

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра будівельних конструкцій**

**До захисту**  
**Допускається**  
Завідувач кафедри  
Будівельних конструкцій  
\_\_\_\_\_ Циганенко Л.А.  
підпис  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Дослідження роботи залізобетонної плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів»

Виконав (ла)	_____	Ревунов М.В.
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Група		ПЦБ 2203м
(Науковий) керівник	_____	Павлюченков М.В.
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

**Спеціальність:** 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Ревунов Микола Володимирович**

**Тема роботи:** Дослідження роботи залізобетонної плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів

Затверджено наказом по університету №3301-н від "27" жовтня 2023 р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "11" грудня 2023 р.

Вихідні дані до роботи:

*Виконати дослідження роботи залізобетонної плити перекриття,*

---

*що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів*

---

*Об'єкт впровадження наукової складової - готельно-рекреаційний*

---

*комплекс у місті Слов'яськ Донецької області.*

---

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

*Опис архітектурно-конструктивного рішення, розрахунок та*

---

*проекування об'єкта будівництва для виконання впровадження.*

---

---

*Огляд попередніх досліджень з вказаної тематики. Розрахунок несучої здатності стрижнів з арматури, що закріплені новим хімічним компонентом. Дослідження роботи плити перекриття зі збільшеним перерізом з закріпленням (вклеюванням) додаткового армування новим хімічним компонентом. Аналіз експериментальних результатів, що показують значну несучу здатність з'єднання хімічного компонента та стрижнів з арматури, на які діють зрізаючі зусилля.*

---

Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)  
*Фасад, план на відмітках 0,000, +3,300, +6,600+9,900, -3,000.*

---

*Розрізи. План покрівлі. Схема розміщення нижньої та верхньої арм. плити. Схема розміщення каркасів поперечної арматури та підтримуючих каркасів. Схема розміщення монолітних стін, котон. Календарний графік виконання робіт. Будівельний генеральний план. Розрахунок та експериментальний аналіз підсилення плит перекриття нарощуванням з вклеюванням додаткового армування.*

---

**Керівник :** Павлюченков М.В.  
(підпис) (Прізвище, ініціали)

**Консультант** Луцьковський В.М.  
(підпис) (Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач** Ревунов М.В.  
(підпис) (Прізвище, ініціали)

## Анотація

**Ревунов Микола Володимирович. Дослідження роботи залізобетонної плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.**

**Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.**

*Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновки за результатами МКР.*

**Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.**

**Результати досліджень** дозволяють зробити висновок, що силові фактори, що працюють на зсув, передаються не тільки на вмонтовану арматуру та ще й ділянками поверхонь бетонів, що контактують. Проведено аналіз результатів з урахування оброблення площин бетонів різними трьома методами, та на основі висновків запропоновано необхідну кількість вмонтованих стрижнів з арматури для поглинання силових факторів.

**Аналіз публікацій та досліджень** встановив, що при підсиленні плит перекриття нарощуванням необхідно дотримуватися належної технології укладання нового бетону. Від дотримання технології залежить зчеплення нового і старого бетону, від 40% до повністю монолітної конструкції. Підсилення плит перекриття нарощуванням зі вклеюванням арматури має ряд потенційних переваг. Воно доволі економічне, потребує малої витрати матеріалів при одночасному досягненні значного ефекту в збільшенні несучої здатності підсилених елементів конструкцій. Дана тематика потребує подальшого вивчення у зв'язку зі своєю новизною і перевагою перед стандартними методами підсилення будівельних конструкцій.

В **основній частині** вказані будівельні параметри запроектованої будівлі, описані об'ємно-планувальні рішення проекту, наведено специфікації основних конструктивних елементів будівлі впровадження. Проведено розрахунок та експериментальний аналіз підсилення плит перекриття нарощуванням з вклеюванням додаткового армування.

У **висновках** встановлено, що визначення силових факторів у місці з'єднання (стику) двох шарів бетонів відбувається із умови силових факторів, які передаються на загальну будівельну конструкцію. Анкерні арматури мають розміщуватися за напрямом дії сил в конструкції за умовою, що вони поглинають зрізаючі силові фактори та не дають змоги відокремитися новому шару бетону. Порівняння результатів випробувань стрижнів з арматури, які вклеєні акриловими клеями в бетон і випробувані на зрізаюче зусилля зі зменшеною глибиною закладання менше 10 діаметрів, дало можливість зробити висновок, що несуча здатність хімічних анкерів майже на 25% менше розрахункового опору арматури, що працює на зріз.

**Ключові слова:** підсилення, нарощування, перекриття, вклеювання, арматура.

**Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:**

Ревунов М.В., Павлюченков М.В. Дослідження роботи залізобетонної плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023. – С. 107.

В **додатках** наведено; тези конференції, графічні матеріали.

**Структура роботи.** Робота складається з основного тексту на 80 сторінках, у тому числі 23 таблиць, 46 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 3 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 31 використаних джерел, 2 додатків на 9 сторінках. Графічна частина складається з 6 аркушів креслень та 2 плакатів.

## Зміст

Розділ 1. Загальна характеристика роботи	3
Розділ 2. Архітектурно-конструктивне рішення, розрахунок та проектування об'єкта будівництва для виконання впровадження	6
2.1 Опис району будівництва	6
2.2 Технологічний процес на об'єкті	7
2.3 Об'ємно-планувальне рішення будівлі	8
2.4 Архітектурно-конструктивне рішення будівлі	12
2.5 Теплорозрахунки огорожувальних конструкцій будівлі	17
2.5.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	17
2.5.2 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття	19
2.6 Техніко-економічні показники будівлі	21
2.7 Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного	22
2.8 Характеристики властивостей ґрунтів	22
2.9 Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика	23
2.10 Розрахунок монолітної фундаментної плити та її конструювання	26
2.11 Обґрунтування вибору типу конструкції для проектування та	31
2.12 Проектування споруди у програмному комплексі «МОНОМАХ»	31
2.12.1 Формування моделі будівлі	31
2.12.2 Збирання навантажень для розрахунку	32
2.12.3 Розрахунок споруди. Результати розрахунку	34
2.13 Розрахунок і конструювання монолітної плити перекриття	36
2.14 Розрахунок і конструювання колон і стін	41
2.15 Розрахунок і конструювання діафрагм жорсткості	43
Розділ 3. Обчислення та експериментальні дослідження зростання несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перерізів з закріпленням додаткового армування	48
3.1 Збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування, встановлення рубашок та влаштування обойм	48
3.2 Способи збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування	50

3.3	Позитивні аспекти та приклади використання вклеювання стрижнів з арматури	55
3.4	Арматура у якості анкеру	55
3.5	Пропозиції по розміщенню нового шару бетону і пропозиції відносно вимог до обробки площини поверхні.	57
3.6	Проектування з'єднання між нижнім та верхнім шарами бетону	58
3.7	Умови деталізації та додаткові вимоги	62
3.8	Теоретичні основи розрахунку збільшення несучої здатності плити перекриття з закріпленням додаткового армування	65
3.8.1	Перший випадок: метод обробки - водою під тиском	67
3.8.2	Другий випадок: поверхня оброблена піскоструйним методом	68
3.8.3	Третій випадок: поверхня є гладкою без оброблювання	69
3.8.4	Результати за теоретичними розрахунками	70
3.9	Результати натурних випробувань арматурних стрижнів, що сприймають зрізаюче навантаження.	72
	Загальні висновки	75
	Список використаних джерел	77
	Додатки:	
	Додаток 1. Матеріали конференції	81
	Додаток 2. Графічні матеріали	82

# РОЗДІЛ 1

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність теми та постановка задачі.**

Кожного року в нашій країні спостерігається та фіксується великий рівень та постійний приріст кількості споруд та будівель з фізичним зносом різних років побудови, що змушує виконувати планомірні та ремонтно-відновлювальні роботи та заходи. Приріст об'ємів будівель неприйнятних до нормальної експлуатації значно більший зі обсяги сучасного будівництва. Таким чином, дане питання є дуже важливим та на часі.

На сьогоднішній день, збільшення несучої здатності різноманітних елементів споруд, будівель та конструкцій виконаних із залізобетону представляє собою важкий, складний, вартісний та трудомісткий процес зі своєю специфікою при будь-яких способах, які застосовуються при підсиленні. Це викликає постійне вдосконалення методів для підсилення, впровадження нових технічних рішень та їх застосування на практиці, а також підлягають значній модернізації засоби та способи, які використовуються на сьогодні.

Зростання несучої здатності плит перекриття відбувається за рахунок збільшення перетинів, встановленням затяжок, підкріпленням шпренгельними балками і застосуванням розвантажувальних балок. Серед методів, які для цього застосовуються, найпростішим на практиці та найдешевшим постає метод збільшення перетину плити перекриття. Дуже гостим питанням при збільшенні перетину в верхній частині – це гарантування міцного поєднання між шарами бетонів (старий шар і новий шар). По-перше необхідно дуже ретельно очистити бетон (на якій буде накладатися збільшення), нанести на нього насічки, створити в плиті отвори, за допомогою свердлінням, в яких будуть знаходитися стрижні з арматури, за допомогою яких відбувається поєднання з арматурною сіткою нової верхньої частини бетону. Для закріплення кріпильних арматурних стрижнів у отворах, які зроблені в нижній частині, застосовуються розчини на цементній або полімерній основах.

У представленій магістерській кваліфікаційній роботі розглядається зростання несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перетинів з закріпленням стрижнів із арматури новим хімічним компонентом, що створено на основі акрилових модифікованих композицій. Кріплення хімічним компонентом є досить ефективним, тому що його несуча здатність має тіж самі значення, як і у закладної арматури та при цьому забезпечується відносна легкість монтажних робіт.

### **Мета і завдання дослідження.**

Спираючись на аналіз виконаних експериментально-теоретичних досліджень провести розрахунки надійності та виправдати доречність використання технології зростання несучої здатності плит перекриття збільшенням перерізу з закріпленням стрижнів із арматури новим хімічним компонентом, що створено на основі акрилових модифікованих композицій.

Виконання вказаної мети супроводжується наступними завданнями:

1. Провести огляд попередніх досліджень з вказаної тематики.
2. Виконати розрахунок несучої здатності стрижнів з арматури, що закріплені новим хімічним компонентом, який створено на основі акрилових модифікованих композицій.
3. Провести дослідження роботи плити перекриття зі збільшеним перерізом з закріпленням (вклеюванням) додаткового армування новим хімічним компонентом, що створено на основі акрилових модифікованих композицій
4. Проаналізувати експериментальні результати, що показують значну несучу здатність з'єднання хімічного компонента та стрижнів з арматури, на які діють зрізаючі зусилля.

**Об'єкт дослідження** – монолітна плита перекриття із залізобетону, для якої зростає несуча здатність за рахунок збільшення перерізу з закріпленням додаткового армування.

**Предмет дослідження** – зростання несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перетинів з закріпленням стрижнів методом хімічного ін'єктування.

**Методика дослідження** полягає в наступному:

- огляд та обробка літературних джерел з тематики дослідження;
- дослідження методів зростання несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перетинів;
- аналіз результатів розрахунків зростання несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перетинів з закріпленням додаткового армування, яке залежить від типу оброблення поверхні бетону;
- дослідження результатів випробувань стрижнів з арматури, закріплених в бетон, які пройшли випробування на зріз.

#### **Технічна новизна одержаних результатів.**

Аналіз даних за розрахунками вказує на те, що силові фактори, що працюють на зсув, передаються не тільки на вмонтовану арматуру та ще й ділянками поверхонь бетонів, що контактують. Проведено аналіз результатів з урахування оброблення площин бетонів різними трьома методами, та на основі висновків запропоновано необхідну кількість вмонтованих стрижнів з арматури для поглинання силових факторів.

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

При збільшенні несучої здатності плит перекриття з моноліту збільшенням перерізу зверху спостерігаються великі силові фактори зсуву в зонах біля опор, для компенсації яких потрібно в цих місцях додавати додаткові елементи з арматури. Анкерні арматури мають розміщуватися за напрямом дії сил в конструкції за умовою, що вони поглинають зрізаючі силові фактори та не дають змоги відокремитися новому шару бетону.

#### **Апробація та публікація результатів магістерської роботи.**

Результати роботи опубліковано у збірнику матеріалів Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р., Сумський НАУ) [31].

## РОЗДІЛ 2

### АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ

#### 2.1 Опис району будівництва

Територія для забудови розташована у в північній частині м. Слов'янськ Донецької області. Ця частина міста має великі житлові мікрорайони, гарно розвинуту мережу автомобільних шляхів, необхідні теплотраси, систему водопроводів та водовідводів та мережу електропостачання. Загальні дані про район та об'єкт будівництва приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Дані про об'єкт та район будівництва

Параметр	Значення
Кліматичний район	II – Південно-східний (Степ)
Клас наслідків (відповідальності) будівлі	СС 2
Ступінь вогнестійкості будівлі	IIIа
Термін експлуатації будівлі	100 років
Сніговий район	I
Вітровий район	III
Середня температура найбільш холодних п'яти днів	-22°C
Середня температура найбільш холодної доби	-27°C
Нормативна глибина промерзання ґрунту	0,9 м
Напрямок пануючих вітрів	у січні – західний у липні – північний

Рівень підлоги у готельно-рекреаційному комплексі прийнято за умовну відмітку 0.000 – нульова відмітка.

Майданчик межує з ділянками із житловими спорудами та мережами вулиць, на ньому не має будівель та природних насаджень. Присутні необхідні теплотраси, система водопроводу і водовідводу та мережа електропостачання. Генеральний план розроблений з урахуваннями особливостей майданчика, завдань на проектування та необхідних вимог будівельних норм та правил.

## **2.2 Технологічний процес на об'єкті**

Готельно-рекреаційний комплекс у місті Слов'яськ запроєктовано для забезпечення високого рівня по обслуговуванню населення на території міської громади, для заселення іноземних делегацій в готельні номери та для прийому відпочиваючих у місті Слов'яськ.

Склад комплексу наступний:

- тамбур;
- хол;
- басейн-джакузі;
- сауна;
- ресторан;
- більярдна зала;
- житлові номери;
- побутові та службові приміщення;
- приміщення, в яких розміщується інженерне обладнання.

Для визначення напрямлення руху клієнтів по готельно-рекреаційному комплексу застосовується хол. На його території виконано розміщення гардеробного приміщення для тимчасового зберігання речей відвідувачів. У холі закріплено вогнегасник у кількості однієї одиниці.

Тамбур використано для теплового та вітрового захищення приміщень готельно-рекреаційного комплексу.

Для покращення самопочуття, фізичного та морального здоров'я відвідувачів у готельно-рекреаційному комплексі є басейн-джакузі.

Сауна розміщується у комплексі з метою позитивного впливу на морально-психологічний стан людини, проведення відновлювальних процедур та комплексного дозвілля і відпочинку.

Призначення ресторану полягає у наступних функціях – готувати та відправляти їжу споживачам, організувати своєчасні за розкладом та по бажанню прийоми їжі, виконувати спеціальні замовлення.

Місцем для відпочинку гостей та відвідувачів комплексу служить більярдна зала.

Перелік побутових та службових приміщень готельно-рекреаційного комплексу:

- приміщення охорони;
- приміщення персоналу
- коридори;
- душові;
- санвузли;
- гардеробна;
- приміщення адміністрації.

Технічні приміщення систем інженерного обладнання:

- інвентарна;
- індивідуальний тепловий пункт;
- паливна.

### **2.3 Об'ємно-планувальне рішення будівлі**

Готельно-рекреаційний комплекс у місті Слов'яськ запроєктовано для забезпечення високого рівня по обслуговуванню населення на території міської громади, для заселення іноземних делегацій в готельні номери та для прийому відпочиваючих у місті Слов'яськ.

Комплекс представляє із себе каркасну споруду, яка виконана у вигляді чотири поверхової будівлі, в нижній частині якої розміщені підвальні приміщення. У конструкції будівлі, на основі проєктних рішень, виконано дві сходові клітки, виходи із яких передбачено безпосередньо за межі простору

будівлі. Значення габаритних розмірів споруди в осях 1–11 та А–М дорівнюють відповідно 33000 мм на 18800 мм. Максимальне значення висоти підвального поверху становить 3000 мм., значення висоти першого поверху – 3300 мм, значення висоти типового – 3300 мм.

Перший поверх включає до свого складу наступні приміщення – тамбур, приміщення охорони, інвентарну кімнату, гардеробне приміщення, хол, приміщення для адміністрації, сервіровочне приміщення, приміщення для персоналу та обслуги, приміщення прийому їжі (ресторан) і невелику кількість номерів.

Поверхи з третього по четвертий запроектовано безпосередньо під готельні номери. Готельні номери передбачені з різними рівнями комфорту. Загальний план та перелік приміщень і номерів має забезпечувати створення досить комфортних умов для проживання.

У підвальному поверсі за проектом виконуються рекреаційно-оздоровчі заходи, тому тут розташовано басейн-джакузі і кімнати відпочинку, кімната для масажу, більярдна зала, сауна.

Також у підвалі готельно-рекреаційного комплексу передбачено облаштування індивідуального теплового пункту і технічних приміщень для працюючого персоналу. Це дозволяє вирішити задачу для інженерного забезпечення готельно-рекреаційного комплексу

Ситуаційне розташування готельно-рекреаційного комплексу вибрано на основі рози вітрів, наявності необхідних інженерних мереж і важливих комунікацій.

На ділянці готельно-рекреаційного комплексу передбачені досконалі автомобільні проїзди та стоянки для автомобільного транспорту. Для проїзду пожежних машин на території ділянки запроектовано автомобільні дороги та під'їзди. На території підлягає виконанню заходи з озеленення та улаштування газонів, висадка дерев та кустарників.

Експлікація приміщень комплексу представлена у таблицях 2.2, 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.2 Експлікація приміщень комплексу на відмітці -3,000

Номер прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат.* приміщення
1	Тамбур	4,98	
2	Масажна кімната	5,05	
3	Кімната відпочинку	19,13	
4	Кімната відпочинку	15,00	
5	Коридор	5,13	
6	Санвузол	2,24	
7	Коридор	2,93	
8	Технічне приміщення	1,92	
9	Паливна	1,50	
10	Сауна	11,57	
11	Коридор	6,93	
12	Санвузол	4,46	
13	Коридор	28,80	
14	Душова	2,00	
15	Басейн	18,61	
16	Масажна кімната	5,02	
17	Басейн	11,57	
18	Сауна	6,93	
19	Індивідуальний тепловий пункт	19,07	
20	Сходова клітка	18,61	
21	Більярдна	129,26	
22	Сходова клітка	18,9	
23	Санвузол жіночий	6,08	
24	Санвузол чоловічий	5,25	
25	Санвузол	5,16	
26	Приміщення персоналу	7,44	
27	Приміщення персоналу	10,19	
28	Кухня	38,29	
29	Коридор	12,70	
30	Тамбур	3,51	
31	Склад	8,80	
32	Склад	7,26	
33	Склад	18,77	
	Всього:	463,06	

Таблиця 2.3 Експлікація приміщень комплексу на відмітці 0,000

Номер прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат.* приміщення
34	Тамбур	9,68	
35	Інвентарна	2,62	
36	Приміщення охорони	6,02	
37	Гардероб	9,08	
38	Холл	41,02	
39	Санвузол	5,16	
40	Приміщення персоналу	7,44	
41	Приміщення персоналу	10,19	
42	Сервірочна	37,8	
43	Бар	5,19	
44	Санвузол	5,25	
45	Сходова клітка	18,9	
46	Сходова клітка	18,61	
47	Ресторан	138,04	
48	Номер №1	20,3	
49	Номер №2	15,21	
50	Номер №3	26,23	
51	Номер №4	26,23	
52	Номер №5	15,21	
53	Адміністрація	12,57	
54	Санвузол	2,99	
55	Санвузол	2,75	
56	Санвузол	2,75	
57	Санвузол	2,75	
58	Санвузол	2,75	
59	Санвузол	2,99	
60	Коридор	2,51	
	Всього:	450,24	

**Таблиця 2.4 Експлікація приміщень комплексу  
на відмітках +3,300, +6,600, +9,900**

Номер прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат.* приміщення
61	Номер №6	20,3	
62	Номер №7	15,21	
63	Номер №8	26,23	
64	Номер №9	26,23	
65	Номер №10	15,21	
66	Номер №11	15,08	
67	Санвузол	2,99	
68	Санвузол	2,75	
69	Санвузол	2,75	
70	Санвузол	2,75	
71	Санвузол	2,75	
72	Санвузол	2,99	
73	Сходова клітка	18,61	
	<b>Всього:</b>	<b>153,85</b>	

## **2.4 Архітектурно-конструктивне рішення будівлі**

Готельно-рекреаційний комплекс у місті Слов'янськ запроєктовано чотири поверховим об'єктом з підвальним приміщенням. Ступінь вогнестійкості будівлі – Ша. Конструктивна схема споруди є рамно-зв'язковою. Споруда виконується в залізобетонному каркасі з моноліту. Систему елементів у просторі створюють фундаменти, колони та плити перекриття. Величина глибини укладання фундаментної плити обумовлена геологічними властивостями обраного району, конкретно положенням несучого шару ґрунту. Жорсткість у горизонтальній площині забезпечується за рахунок залізобетонного монолітного перекриття. Жорсткість споруди у просторі забезпечується постановкою діафрагм.

Фундаменти виконуються з моноліту, фундаментна плита має товщину 0,8 м, для її виконання використовується бетон класу С20/25, у якості

армування у фундаментній плиті прийнята арматура класу А400С. Перелік елементів фундаментної плити наведено на листі три у графічній частині.

Колони виконуються з монолітного залізобетону, у якого переріз 300мм на 300 мм, з важкого бетону класу В20, у якості армування у колонах прийнята арматура класу А400С діаметрами 12 мм, 16 мм та 18 мм. Перелік елементів колони наведено на листі чотири у графічній частині.

Зовнішні стіни мають товщину 0,4 м та виготовлені з піноблоку марки D800 на клею Ceresit СТ-21 у якого товщина від 1 мм до 5 мм. Зовні стіни утеплені мінераловатними плитами URSA GEO Фасад, у яких товщина 0,1 м, та облицювальним шаром, який виконано із декоративної штукатурки Ceresit СТ-137 (камінцева).

Перегородки у будівлі не несуть вертикальне навантаження від конструкцій всієї будівлі та мають товщину 0,1 м та виготовлені з піноблоку марки D800, які з'єднуються клеєм Ceresit СТ-21. Перегородки з обох боків оштукатурені цементно-піщаним розчином, у якого товщина 2 мм.

Перекриття споруди – залізобетонне монолітне. Перелік елементів перекриття наведено на листі три у графічній частині.

Сходи у конструкції з монолітного залізобетону.

Покрівля споруди є суміщеною, до складу якої входить монолітна плита покриття, на якій укладається цементно-піщана стяжка, пароізоляція, утеплювач, що представляє собою екстрадований пінополістирол марки URSA XPS N - III 0,2 м, стяжка, яка містить цементно-піщаний розчин на марці М100, яка армується сіткою 150 мм на 150 мм діаметром В500 40 мм та рулонний килим.

Присутня система внутрішніх водостоків для водовідведення з покрівлі.

Внутрішнє оздоблення вертикальних стін виконано з поліпшеної цементно-вапняної штукатурки з наступним водоемульсійним фарбуванням та/або укладанням глазурованої плитки, в залежності від призначення приміщення.

Двері і вікна з металопластику та виконуються за індивідуальним замовленням.

Підлоги у споруді виконані з керамічної плитки та штучного паркету, в залежності від призначення приміщення.

Навкруги споруди виконано відмостку з асфальтобетону, яка має товщину 30 мм та ширину 1 м.

Таблиця 2.5 Перелік елементів заповнення дверних отворів

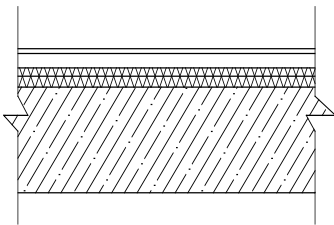
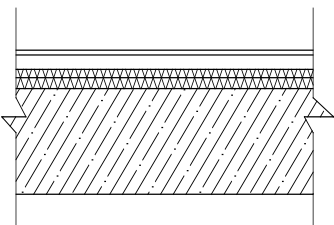
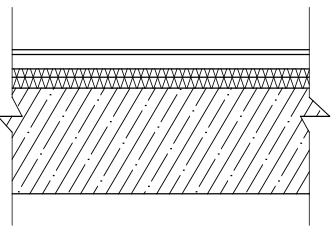
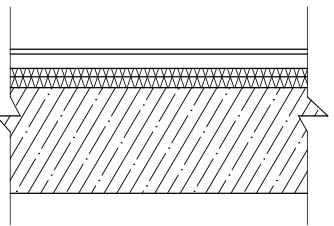
Марка	Позначення	Найменування	Кількість
Дверні блоки			
Д-1	Інд. виготовлення	Двері засклені (910x2100)	7
Д-2	Інд. виготовлення	Двері глухі (810x2100)	62
Д-3	Інд. виготовлення	Двері глухі (710x2100)	34
Д-4	Інд. виготовлення	Двері засклені (1620x2100)	1

Таблиця 2.6 Перелік елементів заповнення віконних отворів

Марка	Позначення	Найменування	Кількість
Віконні блоки			
В-1	Інд. виготовлення	Металопластикові з подвійним заскленням (420x2100)	4
В-2	Інд. виготовлення	Металопластикові з подвійним заскленням (1500x1800)	44
В-3	Інд. виготовлення	Металопластикові з подвійним заскленням (2500x1800)	13

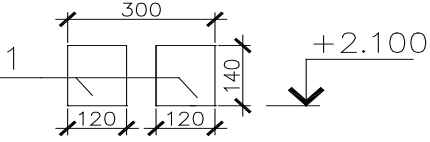
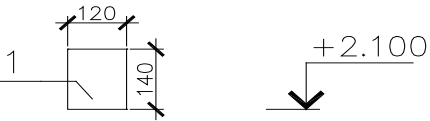
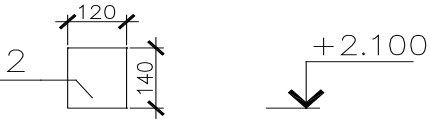
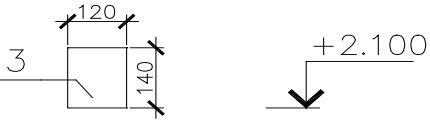
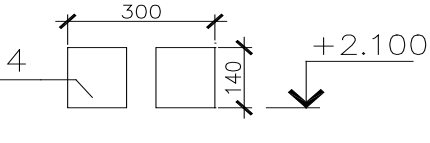
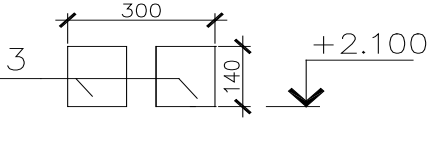
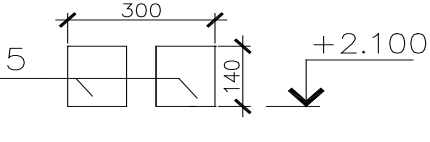
Підлоги обкладені керамічною плиткою у коридорах, холах, на сходових клітках, у приміщеннях для годування, сауні, санітарних вузлах і технічних приміщеннях. У кімнаті адміністрації, більярдній залі, у готельних номерах підлоги виконані з паркету.

Таблиця 2.7 Відомість влаштування підлог

Номер приміщення по плану	Тип підлоги	Схема підлоги або тип підлоги за серією	Дані елементів підлоги та їх товщина, мм	Площа м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
1-4, 6, 8-10, 12, 14-20, 22-28,30-34	1		Покриття-плитка керамічна -9мм Клей“Ceresit”СМ-11 -6мм Цементно-піщана стяжка -25мм Шар поліетилену -0,2мм Плити URSA марки XPS N - III за ДСТУ В.2.7-55-96 -60мм Фундаментна плита -800мм Втрамбований щебенем ґрунт	301,72
11, 13, 21, 29	2		Покриття-штучний паркет на клею -15мм Цементно-піщана стяжка -25мм Шар поліетилену -0,2мм Плити URSA марки XPS N - III за ДСТУ В.2.7-55-96 -60мм Фундаментна плита -800мм Втрамбований щебенем ґрунт	177,69
35, 37-39, 48-54, 61-67	3		Покриття-штучний паркет на клею -15мм Цементно-піщана стяжка -25мм Шар поліетилену -0,2мм Плити URSA марки XPS N - III за ДСТУ В.2.7-55-96 -60мм Монолітна з/б плита -160мм	440,36
36, 40-47, 55-60, 68-74	4		Покриття-плитка керамічна -9мм Клей“Ceresit”СМ-11 -6мм Цементно-піщана стяжка -25мм Шар поліетилену -0,2мм Плити URSA марки XPS N - III за ДСТУ В.2.7-55-96 -60мм Монолітна з/б плита -160мм	163,73

Перемички для перекриття дверних та віконних отворів у зовнішніх стінах, а також перегородках, прийняті армованими газобетонними перемичками фірми YTONG.

Таблиця 2.8 Відомість перемичок

Марка	Схема перерізу
1	2
ПР-1	
ПР-2	
ПР-3	
ПР-4	
ПР-5	
ПР-6	
ПР-7	

Таблиця 2.9 Специфікація перемичок

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса одиниці	Примітка
1	Серія 1.038.1-1	2ПБ 16-2п	70	65	
2	--/--	2ПБ 13-1п	34	54	
3	--/--	2ПБ 22-3п	41	92	
4	--/--	1ПБ 10-1п	8	20	
5	--/--	2ПБ 30-4п	5	125	

## 2.5 Теплорозрахунки огорожувальних конструкцій будівлі

### 2.5.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Місто Слов'янськ належить до II температурної зони України (кількість градусодіб в границях від 3001 до 3500). Значення найменш допустимого опору теплопередачі огорожувальних конструкцій: для стін –  $R_{q,\min} = 2,8\text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , для суміщеного покриття –  $R_{q,\min} = 4,9\text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

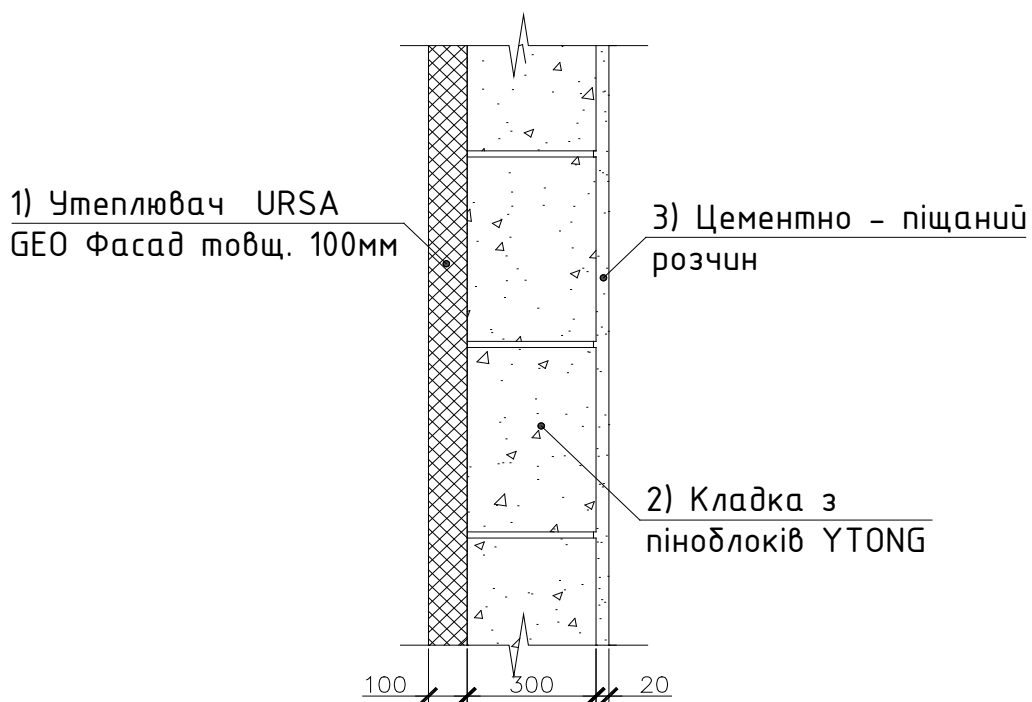


Рис. 2.1. Конструктивне зображення стіни

Таблиця 2.10 Значення теплотехнічних показників зовнішньої іни

№ шару	Матеріал шару огорожувальної конструкції	Густина $\rho_0, \frac{кг}{м^3}$	Товщина шару, $\delta, мм$	Розрахунковий коефіцієнт тепло-провідності $\lambda_p, \frac{Вт}{м \cdot К}$	Розрахунковий коефіцієнт теплотасвоєння $S, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$
1	Утеплювач URSA GEO Фасад	34	х	0,046	0,32
2	Кладка з піноблоків YTONG	1000	300	0,5	8,01
3	Цементно – піщаний розчин	1600	20	0,81	9,76

Розраховуємо термічні опори окремих шарів:

$$- R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,024 м^2 \cdot K / Вт - \text{цементно-піщаний розчин};$$

$$- R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 м^2 \cdot K / Вт - \text{кладка виконана із піноблоків типу YTONG};$$

$$- R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{x}{0,046} м^2 \cdot K / Вт - \text{фасадне облицювання}.$$

Визначення сумарного термічного опору непрозорій термічно однорідній огорожувальній конструкції:

$$R_q = \frac{1}{\alpha_e} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3} = 0,115 + 0,024 + 0,6 + \frac{x}{0,046} + 0,043 =$$

$$= 0,782 + \frac{x}{0,046} (м^2 \cdot K / Вт)$$

де:  $\alpha_e = 8,7 Вт/м^2 \cdot C$  – коефіцієнт, що враховує теплопередачу внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$\alpha_3 = 23 Вт/м^2 \cdot C$  – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу для умов зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

При цьому повинна виконуватись умова:

$$R_q \geq R_{q,\min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Значення мінімальної товщини утеплювача знаходимо із залежності:

$$0,782 + \frac{x}{0,046} \geq 2,5$$

Тоді  $x = 0,093$  м. Приймається товщина утеплювача URSA GEO Фасад 0,1 м.

Визначення загального термічного опору стіни з утеплювачем:

$$R_q = \frac{1}{\alpha_e} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_s} = 0,115 + 0,024 + 0,6 + 2,17 + 0,043 =$$

$$2,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q,\min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

$$R_q = 2,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q,\min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \text{ – умова виконується.}$$

## 2.5.2 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття

Таблиця 2.11 Теплотехнічні показники суміщеної покрівлі

№ шару	Матеріал шару огорожувальної конструкції	Густина $\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{мм}$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda_p, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Розрахунковий коефіцієнт теплосасвоєння $S, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
1	Рулонний килим	1200	2	0,22	5,69
2	Стяжка з цементно – піщаного розчину	1600	40	0,81	9,76
3	Утеплювач – екструдований пінополістирол марки URSA URSA XPS N - III	35	x	0,033	0,36
4	Пароізоляційна плівка	600	2	0,17	3,53
5	Стяжка з цементно – піщаного розчину	1600	20	0,81	9,76
6	Монолітна плита покриття	2400	160	1,86	17,88

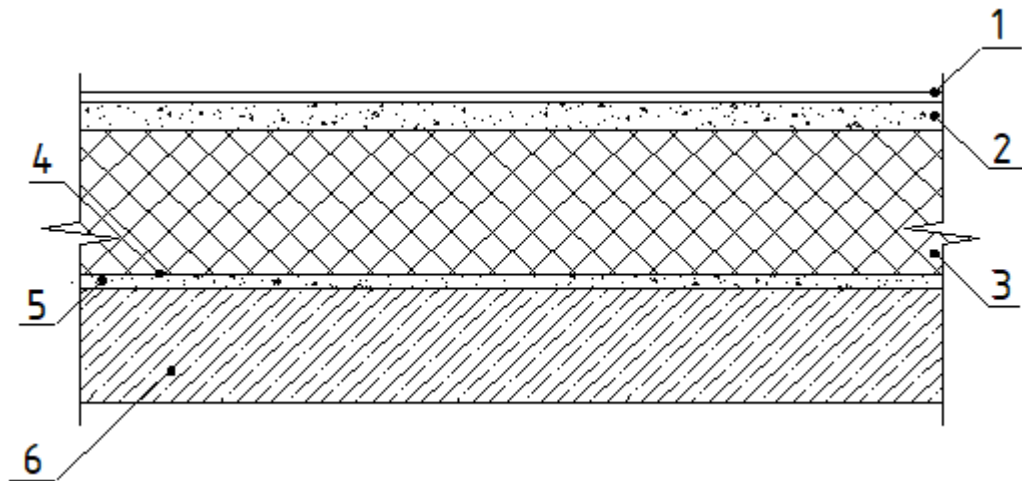


Рис. 2.2 Схематичне зображення суміщеної покрівлі:

1 – килим рулонного типу; 2 – стяжка виготовлена із цементно-піщаного розчину; 3 – утеплювач типу URSA XPS N–III; 4 – плівка пароізоляційна; 5 – стяжка виготовлена із цементно-піщаного розчину; 6 – плита покриття з моноліту

Визначення термічних опорів окремих шарів:

Визначення термічних опорів окремих шарів:

$$- R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,16}{1,86} = 0,086 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – монолітна плита покриття;}$$

$$- R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,02}{0,81} = 0,024 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – стяжка виготовлена з цементно-піщаного розчину;}$$

$$- R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,002}{0,17} = 0,012 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – пароізоляційна плівка;}$$

$$- R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{x}{0,033} \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – стяжка виготовлена з цементно-піщаного розчину;}$$

$$- R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = 0,049 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – стяжка виготовлена з цементно-піщаного розчину;}$$

$$- R_6 = \frac{\delta_6}{\lambda_6} = \frac{0,002}{0,22} = 0,009 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – рулонний килим.}$$

Визначення загального термічного опору огорожувальної конструкції:

$$R_q = \frac{1}{\alpha_e} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_s} = 0,115 + 0,086 + 0,024 + 0,012 + \frac{x}{0,033} + 0,049 + 0,009 =$$

$$= 0,295 + \frac{x}{0,033} (m^2 \cdot K / Bm)$$

При цьому повинна виконуватись умова:

$$R_q \geq R_{q,\min} = 4,9 m^2 \cdot K / Bm$$

Значення мінімальної товщини утеплювача знаходимо із залежності:

$$0,295 + \frac{x}{0,033} \geq 4,9$$

Тоді  $x = 0,152$  м. Приймається товщина утеплювача URSA XPS N-III 0,2 м.

