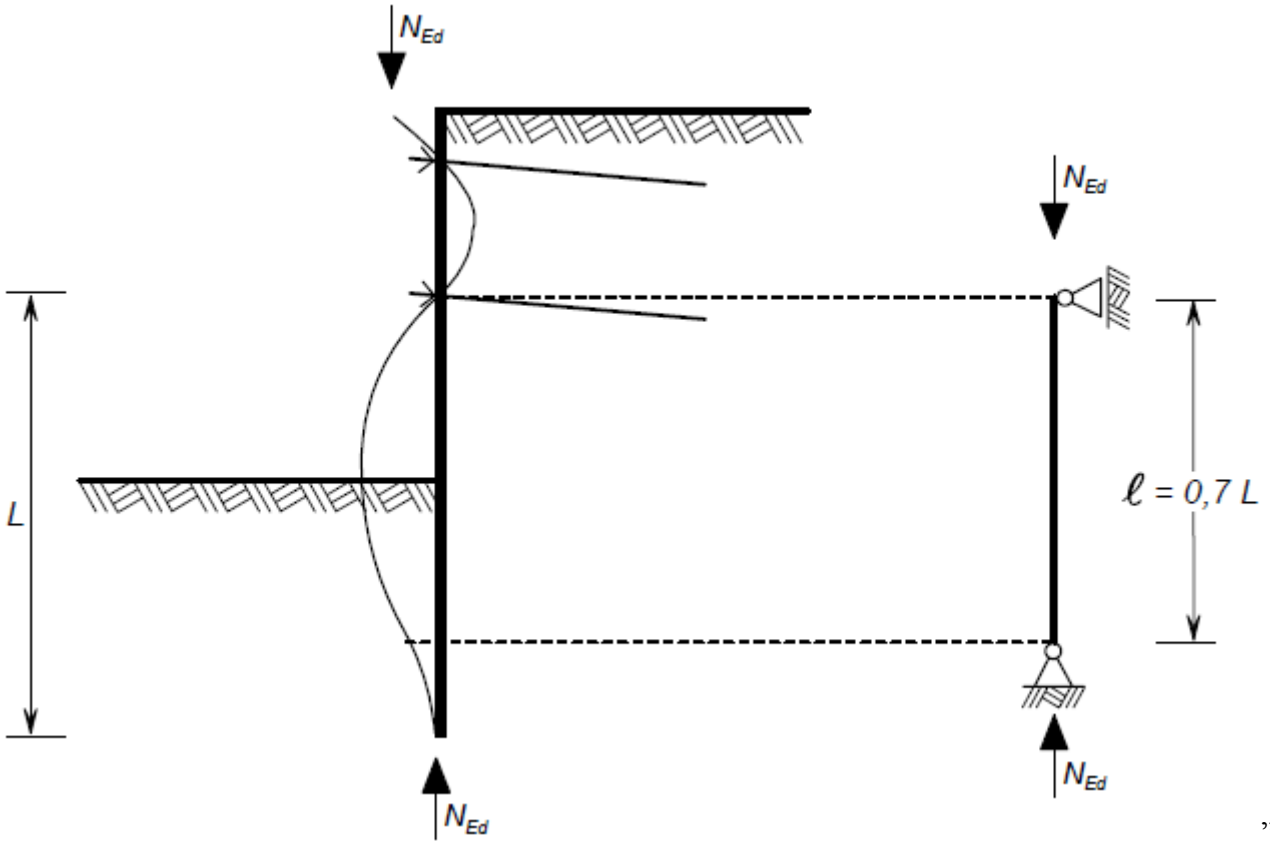


„

Пункт "(8)", *замінити* «Рисунок 5.3» *наступним рисунком:*

Paragraph "(8)", *replace* "Figure 5.3" *with the following one:*

"



”

2 Зміни до 5.2.5

Пункт "(14)", *формула* "(5.25)",*замінити*

" $F_{tc,Ed}$ "

на

"$F_{tm,Ed}$ ".

Пункт "(14)", *рядки прямо під формулою* "(5.25)", *другий рядок під* «де», *замінити*

$F_{tc,Ed}$ "

на

"$F_{tm,Ed}$ ".

Пункт "(14)", *формула* "(5.26)",*замінити*

" $F_{tc,Ed}$ "

на

2 Modifications to 5.2.5

Paragraph "(14)", *Equation* "(5.25)", *replace*

" $F_{tc,Ed}$ "

with

"$F_{tm,Ed}$ ".

