

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Центр перепідготовки та післядипломної освіти

(назва факультету)

Кафедра будівельної механіки

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

Магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Проект багатоповерхового житлового будинку

з підземним паркінгом

з дослідженням НДС основних конструкцій

Виконав: студент (ка) 2 курсу, групи МБд-2

спеціальності (напряму підготовки) _____

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Самогальський І.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Ковальчук Я.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Данильченко С.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Чубик В.Ф.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти
Кафедра будівельної механіки
Освітній ступінь магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Будівельної механіки

Ясній В.П.

«_____» _____ 201__ р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Самогальському І.І.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект багатоповерхового житлового будинку
з дослідженням огорожуючих конструкцій з підземним паркінгом
з дослідженням НДС основних конструкцій

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. Ковальчук Я.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 13.12.2021

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на проектування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ, Архітектурно-будівельна частина, Розрахунково-конструктивна частина

Наукова частина

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, Екологія, Висновки,

Бібліографія

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Генплан, Фасади, Розрізи, Плани поверхів, Конструктивні схеми, Схеми армування, Детальні вузли, Календарний план, Технологічні карти

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Ст. викл. Данильченко С.М.		
Охорона праці	К.т.н., доц. Каспрук В.Б.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	1 Примітка
1	Архітектурно-будівельний розділ	12.11.21	
2	Креслення до розділу	20.11.21	
3	Розрахунково-конструктивний розділ	25.12.21	
4	Креслення до розділу	30.12.21	
7	Наукова частина	05.12.21	
8	Безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.21	
9	Охорона праці	13.12.21	

Студент

_____ (підпис)

Самогальський І.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Ковальчук Я.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1 Архітектурно-будівельний.....	6
1.1. Об’ємно-планувальне рішення.....	8
1.2. Архітектурно-конструктивне рішення.....	14
1.3. Будівельна фізика.....	19
1.4. Техніко-економічні показники.....	23
РОЗДІЛ 2. Розрахунково-конструктивна частина.....	24
2. Розрахунок будівлі. Результати розрахунку.....	24
РОЗДІЛ 3 Наукова частина.....	51
3.1. Вступ.....	51
3.2. Основи процесу аналізу.....	52
3.3 Аналіз зразків.....	58
3.4. Висновки.....	66
РОЗДІЛ 4: Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	67
4.1. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях в ході проектної розробки.....	67
4.2. Аналіз будівельного процесу з метою виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	68
4.3. Основні нормативні вимоги при виконанні окремих видів робіт та експлуатації машин і механізмів.....	69
4.4. Розрахунок безпечності роботи механізмів та пристроїв електробезпеки.....	74
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	76
4.5. Аналіз надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути.....	76
4.6. Розробка заходів і дій при виникненні надзвичайних ситуацій. Виконання долікарської допомоги у надзвичайних ситуаціях та при нещасних випадках.....	77
5. Бібліографія.....	79

ВСТУП

Швидкі темпи будівництва в Львові, складність і архітектурна виразність будівель, що зводяться, говорять про новий щабель розвитку нашого міста.

Просторові резерви обраної ділянки для будівництва максимально використовуватимуться без шкоди для інсоляції навколишніх будинків, насаджень та асфальтованих проїздів прилеглої території.

Актуальність теми. Відтік сільського населення в міста є основним рушієм темпів житлового будівництва. В кваліфікаційній роботі запропоновано ряд сучасних архітектурних та конструктивних рішень при розробці проєкту житлової будівлі та приділено увагу розрахунку просторовим конструкціям.

Мета роботи: Розробка проєкту багатоповерхового житлового будинку з підземним паркінгом з дослідженням НДС основних конструкцій.

Об'єктом дослідження вплив динамічних навантажень в залізобетонних конструкціях.

Предметом дослідження є методика моделювання розкриття та росту тріщин методом скінченних елементів.

Доцільність проведення досліджень викликана тим, що отримані результати досліджень дадуть можливість підвищити стійкість та надійність окремих будівельних конструкцій при виникненні динамічних навантажень.

Відповідно до поставленої мети потрібно вирішити такі **завдання**:

1. Розробити об'ємно-планувальні рішення будівництва відповідно до умов на відведеній ділянці у м. Львів.
2. Проаналізувати інженерно-геологічні умови будівельного майданчика та запроектувати фундаменти.
3. Розробити конструктивні рішення щодо несучих елементів конструкцій.
4. Розробити скінченно-елементу модель будівлі.
5. Провести аналіз моделі на утворення та ріст тріщин.
6. За результатами проведених розрахунків запропонувати заходи по підвищенню стійкості конструкцій.

7. Розробити заходи з охорони праці, техніки безпеки під час зведення бідівлі.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань застосовуються методи чисельного моделювання, в тому числі моделювання методом скінченних елементів.

Наукова новизна. Вдосконалена методика моделювання залізобетонних конструкцій. Отримала подальший розвиток методика визначення тріщестійкості основних конструкцій.

Практичні результати роботи можуть використовуватися проектними організаціями при виконанні міцністних розрахунків та визначенні власних частот та періодів коливань залізобетонних конструкцій. Результати порівняльного аналізу можуть застосовуватися для оцінки ефективності проектних рішень. Наведена в роботі методика моделювання може використовуватися в навчальному процесі при підготовці студентів за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія».