Визначення загального термічного опору суміщеного покриття з утеплювачем:

$$R_q = 0,114 + 0,087 + 0,023 + 0,013 + 6,06 + 0,049 + 0,01 =$$

$$6,35 m^2 \cdot K / Bm > R_{q,\min} = 4,89 m^2 \cdot K / Bm$$

$$R_q = 6,35 m^2 \cdot K / Bm > R_{q,\min} = 4,89 m^2 \cdot K / Bm \text{ – умова виконується.}$$

## 2.6 Техніко-економічні показники будівлі

Таблиця 2.12 Техніко-економічні показники споруди

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Показники	Примітки
1	2	3	4	5
1	Кількість поверхів		5	
2	Висота поверхів	м	3,3	
3	Кількість номерів	шт	23	
4	Площа забудови	м <sup>2</sup>	560,5	
5	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	4593,4	
6	Загальна корисна площа	м <sup>2</sup>	1400,8	
7	Житлова площа	м <sup>2</sup>	457,98	
8	Робоча площа	м <sup>2</sup>	421,6	

## 2.7 Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного майданчика

Таблиця 2.13 Дані по грунтах і свердловинах

Шар	Найменування ґрунтів	№ свердловини та потужність шару, м	
		1	2
1	Насипний ґрунт	0,2	0,4
2	Суглинки гумусовані	0,5	0,6
3	Суглинки щільні	1,1	1,0
4	Пісок дрібний	3,5	3,7
5	Суглинки коричневі	5,0	5,1
Глибина рівня підземної води		13,0	12,6
Відмітка гирла свердловини, м		95,1	94,8

## 2.8 Характеристики властивостей ґрунтів

Таблиця 2.14 Характеристики властивостей ґрунтів, що пройдені

Найменування	Умовні позначення	Од. вим.	Номер шару				
			1	2	3	4	5
Щільність	$\rho$	т/м <sup>3</sup>	1,50	1,79	1,85	1,88	1,94
Щільність часток	$\rho_s$	т/м <sup>3</sup>		2,65	2,68	2,70	2,71
Природна вологість	W			0,22	0,2	0,18	0,27
Вологість на межі текучості	W <sub>l</sub>			0,29	0,32		0,38
Вологість на межі розкочування	W <sub>p</sub>			0,21	0,24		0,26
Кут внутрішнього тертя	$\phi$	град		18	22	26	23
Питомий опір	C	кПа		10	22	1	28
Модуль деформації	E	МПа		8	15	26	27

## 2.9 Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

З метою визначення ступеня придатності ґрунтів, які складають основу під фундамент, визначають класифікаційні характеристики ґрунтів. Для піщаних ґрунтів визначаємо:

- 1 – ступінь вологості  $S_r$ ;
- 2 – коефіцієнт пористості.

За цими значеннями встановлюють вологість та щільність ґрунтів. При цьому, в пухкому стані піщані ґрунти не придатні в якості основи під фундамент.

Для глинистих ґрунтів (суглинки, глини, супіски) визначають число пластичності  $I_p$  ґрунту і його стан за консистенцією. В текучому стані глинисті ґрунти не придатні в якості основи під фундамент.

1-й шар - насипний ґрунт потужністю 0,4 м. Як основа не використовується.

2-й шар - суглинок гумусований потужністю 0,6 м.

Коефіцієнт пористості:

$$e = (\rho_s / \rho)(1 + W) - 1 = \frac{2,65}{1,79} \cdot (1 + 0,22) - 1 = 0,81.$$

$$\text{Ступінь вологості: } S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w} = \frac{2,65 \cdot 0,22}{0,81 \cdot 1} = 0,72.$$

$$\text{Число пластичності: } I_p = W_L - W_P = 0,29 - 0,21 = 0,08.$$

Показник текучості:

$$I_L = (W - W_P) / I_p = (0,22 - 0,21) / 0,08 = 0,125.$$

Щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{1,79}{1 + 0,22} = 1,47 \text{ т/м}^3.$$

Пористість ґрунту:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{1,47}{2,65}\right) \cdot 100 = 44,53\%.$$

Суглинок напівтвердий – придатний в якості основи під фундамент.

3-й шар - суглинок щільний потужністю 1,0 м.

Коефіцієнт пористості:

$$e = (\rho_s / \rho)(1 + W) - 1 = \frac{2,68}{1,85} \cdot (1 + 0,2) - 1 = 0,74.$$

Ступінь вологості:

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w} = \frac{2,68 \cdot 0,2}{0,74 \cdot 1} = 0,72.$$

Число пластичності:

$$I_P = W_L - W_P = 0,32 - 0,24 = 0,08.$$

Показник текучості:

$$I_L = (W - W_P) / I_P = (0,2 - 0,24) / 0,08 = -0,5.$$

Щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{1,85}{1 + 0,2} = 1,54 \text{ т/м}^3.$$

Суглинок в тугопластичному стані – придатний в якості основи під фундамент.

4-й шар – пісок дрібний потужністю 3,7 м.

Коефіцієнт пористості:

$$e = (\rho_s / \rho)(1 + W) - 1 = \frac{2,7}{1,88} \cdot (1 + 0,18) - 1 = 0,7.$$

Ступінь вологості:

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w} = \frac{2,7 \cdot 0,18}{0,7 \cdot 1} = 0,7.$$

Щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{1,88}{1 + 0,18} = 1,6 \text{ т/м}^3.$$

Пісок дрібний середньої щільності, вологий – придатний в якості основи під фундамент.

5-й шар – суглинок коричневий потужністю 5,1 м.

Коефіцієнт пористості:

$$e = (\rho_s / \rho)(1 + W) - 1 = \frac{2,71}{1,94} \cdot (1 + 0,27) - 1 = 0,77.$$

Ступінь вологості:

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_W} = \frac{2,71 \cdot 0,27}{0,77 \cdot 1} = 0,95.$$

Число пластичності:

$$I_P = W_L - W_P = 0,38 - 0,26 = 0,12.$$

Показник текучості:

$$I_L = (W - W_P) / I_P = (0,27 - 0,26) / 0,12 = -0,08.$$

Щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{1,94}{1 + 0,27} = 1,53 \text{ т/м}^3.$$

Суглинок твердий - придатний в якості основи під фундамент.

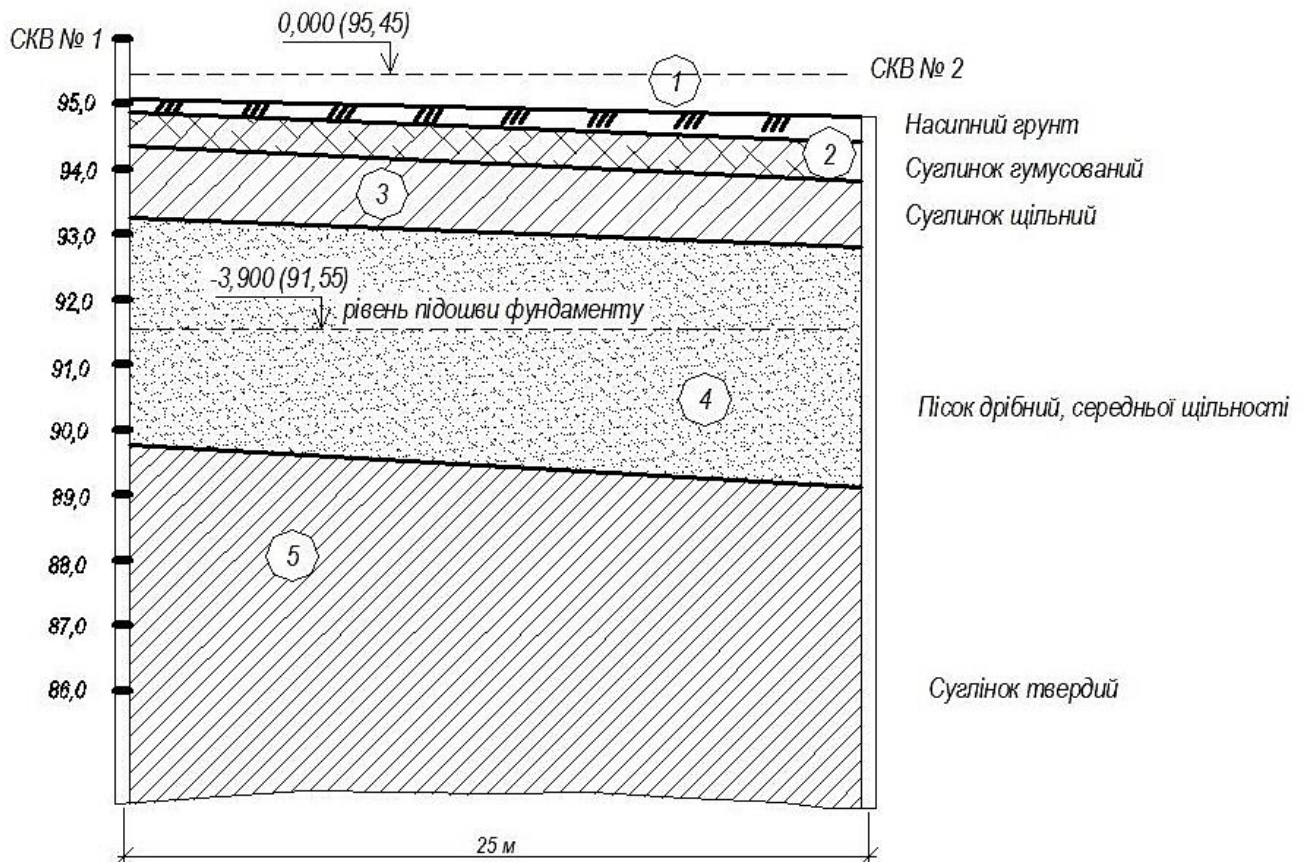


Рис. 2.3. Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика

## 2.10. Розрахунок монолітної фундаментної плити та її конструювання

Для розрахунку та конструювання монолітної фундаментної плити використовується окремий елемент комп'ютерної програми «Мономах» – «Плита» це засіб для проведення розрахунків та визначення розмірів елементів, які будуть входити в конструкцію, що розраховується. З метою реалізації вказаної процедури необхідно виконувати імпорт файлу з плитою із прикладної програми «Компоновка». Розрахунок проводиться разом з розрахунком монолітного каркасу будівлі. Плита розраховується по двом групам граничних станів – перший ГС на міцність, другий ГС на тріщиностійкість та переміщення.

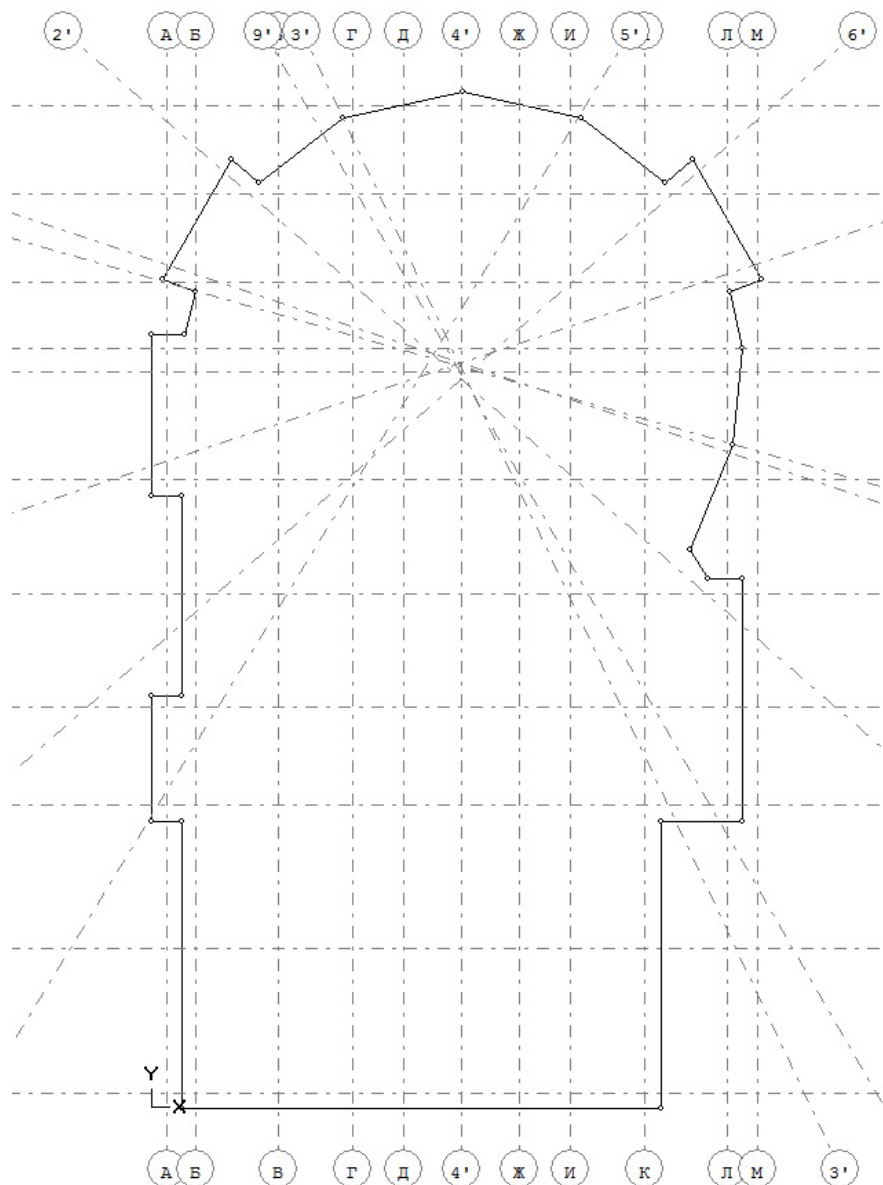


Рис. 2.4. Опалубкове креслення фундаментної плити

## Результати підбору арматури для фундаментної плити

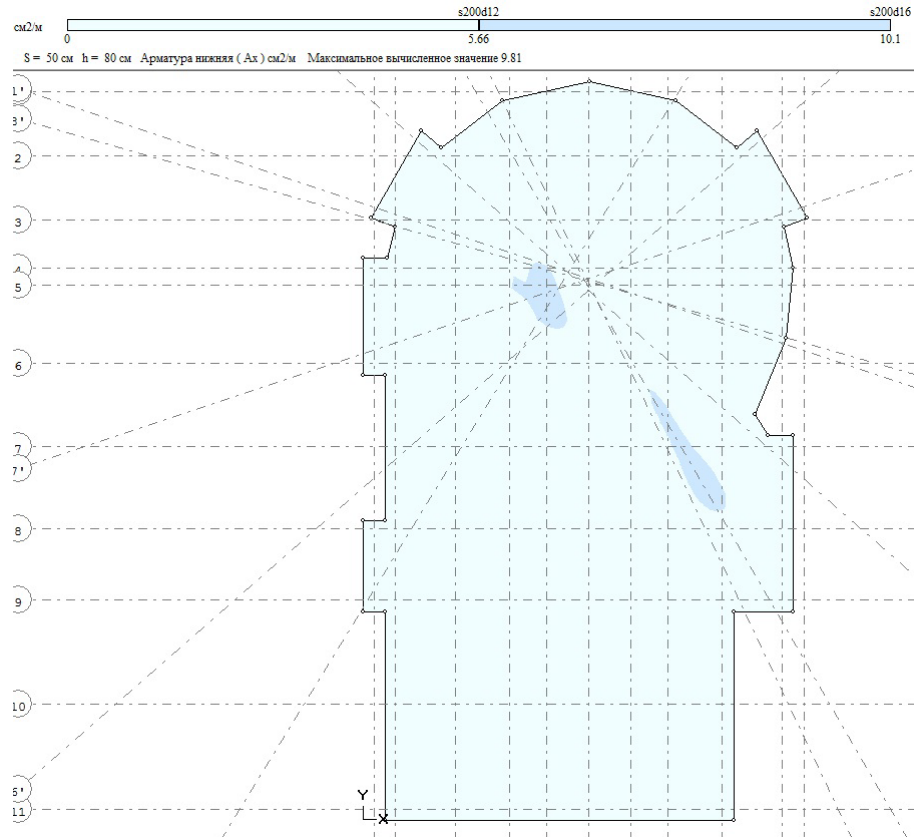


Рис. 2.5. Нижнє армування плити уздовж X

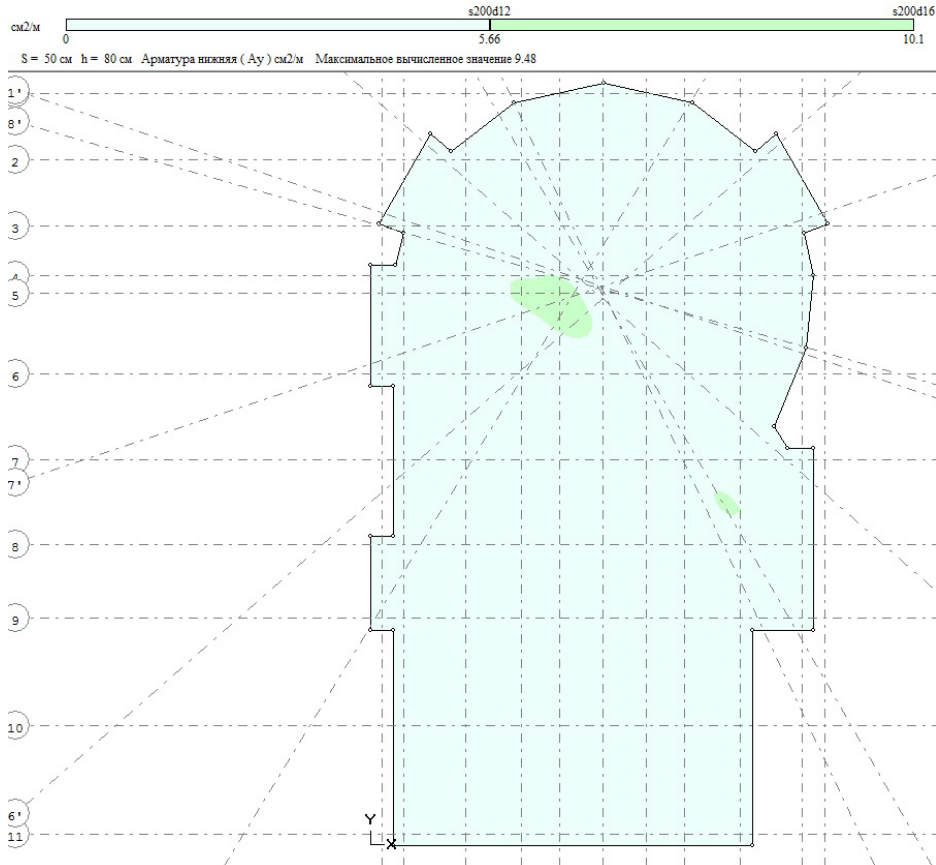


Рис. 2.6. Нижнє армування плити уздовж Y

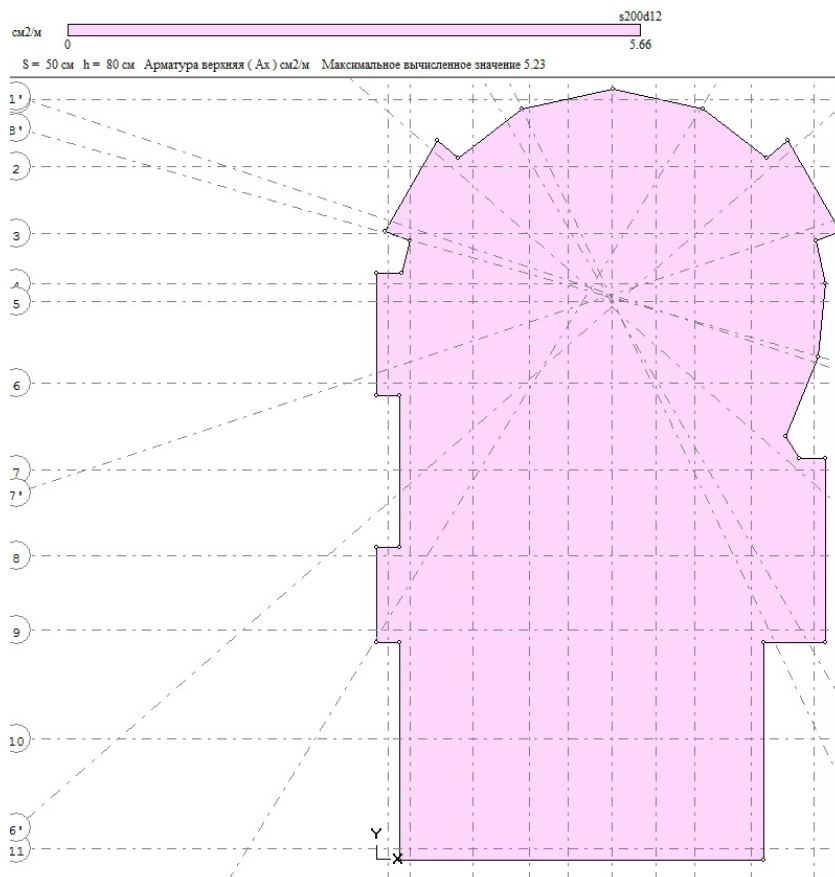


Рис2.7. Верхне армування плити у напрямку X

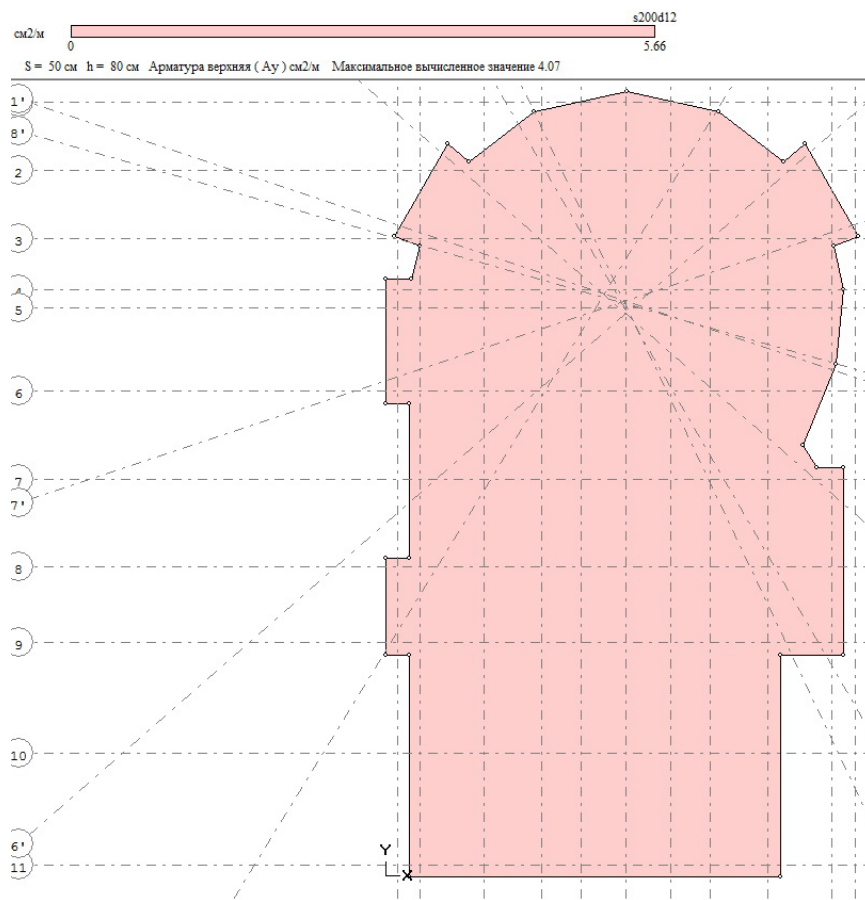


Рис. 2.8. Верхне армування плити у напрямку Y

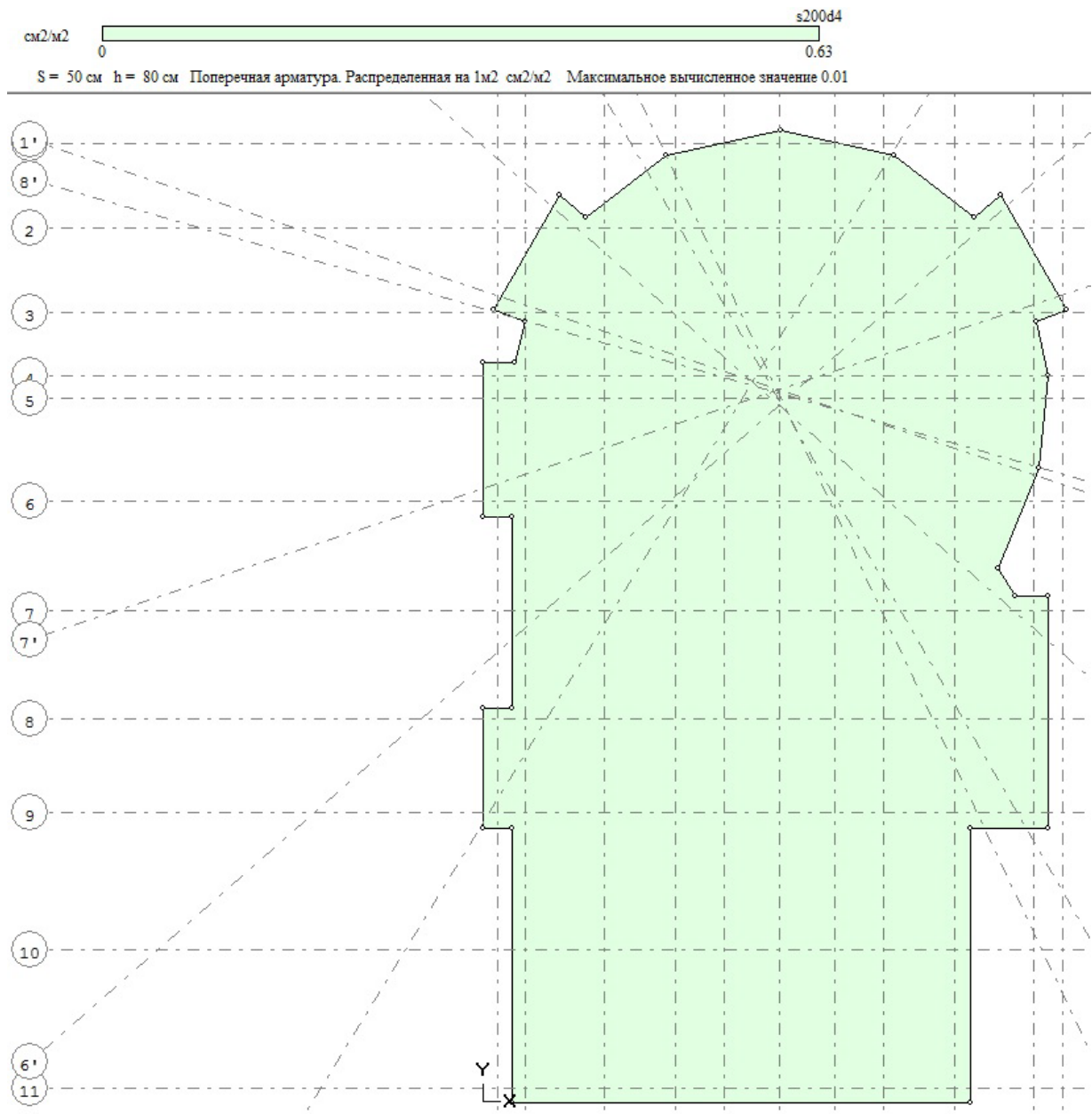


Рис. 2.9. Поперечне армування фундаментної плити

Таблиця 2.15 Характеристики матеріалів

Характеристики матеріалів	
Клас бетону	C16/20
Вид бетону	важкий
Розрахунковий опір бетону на стиск	11474
Модуль пружності бетону	2.69687e+007
Клас поздовжньої арматури (вдоль X)	A400
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	367755
Модуль пружності арматури	1.96136e+008
Клас поздовжньої арматури (вдоль Y)	A400
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	367755

Продовження таблиці 2.15 Характеристики матеріалів

Модуль пружності арматури	1.96136e+008
Клас поперечної арматури	A240
Розрахунковий опір поперечної арматури на розтяг	176523
Модуль пружності арматури	2.05943e+008
Об'ємна вага	24.517
Жорсткість пружної основи ґрунту на стиск:	1961.36
Жорсткість пружної основи ґрунту на зсув:	19613.6
Відстань від центрів тяжіння арматури:	
від нижньої грані	3
від верхньої грані	3
Розрахунок по II граничному стану	
Ширина розкриття тріщин:	
короткочасних	0.4
тривалих	0.3

Таблиця 2.16 Армування (екстремуми)

<b>Армування (екстремуми)</b>									
№ тр.	Xc (см)	Yc (см)	Кут	AX низ (см)	AY низ (см)	AX верх (см)	AY верх (см)	AX поп. (см)	AY поп. (см)
1743	1511.6	1467.2	0.0	9.81	7.34	4.00	4.00	0.01	0.01
195	614.4	2417.5	0.0	7.18	9.48	4.00	4.00	0.01	0.01
269	365.2	1967.4	0.0	4.00	4.00	5.23	4.00	0.01	0.01
370	564.6	2917.7	0.0	4.00	4.00	4.00	4.07	0.01	0.01
1	-15.0	2510.6	0.0	4.00	4.00	4.00	4.00	0.01	0.01
413	614.4	2017.4	0.0	5.39	5.12	4.00	4.00	0.01	5.78

За результатами проведених розрахунків приймається рішення про армування плити перекриття окремими стрижнями з арматури, у якої клас А400С діаметр 12 мм по нижній площині вздовж Y та X; діаметр 12 мм по верхній площині вздовж Y. У найбільш навантажених ділянках конструкції, які визначені за допомогою «Плита», армуємо додатково стержнями з арматури діаметром 12 мм та 16 мм клас А400С.

Для армування поперечних каркасів використано окремі стрижнями діаметром 8 та 10 мм класу А400С. Каркаси для підтримки виконуємо зі стрижнів діаметром 8 мм класу А400С.

При цьому, максимальна величина осадку фундаменту склало 68 мм, що не перевищує норми, яка для даного типу будівель складає 100 мм.

## **2.11 Обґрунтування вибору типу конструкції для проєктування та розрахунку**

Будівля готельно-рекреаційного центру в м. Слов'янськ представляє собою каркасно-монолітну схему та має незмішану конструктивну схему. Жорсткість у просторі набувається так як у конструктивній схемі присутні колони із залізобетону, діафрагми жорсткості, стіни та перекриття.

У монолітних конструкціях є позитивна властивість – це рівномірне осідання споруди, за рахунок чого в ній менше з'являється тріщин. Сприйняття навантажень відбувається несучим каркасом із залізобетону, відповідно товщини внутрішніх перегородок не товсті та можуть виконуватися із більш енергозберігаючих матеріалів. Позитивним моментом в монолітних конструкціях є вибір форми, що є дуже актуальним при творчих задумах.

## **2.12 Проєктування споруди у програмному комплексі «МОНОМАХ»**

### **2.12.1. Формування моделі будівлі**

Проєктування споруди виконано за допомогою програмного комплексу «МОНОМАХ».

Формування розрахункової моделі будівлі робилося у засобі «Компоновка» з урахуванням сітки плану. В активному режимі «діалог» розміщуються конструктивні елементи споруди з прив'язкою у вузли сітки плану.

Зовнішні силові фактори, які діють на елементи конструкції, завдано лінійними (тиск від вертикальних стін), рівномірно розподіленими на всю площу плити (вага підлоги; відноситься до постійного силового фактору) та рівномірно розподіленими на всю площу плити (вага інтер'єру, люди та устаткування; силовий фактор, що змінюється).

Зусилля від дії власної ваги елементів програма додає автоматично. Горизонтальні силові фактори розподіляються на конструкцію у залежності від назначеного району будівництва та напряму вітру.

Розбиття на скінченні елементи та формування розрахункової схеми споруди відбувається програмою без участі користувача. Розрахунок проводиться на статичні та динамічні впливи, за результатами яких отримуються значення преміщень, зусиль та напружень в усіх елементах споруди.

За результатами розрахунку споруди методом скінченних елементів отримуємо дані підбору та перевірки перетинів частин та елементів конструкції, формуються таблиці з даними та відбувається передача значень результатів до інших програмних засобів для конструювання елементів.

### **2.12.2. Збирання навантажень для розрахунку**

Для розрахунку споруди методом скінченних елементів використані наступні навантаження:

- навантаження обумовлено дією власної ваги конструкцій покриття і перекриття;
- корисне навантаження, що діє на плити перекриття;
- навантаження від снігового покриву;
- навантаження від вітру.

У розрахунковій схемі введені дані, згідно яких експлуатаційні силові фактори відповідно до ДБН відповідають нормативним навантаженням, а граничні силові фактори беруться по ДБН.

У такому разі у програмах «Мономах», які відповідають за конструювання, розрахунок арматури по міцності виконується за граничними навантаженнями, розрахунок конструкцій за тріщиностійкістю за експлуатаційними навантаженнями.

Збирання навантажень для розрахунку показано у таблицях 2.17-2.19. Показанні значення величин вводяться у програмний комплекс «МОНОМАХ».

Таблиця 2.17 Збирання навантажень на 1м<sup>2</sup> покриття

№ пп	Найменування навантаження	Характеристичне навантажен., кПа	Коефіцієнти		Розрахункове навантаження, кПа
			$\gamma_f$	$\gamma_n$	
	<i>Постійне навантаження</i>				
1	Рулонний килим, $\delta = 0,015$ м, $\rho_m = 600$ кг/м <sup>3</sup>	0,120	1,1	0,95	0,125
2	Стяжка з цементно-піщаного розчину М100, армована сіткою 150×150 діам. 4 Вр-I, $\delta = 0,04$ м, $\rho_m = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	0,720	1,2	0,95	0,821
3	Утеплювач –плити з екструдованого пінополістиролу марки URSA XPS N - III, $\delta = 0,2$ м, $\rho_m = 35$ кг/м <sup>3</sup>	0,070	1,3	0,95	0,0865
4	Пароізоляційна плівка	0,014	1,2	0,95	0,016
5	Цементно-піщана стяжка, $\delta =$ 0,02 м, $\rho_m = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	0,360	1,2	0,95	0,410
6	Залізобетонна плита покриття, $\delta = 0,16$ м, $\rho_m = 2500$ кг/м <sup>3</sup>	Навантаження враховується програмою автоматично			
Всього:		1,284			1,459
	<i>Змінне навантаження</i>				
	снігове	0,880	1,14	0,95	0,953
	<i>Повне навантаження</i>	2,164			2,412

Таблиця 2.18 Збирання навантаження від дії зовнішніх стін

№ пп	Найменування навантаження	Характеристичне навантажен., кПа	Коефіцієнти		Розрахункове навантаження, кПа
			$\gamma_f$	$\gamma_n$	
	<i>Постійне навантаження</i>				
1	Цементно-піщаний розчин, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1600$ кг/м <sup>3</sup>	0,320	1,2	0,95	0,365
2	Блоки пінобетонні, $\delta = 0,3$ м, $\rho_m = 800$ кг/м <sup>3</sup>	2,400	1,2	0,95	2,736
3	Утеплювач – скловолокнисті плити марки URSA GEO Фасад $\delta = 0,1$ м, $\rho_m = 34$ кг/м <sup>3</sup>				
Всього:		2,754			3,143

Таблиця 2.19 Збирання навантажень на 1м<sup>2</sup> перекриття

№ пп	Найменування навантаження	Характеристичне навантажен., кПа	Коефіцієнти		Розрахункове навантаження, кПа
			$\gamma_f$	$\gamma_n$	
	<i>Постійне навантаження</i>				
1	Керамічна плитка на цементно - піщаному розчині, $\delta = 0,015$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,285	1,1	0,95	0,298
2	Цементно-піщана стяжка, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	0,360	1,2	0,95	0,410
3	Утеплювач – URSA XPS N-III $\delta = 0,05$ м, $\rho_m = 90$ кг/м <sup>3</sup>	0,045	1,3	0,95	0,056
4	Цементно-піщана стяжка, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	0,360	1,2	0,95	0,410
5	Залізобетонна плита перекриття, $\delta = 0,16$ м, $\rho_m = 2500$ кг/м <sup>3</sup>	Навантаження враховується програмою автоматично			
Всього:		1,05			1,174
	<i>Змінне навантаження, у т.ч.:</i>	2, 0			2,280
	квазіпостійне	0,85	1,2	0,95	0,969
	короткочасне	1,15	1,2	0,95	1,311
	<i>Повне навантаження</i>	3,05			3,454

### 2.12.3. Розрахунок споруди. Результати розрахунку

Діагностика та виявлення помилок скінченно-елементної розрахункової моделі виконується програмою під час розрахунку. У випадку, коли є однакові об'ємні конструктивні виконання у розрахунковій моделі, наприклад поверхи, створюється один, він же підлягає розрахунку, а потім вже копіюється у необхідній кількості з результатами розрахунку.

Наступний крок – розрахунок методом скінченних елементів. Це є дуже вагомий та головний етап у розрахунку, так як на основі його висновків та результатів аналізуються та приймаються результуючі технологічні та конструктивні рішення і виявляються «вузькі» місця у конструкції, які необхідно усунути та не допустити їх появу. Далі відбувається передача значень результатів до інших програмних засобів для конструювання елементів.



## 2.13 Розрахунок і конструювання монолітної плити перекриття

Для розрахунку та конструювання монолітної залізобетонної плити перекриття використовується окремий елемент комп'ютерної програми «Мономах» – «Плита» це засіб для проведення розрахунків та визначення розмірів елементів, які будуть входити в конструкцію, що розраховується. З метою реалізації вказаної процедури необхідно виконувати імпорт файлу з плитою із прикладної програми «Компоновка». Плита розраховується по двом групам граничних станів – перший ГС на міцність, другий ГС на тріщиностійкість та переміщення. Результати розрахунку від дії статичних силових факторів представлено на рисунках 2.13 і 2.14.