Paragraph "(14)", *lines just under Equation* "(5.25)", *2nd line under* "where:", *replace* "

$F_{tc,Ed}$ "

with

"$F_{tm,Ed}$ ".

Paragraph "(14)", *Equation* "(5.26)", *replace*

" $F_{tc,Ed}$ "

with

"$F_{tm,Ed}$ ".

Пункт "(14)"*, формула* "(5.27)"*,замінити*

“φ_d*”*

на

“φ_k*”*

Пункт "(14)"*, перший рядок над* **«Приміткою 1»***, замінити*

«φ_d – розрахункове значення»

на

«φ_d – характеристичне значення»

3 Зміни до 5.3.3

Пункт "(7)P"*,* "Рисунок 5.8"*, замінити:*

«1,0 з`єднання B, зафіксоване та заштифтоване
0,7 з`єднання B, зафіксоване та закріплене
2,0 з`єднання B, не зафіксоване, але закріплене»

на

«1,0 з`єднання B, прямолінійне переміщення закріплене, а обертання вільне
0,7 з`єднання B, прямолінійне переміщення закріплене, обертання закріплене
2,0 з`єднання B, прямолінійне переміщення вільне, обертання вільне».

4 Зміни до 7.1

Пункт "(4)"*,замінити*
"$\gamma_{Mt,ser}$"

"$F_{tm,Ed}$ ".

Paragraph "(14)"*, Equation* "(5.27)"*, replace*

“φ_d*”*

with

“φ_k*”*

Paragraph "(14)"*, 1st line above* "**NOTE 1**"*, replace*

"φ_d is the design value"

with

"φ_k is the characteristic value".

3 Modification to 5.3.3

Paragraph "(7)P"*,* "Figure 5.8"*, replace:*

"1,0 connection B fixed and pinned
0,7 connection B fixed and restrained
2,0 connection B non fixed, but restrained"

with

"1,0 connection B translation fixed and rotation free
0,7 connection B translation fixed and rotation fixed
2,0 connection B translation free and rotation fixed".

4 Modification to 7.1

Paragraph "(4)"*, replace*
"$\gamma_{Mt,ser}$"

на

"$\gamma_{M3,ser}$".

with

"$\gamma_{M3,ser}$".

5 Зміни до 7.2.3

Пункт "(2)"*, замінити текст* «**Примітки 2**» *наступним текстом:*

"k_t може надаватися в Національному додатку. Рекомендованим значенням є k_t=0,6. Це доцільно для випадків, коли можливе згинання в анкері як ефект впливу не є явним. Тільки у випадках, коли конструкційна деталізація місця розташування анкерного з`єднання, сполученого зі стіною, є таким, що можливе уникнення згинальних моментів у цьому місці, значення k_t може бути k_t=0,9."

5 Modifications to 7.2.3

Paragraph "(2)"*, replace the text of* "**NOTE 1**" *with:*

"k_t may be given in the National Annex. The recommended value for k_t is k_t=0,6. This is motivated for cases where possible bending in the anchor as an effect of actions is not made explicit. Only in cases where the structural detailing of the location where the anchor rod is joined to the wall is such that bending moments are avoided at that location,the recommended value for k_t may be chosen as k_t=0,9."

Пункт "(4)"*,видалити увесь пункт.*

Paragraph "(4)"*, delete the whole Paragraph*

Пункт "(5)"*,замінити номер пункту з* "(5)" на "(4)".

Paragraph "(5)"*, replace paragraph number* "(5)" *with* "(4)".

Пункт "(6)"*,замінити номер пункту з* "(6)" на "(5)".

Paragraph "(6)"*, replace paragraph number* "(6)" *with* "(5)".

Пункт "(7)"*,замінити номер пункту з* "(7)" на "(6)".

Paragraph "(7)"*, replace paragraph number* "(7)" *with* "(6)".

Пункт "(8)"*,замінити номер пункту з* "(8)" на "(7)".

Paragraph "(8)"*, replace paragraph number* "(8)" *with* "(7)".

Код УКНД: 91.010.30

Ключові слова: зварювання, ударний вигин, тріщиностійкість, матеріали, міцність, холодноламкість, сталеві конструкції, стійкість.

Генеральний директор ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф.	О. Шимановський
Завідувач НДВТР, к.т.н.	А. Гром
Старший науковий співробітник, д.т.н., керівник розробки	В.Цихановський
Завідувач групи СНТД	Г. Ленда
Завідувач групи ІК	О. Кордун
Провідний інженер	Я. Левченко
Завідувач групи НТД	Я. Лимар
Перекладач	К. Павлова