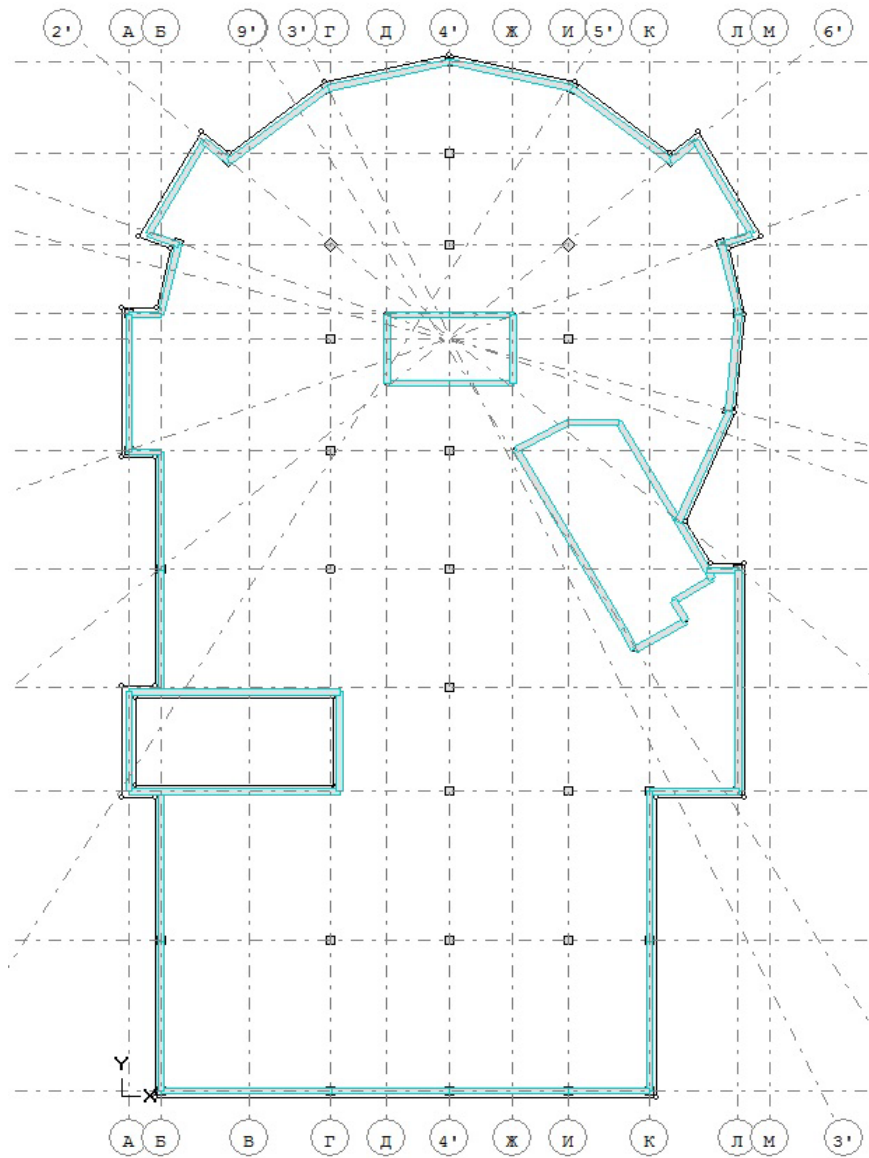


Рис. 2.12 Опалубкове креслення плити перекриття першого поверху

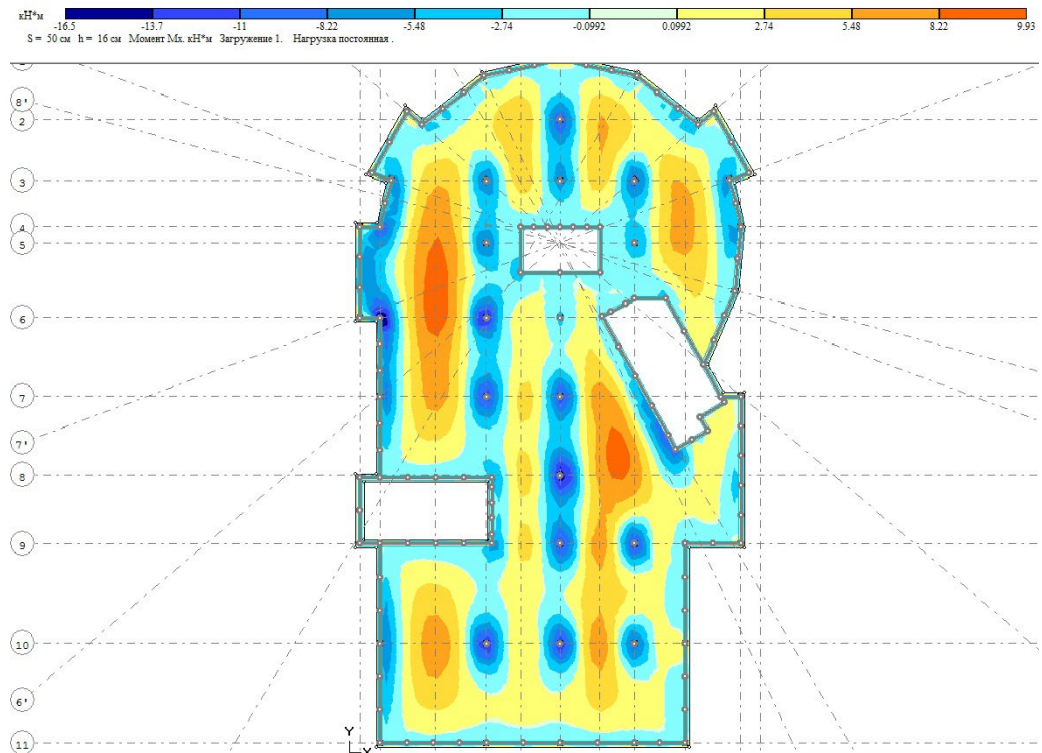


Рис. 2.13 Ізополя згинальних моментів відносно осі X в елементах плити перекриття при дії постійного навантаження

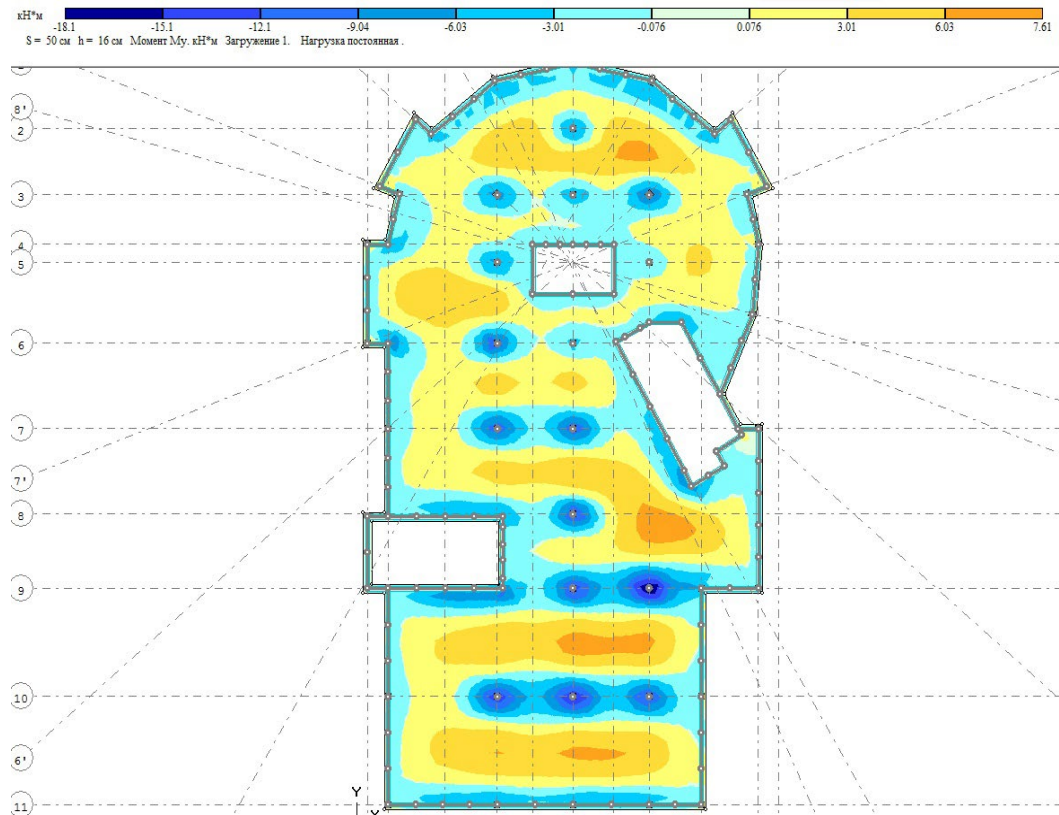


Рис. 2.14 Ізополя згинальних моментів відносно осі Y в елементах плити перекриття при дії постійного навантаження

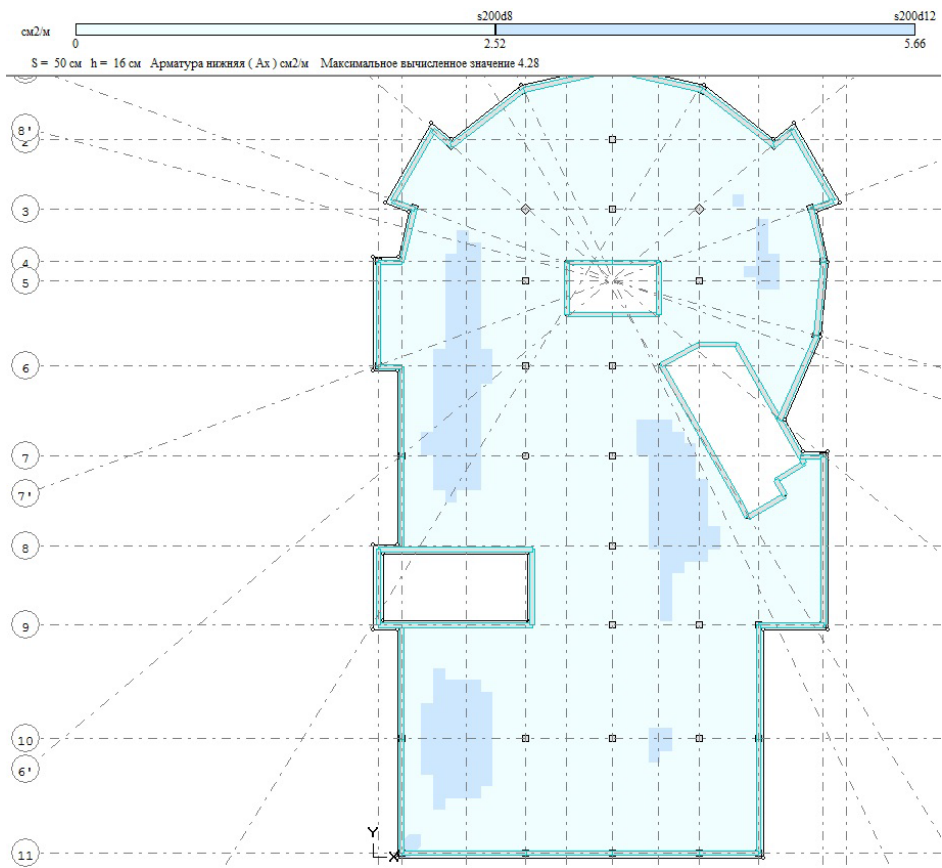


Рис. 2.15 Армования плиты по нижней плоскости вдоль X

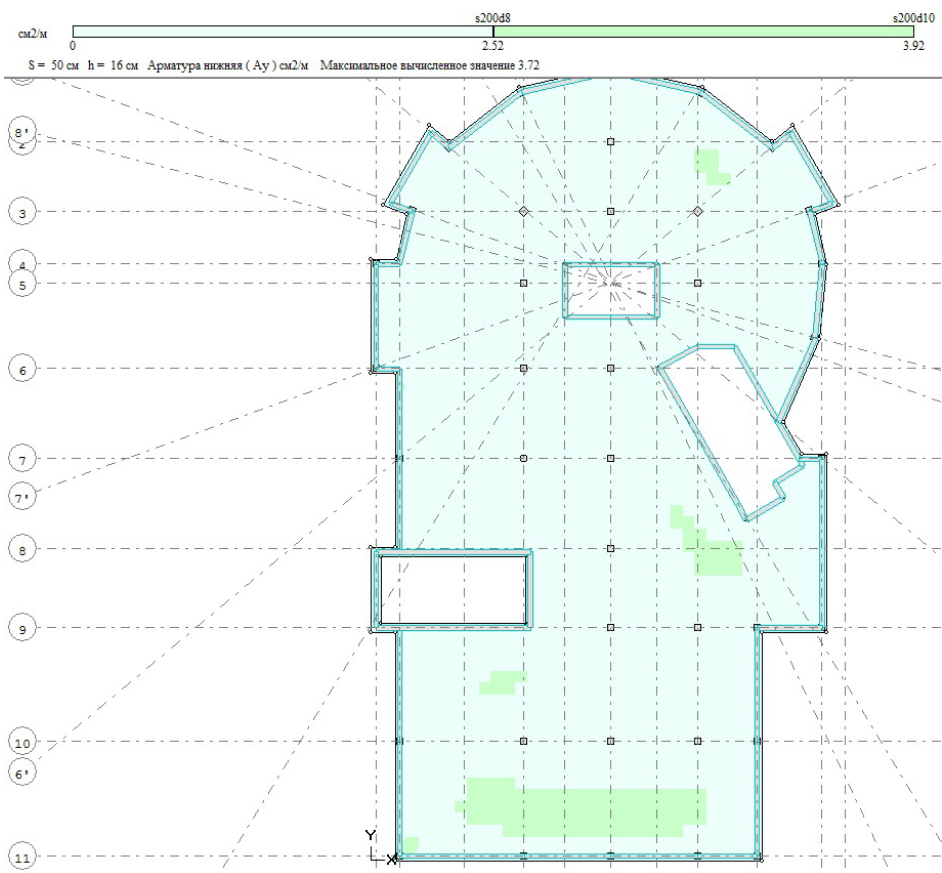


Рис. 2.16 Армования плиты по нижней плоскости вдоль Y

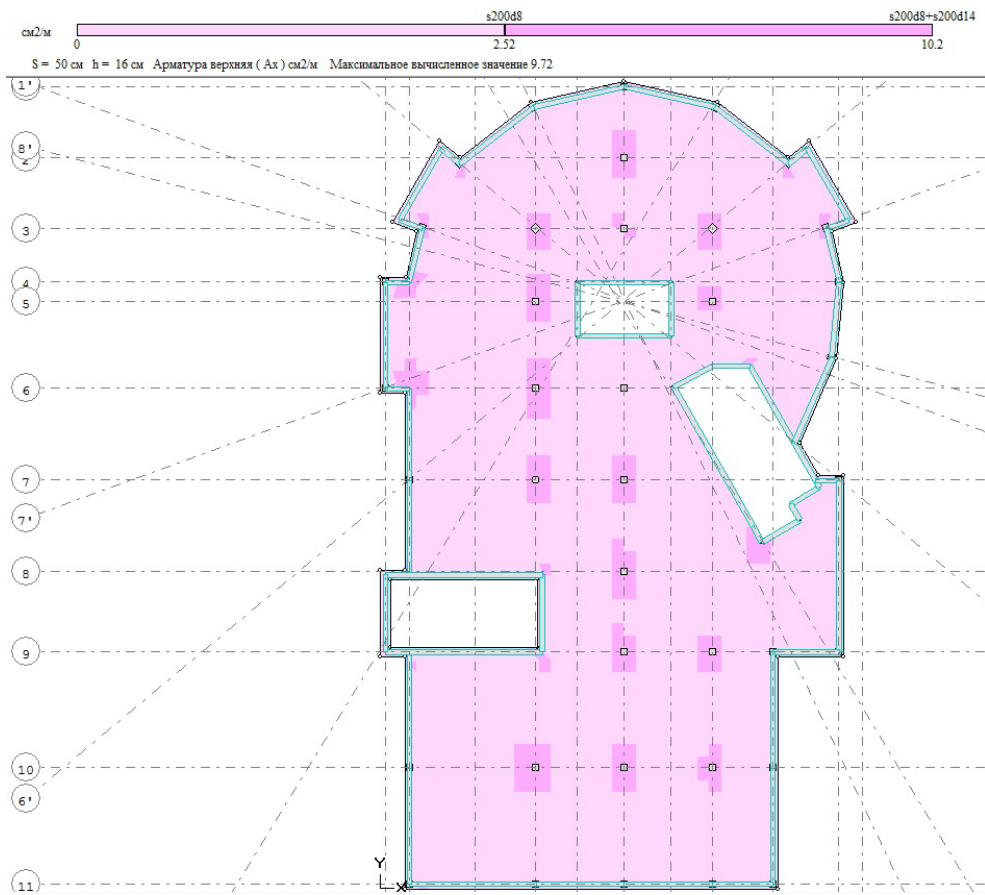


Рис. 2.17 Армование плиты по верхней плоскости вдоль X

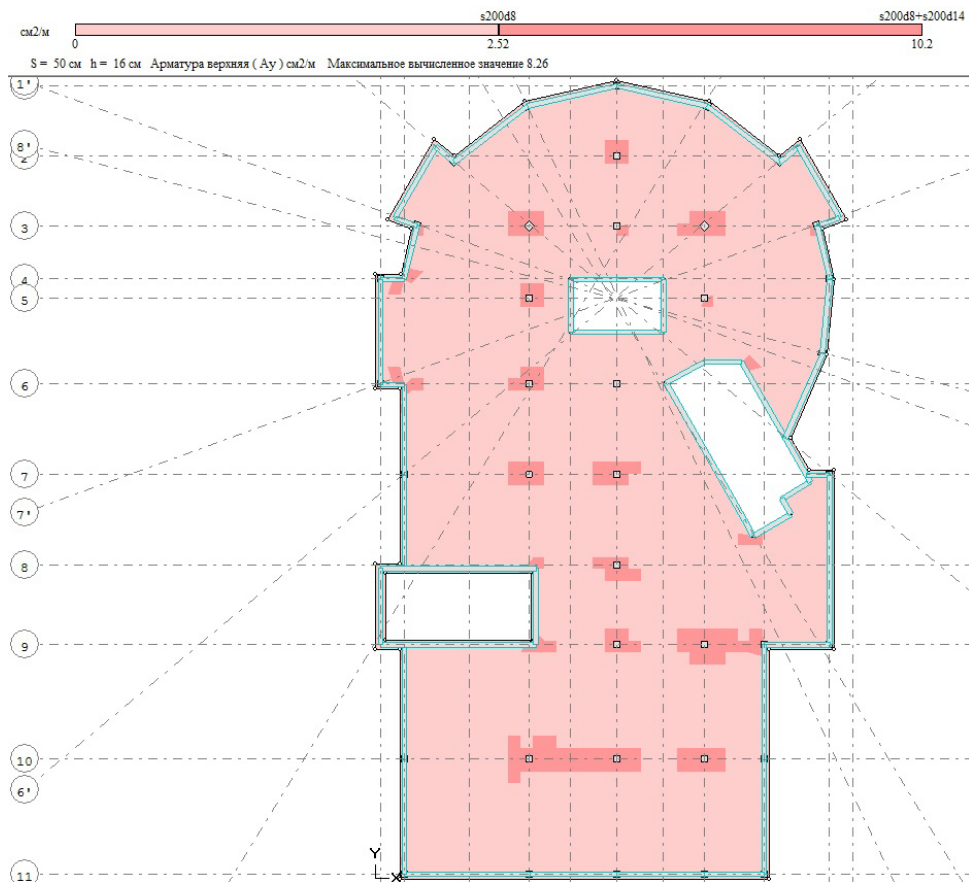


Рис. 2.18 Армование плиты по верхней плоскости вдоль Y

Характеристики матеріалів	
Клас бетону	C20/25
Вид бетону	- важкий
Розрахунковий опір бетону на стиск	1480
Модуль пружності бетону	3.06e+006
Клас поздовжньої арматури (вздовж X)	A400
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	37500
Модуль пружності арматури	2e+007
Клас поздовжньої арматури (вздовж Y)	A400
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	37500
Модуль пружності арматури	2e+007
Клас поперечної арматури	A400
Розрахунковий опір поперечною арматури на розтяг	30000
Модуль пружності арматури	2e+007
Об'єм вага	2.5
Жорсткість пружної основи гурнту на стиск:	0
Жорсткість пружної основи гурнту на зсув:	0
Відстань від центрів тяжіння арматури:	
від нижньої грані	3
від верхньої грані	3
Розрахунок по II граничному стану виконувався	
Ширина розкриття тріщин:	
короткочасних	0.4
тривалих	0.3

Переміщення (екстремуми)							
Невузла	X (см)	Y (см)	Переміщення Z (мм)	Невузла	X (см)	Y (см)	Переміщення Z (мм)
1325	1293.0	1376.0	-4.212519	519	80.0	434.7	0.362812

Сполучення зусиль (екстремуми)						
Нетр.	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	R
1245	-3.53	-2.92	0.23	29.94	0.44	0.00
975	-1.85	-3.00	-0.11	14.67	0.30	0.00
1208	-1.53	-0.28	1.54	4.99	3.23	0.00
1443	-1.70	-1.80	-1.11	49.29	8.79	0.00
1265	0.18	0.09	-0.82	-21.08	40.38	0.00
1	0.57	0.50	-0.64	0.28	4.18	0.00

Армування (екстремуми)									
Нетр.	Xc (см)	Yc (см)	Кут	AX низ (см)	AY низ (см)	AX верх (см)	AY верх (см)	AX поп. (см)	AY поп. (см)
1347	350.3	2040.8	0.0	4.28	0.80	0.80	0.80	0.01	0.01
176	653.3	196.1	0.0	0.80	3.72	0.80	0.80	0.01	0.01
1225	103.8	2018.9	0.0	0.80	0.80	9.72	5.00	0.01	9.24
975	1381.0	954.8	0.0	0.80	0.80	5.59	8.26	7.05	0.01
1443	1585.2	1411.2	0.0	0.80	0.80	6.20	6.38	94.29	4.23
1265	53.3	2036.7	0.0	2.10	1.94	0.80	0.80	10.98	71.44

За результатами проведених розрахунків приймається рішення про армування плити перекриття окремими стрижнями з арматури, у якої клас А400С діаметр 8 мм, по нижній площині вздовж Y та X; діаметр 8 мм, по верхній площині вздовж Y та X.

У найбільш навантажених ділянках конструкції, які визначені за допомогою «Плита», армуємо додатково стержнями з арматури діаметром 10 мм, 12 мм та 14 мм клас А400С.

## 2.14 Розрахунок і конструювання колон і стін

Для розрахунку та конструювання монолітних залізобетонних колон використовується окремий елемент комп'ютерної програми «Мономах» – «Колона» це засіб для проведення розрахунків та визначення розмірів елементів, які будуть входити в конструкцію, що розраховується. З метою реалізації вказаної процедури необхідно виконувати імпорт файлу із прикладної програми «Компоновка». Колони розраховується по двом групам граничних станів.

Результати розрахунку дали змогу визначити потрібну площу перерізу арматури кожного окремого конструктивного елемента колони виконати їх конструювання.

На рисунках 2.19 і 2.20 показано маркувальну схему колон та стін.

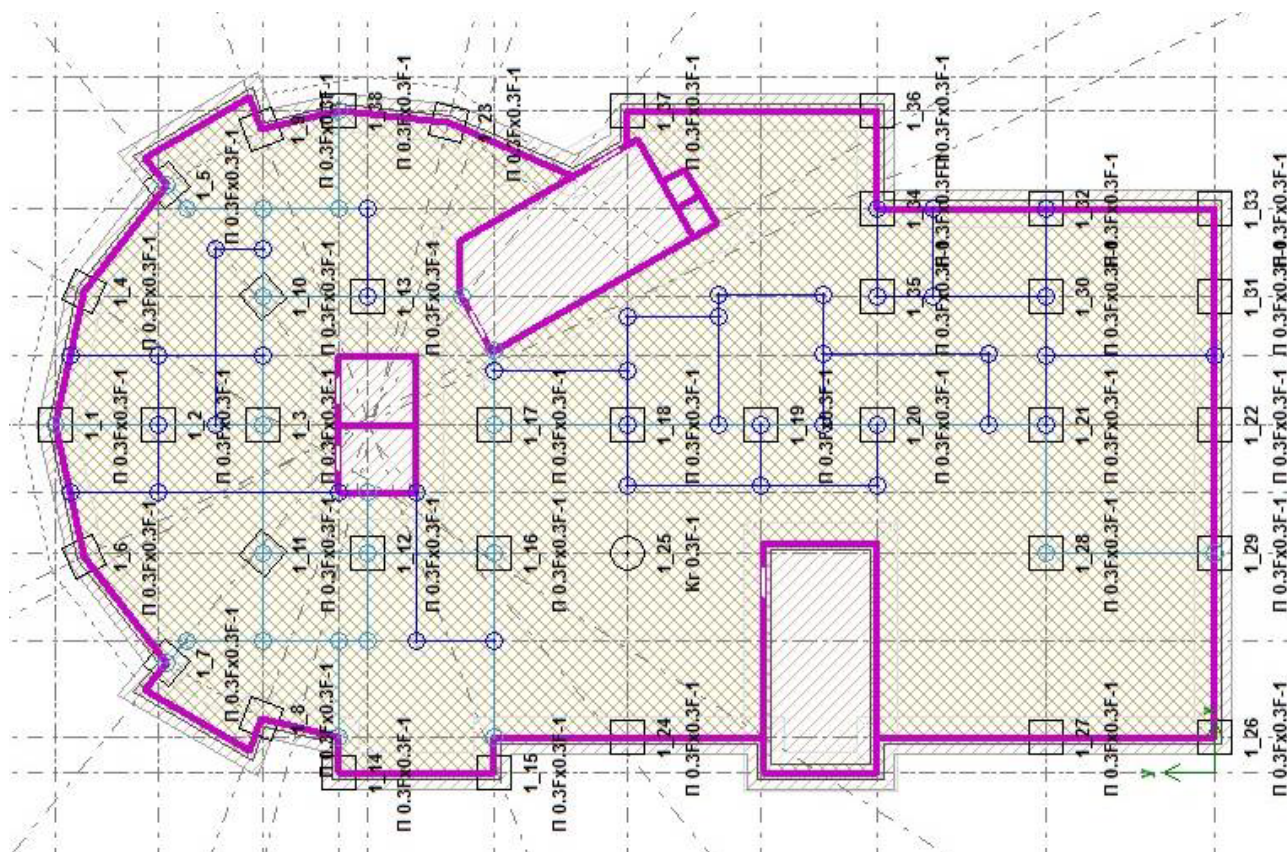


Рис. 2.19 Маркувальна схема розміщення колон з нумерацією

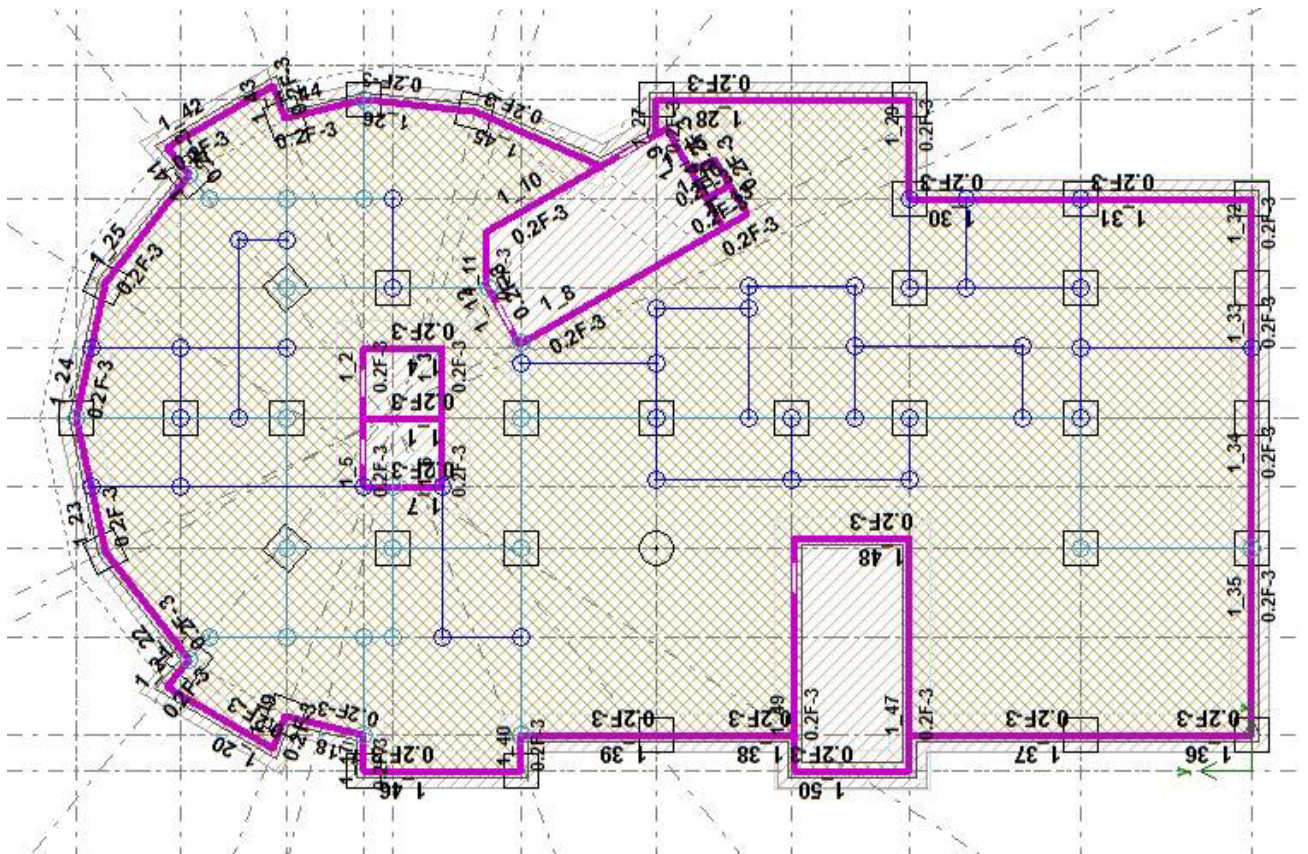


Рис. 2.20 Маркувальна схема розміщення стін з нумерацією

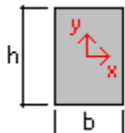
Результати розрахунку наведені на четвертому листі у графічній частині магістерської роботи. Нижче представлений вигляд розрахунку колони Км-2.

### Км-2

<b>Бетон</b>	
Класс	B20
<b>Арматура</b>	
Класс продольной	A-III
Класс поперечной	A-I
Расчетный диаметр продольной, мм	40
Защитный слой продольной, мм	20
Привязка продольной, мм	40
Используемый сортament продольной	12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40

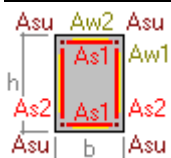
**Требования**  
 Расчет по раскрытию трещин  
 Выделять угловые стержни  
 Вязаный каркас. Модуль уменьшения шага поперечной арматуры 25 мм

**Сечение**



Размеры, мм:	
b	300
h	300
Площадь, см <sup>2</sup>	900

**Расчетное армирование**



	Км 1 2 (1 2)	Км 1 2 (2 2)
Asu	2.01	2.01
полная	8.044	8.044
по прочности	8.044	8.044
% армирования	0.89	0.89
Поперечная арматура, см2/м	0	0
Продольная арматура, см2:		
полная	8.044	8.044
по прочности	8.044	8.044
% армирования	0.89	0.89
Поперечная арматура, см2/м	0	0
Ширина раскрытия трещин, мм:		
непродолжительного	0	0
продолжительного	0	0
<b>Расстановка продольной арматуры</b>		
Армирование симметричное		
	Км 1 2 (1 2)	Км 1 2 (2 2)
угловые	4Ø16	4Ø16
Всего	4Ø16	4Ø16
Площадь арматуры, см2	8.04248	8.04248
% армирования	0.89	0.89
<b>Анкеровка продольной арматуры</b>		
Диаметр стержня, мм	Длина анкеровки, мм	Длина нахлестки, мм
16	390	470
<b>Расстановка поперечной арматуры</b>		
	Км 1 2 (1 2)	Км 1 2 (2 2)
Зона анкеровки, мм:	4Ø6	4Ø6
шаг	150	150
привязка 1-го	50	50
зона раскладки	450	450
привязка последнего	500	500
Основная зона, мм:	11Ø6	12Ø6
шаг	200	200
привязка 1-го	700	700
зона раскладки	2000	2200
привязка последнего	2700	2900
Доборный, мм:	1Ø6	1Ø6
шаг	90	190
привязка	2790	3090
расст. до верха	50	50
Площадь арматуры, см2/м	2.82743	2.82743

## 2.15 Розрахунок і конструювання діафрагм жорсткості

Для розрахунку та конструювання монолітних діафрагм жорсткості використовується окремий елемент комп'ютерної програми «Мономах» – «Разрез (стена)» це засіб для проведення розрахунків та визначення розмірів елементів, які будуть входити в конструкцію, що розраховується. З метою реалізації вказаної процедури необхідно виконувати імпорт файлу із прикладної програми «Компоновка». Діафрагми розраховується по двом групам граничних станів.

Результати розрахунку дали змогу визначити характеристики для діафрагм жорсткості, вони виконуються з важкого бетону клас С16/20, армування виконано стержнями з арматури (робоча арматура у повздовжньому напрямку А400С) з різними діаметрами від 6 мм до 10 мм. Арматура у поперечному напрямку має клас А240С. У розрахунок прийнято дві діафрагми з відмінністю у наявності в однієї отворів.

## Значення підбору розмірів арматури СМ-1 (переріз 1)

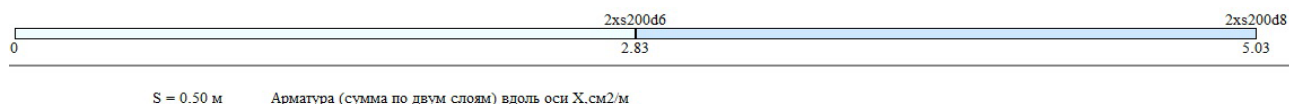


Рис. 2.21 Армование вдоль X

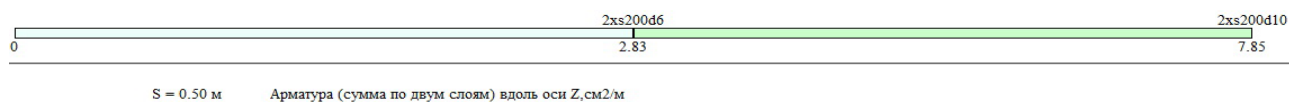
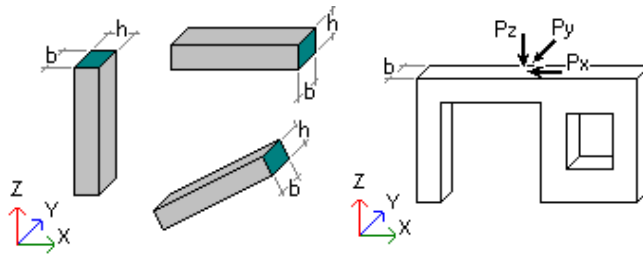


Рис. 2.22 Армование вдоль Z



### СТІНИ

N вузла	X	Y	N вузла	X	Y
Елемент перерізу N 1. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	0.0	2	3.9	3.0
3	1.95	3.0	4	1.95	0.0
5	2.575	0.0	6	2.575	2.1
7	3.275	2.1	8	3.275	0.0
Елемент перерізу N 2. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	0.0	2	0.0	3.0
3	1.95	3.0	4	1.95	0.0
5	1.325	0.0	6	1.325	2.1
7	0.625	2.1	8	0.625	0.0
Елемент перерізу N 3. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	3.0	2	3.9	6.3
3	1.95	6.3	4	1.95	3.0
5	2.575	3.0	6	2.575	5.1
7	3.275	5.1	8	3.275	3.0
Елемент перерізу N 4. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	3.0	2	0.0	6.3
3	1.95	6.3	4	1.95	3.0
5	1.325	3.0	6	1.325	5.1
7	0.625	5.1	8	0.625	3.0
Елемент перерізу N 5. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	6.3	2	3.9	9.6
3	1.95	9.6	4	1.95	6.3
5	2.575	6.3	6	2.575	8.4
7	3.275	8.4	8	3.275	6.3
Елемент перерізу N 6. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	6.3	2	0.0	9.6
3	1.95	9.6	4	1.95	6.3
5	1.325	6.3	6	1.325	8.4
7	0.625	8.4	8	0.625	6.3
Елемент перерізу N 7. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	9.6	2	3.9	12.9
3	1.95	12.9	4	1.95	9.6
5	2.575	9.6	6	2.575	11.7
7	3.275	11.7	8	3.275	9.6
Елемент перерізу N 8. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	9.6	2	0.0	12.9
3	1.95	12.9	4	1.95	9.6
5	1.325	9.6	6	1.325	11.7
7	0.625	11.7	8	0.625	9.6
Елемент перерізу N 9. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	12.9	2	3.9	16.2
3	1.95	16.2	4	1.95	12.9
5	2.575	12.9	6	2.575	15.0
7	3.275	15.0	8	3.275	12.9
Елемент перерізу N 10. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	12.9	2	0.0	16.2
3	1.95	16.2	4	1.95	12.9
5	1.325	12.9	6	1.325	15.0
7	0.625	15.0	8	0.625	12.9

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ

N	Найменування	Тип	Модуль пружності	Коефф. Пуассона	Об'ємна вага	Деталі	Відстань до ц.т. арматури	Розрахунок по II гран. стану
1	Стіна	бетон	3000000.0	0.20	2.5	ДБН В.2.6-98-2009, С16/20, А400, А240	3.0	Так

### КОЕФІЦІЄНТИ НАВАНТАЖЕНЬ

Завантаження	Постійна	Тривала	Короткочасна	Сейсмічна	Вітрова
Надійності	1.1	1.2	1.2	5.0	1.0
Тривалості	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
1-е осн. спол.	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
2-е осн. спол.	1.0	0.95	0.9	0.9	0.0
3-е особ. спол.	0.9	0.8	0.5	0.0	1.0

## Значення підбору розмірів арматури СМ-2 (переріз 2)



Рис. 2.23 Армування вздовж X

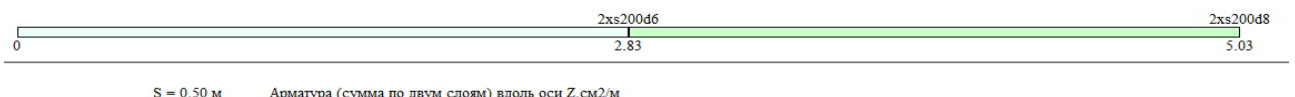
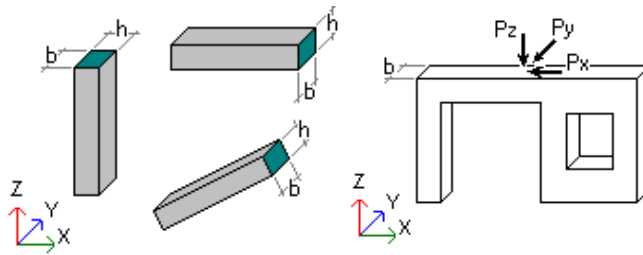


Рис. 2.24 Армування нижнє вздовж Z



#### СТІНИ

Довжина, координати : м

N вузла	X	Y	N вузла	X	Y
Елемент перерізу N 1. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	0.0	2	3.9	3.0
3	1.95	3.0	4	1.95	0.0
Елемент перерізу N 2. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	0.0	2	0.0	3.0
3	1.95	3.0	4	1.95	0.0
Елемент перерізу N 3. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	3.0	2	3.9	6.3
3	1.95	6.3	4	1.95	3.0
Елемент перерізу N 4. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	3.0	2	0.0	6.3
3	1.95	6.3	4	1.95	3.0
Елемент перерізу N 5. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	6.3	2	3.9	9.6
3	1.95	9.6	4	1.95	6.3
Елемент перерізу N 6. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	6.3	2	0.0	9.6
3	1.95	9.6	4	1.95	6.3
Елемент перерізу N 7. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	9.6	2	3.9	12.9
3	1.95	12.9	4	1.95	9.6
Елемент перерізу N 8. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	9.6	2	0.0	12.9
3	1.95	12.9	4	1.95	9.6
Елемент перерізу N 9. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	3.9	12.9	2	3.9	16.2
3	1.95	16.2	4	1.95	12.9
Елемент перерізу N 10. ТОВЩИНА СТІНИ 20, МАТЕРІАЛ Стіна					
1	0.0	12.9	2	0.0	16.2
3	1.95	16.2	4	1.95	12.9

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ

N	Найменування	Тип	Модуль пружності	Коефф. Пуассона	Об'ємна вага	Деталі	Відстань до ц.т. арматури	Розрахунок по II гран. стану
1	Стіна	бетон	29420370.0	0.20	24.52	ДБН В.2.6-98-2009, С16/20, А400, А240	3.0	Так

#### КОЕФІЦІЄНТИ НАВАНТАЖЕНЬ

Завантаження	Постійна	Тривала	Короткочасна	Сейсмічна	Вітрова
Надійності	1.1	1.2	1.2	5.0	1.0
Тривалості	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
1-е осн. спол.	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
2-е осн. спол.	1.0	0.95	0.9	0.9	0.0
3-е особ. спол.	0.9	0.8	0.5	0.0	1.0

Коефіцієнт надійності по відповідальності: 1

Результати розрахунку дали змогу визначити потрібну площу перерізу окремих стрижнів з арматури класу А400С для армування діафрагми жорсткості (розріз 1, 2), які склали 6 мм уздовж осей Х та Z. У найбільш навантажених ділянках конструкції, армуємо додатково стержнями з арматури діаметром 8 мм та 10 мм клас А400С. Результати наведені п'ятому листі у графічній частині магістерської роботи.

## РОЗДІЛ 3

### ОБЧИСЛЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРОСТАННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ЗБІЛЬШЕННЯ ПЕРЕРІЗІВ З ЗАКРІПЛЕННЯМ ДОДАТКОВОГО АРМУВАННЯ

#### 3.1 Збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування, встановлення рубашок та влаштування обойм

Збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування, встановлення рубашок та влаштування обойм з паралельним додатковим армуванням розповсюджене у нашій країні та за її межами [13, 21].

Проведення таких видів робіт по збільшенню несучої здатності конструкцій вимагає поєднання старого та нового бетонів, при цьому міцність та надійність в з'єднанні є головними критеріями для подальшої процедури робіт зі складеним бетонним перерізом із двох різних вікових груп [23].

Надійність з'єднання двох видів бетонів показана у чисельно-експериментальних дослідженнях за умови виконання суворих правил виконання технологічного процесу. Так у різниці в один рік між бетонами, сили поєднання знижуються на 12-18 % [24, 25].

В конструкціях, де виконується підсилення за допомогою обойм, бетон повинен мати високі пластичні властивості, для проникнення у вузькі простори та області заповнення з арматурою [22].

Для конструкцій, в яких збільшення несучої здатності отримується за допомогою застосування рубашок і нарощувань найбільш доцільно використовувати бетон на нормальному портландцементі [26].

З метою проникнення бетону у вузькі простори, області, зазори та щілини використовуються прилади, які викликають вібрацію. Відомі для застосування глибинні та навісні вібратори.

Підвищення шорсткості площини поверхонь робиться за рахунок нанесення насічок, це є трудомістким процесом при виконанні будівельних робіт. Для цього використовують перфоратори зі спеціальними насічними

бурами [14]. Також застосовують металеві щітки, для обробки контактної поверхні елементів.

Всі контактні поверхні перед проведенням робіт з заливкою бетону мають бути досконало вимиті струменем води під тиском. В інтервалі від однієї години до півтора години до улаштування нового бетону має відбуватися змочування та промивання, щоб площини поверхонь були зволожені а не сильно мокрі [27, 28].

Проведений бібліографічний аналіз дозволяє виділити переваги та недоліки збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування.

Позитивні аспекти збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування:

а) економія по витраті на матеріали у порівнянні з досягнутим ефектом по збільшенню несучої здатності вузлів конструкцій;

б) збільшення габаритів конструкцій, які підлягають підсиленню, не є досить значними;

в) підсилюючі конструкції мають велику надійність та є універсальними, тому їх можна використовувати для їх виправлення;

г) забезпечується головна властивість, якою володіє залізобетон – це монолітність та конструкції підсилення володіють органічною ідентичністю з залізобетонними конструкціями;

д) виправлення та збільшення несучої здатності конструкцій може бути зроблені у дуже непомітний засіб;

Негативні аспекти збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування:

а) важкість конструктивного поєднання, що констатується у проведенні багатьох процесів;

б) збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування відбувається з допоміжними роботами по установці додаткового обладнання та виконується розкриття арматури у конструкціях на яких проводяться роботи.

в) методи збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування знизу проводяться під стелею у плитах;

г) проведення бетонних робіт тонких елементів в обмеженому просторі;  
 д) необхідне скрупульозне, грамотне та надійне технічне керування усіх процесів від підготовки до монтажу та бетонування.

### 3.2 Способи збільшення несучої здатності конструкцій за рахунок нарощування

На сьогодні плити перекриття з моноліту підсилюють за рахунок нарощування, тобто бетонуванням ще однієї залізобетонної плити зверху існуючої. Показані основні методи збільшення несучої здатності плит перекриття за рахунок нарощування перерізу:

1) Збільшення поперечного перерізу з монолітного бетону зверху (рис. 3.1):

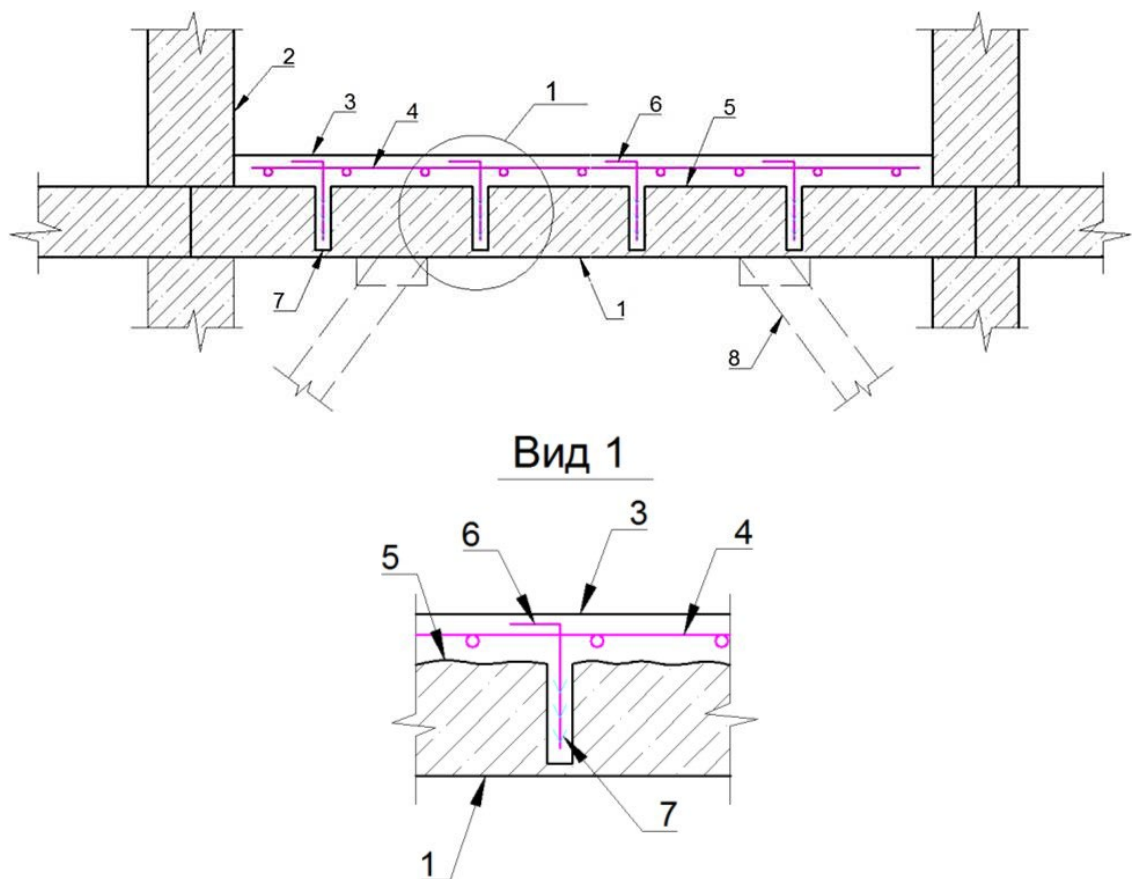


Рис. 3.1 Збільшення несучої здатності плити перекриття за рахунок нарощування зверху: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 – бетонні стіни; 3 – додавання монолітного бетону зверху; 4 – додаткова арматурна сітка; 5 – площа плити, яка підготовлена до бетонування; 6 – допоміжні Г-образні анкери; 7 - отвори для анкерів з кроком 1 м; 8 – технологічні підтримуючі підкоси для усунення прогину плити

2) Збільшення поперечного перерізу з монолітного бетону знизу (рис. 3.2):

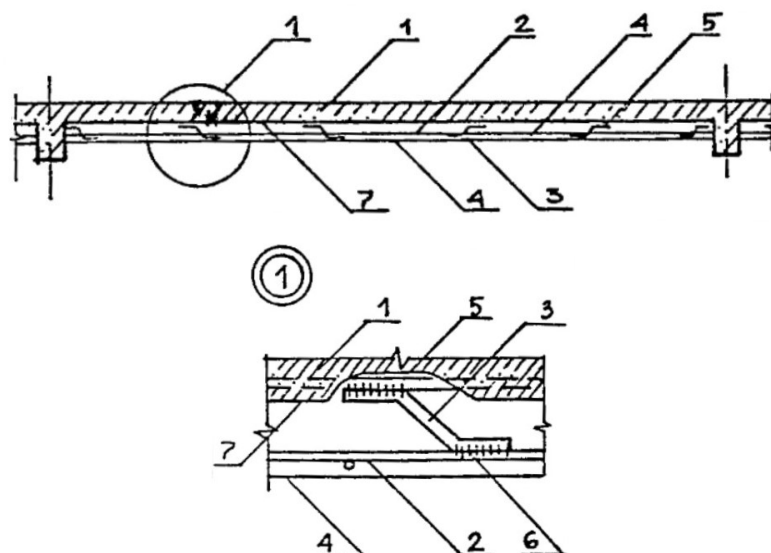


Рис. 3.2 Збільшення несучої здатності плити перекриття за рахунок нарощування знизу: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 – арматура, яка працює у підсиленому шарі; 3 – відгини з арматури; 4 – торкретбетон підсилення; 5 – вилучений захисний шар бетону; 6 – ділянки зі зварюванням; 7 – нижня площина плити

3) Додавання монолітного шару у верхній частині зі встановленням залізобетонних шпонок (рис. 3.3):

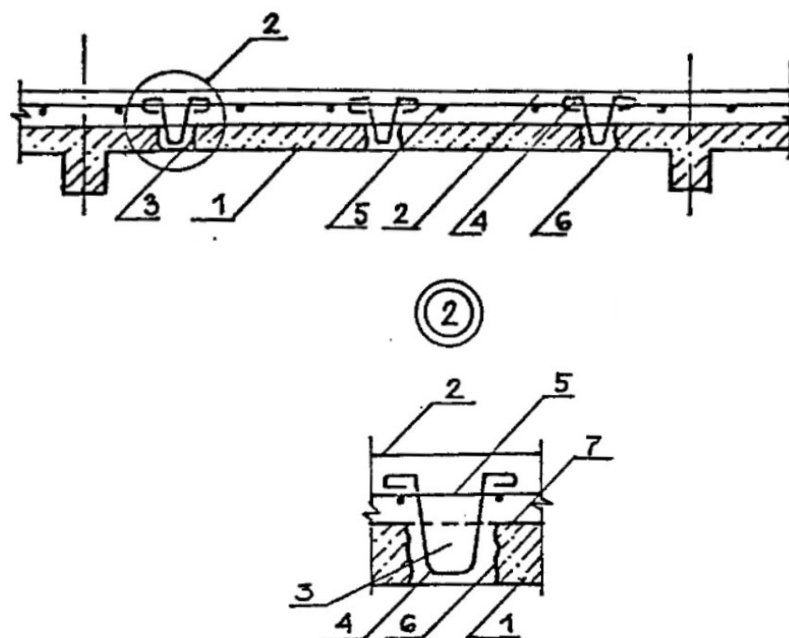


Рис. 3.3 Збільшення несучої здатності плити перекриття нарощуванням зверху зі встановленням залізобетонних шпонок: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 – додавання шару зверху; 3 – залізобетонні шпонки; 4 – вигнуті деталі з арматури А240; 5 – додаткова арматурна сітка; 6 – вибірки 100 на 100 мм розташовані на відстані від 500 до 700 мм у плиті, що встановлюється; 7 - площина плити

4) Додавання монолітного шару у верхній частині у вигляді ребристої плити (рис. 3.4):

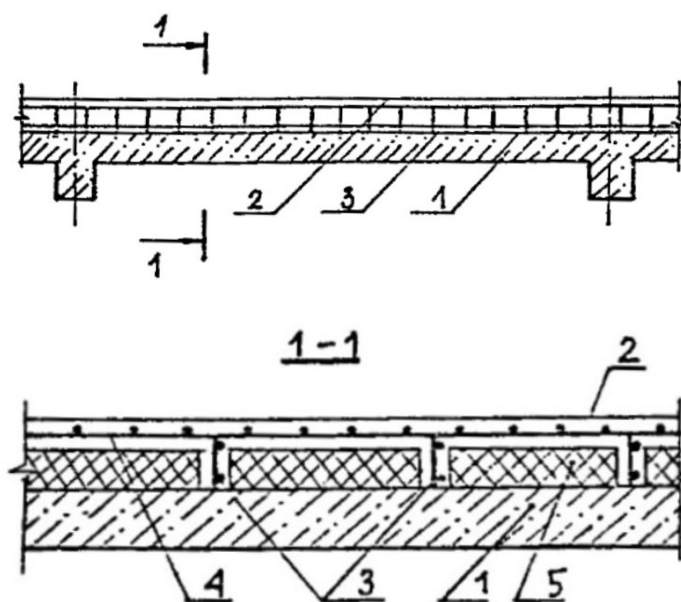


Рис. 3.4 Збільшення несучої здатності плити перекриття нарощуванням зверху з пустотоутворювачами: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 – ребриста плита з моноліту, яка додається; 3 –каркаси нарощування з арматури; 4 – додаткові арматурні сітки; 5 – пустотоутворювач (пінопласт, пінополістерол тощо)

5) Додавання монолітного шару у верхній частині із забезпеченням поєднання поверхонь (рис. 3.5):

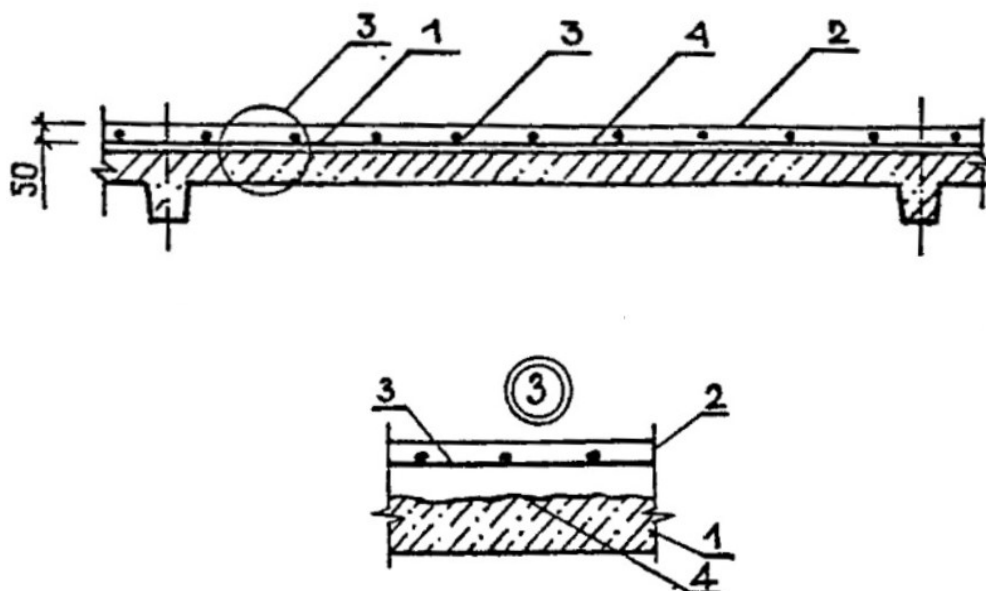


Рис. 3.5 Збільшення несучої здатності плити перекриття нарощуванням зверху з додаванням поверхі шорсткості: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 –шар бетону з моноліту; 3 – додаткова арматурна сітка; 4 – площина з'єднання бетону з плитою

б) Додавання монолітного шару у верхній частині при недостатньому з'єднанні поверхонь (рис. 3.6):

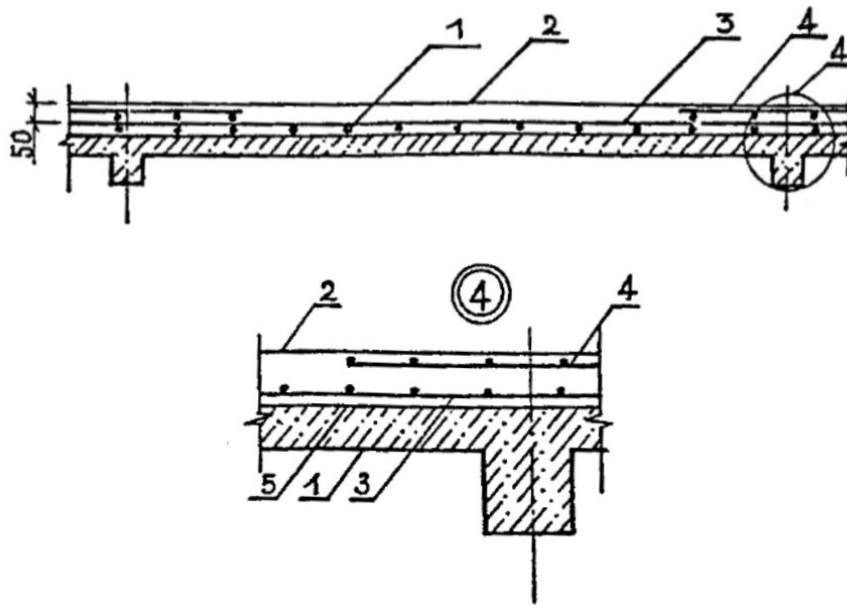


Рис. 3.6 Збільшення несучої здатності плити перекриття нарощуванням зверху при недостатньому з'єднанні поверхонь: 1 – плита перекриття, яка підлягає підсиленню; 2 – шар бетону з моноліту; 3 – арматурна сітка знизу; 4 – арматурна сітка зверху, 5 – верхня площина плити, яка не має з'єднання з монолітним бетоном (промаслена, забруднена)

### 3.3 Позитивні аспекти та приклади використання вклеювання стрижнів з арматури




Використання засобів хімічного ін'єктування, на основі акрилових модифікованих композицій, дозволяє з'єднати додаткову арматуру з вже існуючими конструкціями з великою міцністю.

Позитивні аспекти додавання стрижнів з арматури вклеюванням полягають у наступному:

- забезпечує надійність, на рівні арматурного випуску;
- дає змогу встановлювати горизонтальні, вертикальні та підвісні конструкції;
- знижує трудові витрати на монолітний бетон;
- гарантує достатню несучу здатність.

Додавання стрижнів з арматури вклеюванням застосовується у нових будівельних проектах та під час проведення реконструкції (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 Приклади використання вклеювання стрижнів з арматури

<p>Стіни в ґрунті</p> 	<p>Приєднання плит перекриття</p> 	<p>Нестандартне розташування арматури</p> 
<p>Вертикальні або гориз. з'єднання</p> 	<p>Кріплення до стіни</p> 	<p>Улаштування нових плит перекриття</p> 
<p>Комбіновані кріплення</p> 	<p>Консолі та балкони</p> 	<p>Розширення дорожнього полотна</p> 
<p>Структурне нарощування</p> 	<p>Збільшення товщини плити</p> 	<p>Нарощування парапету</p> 

Для розуміння терміну «вклеєна арматура» слід сприймати, що це арматура зі стрижня, яка встановлена в технологічний отвір в залізобетоні, зроблений буром або свердлом, який перед цим заповнюється хімічним складом на основі акрилового клею [16].

Вказаний метод з'єднання використовується у різних ситуаціях:

- несуча арматура, яка сприймає зрізаюче зусилля;
- стрижні, що представляють собою конструктивну арматуру;
- арматура у якості анкеру.

Конструктивна арматура при експлуатації зазнає великих навантажень. Часто додаткове підсилення арматурою сприймає навантаження на межі плинності сталі. Конструкція із залізобетону (з'єднана арматурою, що вклеюється) видає високу експлуатаційну надійність. Деформації є невеликими за рахунок обмеженої ширини розкриття тріщини і незначного впливу навколишнього середовища. Бетон, який з'єднаний з арматурою, що вклеюється, веде себе як структура з моноліту або як звичайний залізобетон [14, 15].

### 3.4 Арматура у якості анкеру

Арматура у якості анкеру використовується тоді, коли немає можливості забезпечити зв'язок з існуючою арматурою.

Передача навантажень в армованому бетоні виникає в наслідок дії силових факторів, що працюють на вирив, зріз або силові фактори стиску в стрижнях з арматури.

В арматурі періодичного профілю передачу силових факторів в бетоні влаштовує опора ребер до бетону (рис. 3.10). Реакція силового фактору в бетоні, як видно, створює підпірку стиску в напрямку  $45^\circ$ .

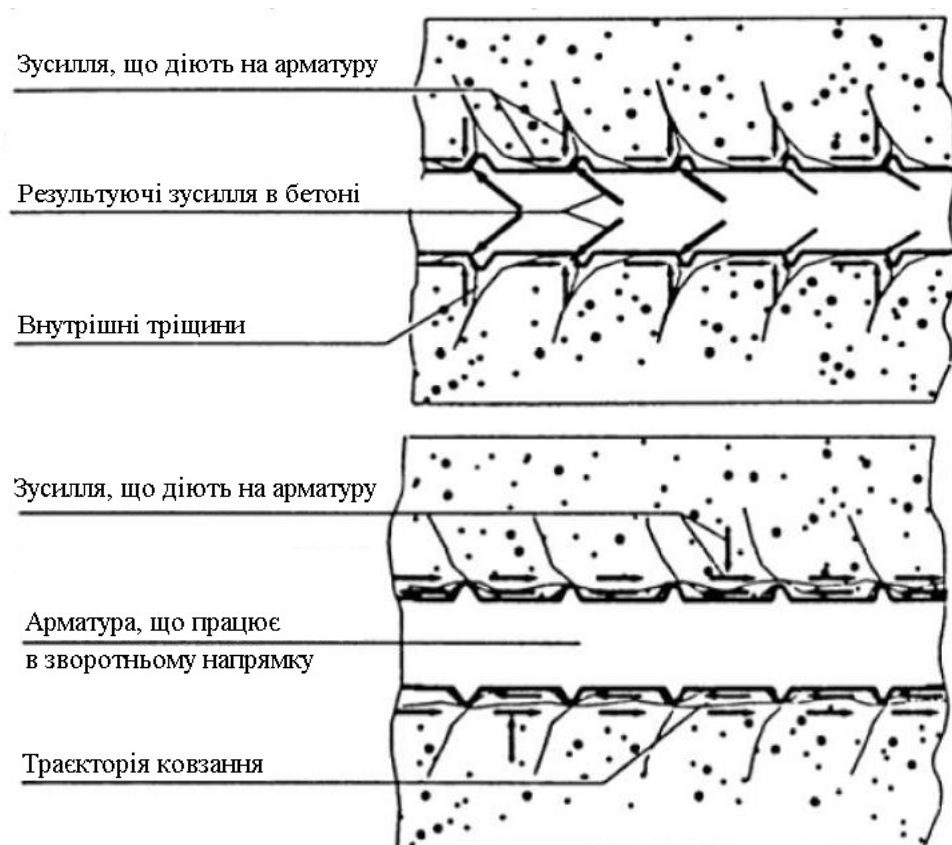


Рис. 3.10 Сприйняття бетоном навантажень від арматури періодичного профілю

Розміщенні на фронтальній частині ребер силові фактори при високих значеннях міцності є поводом створення конічних тріщин. З'єднання між ребрами в бетоні передає зусилля опорної зони в сусідні шари бетону, при цьому заклинювання між ребрами залишається на межі [29].

Силовий фактор в опорній зоні, направлений похило відносно осі стрижня з арматури, може поділитися за правилом паралелограма. Додавання паралельних компонентів буде сила з'єднання, компоненти в радіальному напрямку обумовлюють кільцеві силові фактори на виривання навколо бетону, що може викликати появу поздовжньої радіальної тріщини.

Представлено два основних способи руйнування:

1) Руйнація з'єднання. При достатніх обмеженнях запобіганню розколу захисного шару бетону, руйнація з'єднання викликано зсувом стрижня з арматури.

2) Руйнація сколом. Руйнування сколом, є вирішальним, коли радіальні тріщини розходяться через весь захисний шар (рис. 3.11).

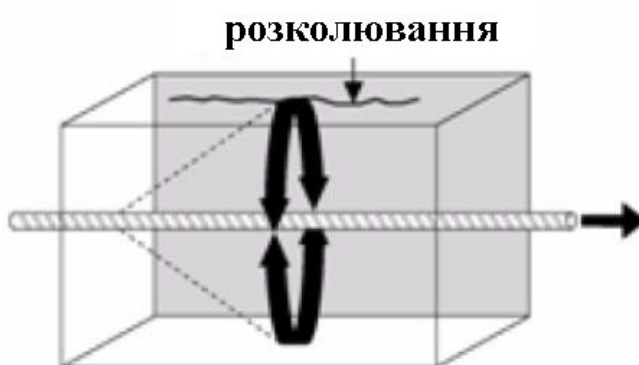


Рис. 3.11 Реакція сколу бетону від осьової відстані

Арматурне підсилення знаходиться близько до поверхні бетону для досягнення потрібного розподілу здатності вигину.

При поєднанні внахльост, для більшої осьової відстані (рис. 3.12), навантаження, що допускається, залежить тільки від значення товщини захисного шару бетону. При невеликій міжосьовій відстані (рис. 3.13) навантаження, що допускається, залежить від значення міжосьової відстані та від величини товщини захисного шару бетону. У нормативних документах, зменшення навантаження, що допускається, захисного шару бетону, прийнято з використанням помножених факторів, для довжини поєднання внахльост.



Рис. 3.12 Руйнування бетону у зв'язку з малою відстанню до кромки



Рис. 3.13 Руйнування бетону у зв'язку з малою осьюовою відстанню

### **3.5 Пропозиції по розміщенню нового шару бетону і пропозиції відносно вимог до обробки площини поверхні**

Першочергова обробка. Грунтування густим цементним розчином. Перед грунтуванням старий бетон повинен бути ретельно зволожений – краще за 24 години. При грунтуванні площа поверхні має бути у стані матової вологості.

Новий шар бетону. Суміш з бетону для нового шару повинна відповідати малоусадочному бетону (водоцементне відношення не більше 0,4). Новий шар бетону повинен накладатися на нанесену грунтовку, мається на увазі вологий бетон накладається на вологу поверхню.

Процес затвердіння. Для забезпечення високої стійкості нового шару, необхідно дотримуватися ретельного догляду. Відразу після проведення робіт по укладанню бетону, бетонний шар повинен бути захищений дуже довго, мінімум сім днів, від швидкого висихання та надмірного охолодження.

Значення шорсткості площини поверхні стику несе вирішальний вплив на силові фактори, що працюють на зріз, які можуть передаватися. У процесі дослідження визначається середнє значення глибини шорсткості, яка може бути визначена за методикою «піщаних латок». Треба мати на увазі, що  $R_t$  – це середня величина, а тому різниця між екстремальними значеннями дорівнює приблизно  $2R_t$ .

### 3.6 Проектування з'єднання між нижнім та верхнім шарами бетону

Розрахунок конструкцій, які виготовляються з бетону, що армується або з бетону, що попередньо напружується, з покритим шаром бетону 40 мм і більше, та 60 мм і більше для конструкцій мостів, допускається виконувати в якості монолітних будівельних елементів, при умові, що силовим факторам працюючим на зріз на стику поміж нижнім та верхнім шарами бетону робиться протидія відповідно принципу та улаштуванню моделі загального граничного стану для сприйняття зусиль, що працюють на зріз в зоні стику.

Визначення силових факторів у місці з'єднання (стику) двох шарів бетонів відбувається із умови силових факторів, які передаються на загальну будівельну конструкцію. Приймається допущення, що на поверхні не має ніяких зав'язків. Анкерівка та армування, яка пересікає рівень стику, закладаються таким способом, що силові фактори, що працюють на зріз в зоні стику переходили в загальному граничному стані. Виходячи з цього, при розмежуванні поверхонь дотику, на анкери діють сили розтягу та згинальні моменти разом, залежно яка шорсткість поверхонь дотику.

При умові, що на поверхнях є достатня шорсткість [19, 20], додатково можуть з'явитися ефекти взаємоблокування, і зчеплення може прийняти на себе частина силового фактора, що працює на зріз в зоні стику (рис. 3.14).

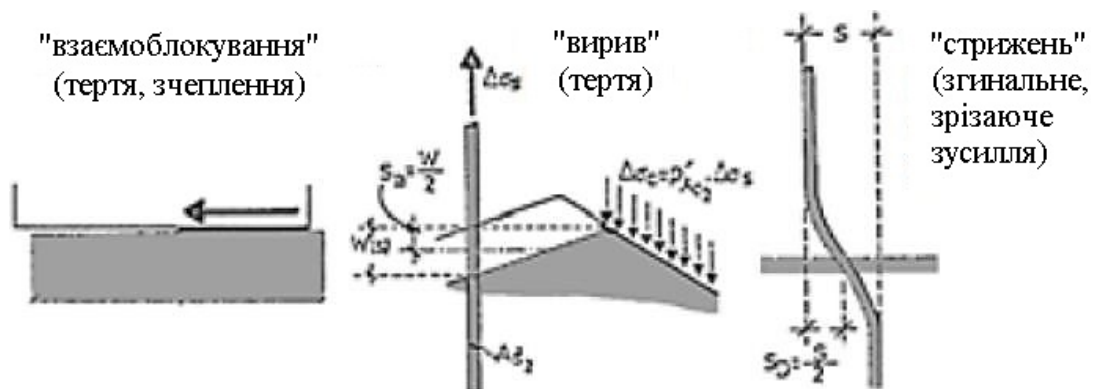


Рис. 3.14 Дія факторів на арматуру

Опір силовому фактору, що працює на зріз в зоні стику,  $V_{Rd}$ :

$$V_{Rd} \geq V_{sd} \quad (3.1)$$

або:

$$V_{Rd} \geq \tau_{Rdj} \times b_j \times l_j \quad (3.2)$$

де:  $V_{Rd}$  – розрахунковий опір силовому фактору, що працює на зріз в зоні стику;

$V_{sd}$  – навантаження, що діє на зріз;

$\tau_{Rdj}$  – навантаження бетону, що працює на зріз;

$b_j$  – значення корисної ширини поверхні поєднання;

$l_j$  – значення корисної довжини поверхні поєднання;

Для розрахунків силових факторів, що працюють на зріз на поверхні стику, приймається формула (3.3). У цьому випадку, верхнє допустиме значення визначається розрахунковим зусиллям в бетонних розпірках:

$$\tau_{Rdj} = k_T \times \mu \times (\rho \times k \times f_{yd} + \sigma_n) + \alpha \times \rho \times \sqrt{f_{yd} \times f_{cd}} \leq \beta \times v \times f_{cd} \quad (3.3)$$

де:  $\tau_{Rdj}$  – розрахункове навантаження бетону, що працює на зріз;

$k_T$  – коефіцієнт, що враховує зчеплення;

$\mu$  – коефіцієнт, що враховує тертя;

$\rho$  – показник армування, для відповідного анкерування поверхні стику, що розглядається;

$k$  – коефіцієнт, що враховує дійсну силу розтягу в анкері;

$f_{yd}$  – розрахункове значення межі плинності арматури;

$\sigma_n$  – напруження по нормальним площадкам, яке діє на поверхню з'єднання;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує фактичну роботу стрижня;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує дійсну міцність бетону;

$f_{cd}$  – зусилля на стиск для циліндричних зразків бетону;

$v$  – коефіцієнт, що враховує ефективність;

$R_t$  – значення середньої глибини шорсткості площини.

Величини вищевказаних коефіцієнтів та показників неведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 Значення коефіцієнтів, які входять до розрахунку

Метод обробки площини бетонів	Середня глибина шорсткості, $R_t$ , мм	Коефіцієнти					
		$k_T$	$k$	$\alpha$	$\beta$	$f_{ck} > 20$	$f_{ck} > 35$
Обробка водою під тиском	> 3,0	2,3	0,5	0,9	0,4	0,8	1
Піскоструйна обробка	> 0,5	0	0,5	1,1	0,3	0,7	
Гладка поверхня	-	0	0	1,5	0,2	0,5	

В приведених розрахунках  $V_{sd}$  – це розрахунковий силовий фактор, що працює на зріз, який діє у поздовжньому напрямі на поверхню. Взагалі,  $V_{sd}$  можна порахувати на основі опору поперечного перерізу згину (руйнування елемента при деформації зсуву не має бути визначальним).

Збільшення зони стиску:

$$V_{cd} = 0,8 \times x \times b_{new} \times \alpha \times f_{cd} + A_{se,new} \times f_{yd} \quad (3.4)$$

де: 0,8 – коефіцієнт, що враховує зменшення для розподілу непрямокутного напруження;

$\alpha = 0,85$  – коефіцієнт, що враховує зниження для стійкого стиску для:  $x > t_{new}$  у якості наближення:

$$V_{cd} = t_{new} \times b_{new} \times \alpha \times f_{cd} + A_{se,new} \times f_{yd} \quad (3.5)$$

Зростання зони стиску:

$$V_{td} = A_{se,new} \times f_{yd} \quad (3.6)$$

Необхідно враховувати ступенчатість при поведенні диференціації

Силовий фактор, що працює на зріз повинен передаватися на периметр верхнього шару. Вздовж границь нового шару бетону, проєкт має враховувати мінімальне зусилля розтягу. Треба враховувати неодмінно перенесення моменту, який діє з мінімальним зусиллям розтягу.

$$F_{cr} = t_{new} \times b \times k \times f_{ct,eff} \quad (3.7)$$

де:  $F_{cr}$  – силовий фактор розтягування, що діє в верхньому шарі бетону перед появою тріщини;

$k = 0.8$  для  $t_{new} \leq 30$  см – коефіцієнт, що допускає неоднорідні самоврівноважуючі навантаження;

$f_{ct,eff}$  – напруження від сил розтягу в верхньому шарі бетону, перед появою тріщини.

Наведені нижче характеристики використовуються без попередньої перевірки:

$$V_{ed} = F_{cr} \quad (3.8)$$

$$N_{ed} = \frac{V_{ed}}{6}; c \leq 1,5 \times t_{new} \quad (3.9)$$

де:  $V_{ed}$  – силовий фактор, що працює на зріз на стику, внаслідок  $F_{cr}$ ;

$N_{ed}$  – зусилля розтягу, що виникає в результаті дії моменту  $F_{cr}$ ;

Силовий фактор, що працює на зріз на стику має можливість рівномірно розподілятися по довжині  $l_e$ :

а)  $l_e = 3t_{new}$  для шорстких площин;

б)  $l_e = 6t_{new}$  для площин після піскоструйної обробки;

в)  $l_e = 9t_{new}$  для гладких площин.

У місцях, де відсутні анкери для малих силових факторів, що працюють на зріз, анкери не мають використовуватися в новому шарі бетону, при статичному навантаженні анкери розміщені вздовж периметру:

а) у випадку площин, оброблених водою під високим тиском і рифлених площин:

$$\tau_{sd} \leq k_T \times \tau_{Rd} + \mu \times \sigma_n \quad (3.10)$$

б) у випадку чистих площин, після піскоструйної обробки, при умові що не будуть діяти напруження розтягу, від дії зовнішніх сил, поперечними до зони поєднання (при допуску поверхні поєднання без тріщин):

$$\tau_{sd} \leq \tau_{Rd} + \mu \times \sigma_n \quad (3.11)$$

Межу по експлуатаційній працездатності необхідно обчислювати як доповнення по деформації приєднаного елемента, який працює на згин, із

використанням поперечного перетину з моноліту, помноживши її на відповідний коефіцієнт:

$$w_{eff} \leq \gamma \times w_{calc} \quad (3.12)$$

де:  $w_{eff}$  – доповнення по деформації, яка розрахована для сектору з армуванням конструкції при врахуванні анкеровки;

де:  $w_{calc}$  – доповнення по деформації, яка розрахована сектору з армуванням конструкції, при можливості довершеного зв'язку;

$\gamma$  – коефіцієнт згідно таблиці 3.2;

$S_d$  – відхилення анкерів внаслідок дії середнього постійного навантаження.

Відхилення  $S_d$  використовується при точніших розрахунках.

Значення вищезазначених коефіцієнтів в залежності від шорсткості площини неведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Значення коефіцієнтів для розрахунку деформації

Метод обробки площини бетону	Середня глибина шорсткості, $R_t$ , мм	$\gamma$	$S_d$
Обробка водою під тиском	> 3,0	1,0	$\approx 0,005$ діаметру
Піскоструйна обробка	> 0,5	1,1	$\approx 0,015$ діаметру
Гладка поверхня	-	1,2	$\approx 0,030$ діаметру

### 3.7 Умови деталізації та додаткові вимоги

Різноманітні засоби обробки площини можуть застосовуватися до одного й того ж будівельного елемента, при умові прийняття відмінності в жорсткості анкерів (див. таблицю 3.2, переміщення  $S_d$ ). Необхідно зауважити, що з'єднання без тріщин, застосовується для стиків з малим силовим фактором, що працює на зріз, які не вимагають монтажного з'єднання.

При неможливості уникнути анкеровки у зоні з'єднання, в стику повинна бути мінімальна кількість анкерів, які проходять через площину стику.

Перелік конструкцій та плити, які потребують армування, яке працюватиме на зріз:

- а) для шорстких площин (оброблених водою під тиском)  $\rho \geq 0,08\%$ ;
- б) для площин в результаті піскоструйної обробки  $\rho \geq 0,12\%$ ;
- в) для гладких площин стику  $\rho \geq 0,12\%$ .

Розташування анкерів в конструкції відбувається таким чином, щоб співпадало з напрямком сил з врахуванням діючого силового фактору, що працює на зріз, таким чином, щоб зусилля на зріз гасилося в зоні стику та унеможливило від'єднання верхнього шару бетону. У випадку роботи з площинами після піскоструйки та з гладкими площинами, анкери доцільно розміщати з рівномірним кроком на відповідній довжині, поряд з важливими секторами, при умові статичного навантаження. Небезпечні відрізки – те місця з можливими максимальними згинальними моментами, опорні зони, зони концентрації напружень. При додаванні нового шару бетону з напруженого боку елемента, який є несучим, анкери слід розташовувати в повздовжньому напрямку. Максимальна міжосьова відстань в сторону дії навантаження має бути не більша ніж у шість разів товщини верхнього шару бетону, або не більше 800 мм.

Встановлення анкерів в нижній та верхній шари бетону проводиться належним чином в обох напрямках. Силовий фактор, що працює на розтяг знімається,  $N_d$ , приблизно дорівнює:

$$N_d = k \times A_s \times f_{yd} \quad (3.13)$$

Спосіб застосування має значну вагу при визначенні глибини анкерування в матеріалі основи. Ділянки з армуванням, що працюють на зріз, або іншим з'єднувальним армуванням показані на рисунку 3.15.

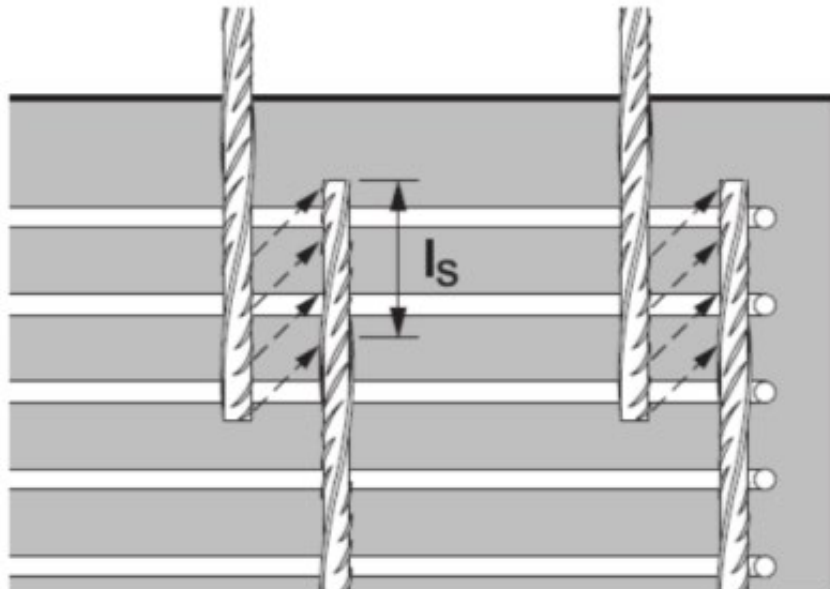


Рис. 3.15 Схематичне зображення з'єднання профілю з арматури

Мінімальний розмір глибини анкерування має становити не менше десяти діаметрів.

Ділянки без вказаного армування ( $V_{sd} < V_{rd1}$ ) або іншого поєднувального армування показані на рисунку 3.16. Розміри до кромки і міжосьові розміри ( $c_1$ ,  $s$ ) адгезійних анкерів встановлюються у відповідності до конструкції анкерного кріплення. Виявляється ефект зменшення здатності хімічних анкерів сприймати зусилля на розтяг, за рахунок тріщин. При умові виникнення тріщин, необхідно збільшувати глибину занурення анкеру.

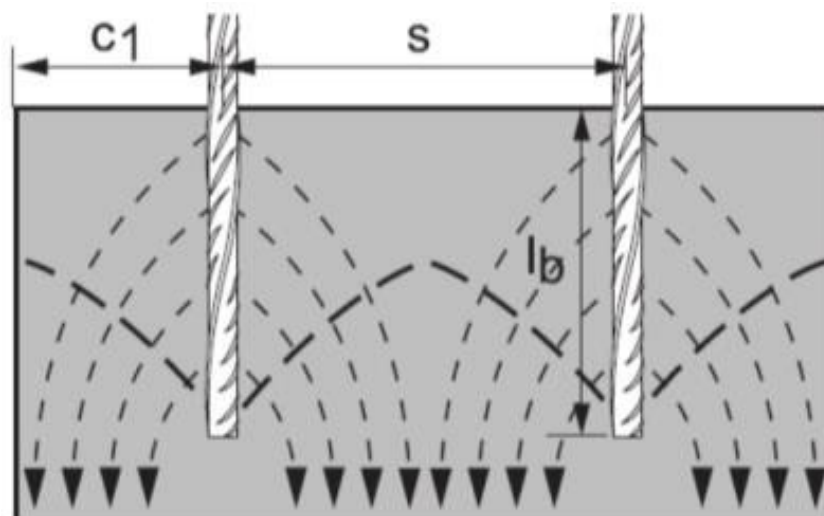


Рис. 3.16 Схематичне зображення анкерного зв'язку

Полоски, гайки, ковани головки можуть бути використані для зменшення глибини занурення анкерів в новому шарі бетону. При застосованні такого анкеру, необхідно перевіряти:

а) має бути перевірена руйнація конуса бетону. Має забезпечуватися умова достатності для запобігання сколювання армування для поглинання навантаження сколу, яке прикладається локально в верхній частині анкерів. Вирахування сил сколювання може відбуватися за допомогою моделі конструкції у вигляді сітки з дією силових факторів, що працюють на стиск, під кутом  $45^\circ$ . При нормальних умовах анкери мають збільшуватись у напрямку верхнього армування верхнього шару бетону, створюючи у цьому напрямку вузол сітчастої конструкції;

б) тиск який передається на бетон під головою обмежений. При гладких площинах, анкери ставлять в глибині не менше шести діаметрів (при тому що рекомендується дев'ять).

### **3.8 Теоретичні основи розрахунку збільшення несучої здатності плити перекриття з закріпленням додаткового армування**

В даній роботі об'єктом підсилення є плита з подвійним перекриттям. Вона має початкову товщину 160 мм, до якої зверху додається новий шар бетону, у якого товщина дорівнює 70 мм. В конструкції використана сталь для арматури з границею плинності  $f_{yk} = 500 \text{ Н/мм}^2$ . Зона ортогонального перерізу армування, де виникають згинальні силові фактори  $A_{se}^+ = 1030 \text{ мм}^2/\text{м}$  і підтримка  $A_{se}^- = 1420 \text{ мм}^2/\text{м}$ . На рисунку 3.4 показано епюри силових факторів.

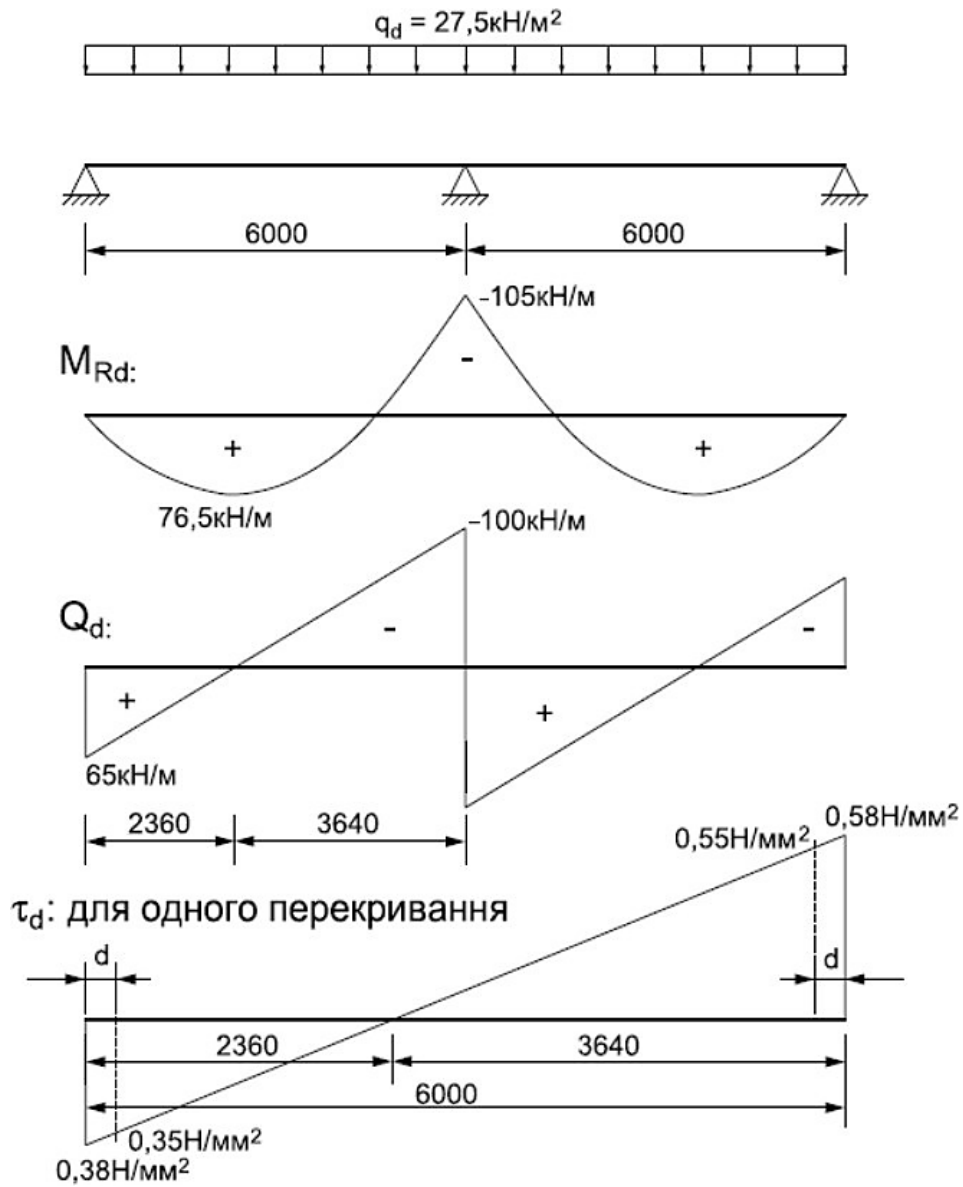


Рис. 3.17 Епюри силових факторів

Силові фактори розтягу при утворенні тріщин кромки визначаються:

$$V_{ed} = 70 \times 1 \times 0,8 \times 3 = 168 \text{ кН/м} \quad (3.14)$$

Значення нейтральної вісі:

$$x_d = \frac{1030 \times 0,5 \times 1,6}{1,15 \times 30 \times 0,85 \times 0,80} = 33 \text{ мм} \quad (3.15)$$

$$V_{cd} = 0,85 \times 0,80 \times 33 \times \frac{30}{1,6} = 449 \text{ кН/м} \quad (3.16)$$

Опорна зона:

$$A_{se} = 1420 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.17)$$

$$V_{td} = 1420 \times \frac{0,5}{1,15} = 617 \text{ кН/м} \quad (3.18)$$

Найбільше значення зусиль на зсув на площині стику:

$$\tau_{cd,max} = \frac{449 \times 2}{2360} = 0,38 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.19)$$

$$\tau_{td,max} = \frac{(617 + 449)}{3640} = 0,58 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.20)$$

### 3.8.1 Перший випадок: метод обробки - водою під тиском

Величина зчеплення визначається:

$$\tau_{Rdj} = 2,3 \times 0,26 = 0,60 > 0,55 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.21)$$

Силкові фактори розтягу при утворенні тріщин кромки визначаються:

$$V_{ed} = 168 \text{ кН/м} \quad (3.22)$$

Значення ширини полоси:

$$l_e = 3 \times 70 \text{ мм} \quad (3.23)$$

$$\tau_{td} = \frac{168000}{1000 \times 210} = 0,8 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.24)$$

$$A_s = 0,0008 \times 210 \times 1000 = 168 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.25)$$

Приймається діаметр арматури 8 мм з кроком  $s = 250$  мм.

Значення силового фактору розтягу, яке має нести анкерне кріплення:

$$N_d = 0,5 \times \frac{0,5}{1,15} \times 50,3 = 10,98 \text{ кН} \quad (3.26)$$

*Параметри улаштування анкерів в нижньому шарі (старому) бетоні:*

Величина відстані до краю становить  $c_1 = 100$  мм,  $l_b = 100$  мм.

$$N_{Rd,red} = 14,6 \times \frac{100}{130} = 11,2 \text{ кН} \quad (3.27)$$

*Параметри улаштування анкерів в верхньому шарі (новому) бетоні:*

Зусилля, які виникають в опорній зоні:

$$N_{Rd,p} = \frac{7}{1,5} \times \frac{\pi}{4} \times (14^2 \times 8^2) \times 30 = 15 \text{ кН} > N_{rd} = 11,2 \text{ кН} \quad (3.28)$$

Величина стійкості бетонного конусу:

$$N_{Rd,c} = \frac{9}{1,8} \times 30^{0,5} \times 55^{1,5} = 11,2 \text{ кН} = N_{rd} = 11,2 \text{ кН} \quad (3.29)$$

Значення сили розтягу за моментом опору:

$$N_{ed} = \frac{168}{6} = 28,0 \text{ кН/м} \quad (3.30)$$

$$N_{Rd} = \frac{11,2}{0,25} = 44,8 > 28,0 \text{ кН/м} \quad (3.31)$$

$$c_1 = 100 \leq 1,5 \times 70 = 105 \text{ мм} \quad (3.32)$$

Силовий фактор на зріз, який необхідно анкерувати:

$$V_{ed} = 168 \text{ кН/м} \quad (3.33)$$

Величина для армування за типом хомути:

$$A_s = \frac{168 \times 1,15}{0,5} = 386 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.34)$$

Підібрано: стрижні з арматури діаметром 8 мм на анкер (поєднання накладанням один на одній з арматурною сіткою діаметром 6,5 мм) та з кроком  $s = 100$  мм.

### 3.8.2 Другий випадок: поверхня оброблена піскоструйним методом

Величина зчеплення визначається:

$$\tau_{Rdj} = 0,26 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.35)$$

Визначення напруження на зріз в зоні крайніх опор:

$$\tau_d = \frac{0,35 + 0,26}{2} = 0,305 \text{ кН/м} \quad (3.36)$$

Значення ширини полоси:

$$A_s = 0,0012 \times 1000 \times 210 = 894 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.37)$$

Приймається діаметр арматури 8 мм з кроком  $s = 200/200$  мм.

*Параметри з варіантом проміжних опор:*

Значення силового фактору на зріз у стику:

$$\tau_t = \frac{0,55 + 0,26}{2} = 0,405 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.38)$$

Значення ширини полоси становить 2015 мм:

$$A_s = 0,0016 \times 1000^2 = 1600 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.39)$$

Приймається діаметр арматури 8 мм з кроком  $s = 200/150$  мм.

Значення силового фактору розтягу по границі при появі тріщин:

$$V_{ed} = 168 \text{ кН/мм}^2 \quad (3.40)$$

Значення ширини полоси:

$$l_e = 6 \times 70 = 420 \text{ мм} \quad (3.41)$$

$$\tau_d = \frac{168000}{1000 \times 420} = 0,4 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.42)$$

$$A_s = 0,0016 \times 420 \times 1000 = 672 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.43)$$

Приймається діаметр арматури 8 мм з кроком  $s = 200/150$  мм.

Силкові фактори, на які необхідно накласти анкери, дорівнюють зусиллям у першому випадку.

Напруження на зріз в зоні поєднання при способі обробки поверхні піскоструйним методом показано на рисунку 3.18.

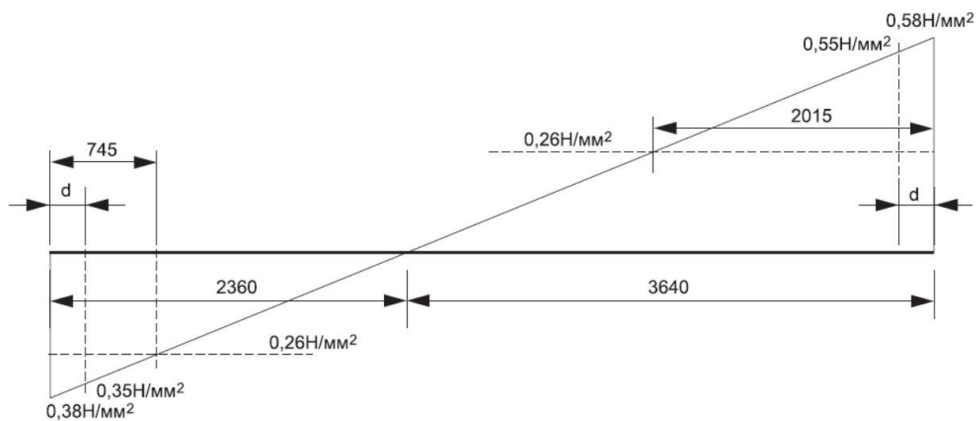


Рис. 3.18 Епюра силових факторів зсуву

### 3.8.3 Третій випадок: поверхня є гладкою без оброблювання

*Зона опор. Перекривання біля краю:*

Значення силового фактору на зріз у стику:

$$\tau_d = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.44)$$

Значення ширини полоси 2360 мм:

$$A_s = 0,0015 \times 1000^2 = 1500 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.45)$$

Приймається діаметр арматури 10 мм з кроком  $s = 200/250$  мм.

*Параметри з варіантом проміжних опор:*

Значення силового фактору на зріз у стику:

$$\tau_d = \frac{0,55}{2} = 0,275 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.46)$$

Значення ширини полоси 3640 мм:

$$A_s = 0,0023 \times 1000^2 = 2300 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.47)$$

Приймається діаметр арматури 10 мм з кроком  $s = 200/170$  мм.

Значення силового фактору розтягу по границі при появі тріщин:

$$V_{ed} = 168 \text{ кН/мм}^2 \quad (3.48)$$

Значення ширини полоси:

$$l_e = 9 \times 70 = 630 \text{ мм} \quad (3.49)$$

$$\tau_d = \frac{168000}{1000 \times 630} = 0,27 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.50)$$

$$A_s = 0,0023 \times 630 \times 1000 = 1449 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (3.51)$$

Приймається діаметр арматури 10 мм з кроком  $s = 200/170$  мм.

Параметри анкерівки шпильки:  $l_b = (6 \text{ діаметрів}) = 60$  мм у верхньому та нижньому шарах бетону. Силкові фактори, на які необхідно накласти анкери:

$$N_{Rd} = \frac{11,2}{0,34} = 32,9 > N_{ed} = 28,0 \text{ кН} \quad (3.52)$$

Рекомендації проведення анкерівки для запобігання відриву: кількість встановлених анкерів з головками у небезпечних зонах повина бути достатньою для попередження відриву верхнього шару бетону.

### 3.8.4 Результати за теоретичними розрахунками

1. Перший випадок: метод обробки – водою під тиском (рис. 3.19):

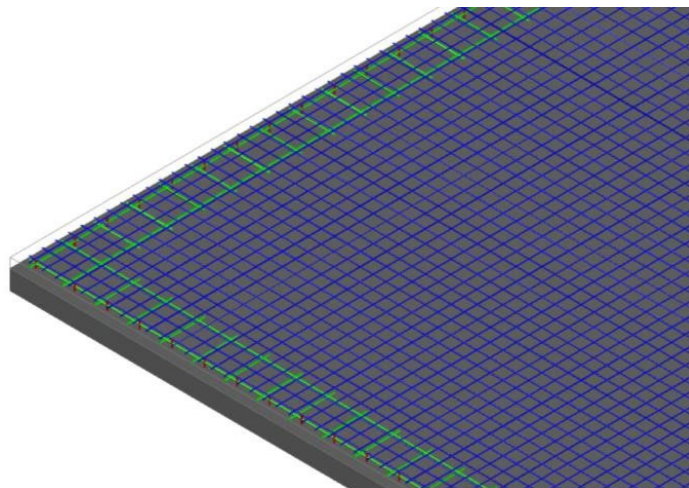


Рис. 3.19 Конструктивне розташування анкерів по плиті при використанні методу обробки – водою під тиском

Для цього випадку анкерування відбувається лише по граничній зоні діаметром 8 мм, з кроком 250 мм, у конструкції анкера є головка.

2. Другий випадок: поверхня оброблена піскоструйним методом (рисунок 3.20):

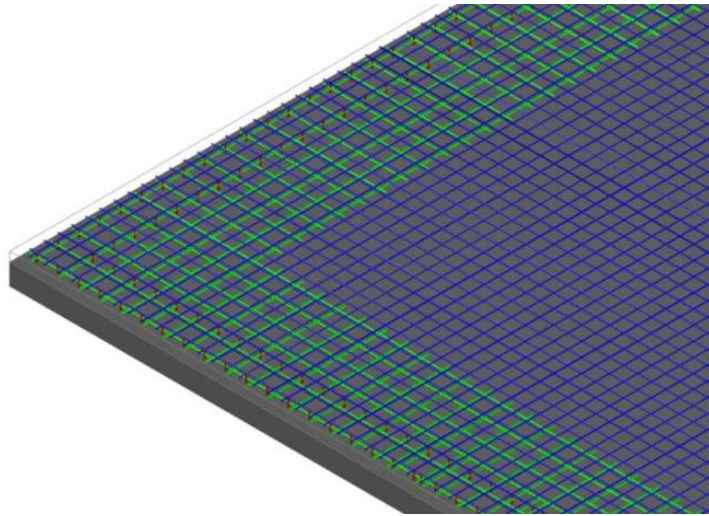


Рис. 3.20 Конструктивне розташування анкерів по плиті при обробці поверхні піскоструйним методом

Для цього випадку анкерування відбувається у граничній зоні діаметром 8 мм, з кроком 200/150 мм, у конструкції анкера є головка. В опорній зоні на межі анкери діаметром 8 мм, з кроком 200/200 мм, у конструкції анкера є головка. Значення ширини полоси 745 мм. Для проміжної опори діаметр 8 мм, з кроком 200/150 мм, у конструкції анкера є головка. Значення ширини полоси  $b \geq 2 \times 2015$  мм.

3. Третій випадок: поверхня є гладкою без оброблювання (рис. 3.21):

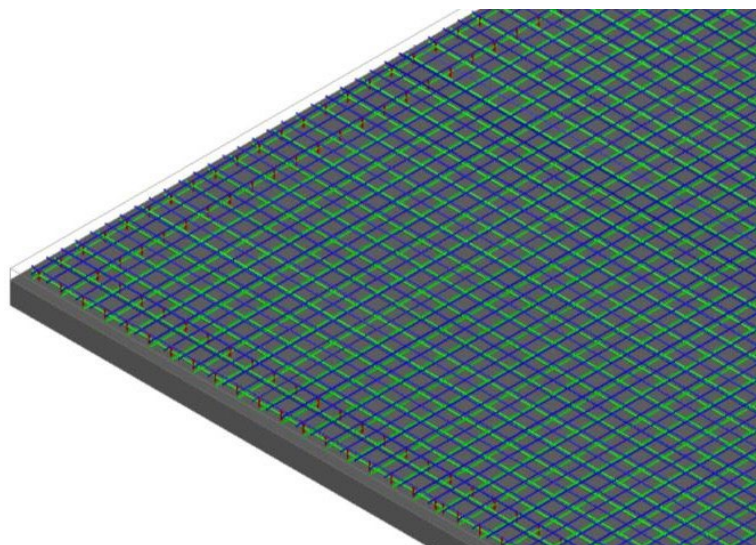


Рис. 3.21 Конструктивне розташування анкерів по плиті, коли поверхня є гладкою без оброблювання

Для цього випадку анкерування відбувається у граничній зоні, перший рядок діаметром 10 мм, з кроком 250 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля, далі діаметром 10 мм, з кроком 200/170 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля. Значення ширини полоси по краю 630 мм, діаметр 10 мм, крок 200/250 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля. Значення ширини полоси 2360 мм. Для проміжної опори крок 200/170 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля. Значення ширини полоси  $b \geq 2 \times 3640$  мм.

### **3.9 Результати натурних випробувань арматурних стрижнів, що сприймають зрізаюче навантаження**

При виконанні робіт по більшенню несучої здатності плит перекриття за рахунок збільшення перерізів з площини верхньої поверхні спостерігаються великі силові фактори зсуву в зонах біля опор. На стрижні з арматури зазначені силові фактори передаються в контактній зоні між новим та старим бетоном. Отримано результати натурних випробувань арматурних стрижнів А400С для важкого бетону класу С20/25, що сприймають зрізаюче навантаження.

Роботи проводилися на основі досвіду науковців в цій сфері, результати яких висвітлено в наукових працях [16, 30].

Отримані значення, по результатам випробувань закріплених стрижнів із арматури новим хімічним компонентом, що створено на основі акрилових модифікованих композицій, в випробувальних бетонних зразках на силові фактори, що діють перпендикулярно до осі стрижнів із арматури представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Результати натурних випробувань арматурних стрижнів, що сприймають зрізаюче навантаження

Найменування	Технологія ін'єктування	Результати випробувань							
		№ 1		№ 2		№ 3		Середнє	
		N, кН	δ, мм	N, кН	δ, мм	N, кН	δ, мм	N, кН	δ, мм
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Хімічний анкер	Акрил (модифікований склад)	1,28	0,00	1,28	0,00	1,28	0,00	1,28	0,000
Дата установки анкера	2020 рік	3,20	0,38	3,20	0,58	3,20	0,95	3,200	0,637
Дата випробування анкера	2020 рік	1,28	0,33	1,28	0,24	1,28	0,82	1,280	0,463
Клас бетону	C20/25	1,28	0,00	1,28	0,00	1,28	0,00	1,280	0,000
Арматура	A400C	6,40	0,65	6,40	0,35	6,40	1,65	6,400	0,883
Діаметр арматури, мм	12	9,60	1,11	9,60	1,85	9,60	2,19	9,600	1,717
Глибина закладання, мм	110	12,80	1,79	12,80	2,85	12,80	3,25	12,80	2,630
Зусилля	Зріз	3,20	0,99	3,20	2,02	3,20	0,79	3,200	1,267
Прибор ДГР на 25 тс	Манометр 400 кгс/см <sup>2</sup>	6,40	1,22	6,40	2,39	6,40	1,25	6,400	1,620
Індикатор	Прогиномір-індикатор ІЧ-10	9,60	1,58	9,60	2,68	9,60	1,54	9,600	1,933
Примітки		12,80	1,83	12,80	2,99	12,80	1,99	12,80	2,270
		16,00	2,38	16,00	3,94	16,00	2,35	16,00	2,890
		16,00	2,52	16,00	4,15	16,00	2,44	16,00	3,037
		19,20	3,10	19,20	4,56	19,20	2,92	19,20	3,527
		19,20	3,52	19,20	4,71	19,20	3,12	19,20	3,783
		22,40	4,05	22,40	4,89	22,40	3,74	22,40	4,227
		22,40	4,35	22,40	4,98	22,40	3,93	22,40	4,420
		25,60	4,97	25,60	5,54	25,60	4,93	25,60	5,147
		25,60	6,04	25,60	6,39	25,60	5,22	25,60	5,883
		28,80	7,46	28,80	7,20	28,80	8,10	28,80	7,587
		28,80	10,00	28,80	8,60	28,80	9,30	28,80	9,300
		32,00	12,20	26,88	10,21	30,72	10,50	29,867	10,970
		32,00	13,40	26,88	13,00	30,72	12,80	29,867	13,067
Характер руйнування: зріз арматури по різьбленню, сколювання бетону під анкером, крихке руйнування клейового шару									

Силовий фактор на зріз, який діє на арматуру, визначається як:

$$V_{Rd,s} = 0,6 \times A_s \times \left( \frac{f_{uk}}{\gamma_{ms}} \right) \quad (3.53)$$

Тоді, розрахунковий опір арматури марки А400С діаметром 12 мм силовому фактору на зріз буде:

$$V_{Rd,s} = 0,6 \times 0,1131 \times \left( \frac{882,9}{1,5} \right) = 39,95 \text{ кН}$$

де:  $A_s$  – площа перерізу стрижня з арматури;

$f_{uk}$  – тимчасовий опір для арматури, для А400С складає 882.9 Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_{ms}$  – коефіцієнт, що враховує запас арматури, для А400С – 1,5.

На рисунку 3.22 показано порівняння результатів розрахункового опору арматури та силових факторів, що працюють на зріз.

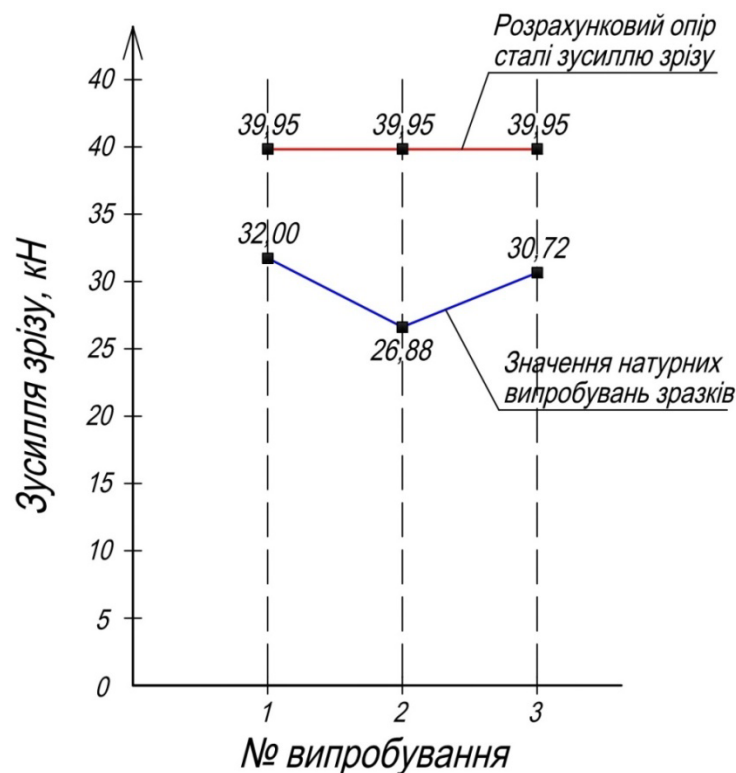


Рис. 3.22 Результати величин розрахункового опору арматури силовому фактору, що працює на зріз

Порівняння результатів випробувань стрижнів з арматури, які вклеєні акриловими клеями в бетон і випробувані на зрізаюче зусилля зі зменшеною глибиною закладання менше 10 діаметрів, дало можливість зробити висновок, що несуча здатність хімічних анкерів майже на 25% менше розрахункового опору арматури, що працює на зріз.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При збільшенні несучої здатності плит перекриття з моноліту збільшенням перерізу зверху спостерігаються великі силові фактори зсуву в зонах біля опор, для компенсації яких потрібно в цих місцях додавати додаткові елементи з арматури. На стрижні з арматури силові фактори зсуву діють як зрізаючі зусилля в контактній зоні нижнього та верхнього шарів бетонів.

Аналіз даних за розрахунками вказує на те, що силові фактори, що працюють на зсув, передаються не тільки на вмонтовану арматуру та ще й ділянками поверхонь бетонів, що контактують. Проведено аналіз результатів з урахування оброблення площин бетонів різними трьома методами, та на основі висновків запропоновано необхідну кількість вмонтованих стрижнів з арматури для поглинання силових факторів.

1. Визначення силових факторів у місці з'єднання (стику) двох шарів бетонів відбувається із умови силових факторів, які передаються на загальну будівельну конструкцію.

2. Анкерні арматури мають розміщуватися за напрямом дії сил в конструкції за умовою, що вони поглинають зрізаючі силові фактори та не дають змоги відокремитися новому шару бетону.

3. Результати теоретичних розрахунків показали:

а) у випадку, коли використовується метод обробки – водою під тиском анкерування відбувається лише по граничній зоні діаметром 8 мм, з кроком 250 мм, у конструкції анкера є головка;

б) у випадку, коли поверхня оброблена піскоструйним методом анкерування відбувається у граничній зоні діаметром 8 мм, з кроком 200/150 мм, у конструкції анкера є головка. В опорній зоні на межі анкери діаметром 8 мм, з кроком 200/200 мм, у конструкції анкера є головка. Значення ширини полоси 745 мм.

в) у випадку, якщо поверхня є гладкою без оброблювання анкерування відбувається у граничній зоні, перший рядок діаметром 10 мм, з кроком 250 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля, далі діаметром 10 мм, з кроком 200/170 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки,

яка сприймає зрізаючі зусилля. Значення ширини полоси по краю 630 мм, діаметр 10 мм, крок 200/250 мм, конструкція анкера у вигляді шпильки, яка сприймає зрізаючі зусилля. Значення ширини полоси 2360 мм.

4. Порівняння результатів випробувань стрижнів з арматури, які вклеєні акриловими клеями в бетон і випробувані на зрізаюче зусилля зі зменшеною глибиною закладання менше 10 діаметрів, дало можливість зробити висновок, що несуча здатність хімічних анкерів майже на 25% менше розрахункового опору арматури, що працює на зріз.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-2:2009. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 34 с.
4. ДБН В 1.2-14: 2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 (ГОСТ 10922-90, MOD). Арматурні та закладні вироби зварні, з'єднання зварні арматури та закладних деталей виробів залізобетонних конструкцій. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 43 с.
6. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 39 с.
7. Золотов М.С. Напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Скляров, К.А. Рапина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2011. – Вип. 66. – С.176-183.
8. Мазурак А.В. Міцність контактних швів під час ремонту чи підсилення бетонних елементів / А.В. Мазурак, І.В. Ковалик, В.О. Михайличенко, В.М. Калітовський // Вісник НУ “Львівська Політехніка”. Теорія і практика будівництва – Львів: НУ “Львівська Політехніка”, 2013. - с. 249-254.

9. Високоєфективний розпірний анкер “Hilti HSL-3” для високих навантажень: Офіційний сайт [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.hilti.ua/Анкерные-крепления/Розпірні-анкери/r2813>.

10. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила та правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 311 с.

11. ETAG 001, Edition 1997. Guideline for European Technical Approval of metal anchors for use in concrete. Annex C: Design methods for anchorages. – Brussels: Kunstlaan, 2010. - 3<sup>rd</sup> Amendment. – 34 p.

12. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 в порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84\* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / В.М. Бабаєв, А.М. Бамбура О.М. Пустовойтова, П.А. Резник, Є.Г. Стоянов, В.С. Шмуклер. - Х.: Золотые страницы, 2015. — 240 с.

13. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд / З.Я. Бліхарський. – Львів: Львівська політехніка, 2008. – 108 с.

14. Золотов М.С. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування / М.С. Золотов. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 121 с.

15. Золотов С.М. Акрилові клеї для підсилення, відновлення і ремонту бетонних і залізобетонних конструкцій / С.М. Золотов // Збірник наукових праць “Будівельні конструкції”. – Київ: НДІБК, 2003. – Вип. 59. - С. 440-447.

16. Золотов С.М. Акриловые клеи для соединения строительных конструкций: монография // С.М. Золотов. – Харьков: ХНУГХ имени А.Н. Бекетова, 2016. – 185 с.

17. Кріплення технологічного обладнання і металевих конструкцій до фундаментів та безпека праці: навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Я.О. Серіков, С.М. Золотов, В.О. Склярів, С.Я. Серіков. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 285 с.

18. Смородинов М.И. Анкерные устройства в строительстве / И.М. Смородинов. Стройиздат, 1983. – 184 с.

19. Firsov P.M. Analysis of various constructive factors influencing the strength of glued steel-concrete joints without anchors / P.M. Firsov // Forum for young researchers “Young researchers in the global world: vistas and challenges”. – Kharkiv: O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 2015. – P. 156-159.

20. Фирсов П.М. Влияние способов подготовки поверхности бетона к склеиванию на акриловых улучшенных композициях / П.М. Фирсов // Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми інженерної механіки”. – Одеса: ОДАБА, 2017. – С. 160-162.

21. Боровських А.В. Розрахунки залізобетонних конструкцій за граничними станами та граничною рівновагою / А.В. Боровських. Видавництво АСВ, 2007. - 319 с.

22. Вольфсон В.Л. Реконструкція та капітальний ремонт житлових та громадських будівель: Довідник виробника робіт / В.Л. Вольфсон, В.А. Ільяшенко, Р.Г. Комисарчик, 2001. – 248 с.

23. Семченков А.С. Жорсткості омонолічених сполучень (швів, стиків) між елементами збірних дисків перекриттів / А.С. Семченков, М.М. Козелков, А.В. Луговий // Бетон та залізобетон. 2008. - № 2. - С. 17-20.

24. Торкатюк В.И. Склеивание старого бетона с новым / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. - К.: Техніка, 2002. - Вип. 42. - С. 92-98.

25. Золотов М.С. Прочность соединения бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений / М.С. Золотов, Н.М. Золотова, А.О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. - Х.: ХДТУБА, 2011. - Вип. 63. - С. 258-264.

26. Гольшев А.Б. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / А.Б. Гольшев, И.Н. Ткаченко. - К.: Логос, 2001. - 172 с.

27. Гениев Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях: Научное издание / Г.А. Гениев и др. Издательство АСВ, 2004. - 214 с.

28. Maaddawy T.E. Strengthening of reinforced concrete slabs with mechanically–anchored unbonded FRP system / T.E. Maadawy // Construction and Building Materials. - № 22. - 2007. - P. 444-455.

29. Хило Е.Р. Усиление строительных конструкций / Е.Р. Хило, Б.С. Попович. - Львов: Вища школа, 1985. - 156 с.

30. Салійчук Л.В. Експериментальні дослідження та теоретичне обґрунтування міцності і анкерування в бетоні вклеєних стержневих анкерів при зсуві / Л.В. Салійчук // “Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону”: Міжвідомчий науково-технічний збірник. - К.: ДП НДІБК, 2011. - Вип. 74, кн. 2. - С.494-506.

31. Ревунов М.В., Павлюченков М.В. Дослідження роботи залізобетонної плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023. – С. 107.

# Додаток 1. Матеріали конференції

Сумський національний аграрний університет

Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.)

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТНОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ, ЩО ПІДСИЛЮЄТЬСЯ НАРОЩУВАННЯМ З ВКЛЕЮВАННЯМ АРМАТУРНИХ СТРИЖНІВ

Ревунов М.В., здобувач 2 м курсу, спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ФБТ  
Павлюченков М.В., к.т.н., доцент  
Сумський НАУ

Кожного року в нашій країні спостерігається та фіксується великий рівень та постійний приріст кількості споруд та будівель з фізичним зносом різних років побудови, що змушує виконувати планомірні та ремонтно-відновлювальні роботи та заходи. Приріст об'ємів будівель неприйнятних до нормальної експлуатації значно більший зі обсяги сучасного будівництва. Таким чином, дане питання є дуже важливим та на часі.

На сьогоднішній день, збільшення несучої здатності різноманітних елементів споруд, будівель та конструкцій виконаних із залізобетону представляє собою важкий, складний, вартісний та трудомісткий процес зі своєю специфікою при будь-яких способах, які застосовуються при підсиленні. Це викликає постійне вдосконалення методів для підсилення, впровадження нових технічних рішень та їх застосування на практиці, а також підлягають значній модернізації засоби та способи, які використовуються на сьогодні.

Зростання несучої здатності плит перекриття відбувається за рахунок збільшення перетинів, встановленням затяжок, підкріпленням шпренгельними балками і застосуванням розвантажувальних балок. Серед методів, які для цього застосовуються, найпростішим на практиці та найдешевшим постає метод збільшення перетину плити перекриття. Дуже гостим питанням при збільшенні перетину в верхній частині – це гарантування міцного поєднання між шарами бетонів (старий шар і новий шар). По-перше необхідно дуже ретельно очистити бетон (на якій буде накладатися збільшення), нанести на нього насічки, створити в плиті отвори, за допомогою свердлінням, в яких будуть знаходитися стрижні з арматури, за допомогою яких відбувається поєднання з арматурною сіткою нової верхньої частини бетону. Для закріплення кріпильних арматурних стрижнів у отворах, які зроблені в нижній частині, застосовуються розчини на цементній або полімерній основі.

Технологічне виконання конструкцій такого типу збільшення несучої здатності обумовлює необхідність надійного поєднання нижнього та верхнього шарів бетону, бо від експлуатаційних характеристик цієї взаємодії обумовлюється подальший процес всіх необхідних заходів по реконструкції або відновленню для створення спареного перерізу елемента з бетонів із різними віковими групами.

Для отримання високих характеристик по міцності при поєднанні нової арматури із арматурою, яка вже є в конструкції, можливо використовувати хімічне ін'єктування, в якому застосовуються композиції промислового виробництва. Бетон, який з'єднаний арматурою на клеєній основі, має характеристики як у монолітній структурі, або як у залізобетонна. Суцільна робота двох шарів бетонів є наслідком адгезії хімічного складу, зосередженого зусилля, яке передається ребрам арматури та можливістю передавати силові фактори на просвердлений отвір. Визначення силових факторів у місці з'єднання (стику) двох шарів бетонів відбувається із умови силових факторів, які передаються на загальну будівельну конструкцію

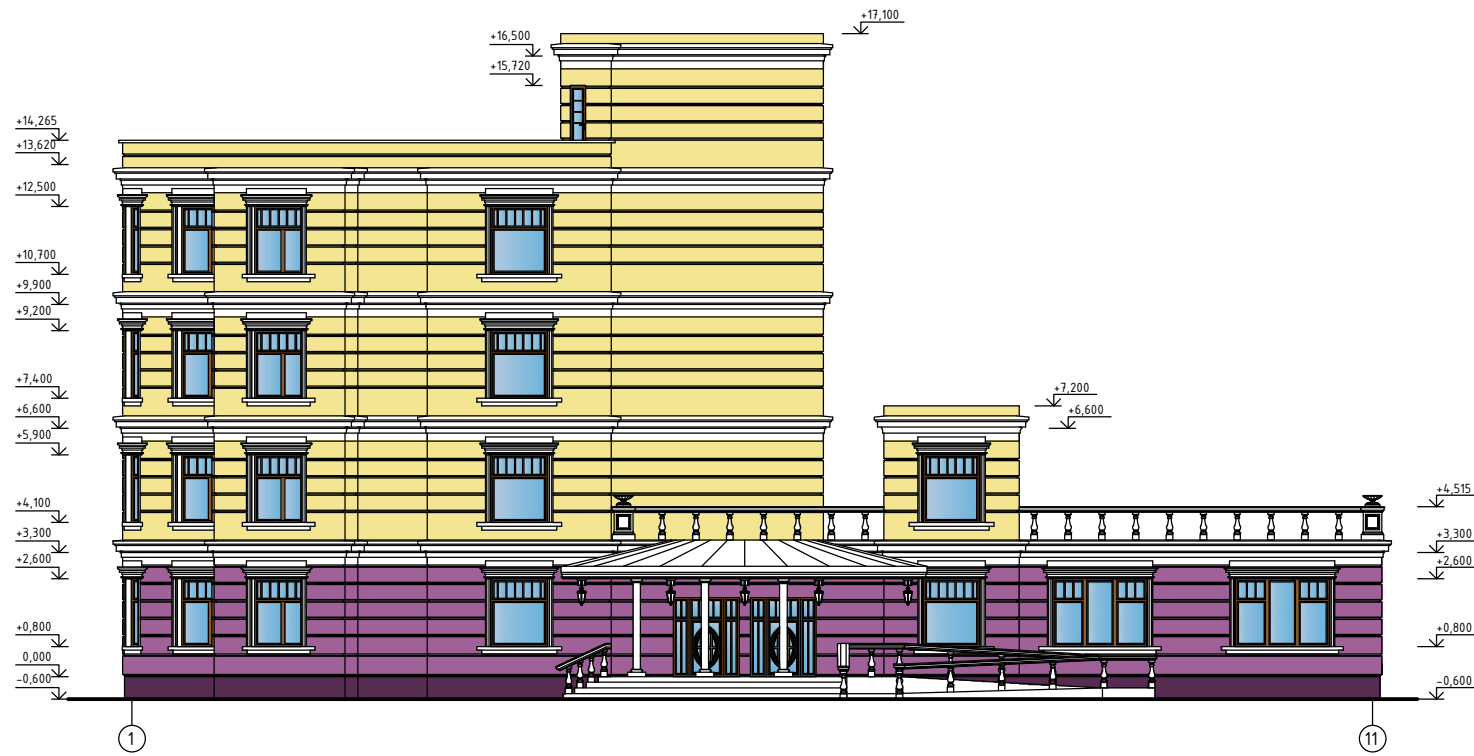
При збільшенні несучої здатності плит перекриття з моноліту збільшенням перерізу зверху спостерігаються великі силові фактори зсуву в зонах біля опор, для компенсації яких потрібно в цих місцях додавати додаткові елементи з арматури. На стрижні з арматури силові фактори зсуву діють як зрізаючі зусилля в контактній зоні нижнього та верхнього шарів бетонів. Анкерні арматури мають розміщуватися за напрямом дії сил в конструкції за умовою, що вони поглинають зрізаючі силові фактори та не дають змоги відокремитися новому шару бетону.

Виконано обчислення плити з подвійним перекриттям. У якості початкового елемента прийнята плита у якій товщина – 160 мм, для неї збільшується переріз на 70 мм накладанням нового шару бетону зверху. Так як, шорсткість поверхні, що працює на стиск, є вирішальною при визначенні зрізаючих силових факторів, при обчисленнях прийнято три способи обробки поверхні бетону (водою під тиском, піскоструйною і гладка поверхня бетону). Далі з урахуванням варіанту обробки бетону виконано деталізацію та знайдено необхідне число допоміжних стрижнів із арматури, що вклеюються, для сприйняття силових факторів.

На наступному етапі дослідження, виконано порівняльний аналіз існуючих випробувань зразків хімічних анкерів на зрізаючі зусилля, в яких були використані акрилові модифіковані композиції. Порівняння результатів випробувань стрижнів з арматури, які вклеєні акриловими клеями в бетон і випробувані на зрізаюче зусилля зі зменшеною глибиною закладання менше 10 діаметрів, дало можливість зробити висновок, що несуча здатність хімічних анкерів майже на 25% менше розрахункового опору арматури, що працює на зріз.

## **Додаток 2. Графічні матеріали**

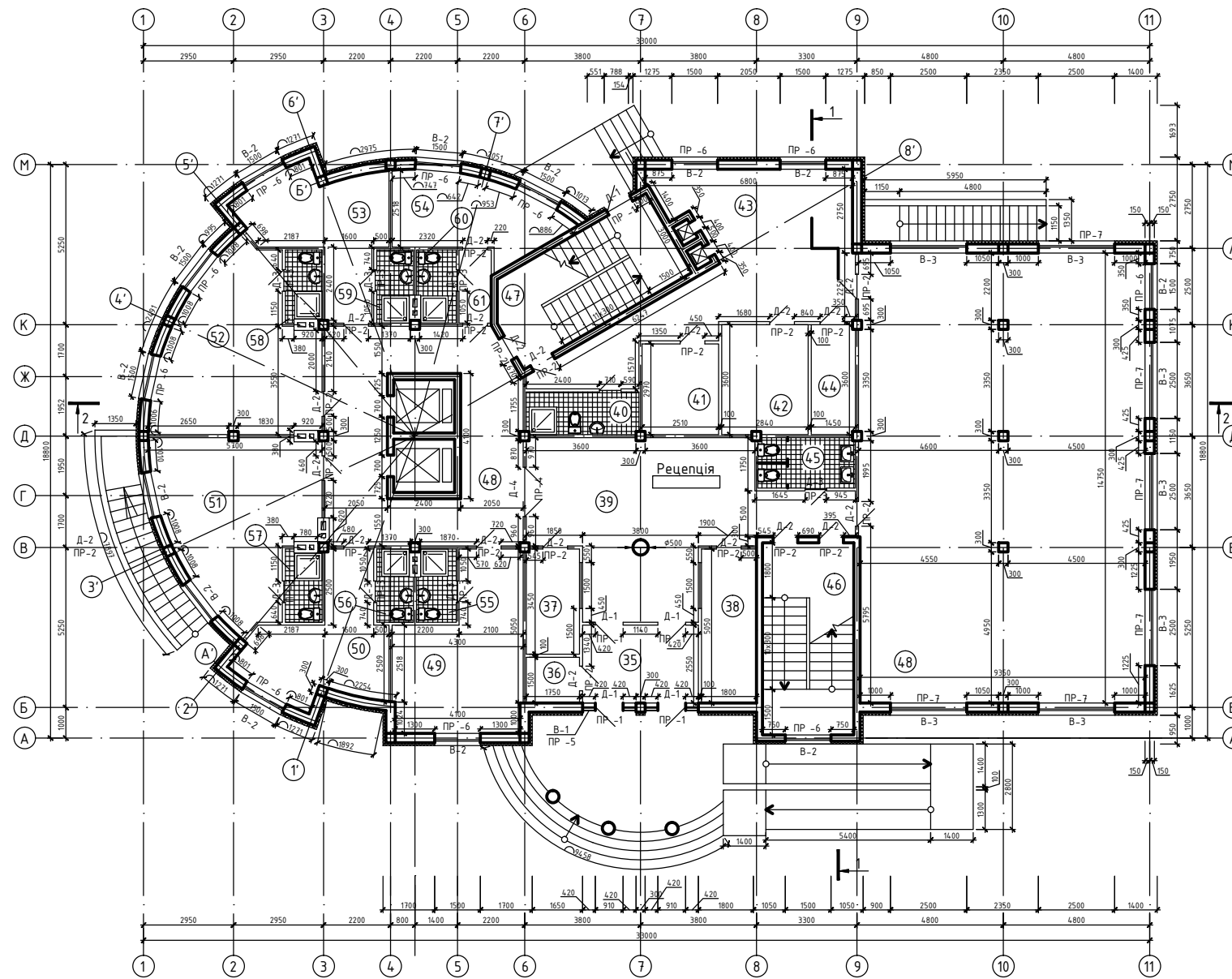
Фасад 1-11 М 1:100



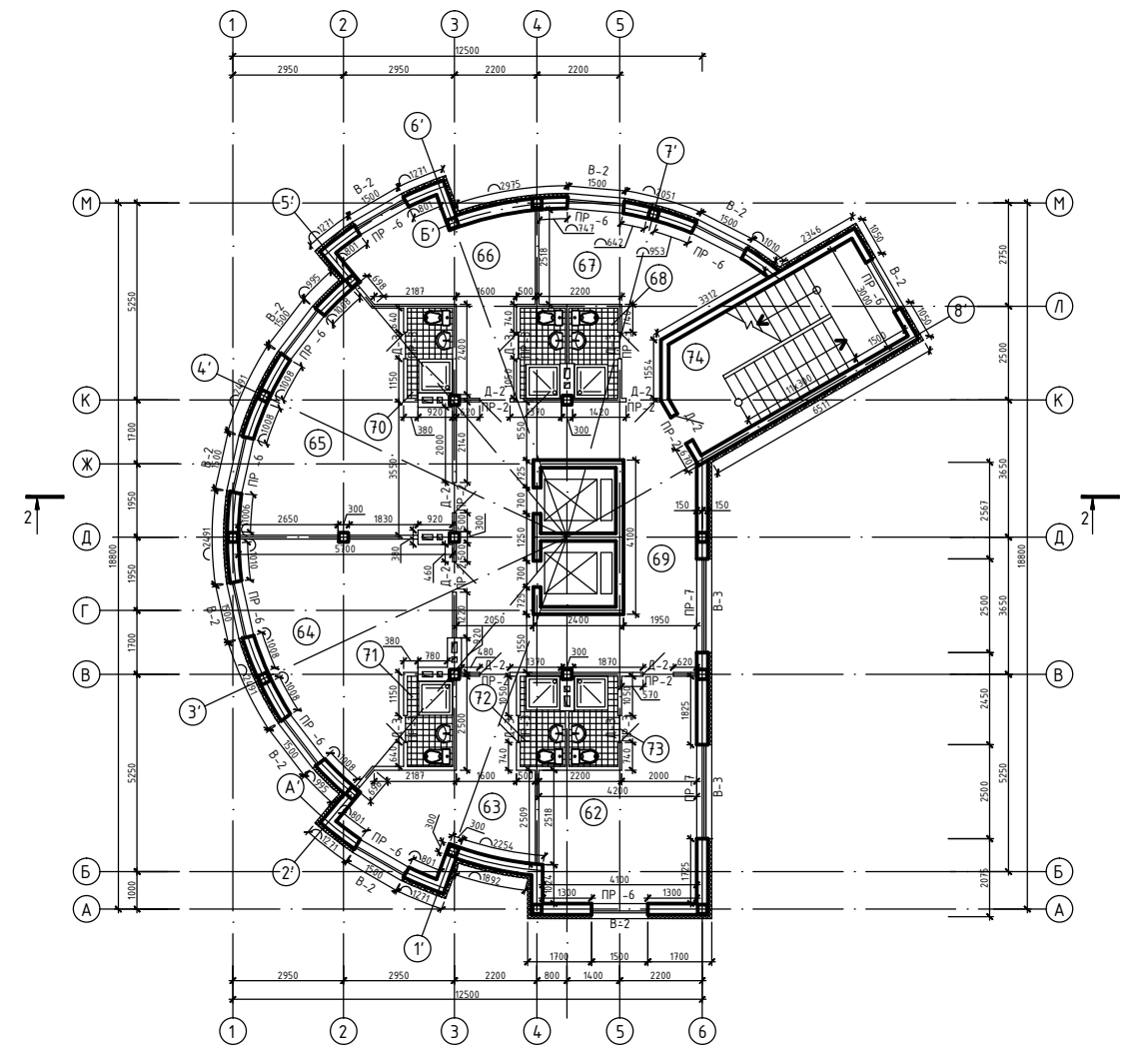
Фасад М-А М 1:100



План на відм. 0,000 М 1:100

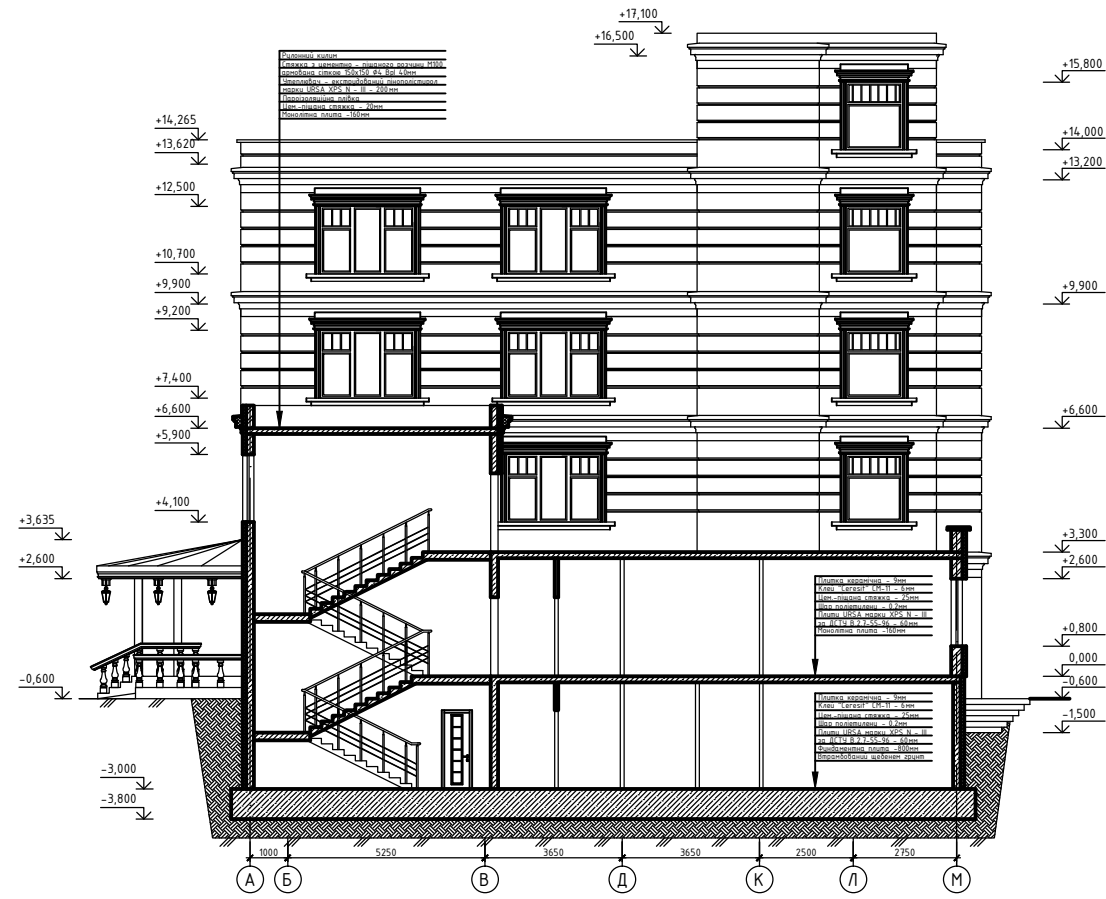


План на відм. +3,300, +6,600, +9,900 М 1:100

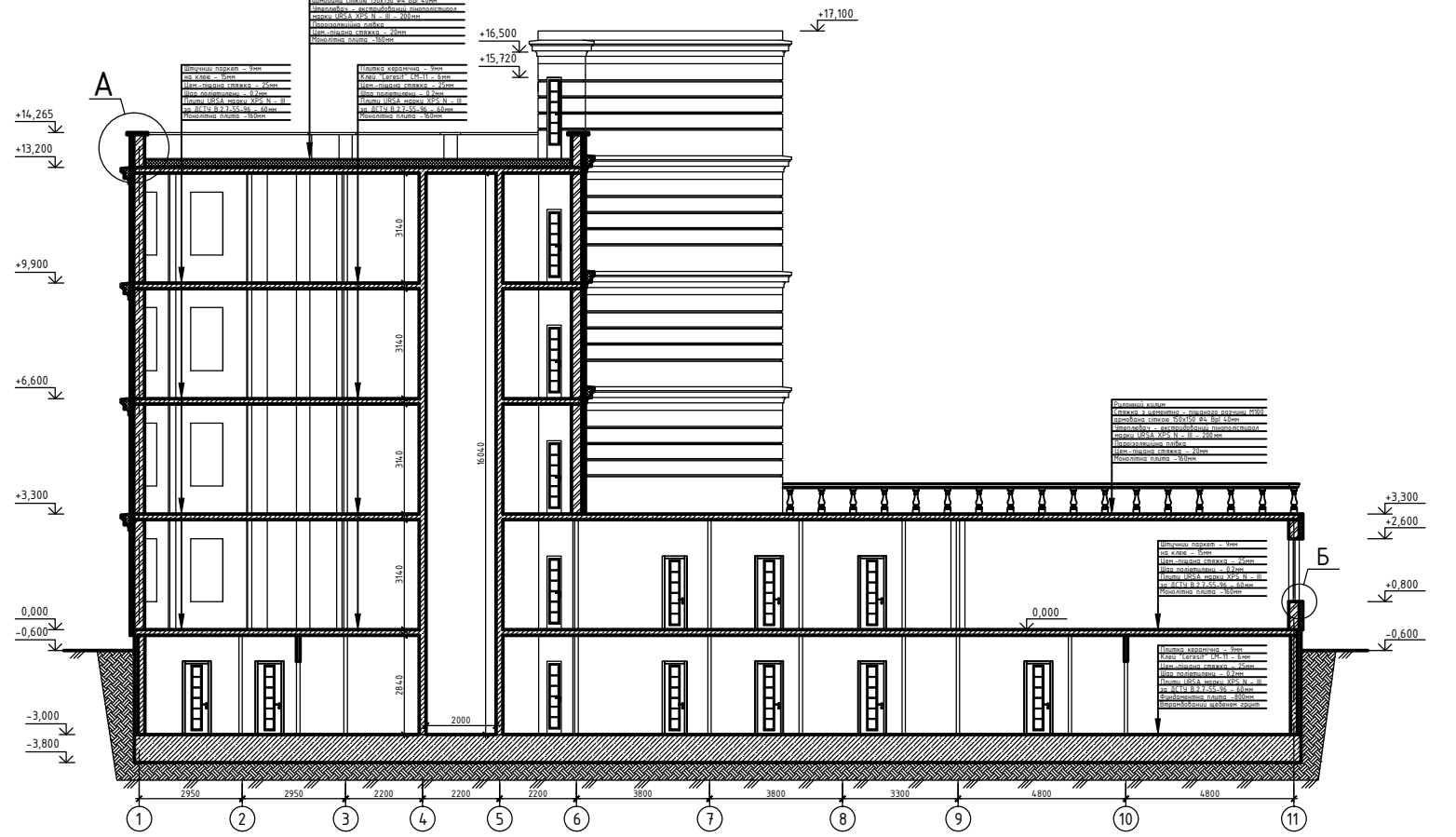


МР 76.23.БК ДР					Лит	Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Дослідження роботи з 1/8 плити перекриття, що підлягаєтья нарощуванню з вклевванням арматурних стрижнів	Аркш 1	Аркш 8
Виконав	Редюнов М.В.						
Керівник	Павличенко						
Консульт.	Львівський						
Н. контр.	Рагобий С.І.				План на відм. 0,000, +3,300, +6,600, +9,900; Фасад 1-11; Фасад М-А	СНАУ зр. ПЦБ 2203н	
Затвердив	Шванюк Л.А.						

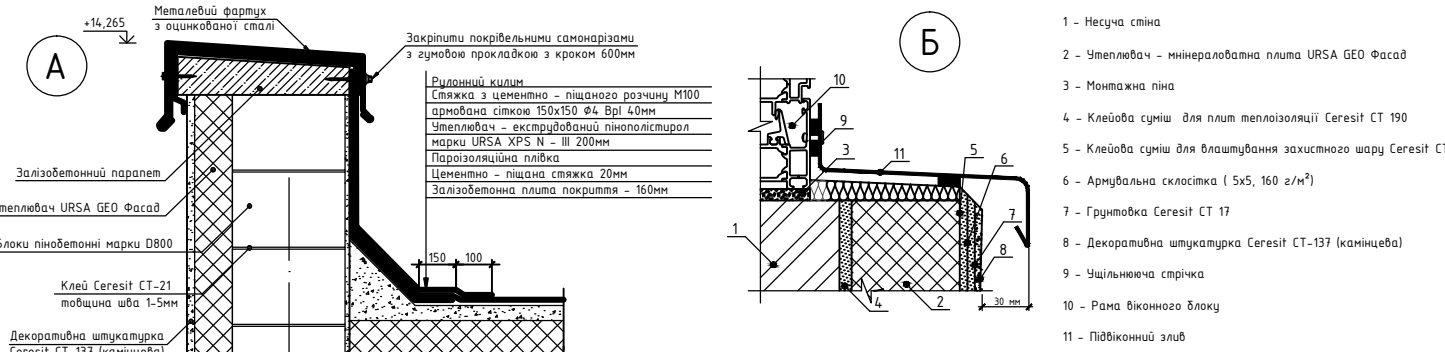
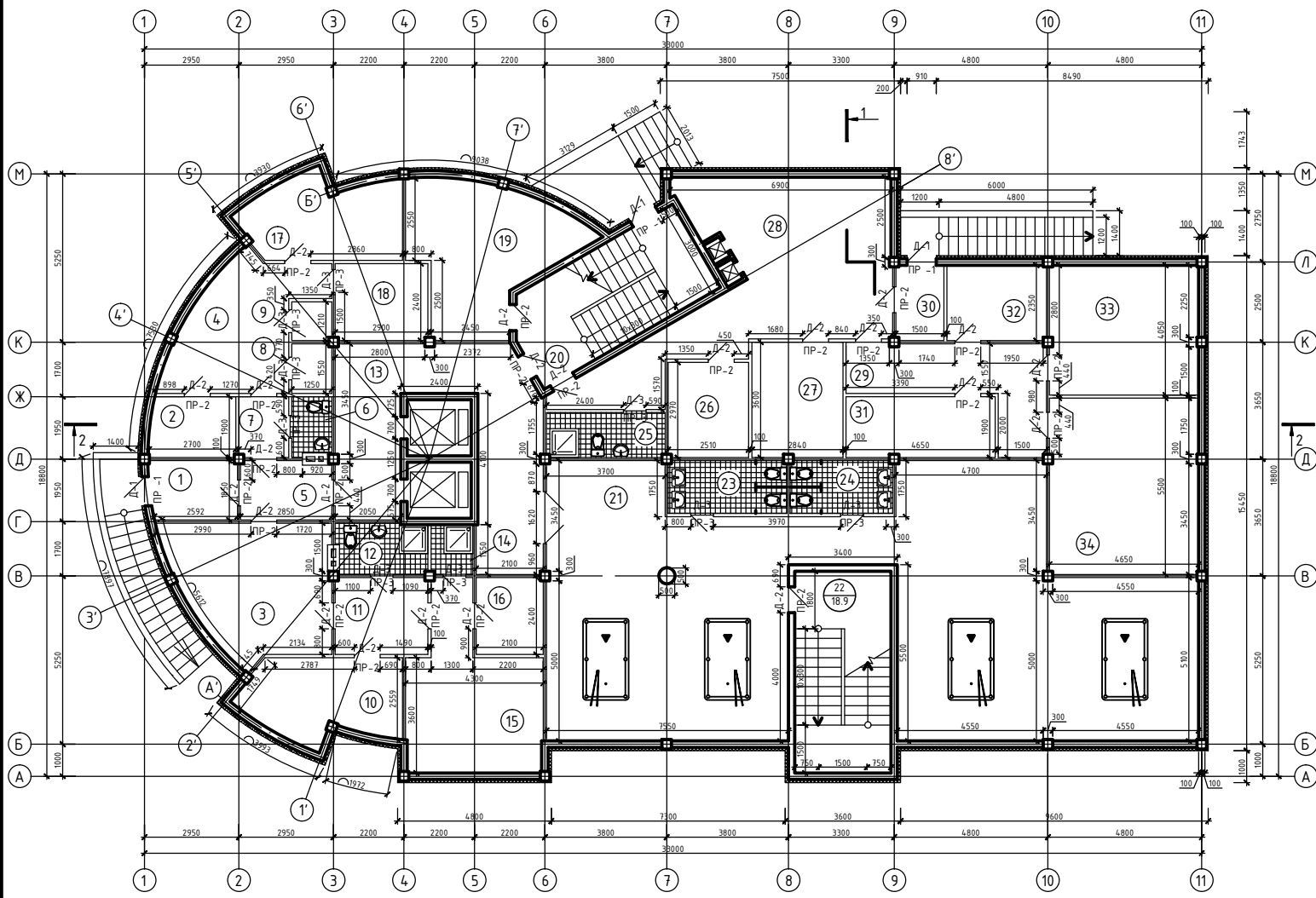
Розріз 1-1 М 1:100



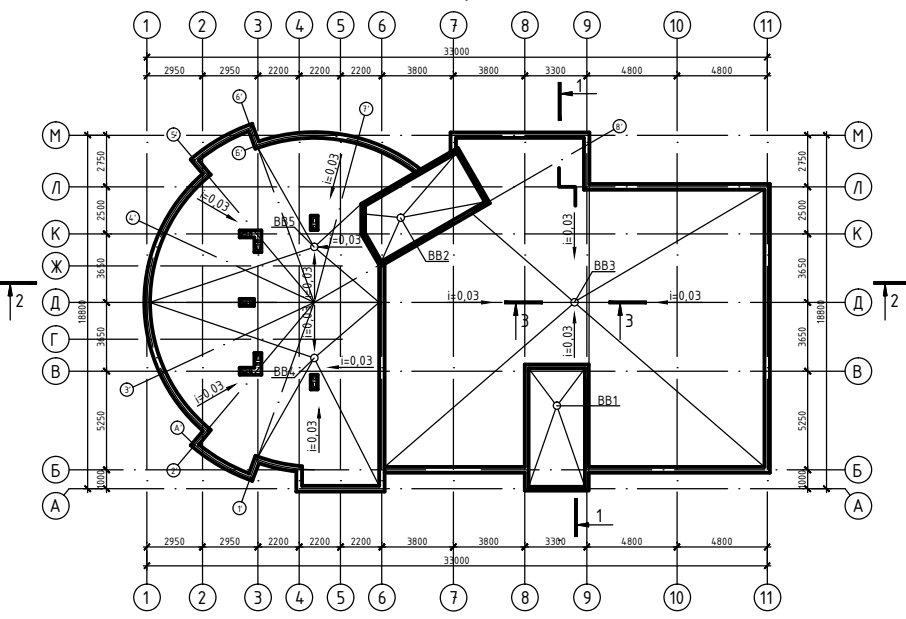
Розріз 2-2 М 1:100



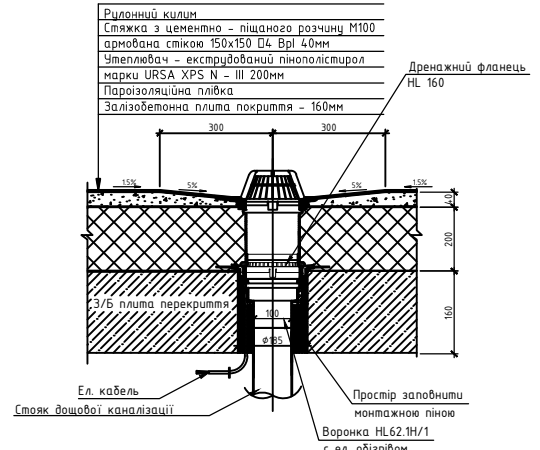
План на відм. -3,000 М 1:100



План покрівлі М 1:200



Розріз 3-3



МР 76.23.БК ДР					Лит	Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ докum	Підпис	Дата	Дослідження роботи з/в плити покриття, що підлягаєть нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів	Аркш 2	Аркшшів в
Виконав	Ревунов М.В.						
Керівник	Павличенков						
Консульт.	Львівський						
Н. контр.	Роздий С.І.				План на відм. -3,000; Розріз 1-1; Розріз 2-2; Розріз 3-3; План покрівлі; Вузел А,Б.		
Затвердив	Швацький Л.А.						СНАУ зр. ПЦБ 2203-н

Схема розміщення каркасів поперечного армування та підтримуючих каркасів М 1:100

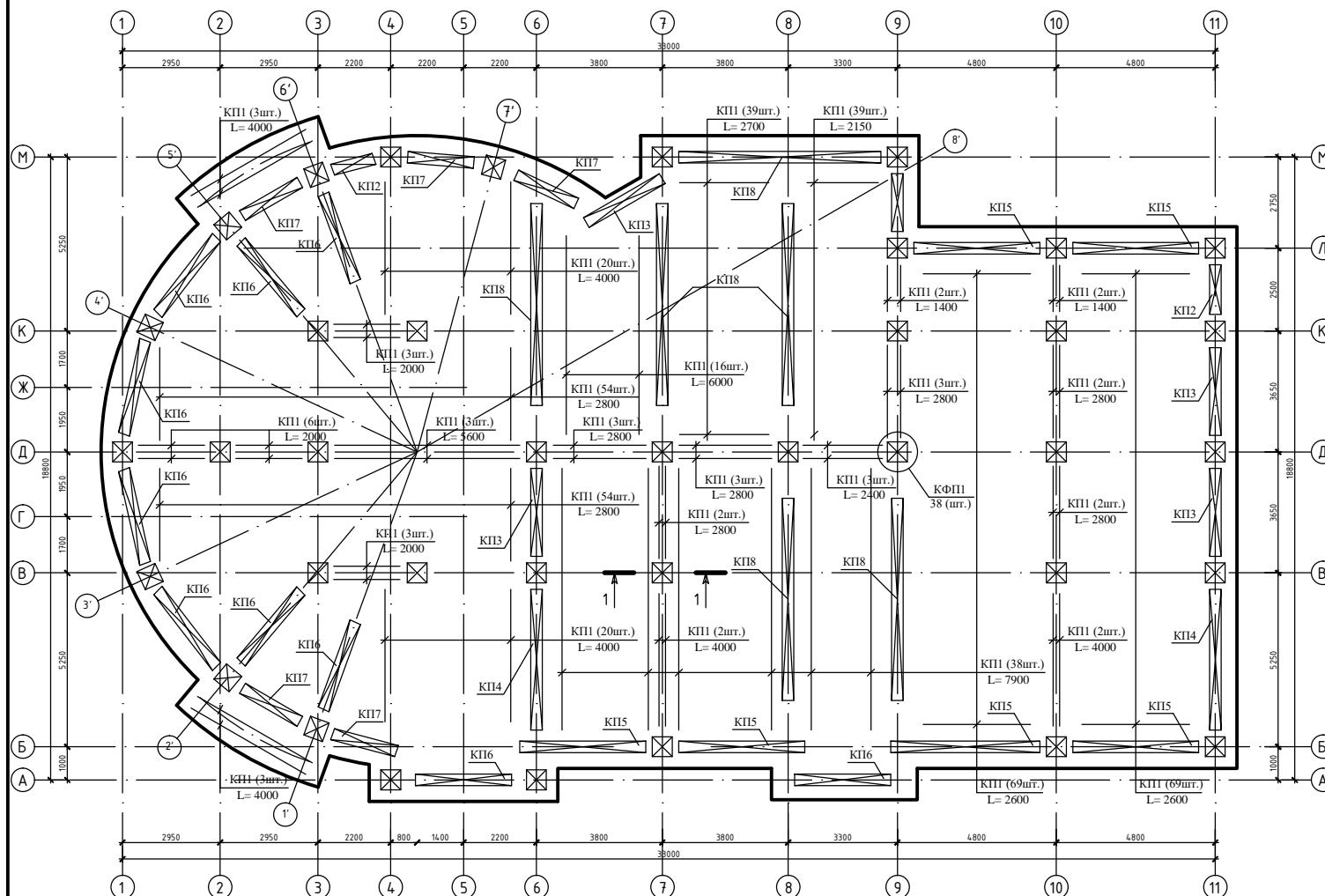


Схема розміщення нижньої арматури плити М 1:100

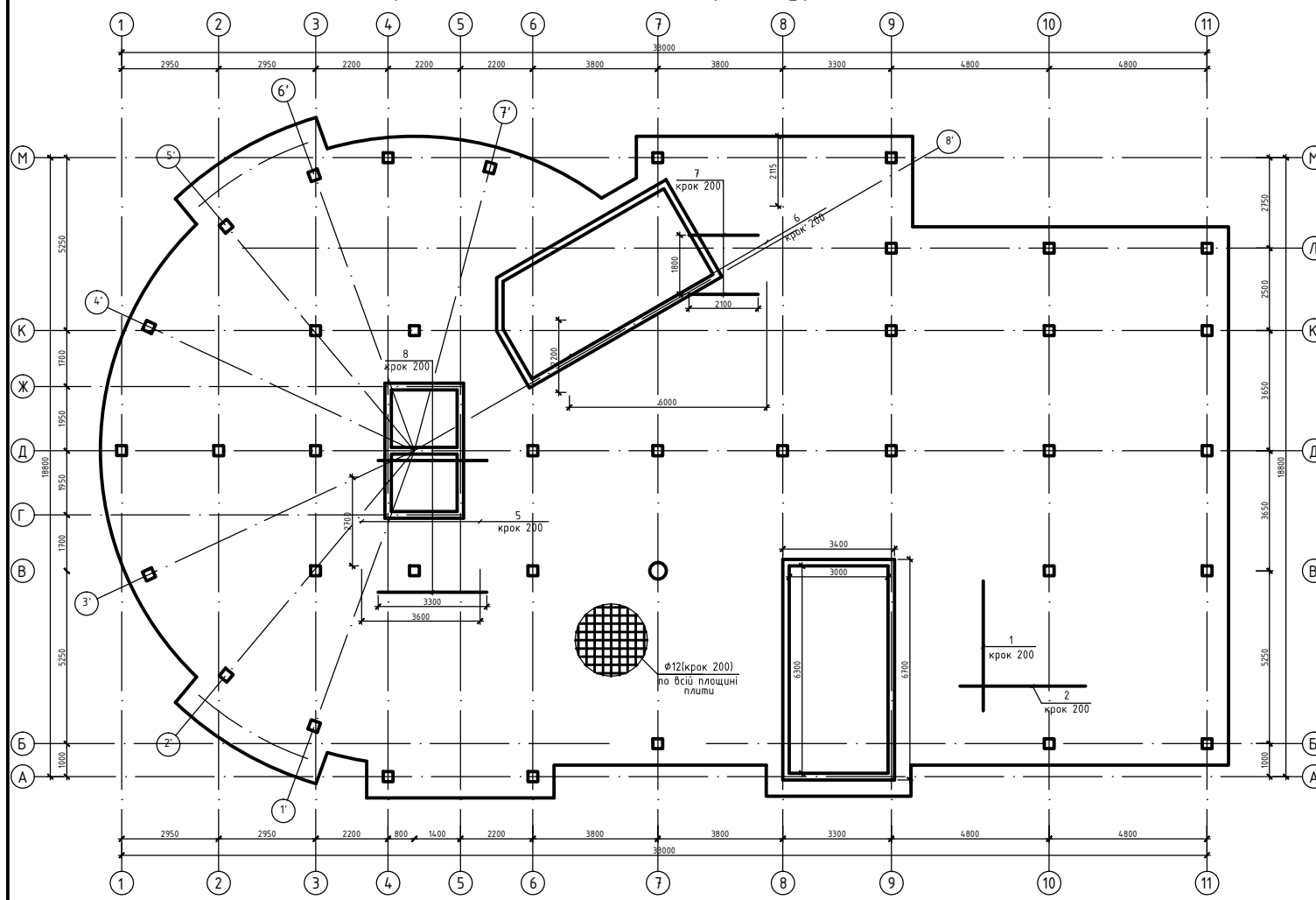
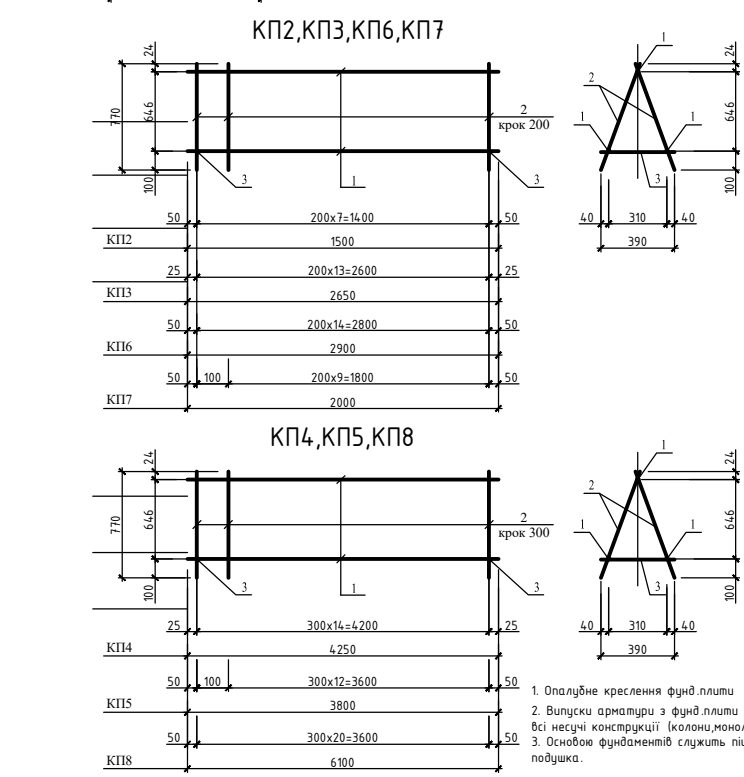
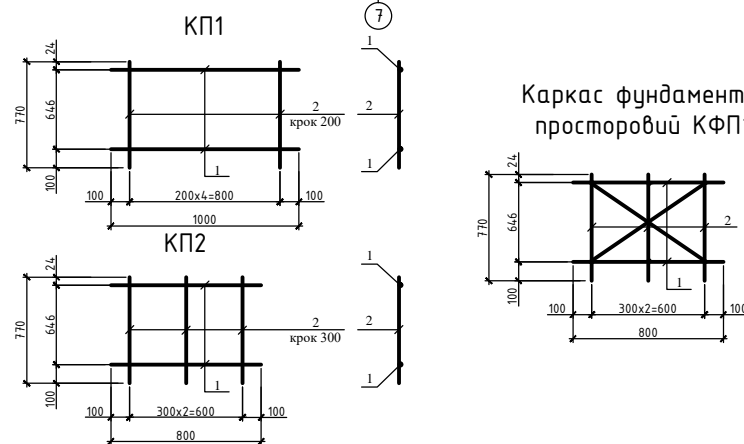
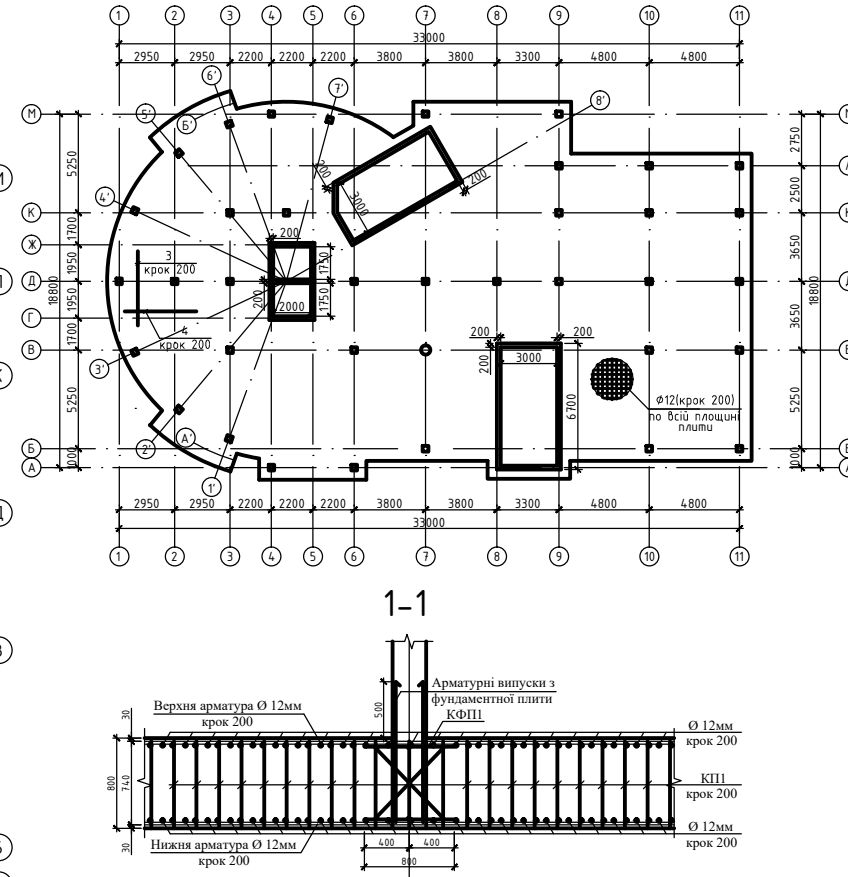


Схема розміщення верхньої арматури плити М 1:200



Специфікація арматури просторових та плоских каркасів

№ п/п	Позначення	Найменування	К-т	Маса од., кг	Прим.
Каркаси поперечного армування					
КП1					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=1000	2	3,2	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø10 А400С L=770	5	0,48	
	ДСТУ-3760:2019	КП-1 L <sub>роз</sub> =1672,75	-	3,2	5352,8
КП2					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А240С L=800	2	0,32	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø10 А400С L=770	3	0,48	
Каркаси підтримуючі					
КП2					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=1500	2	7,53	15,06
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	18	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	9	0,16	
			4	12,75	51,00
КП3					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2650	3	1,05	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	30	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	15	0,16	
КП4					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=4250	3	1,68	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	32	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	16	0,16	
КП5					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=3800	3	1,50	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	28	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	14	0,16	
КП6					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2800	10	13,57	135,7
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	32	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	16	0,16	
КП7					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2000	3	0,79	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	22	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	11	0,16	
КП8					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=6100	3	2,41	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	4,4	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	22	0,16	
КФП1					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2000	3	0,79	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	22	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	11	0,16	
КФП2					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=6100	3	2,41	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	4,4	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	22	0,16	
КФП1					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2000	3	0,79	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	22	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	11	0,16	
КФП1					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=2000	3	0,79	
2	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=600	22	0,24	
3	ДСТУ-3760:2019	Ø8 А400С L=390	11	0,16	

Специфікація арматури фонд. плити

№ п/п	Позначення	Найменування	К-т	Маса од., кг	Прим.
Фундаментна плита ФП-1					
Деталі					
1	ДСТУ-3760:2019	Ø12 А400С L <sub>роз</sub> =3073,9	203	0,888	2729,62
2	ДСТУ-3760:2019	Ø12 А400С L <sub>роз</sub> =3073,9	203	0,888	2729,62
3	ДСТУ-3760:2019	Ø12 А400С L <sub>роз</sub> =3073,9	203	0,888	2729,62
4	ДСТУ-3760:2019	Ø12 А400С L <sub>роз</sub> =3073,9	203	0,888	2729,62
5	ДСТУ-3760:2019	Ø16 А400С L=2700	19	1,578	80,95
6	ДСТУ-3760:2019	Ø16 А400С L=2200	31	1,578	107,62
7	ДСТУ-3760:2019	Ø16 А400С L=2100	10	1,578	33,14
8	ДСТУ-3760:2019	Ø16 А400С L=3300	21	1,578	109,36
Матеріал:					
Бетон класу С20/25					
				481,8	

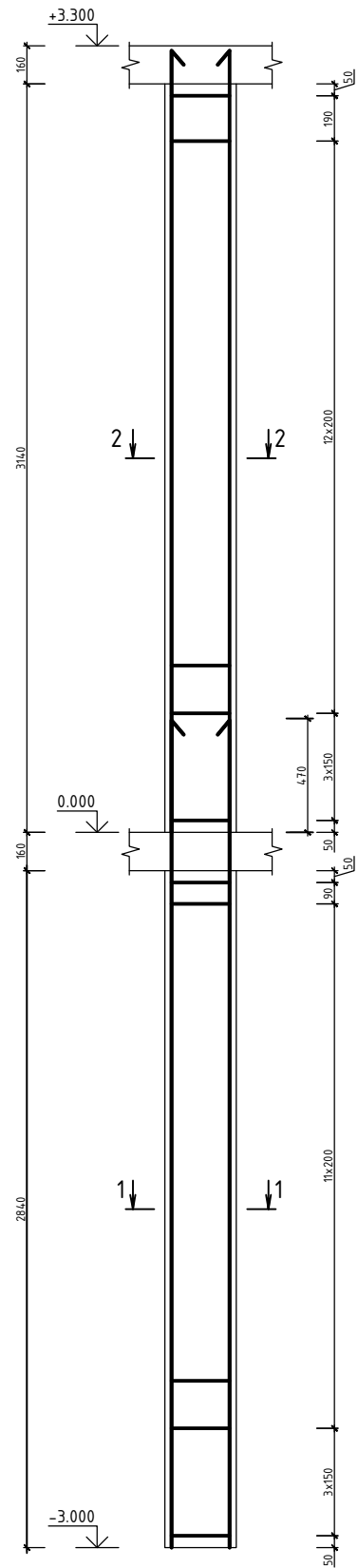
Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні			Всього
	Арматура класу			
	А400С			
ФП-1	ДСТУ-3760:2019			11249,55
	Ø12	Ø16	Всього	
	10918,48	331,07	11249,55	

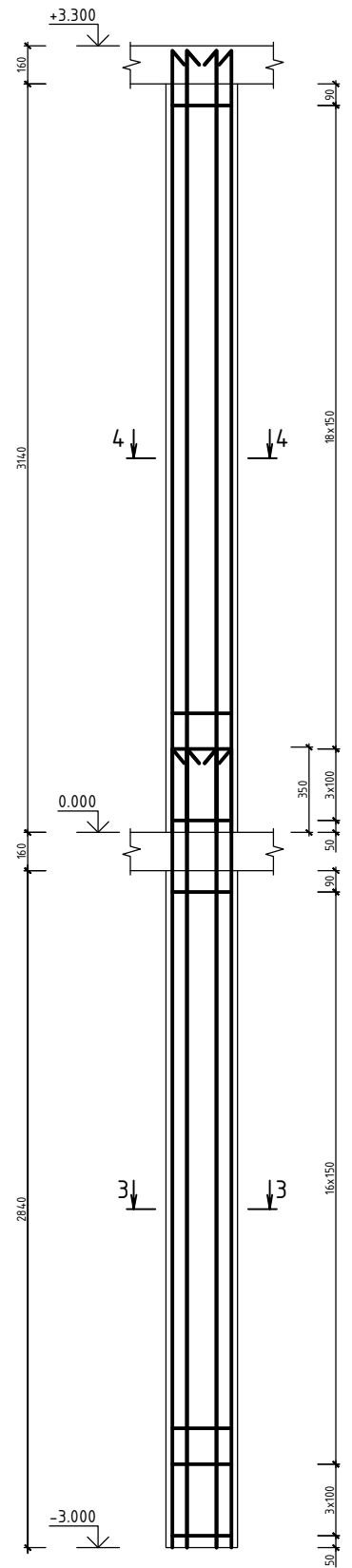
  

Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Дослідження роботи з/в плити перевірити, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів	Лист	Маса	Масштаб
Виконав	Редюнов М.В.							
Керівник	Павличенко							
Консульт.	Львівський							
MR 76.23БК ДР						Аркш 3	Аркшів 8	
Н. контр.	Рагобий С.І.				Схема розміщення нижньої та верхньої арматури плити, Схема розміщення каркасів поперем. та підтримуючих каркасів, Спецф. арм. плити	СНАУ гр. ПЦБ 2203г		

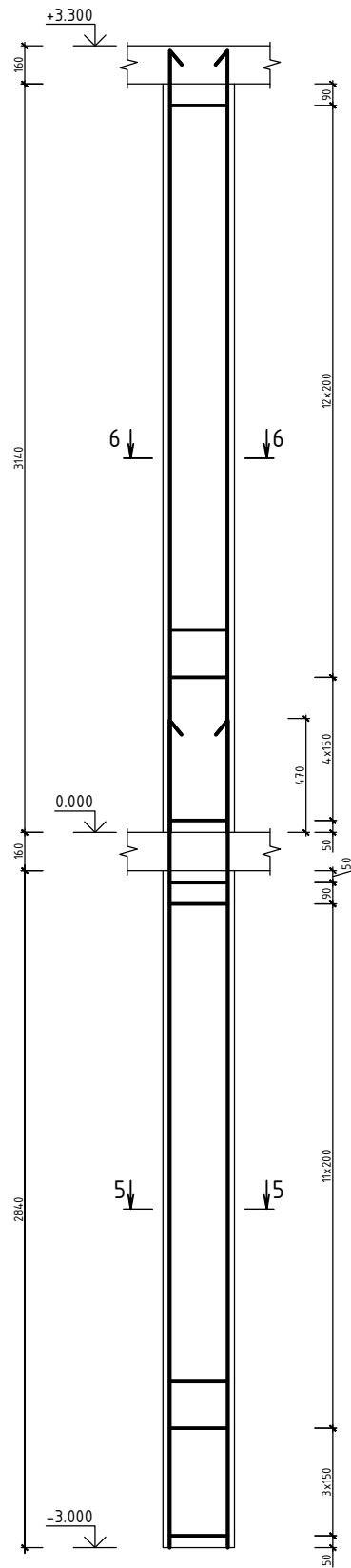
КМ-2



КМ-25



КМ-26



КМ-28

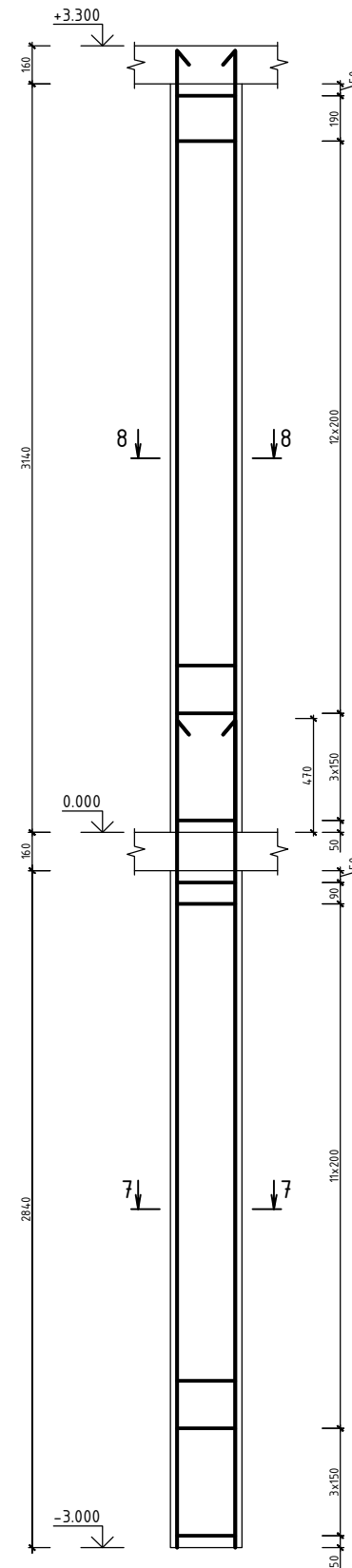
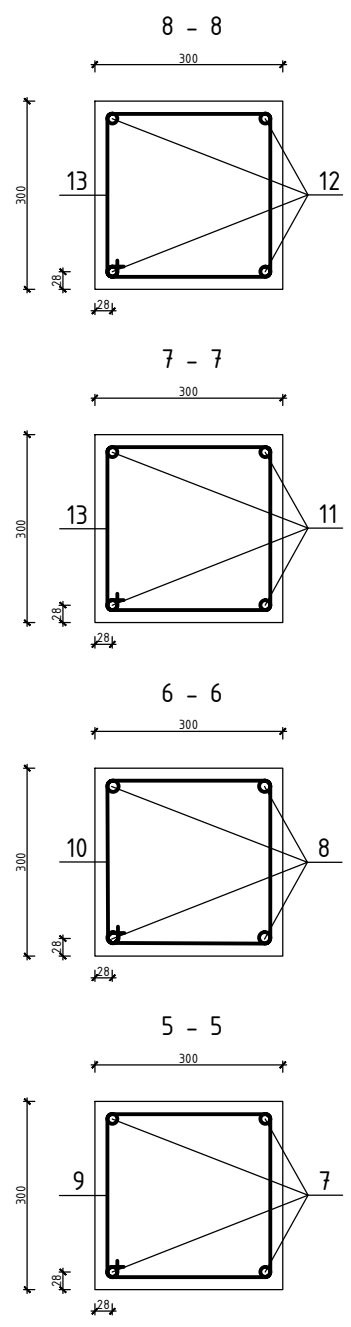
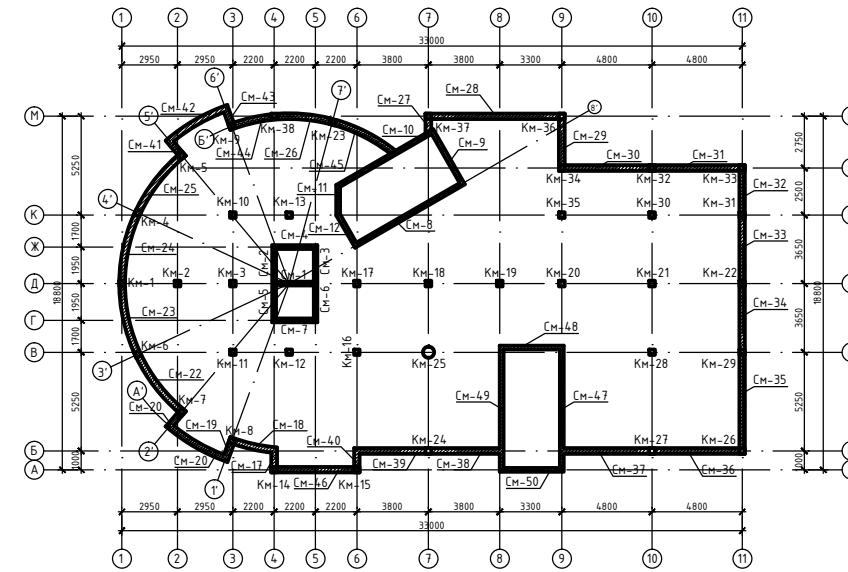


Схема розташування монолітних стін, колон М 1:200

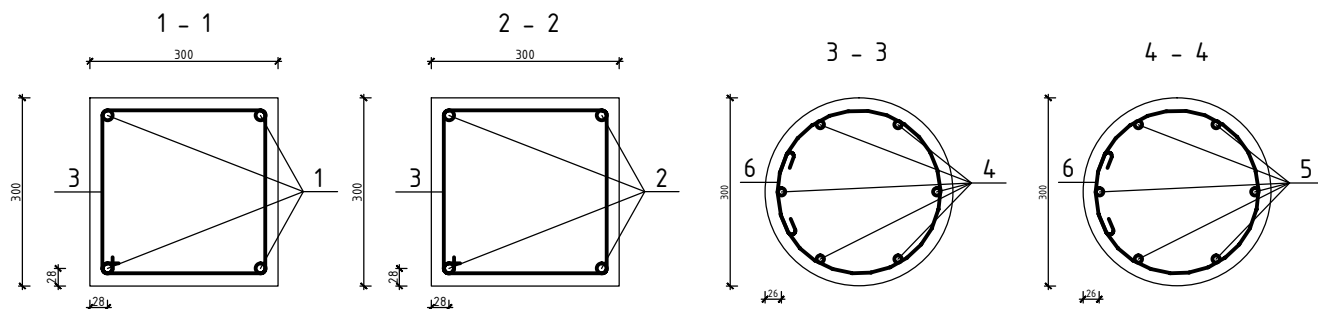


Специфікація елементів монолітних КОЛОН

№ п/п	Позначення	Найменування	К-сть	Маса од., кг	Прим.
Колона КМ-2					
Деталі					
1	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A400C L=3470	4	5,5	22,0
2	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A400C L=3280	4	5,2	20,8
3	ДСТУ 3760:2019	Ø6 A240C L=1130	33	0,2	6,6
Матеріали					
				Бетон класу C16/20	0,6 м³
Колона КМ-25					
Деталі					
4	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A400C L=3350	6	3,0	26,6
5	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A400C L=3280	6	2,9	38,4
6	ДСТУ 3760:2019	Ø6 A240C L=1110	42	0,2	21,0
Матеріали					
				Бетон класу C16/20	0,4 м³
Колона КМ-26					
Деталі					
7	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A400C L=3470	4	5,5	22,0
8	ДСТУ 3760:2019	Ø18 A400C L=3280	4	6,6	26,4
9	ДСТУ 3760:2019	Ø6 A240C L=1130	16	0,2	3,2
10	ДСТУ 3760:2019	Ø6 A240C L=1120	17	0,2	3,4
Матеріали					
				Бетон класу C16/20	0,6 м³
Колна КМ-28					
Деталі					
11	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A400C L=3470	4	5,5	22,0
12	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A400C L=3280	4	5,2	20,8
13	ДСТУ 3760:2019	Ø6 A240C L=1130	33	0,2	6,6
Матеріали					
				Бетон класу C16/20	0,6 м³

Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні					Всього
	Арматура класу					
	A240C		A400C			
	ДСТУ 3760:2019					
	Ø6	Ø12	Ø16	Ø18	Всього	
КМ-2	6,6	-	42,8	-	-	49,4
КМ-25	21,0	65,0	-	-	-	86,0
КМ-26	6,6	-	22,0	26,4	-	55,0
КМ-28	6,6	-	42,8	-	-	49,4



МР 76.23.БК ДР					Лист	Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Дослідження роботи з/в плити перекриття, що підлягає нарощуванню з вклеюванням арматурних стрижнів	Аркш 4	Аркшш 8
Виконав	Редунів М.В.						
Керівник	Павличенко						
Консульт	Львівський						
Н. контр.	Раговий С.І.				Схема розташування монолітних стін, колон. Специфікація монолітних колон. Відомість витрат сталі. Колони КМ-2, КМ-25, КМ-26, КМ-28		СНАУ гр. ПЦБ 2203н
Затвердив	Циганенко Л.А.						

Схема розміщення арматури в См-1

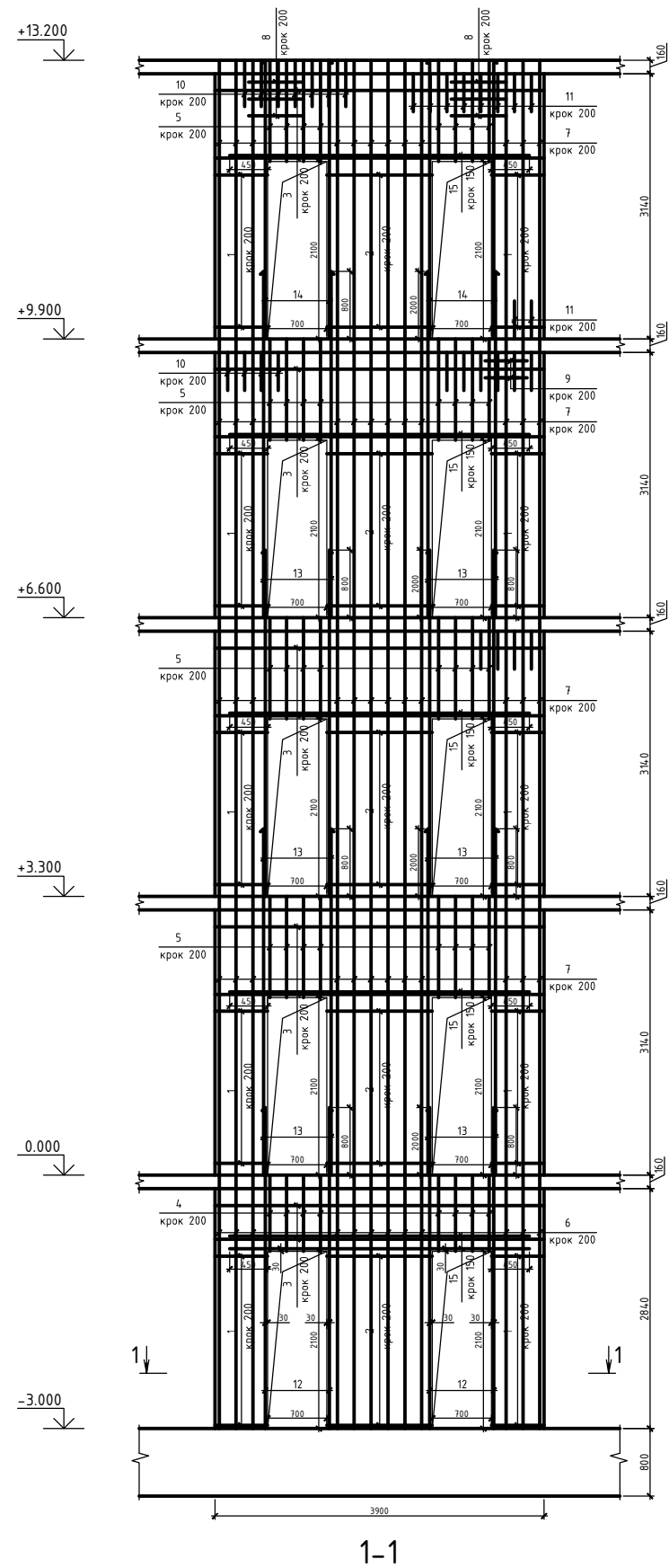


Схема розміщення арматури в См-2

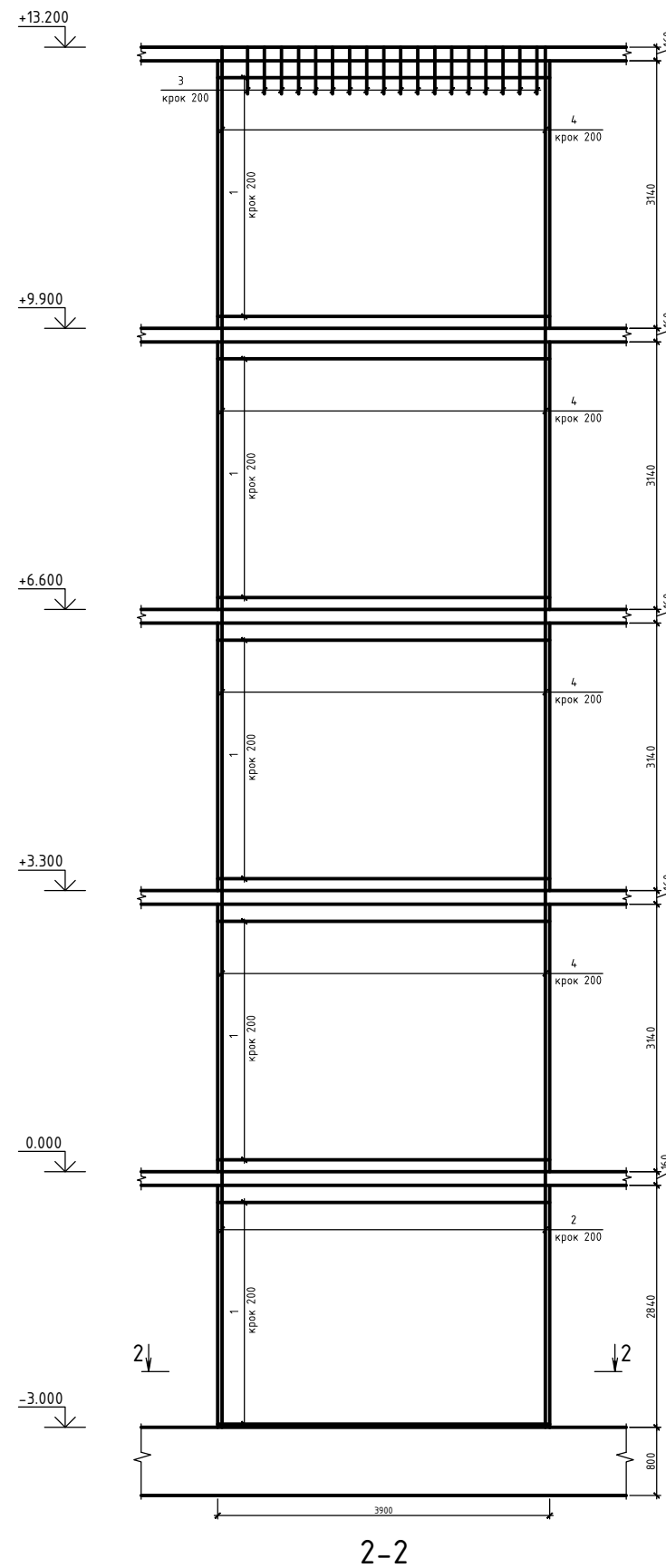
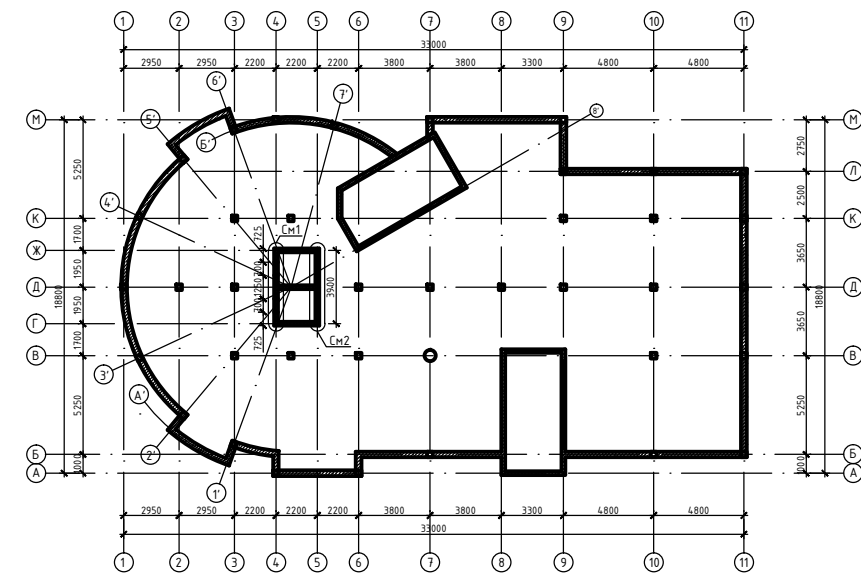


Схема розташування монолітних стін М 1:200

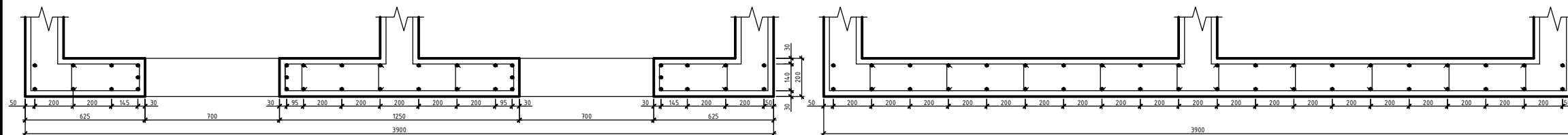


Специфікація елементів монолітних стін

№ п/п	Позначення	Найменування	К-сть	Маса од., кг	Прим.
Монолітна стіна СМ-1					
Деталі					
1	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=0,625	204	0,139	28,3
2	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=1250	102	0,278	28,3
3	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3900	46	0,858	39,5
4	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=0,900	16	0,2	3,2
5	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=1200	48	0,266	12,8
6	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3000	24	0,666	15,9
7	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3300	96	0,733	70,3
8	ДСТУ 3760:2019	Φ8 A400C L=0,650	12	0,257	3,1
9	ДСТУ 3760:2019	Φ8 A400C L=0,500	4	0,197	0,79
10	ДСТУ 3760:2019	Φ10 A400C L=0,550	14	0,339	4,75
11	ДСТУ 3760:2019	Φ10 A400C L=0,450	48	0,277	13,3
12	ДСТУ 3760:2019	Φ12 A400C L=3,800	12	3,374	40,5
13	ДСТУ 3760:2019	Φ12 A400C L=4,100	36	3,64	131,1
14	ДСТУ 3760:2019	Φ12 A400C L=3,300	6	2,93	17,6
15	ДСТУ 3760:2019	Φ12 A400C L=3,550	12	3,15	37,8
16	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A240C L=300	310	0,066	20,6
Матеріал					
				Бетон класу С16/20	24,52м³
Монолітна стіна СМ-2					
Деталі					
1	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3,900	148	0,866	128,2
2	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3,000	40	0,666	26,6
3	ДСТУ 3760:2019	Φ8 A400C L=0,550	25	0,217	5,43
4	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A400C L=3,300	160	0,733	117,2
5	ДСТУ 3760:2019	Φ6 A240C L=300	310	0,066	20,6
Матеріал					
				Бетон класу С16/20	24,52м³

Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні						Всього
	Арматура класу						
	A240C		A400C				
	Φ6	Φ6	Φ8	Φ10	Φ12	Всього	
См-1	20,6	198,3	3,89	18,05	227	-	467,84
См-2	20,6	272	5,39	-	-	-	297,99



МР 76.23.БК ДР					Лист	Маса	Масштаб
Зм	Арх	№ докum.	Підпис	Дата	Дослідження роботи з/в плити перекриття, що підлягає нарощуванню з вклевванням арматурних стрижнів	Аркш 5	Аркшів 8
Виконав	Ревунов М.В.						
Керівник	Павличенков						
Консульт.	Ільківський						
Н. контр.	Рагобий С.І.				Схема розміщення арматури в стіні См-1См-2, Опалюв. креслення фундамента, Відомість витрат сталі, Специфікація ел. моноліт. стін		СНАУ зр. ПЦБ 2203н
Затвердив	Швабичко Л.А.						

Схема розміщення нижньої арматури плити М 1:100

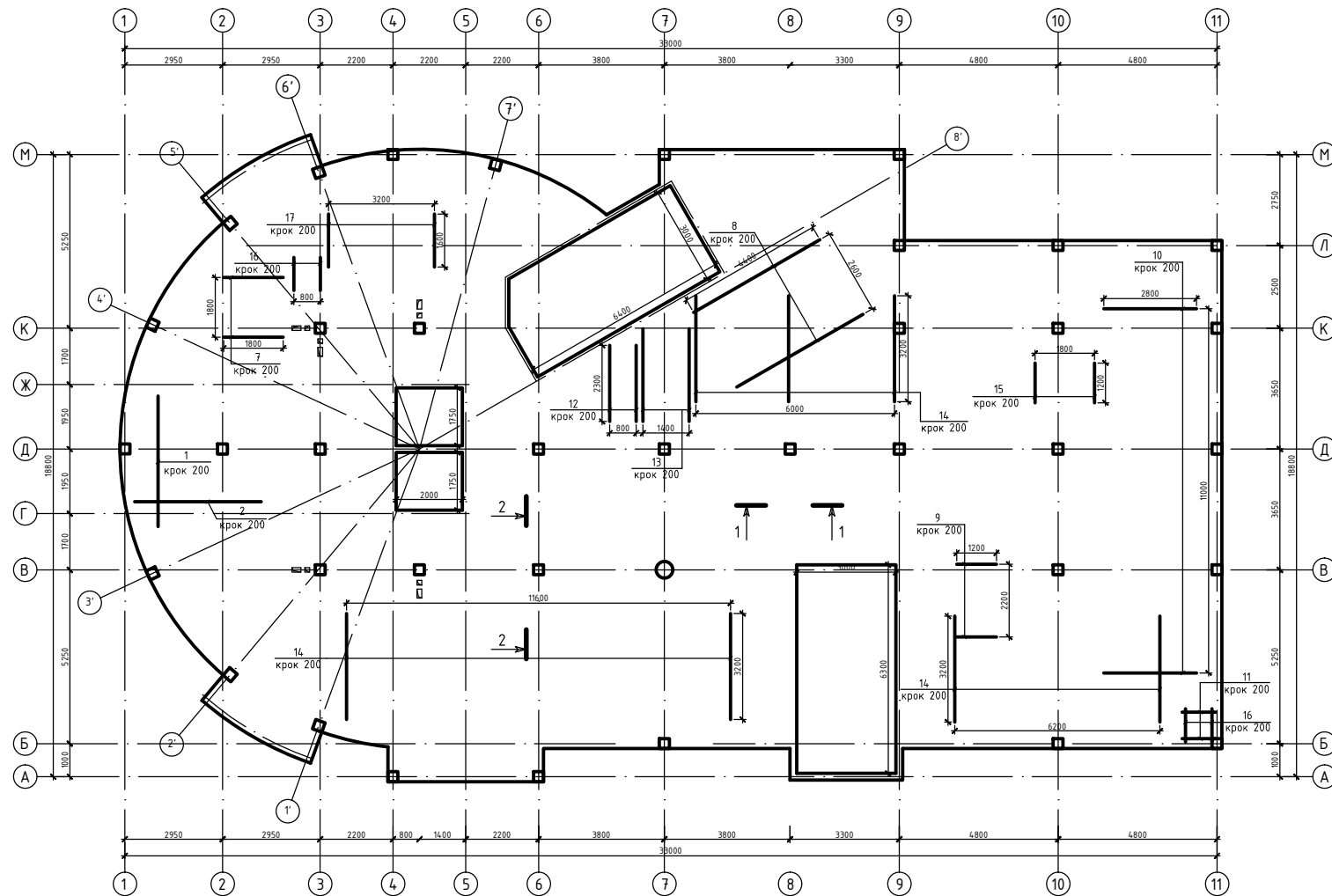
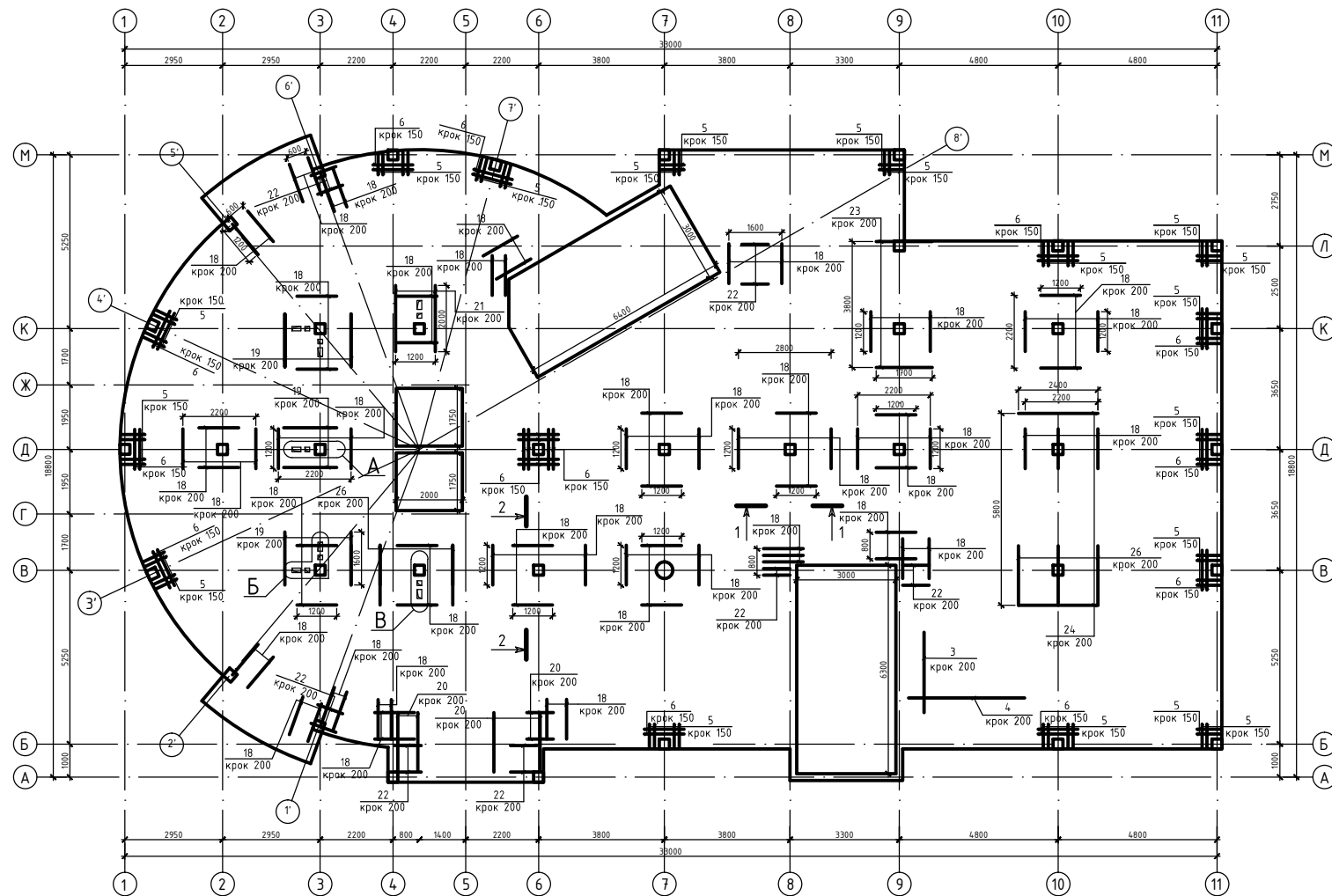
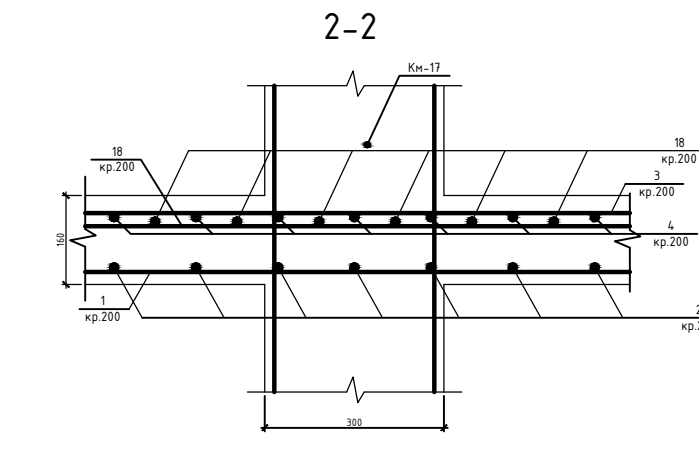
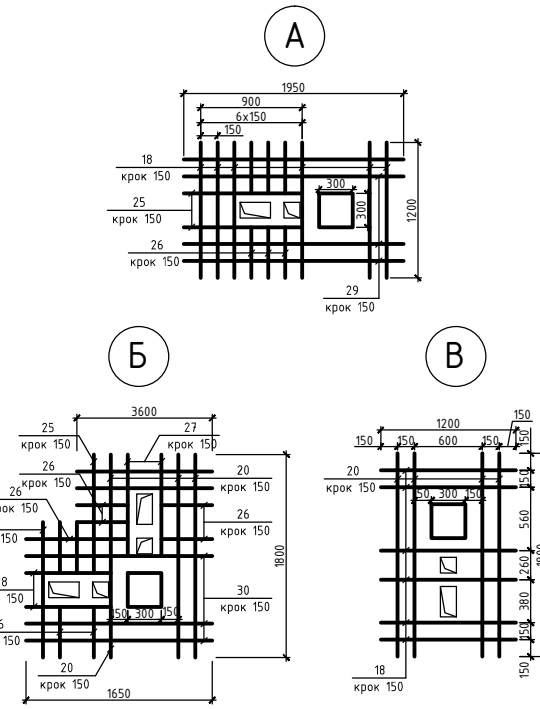
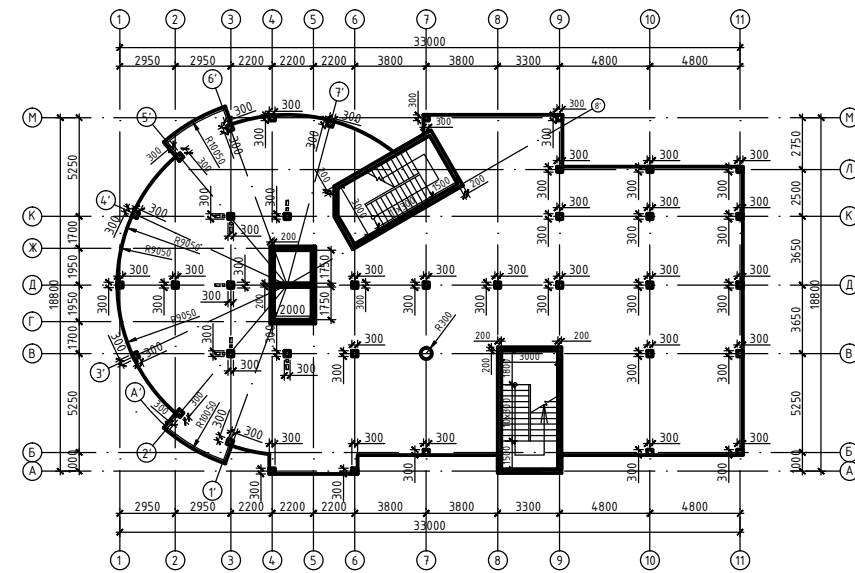


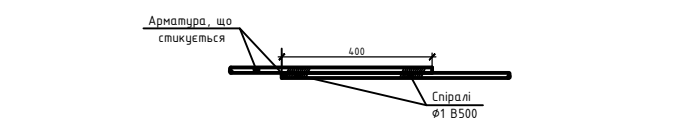
Схема розміщення верхньої арматури плити М 1:100



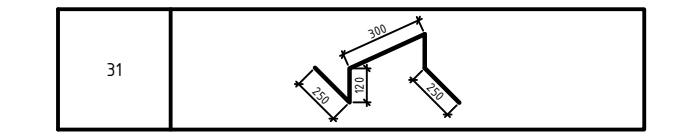
Опалубковий план перекриття на відм. +3,300 М 1:200



Вузол напуску арматури



Відомість деталей



Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні						Всього
	Арматура класу А400С						
	φ6	φ8	φ10	φ12	φ14	Всього	
МП-1	16,78	3187,64	157,19	418,69	831,56	4611,86	4611,86

Специфікація арматури на плити перекриття

№ п/п	Позначення	Найменування	К-сть	Маса од., кг	Прим.
1	ДСТУ-3760:2019	φ8 А400С L=2017,5	192	0,395	796,91
2	---	φ8 А400С L=2017,5	192	0,395	796,91
3	---	φ8 А400С L=2017,5	192	0,395	796,91
4	---	φ8 А400С L=2017,5	192	0,395	796,91
5	---	φ6 А400С L=700	60	0,222	9,32
6	---	φ6 А400С L=1200	28	0,222	7,46
7	---	φ10 А400С L=1800	10	0,617	11,10
8	---	φ10 А400С L=4400	14	0,617	38,00
9	---	φ10 А400С L=1200	12	0,617	8,88
10	---	φ10 А400С L=2800	56	0,617	96,74
11	---	φ10 А400С L=800	5	0,617	2,47
12	---	φ12 А400С L=2300	5	0,888	10,21
13	---	φ12 А400С L=2800	8	0,888	19,89
14	---	φ12 А400С L=3200	122	0,888	346,68
15	---	φ12 А400С L=1200	10	0,888	10,66
16	---	φ12 А400С L=800	10	0,888	7,10
17	---	φ12 А400С L=1600	17	0,888	24,15
18	---	φ14 А400С L=1200	301	1,208	436,33
19	---	φ14 А400С L=1600	29	1,208	56,05
20	---	φ14 А400С L=1800	51	1,208	110,89
21	---	φ14 А400С L=2000	7	1,208	16,91
22	---	φ14 А400С L=800	36	1,208	34,79
23	---	φ14 А400С L=1700	20	1,208	41,07
24	---	φ14 А400С L=2400	30	1,208	86,97
25	---	φ14 А400С L=1050	4	1,208	5,07
26	---	φ14 А400С L=450	22	1,208	11,96
27	---	φ14 А400С L=900	6	1,208	6,52
28	---	φ14 А400С L=750	4	1,208	3,62
29	---	φ14 А400С L=1950	4	1,208	9,42
30	---	φ14 А400С L=1650	6	1,208	11,96
31	---	φ12 А400С L=920	400	0,888	326,8
Матеріали:					
Бетон класу С20/25					80,8м³

\* - поз. розроблено на даному аркуші.

- Окремі стержні закріплені між собою в'язальним дротом у всіх місцях перетину.
- Захисний шар бетону плити не менше 20мм.
- Напуск арматури виконувати врозіг, з подвійним напуском не менше 400мм.
- В місцях розташування отворів (розміром більше 300мм) арматуру плити розрізати по місцю, стержні відігнути в тіло плити.

Зм				Арк				№ док.				Підпис				Дата				Дослідження роботи з/в плити перекриття, що підлягає нарощуванню з вкляванням арматурних стержнів				Лит		Маса		Масштаб	
Виконав				Редунів М.В.				Керівник				Павлюченко				Консульт				Львівський		Аркш 6		Аркшів 8					
Н. контр.				Роздоб С.І.				Затвердив				Шваненко Л.А.				Схема розміщення нижньої та верхньої арматури плити, Опалубковий план перекриття, Спец. арматури плити, Відомість витрат сталі.				СНАУ гр. ПЦБ 2203н									

# ОСНОВНІ ВАРІАНТИ ПІДСИЛЕННЯ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ НАРОЩУВАННЯМ

## Улаштування нарощування з монолітного бетону зверху

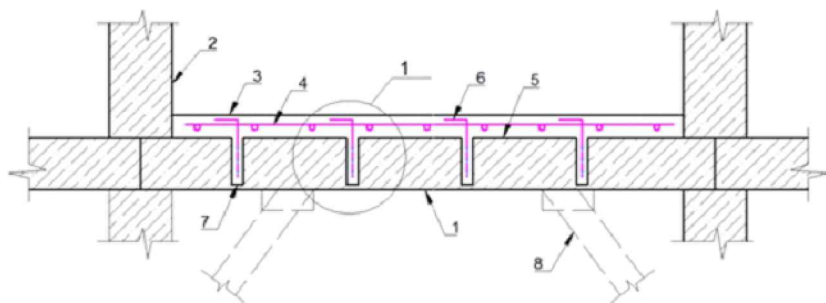
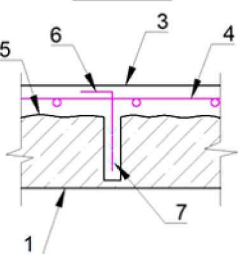


Рис. 1. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – несучі бетонні стіни; 3 – нарощування з монолітного бетону зверху; 4 – арматурна сітка нарощування; 5 – поверхня плити, підготовлена до бетонування (очищення і насичка); 6 – додаткові Г-образні анкерні зв'язки з арматури періодичного профілю, встановлені на цементно-піщаному розчині в свердловині; 7 – свердловини для анкерних зв'язок через 1,0 м; 8 – тимчасові підкоси для усунення прогину плити, що підсилюється (знімаються після набору бетоном 70% від проектної міцності)

Вид 1



## Нарощування монолітного шару зверху при забезпеченні зчеплення поверхонь

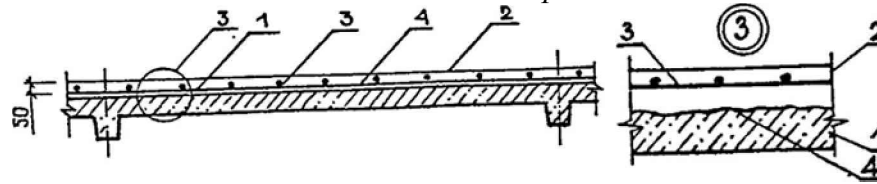


Рис. 5. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху з додаванням поверхні шорсткості: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – монолітний шар бетону; 3 – арматурна сітка; 4 – поверхня зчеплення монолітного бетону з плитою (очищення, насичка, промивка водою)

## Нарощування монолітного шару зверху при недостатньому зчепленні поверхонь

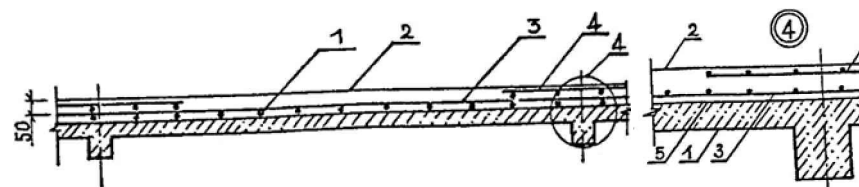


Рис. 6. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху при малому зчепленні поверхонь: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – монолітний шар бетону; 3 – нижня (прольотна) арматурна сітка; 4 – верхня (напопorna) арматурна сітка; 5 – верхня поверхня плити, яка не має зчеплення з монолітним бетоном (промаслена, забруднена)

## Улаштування з/б нарощуванням знизу при недостатньому зчепленні нового бетону зі старим

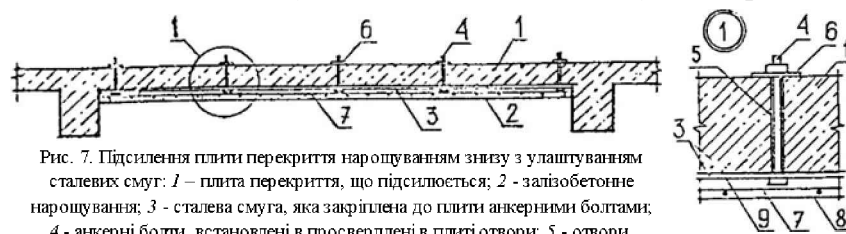


Рис. 7. Підсилення плити перекриття нарощуванням знизу з улаштуванням сталевих смуг: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – сталеві смуги, яка закріплена до плити анкерними болтами; 4 – анкерні болти, встановлені в просвердлені в плиті отвори; 5 – отвори, просвердлені в плиті; 6 – шайби; 7 – арматурна сітка, приварена до сталевих смуг; 8 – бетон нарощування, що наноситься методом торкретування; 9 – поверхня плити, що підсилюється, підготовлена до бетонування

## Улаштування з/б нарощуванням зверху плити при недостатньому зчепленні нового бетону зі старим



Рис. 8. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху з улаштуванням наскрізних анкерних стрижнів: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – сталеві смуги, яка прикріплена до плити анкерними стрижнями; 4 – анкерні стрижні з гаками, встановлені в просвердлені в плиті отвори; 5 – отвори, просвердлені в плиті; 6 – шайби; 7 – арматурна сітка, прикріплена до плити анкерними стрижнями; 8 – поверхня плити, що підсилюється підготовлена до бетонування

## Улаштування з/б нарощуванням зверху плити при недостатньому зчепленні нового бетону зі старим



Рис. 9. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху з улаштуванням анкерних стрижнів: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – анкерні стрижні з гаками, встановлені в висвердлені в плиті свердловини на цементному або полімерному розчині; 4 – свердловини, висвердлені в плиті; 5 – арматурна сітка, прикріплена до плити анкерними стрижнями; 6 – поверхня плити, що підсилюється, підготовлена до бетонування

# ЗАСТОСУВАННЯ ВКЛЕЮВАННЯ АРМАТУРИ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ



Стіни в ґрунті

Приєднання плит перекриття

Нестандартне розташування арматури

Вертикальні або гориз. з'єднання

Кріплення до стіни

Улаштування нових плит перекриття

Комбіновані кріплення

Консолі та балкони

Розширення дорожнього полотна

Структурне нарощування

Збільшення товщини плити

Нарощування парапету

## Улаштування нарощування з монолітного шару знизу



Рис. 2. Підсилення плити перекриття нарощуванням знизу: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – робоча арматура підсилення; 3 – арматурні відгини; 4 – торкретбетон підсилення; 5 – вирубаний захисний шар бетону; 6 – зварювання; 7 – нижня поверхня плити, підготовлена до бетонування

## Нарощування монолітного шару зверху з улаштуванням залізобетонних шпонок

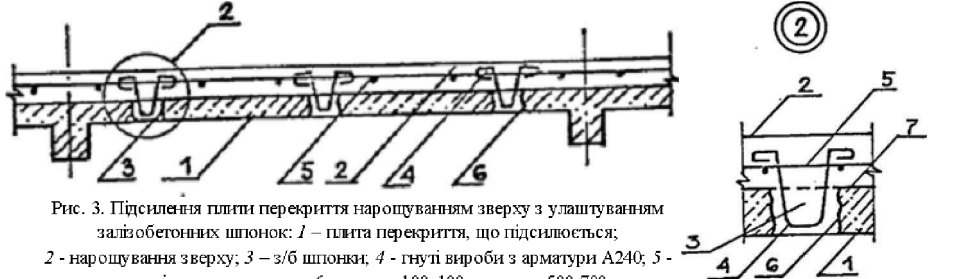


Рис. 3. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху з улаштуванням залізобетонних шпонок: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – нарощування зверху; 3 – з/б шпонок; 4 – гнуті вироби з арматури А240; 5 – арматурна сітка нарощування; 6 – отвори 100x100 мм через 500-700 мм в шаховому порядку у плиті, що встановлюється; 7 – поверхня плити, що підсилюється, підготовлена до бетонування (очищення і насичка)

## Нарощування монолітного шару зверху у вигляді ребристої плити

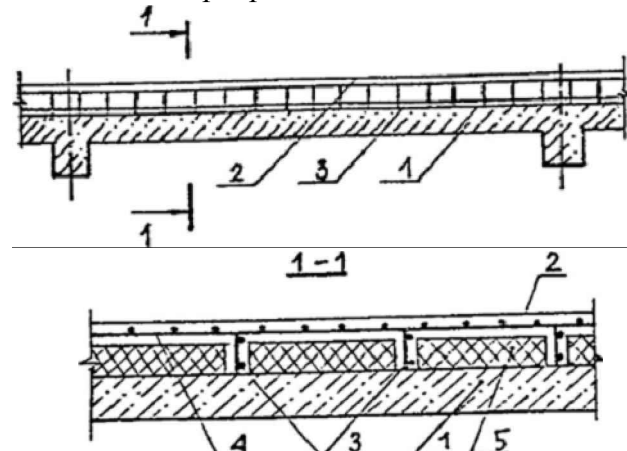


Рис. 4. Підсилення плити перекриття нарощуванням зверху з пустототворювачами: 1 – плита перекриття, що підсилюється; 2 – монолітна ребриста плита нарощування; 3 – арматурні каркаси нарощування; 4 – арматурні сітки нарощування; 5 – пустототворювач (пінопласт, піноплекс тощо)

## АРМАТУРА ЯК АНКЕР

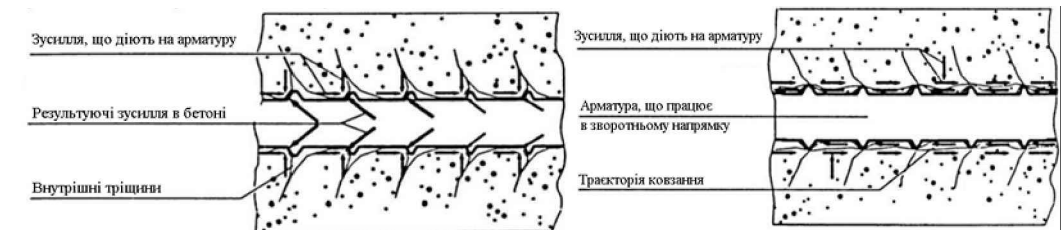


Рис. 10. Передача навантаження від арматури періодичного профілю к бетону

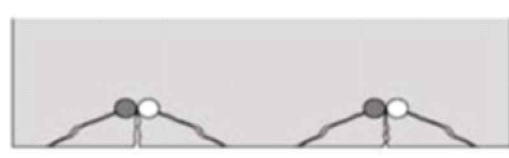


Рис. 11. Розколювання бетону в зв'язку з малою відстанню до кромки

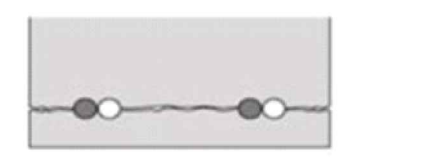


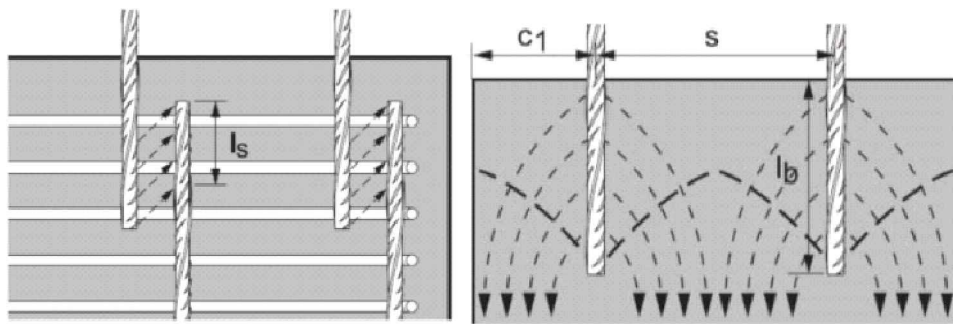
Рис. 12. Розколювання бетону в зв'язку з малою осьовою відстанню



Рис. 13. Вплив осьової відстані і реакції сколу бетону розколювання

MR 76.23.БК ТР					Літ	Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Дослідження роботи з/б плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів	Аркуш 7	Архів В
Виконав	Редубнов М.В.						
Керівник	Павлюк П.В.						
Консульт.	Григорук І.А.						
Затвердив	Сидоренко І.А.				Розрахунок та експериментальний аналіз підсилення плит перекриття нарощуванням з вклеюванням додаткового армування		СНАУ зр. ПЦБ 2203н

СХЕМА КРІПЛЕННЯ АРМАТУРНОГО ПРОФІЛЮ (а) ТА СХЕМА АНКЕРНОГО ЗВ'ЯЗКУ (б) ПРИ ПІДСИЛЕННІ ПЛИТ НАРОЩУВАННЯМ



ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПІДСИЛЕННЯ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ З ВКЛЕЮВАННЯМ ДОДАТКОВОГО АРМУВАННЯ

Розглядається плита з подвійним перекриттям. Плита товщиною 160 мм, до якої нарощується новий шар товщиною 70 мм зверху. Використовується арматурна сталь з межею плинності  $f_{yk} = 500 \text{ Н/мм}^2$ . Область поперечного перерізу армування, що працює на згин,  $A_{se}^+ = 1030 \text{ мм}^2/\text{м}$  та підтримка  $A_{se}^- = 1420 \text{ мм}^2/\text{м}$ .

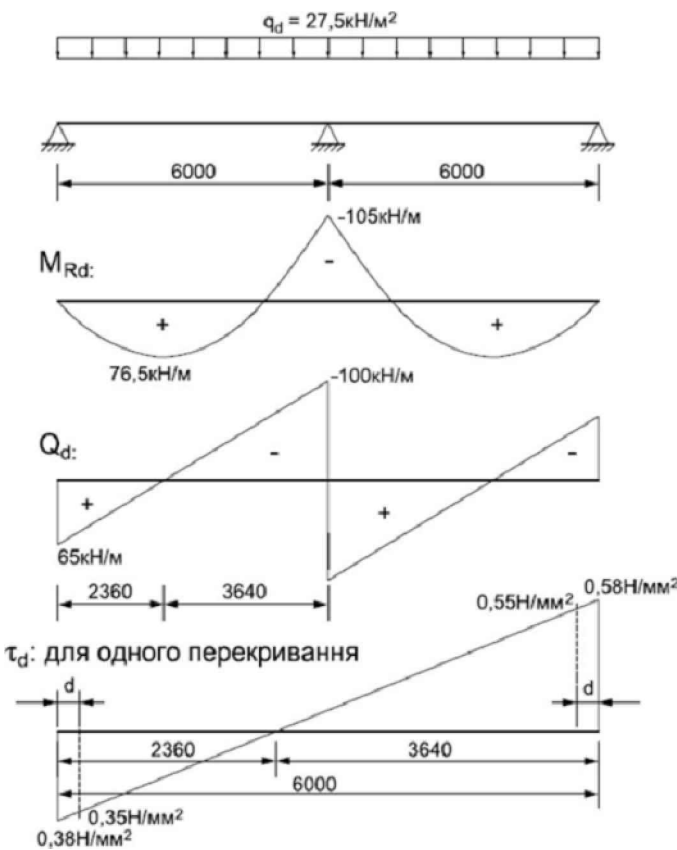


Рис. 14. Ешюра зусиль

Зусилля розтягу при утворенні тріщин кромки:

$$V_{ed} = 70 \times 1 \times 0,8 \times 3 = 168 \text{ кН/м} \quad (1)$$

Нейтральна вісь:

$$x_d = \frac{1030 \times 0,5 \times 1,6}{1,15 \times 30 \times 0,85 \times 0,80} = 33 \text{ мм} \quad (2)$$

$$V_{ed} = 0,85 \times 0,80 \times 33 \times \frac{30}{1,6} = 449 \text{ кН/м} \quad (3)$$

Опора:

$$A_{se} = 1420 \text{ мм}^2/\text{м} \quad (4)$$

$$V_{ed} = 1420 \times \frac{0,5}{1,15} = 617 \text{ кН/м} \quad (5)$$

Максимальне значення зусиль на тяжіння на поверхні стику:

$$\tau_{ed,max} = \frac{449 \times 2}{2360} = 0,38 \text{ Н/мм}^2 \quad (6)$$

$$\tau_{ed,max} = \frac{(617 + 449)}{3640} = 0,58 \text{ Н/мм}^2 \quad (7)$$

РЕЗУЛЬТАТИ ДЕТАЛІЗАЦІЇ ТА ТЕОРЕТИЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

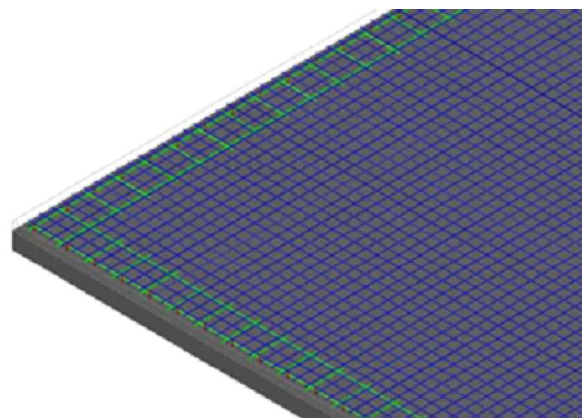


Рис. 15. Армування плити при обробці поверхні водою під високим тиском. Анкери лише з краю Ø8 з кроком  $s = 250 \text{ мм}$ , анкер з головкою.

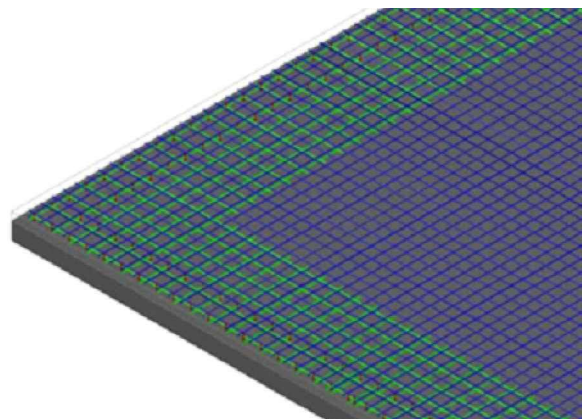


Рис. 16. Армування плити при піскоструйній обробці поверхні

Анкери з краю Ø8 з кроком  $s = 200/150 \text{ мм}$ , анкер з головкою. Опора з краю Ø8 з кроком  $s = 200/200 \text{ мм}$ , анкер з головкою. Ширина полоси  $b_{tot} = 745 \text{ мм}$ . Проміжна опора Ø8 з кроком  $s = 200/150 \text{ мм}$ , анкер з головкою. Ширина полоси  $b \geq 2 \times 2015 \text{ мм}$ .

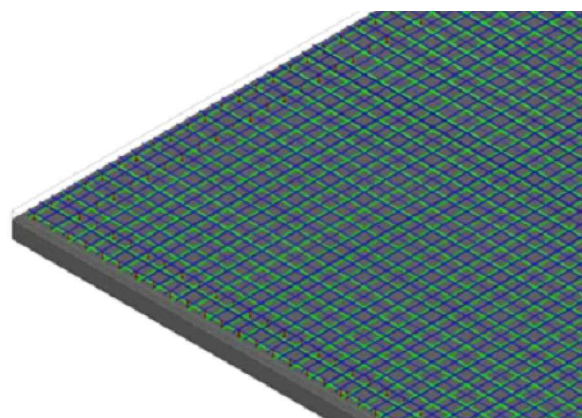


Рис. 17. Армування плити при відсутності обробки поверхні

Анкери по краю 1-ий ряд Ø10 з кроком  $s = 250 \text{ мм}$ , шпилька, що працює на зріз Ø10 з кроком  $s = 200/170 \text{ мм}$ , шпилька, що працює на зріз. Ширина полоси по краю:  $b = 630 \text{ мм}$  Ø10  $s = 200/250 \text{ мм}$ , шпилька, що працює на зріз. Ширина полоси:  $b_{tot} = 2360 \text{ мм}$ . Проміжна опора  $s = 200/170 \text{ мм}$ , шпилька, що працює на зріз. Ширина полоси  $b \geq 2 \times 3640 \text{ мм}$ .

При цьому, розрахунковий опір арматури зусиллю зрізу,  $V_{Rd,s}$ :

$$V_{Rd,s} = 0,6 \times A_s \times \left( \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}} \right) \quad (8)$$

Отже, розрахунковий опір арматури марки А400С Ø12 зусиллю зрізу:

$$V_{Rd,s} = 0,6 \times 0,1131 \times \left( \frac{883}{1,5} \right) = 39,95 \text{ кН}$$

де:  $A_s$  – розрахункова площа перерізу арматурного стрижня;  
 $f_{yk}$  – тимчасовий опір арматури, для А400С = 883 Н/мм<sup>2</sup>;  
 $\gamma_{ms}$  – коефіцієнт запасу для арматури, для А400С = 1,5.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗНАЧЕНЬ РОЗРАХУНКОВОГО ОПОРУ АРМАТУРИ І ЗУСИЛЛЯ ЗРІЗУ

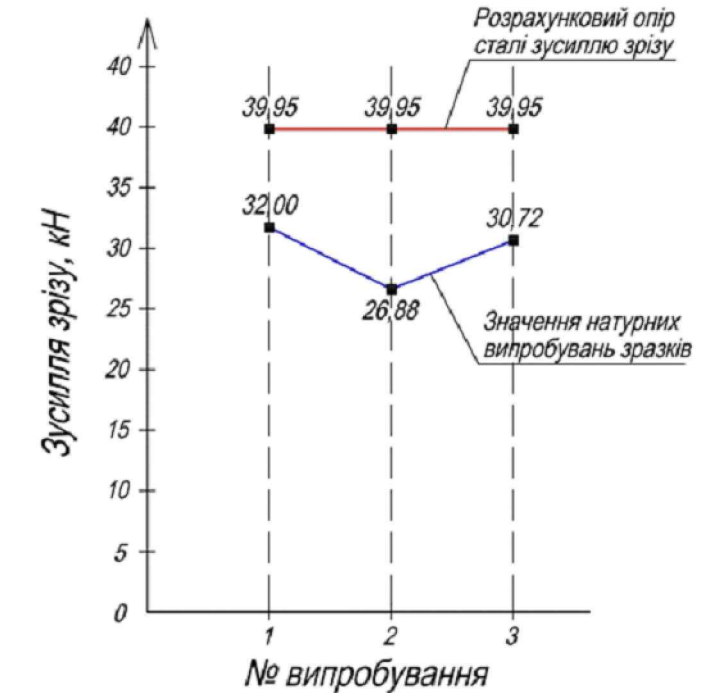


Рис. 18. Значення величин розрахункового опору арматури зусиллю зрізу

ВИСНОВКИ ЗА ПРОВЕДЕНИМ ДОСЛІДЖЕННЯМ

При підсиленні монолітних плит перекриття нарощуванням зверху виникають значні зусилля зсуву в приопорних ділянках, для сприйняття яких необхідно вклеювання додаткової арматури. На арматурні стрижні зусилля зсуву перекриття передаються у вигляді зрізаючого зусилля в місці контакту нового і старого бетону.

Результати розрахунків показують, що зусилля зсуву сприймаються не тільки вклеєною арматурою, а й контактною поверхнею бетону. В залежності від шорсткості було розглянуто три види обробки поверхонь, і, в залежності від обробки, розраховано кількість вклеєних додаткових арматурних стрижнів для сприйняття зусиль.

1. Взаємодія на стику між новим і старим бетоном визначається виходячи із загальних сил, що діють на всю будівельну конструкцію.

2. Анкери повинні розташовуватися в напрямку дії сил в будівельній конструкції з урахуванням розподілу діючого зрізаючого зусилля таким чином, щоб поглинати зрізаюче зусилля на стику і запобігати від'єднання нового шару бетону.

3. За результатами теоретичних розрахунків:

а) при обробці водою під тиском поверхні бетону, вклеювання додаткових арматурних стрижнів Ø8 з кроком  $s = 250 \text{ мм}$  доцільно виконувати тільки по краях плити перекриття;

б) при піскоструйній обробці поверхні бетону, вклеювання додаткових арматурних стрижнів Ø8 з кроком  $s = 200 \text{ мм}$  в приопорних ділянках доцільно виконувати на полюсу шириною 745 мм;

в) при гладкій поверхні бетону, вклеювання додаткових арматурних стрижнів Ø10 з кроком  $s = 200 \text{ мм}$  в приопорних ділянках доцільно виконувати на полюсу шириною 2360 мм.

4. Аналіз результатів випробувань арматурних стрижнів, вклеєних в бетон за допомогою акрилових клевів і випробуваних на зрізаюче навантаження зі зниженою глибиною закладання менше  $10d$ , показав, що несуча здатність зразків приблизно на 25% менше розрахункового опору арматури на зріз.

					МР 76.23.БК ТР		
Зм	Арк	№ док.	Підпис	Дата	Літ	Маса	Масштаб
Виконав	Редунів М.В.						
Керівник	Павленко І.						
Консульт.	Григорук І.А.						
Затвердив	Григорук І.А.						

Дослідження роботи з/б плити перекриття, що підсилюється нарощуванням з вклеюванням арматурних стрижнів

Розрахунок та експериментальний аналіз підсилення плит перекриття нарощуванням з вклеюванням додаткового армування

СНАУ гр. ПЦБ 2203н