Апробація результатів магістерської роботи виконана роботи виконана на X Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

Ключові слова: динамічне навантаження, залізобетон, коливання.

РОЗДІЛ 1 Архітектурно-будівельний

Вихідні дані проекту

Умови району будівництва

Проектована будівля зводиться на ділянці із спокійним рельєфом. Ділянка для забудови знаходиться у м. Львів.

Згідно кліматичного районування «ДСТУ-Н Б В.1.1-27.2010 Будівельна кліматологія» ділянка будівництва знаходиться в II-й кліматичній зоні і має такі загальні характеристики:

Основні кліматичні характеристики території

Температури (розрахункові):

- найхолодніша 5-денка - 16,5 ° С;
- зимова вентиляційна - 5,9 ° С.

Опалювальний сезон:

- середня температура - 0,4 ° С;
- середня тривалість - 165 діб.

Глибина промерзання ґрунту:

- середня - 49 см;
- найменша - 38 см;
- найбільша - 74 см.

Середньорічна відносна вологість повітря - 82 %.

Середня кількість опадів - 878 мм

Висота снігового покриву:

- середня - 15 мм;
- максимальна - 35 см.

Середньорічна швидкість вітру - 4,5 м/с.

Найбільші можливі швидкості вітру:

- щорічно (середнє значення) - 32 м/с;
- ймовірність 1 раз на 5 років - 41 м/с;
- ймовірність 1 раз на 10 – 20 років - 39-41 м/с.

Згідно з «ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування»: район снігових опадів – 4.

Нормативне значення ваги снігового навантаження – 1,270 кПа.

Вітровий район – 3.

Нормативне значення вітрового навантаження – 0,427 кПа.

Нормативне значення глибини промерзання ґрунту – 0,85 м.

Основні дані для створення «рози вітрів» обрано з «ДСТУ-Н Б В.1.1-27.2010 Будівельна кліматологія».

Таблиця 1. Дані для «рози вітрів»

	Повторюваність напрямку вітру, %							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Січень	4,5	3,6	8,6	19,7	8,1	15,6	27,7	12,2
Липень	4,2	3,2	8,7	18,2	8,1	15,5	29,1	12,2

Розміщення на генеральному плані житлового будинку виконується з врахуванням вимог специфіки розміщення основних проектних вулиць, раціонального використання відведеної території, таке розміщення має відповідати усім вимогам технологічних умов, санітарних вимог та протипожежних нормам та обов'язково повинне бути зручним для експлуатації і обслуговування.

Відвід дощових водостоків від будівлі організовано по бетонних лотках з випуском в загальноміську систему дощових водостоків.

На земельній ділянці будівництва відсутнє зелене насадження будь-якого виду, що підлягає знищенню, усі дерева будуть пересадженні в спеціально виділене місце.

Каналізаційні стоки відводяться загальноміську мережу громадсько-побутових стоків. Для збору сміття майданчик облаштований спеціальними контейнерами з розподілом відходів по основних групах, з подальшою вторинною переробкою або як паливо на смітте-спалювальному заводі. Шкідливі

викиди в атмосферу відсутні.

Ділянка будівництва знаходиться на підвищенні тому потенційно не підтоплювана. Грунтові води зустрічаються на досить великій глибині від 18,6 до 19,6 м.

Функціональна характеристика об'єкту

10-ти поверхова будівля з трьохрівневим підземним паркінгом відноситься до 2-го ступеню вогнестійкості.

Загальна площа будівлі - 10 326,2 кв.м.

У підземному паркінгу розраховано по два паркомісця на кожну квартиру, а також виділено комори на кожну квартиру. В'їзд в паркінг організовано з двох основних прилеглих вулиць – вул. Проектної 123 та вул. Проектної 123 Бічної.

Вихід з паркінгу здійснюється двома ліфтами, або сходовою кліткою. У випадку НС евакуація проводиться через рампи заїзду-виїзду транспорту або сходовою кліткою.

1.1. Об'ємно-планувальне рішення

Запроектовано житловий будинок з розмірами у плані прямокутної форми – 22 x 23 м та виступом по периметру на першому поверзі 5,2 м.

Це триповерхова будівля з підвальним поверхом. Висота поверхів – 3,15 м. За умовну відмітку 0.000 прийнятий рівень підлоги нульового поверху.

Клас будівлі за довговічністю – II; клас будівлі за вогнестійкістю – II.

Планування будівлі максимально комфортне для мешканців, є чітке функціональне зонування. Усі приміщення мають нормовану інсоляцію. Багато приміщень мають природне освітлення через засклені фасади.

Таблиця 1.1. Експлікація приміщень

Назва	Площа
Спортзал	67м ²
ХОЛЛ	31м ²
Комора	3м ²

Комора	4м ²
Комора	3м ²
Санвузол	5м ²
Комора	3м ²
Санвузол	2м ²
Комора	3м ²
Відпочинкова зона	27м ²
Комора	2м ²
Дитяча кімната	15м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	5м ²
Комора	4м ²
Комора	4м ²
Комора	5м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	3м ²
Комора	5м ²
Комора	5м ²

Комора	4м ²
Комора	4м ²
Господарське приміщення	90м ²
Комора	3м ²
Комора	4м ²
Комора	3м ²
Комора	4м ²
Комора	3м ²
Комора	4м ²
Комора	3м ²
Комора	4м ²
Комора	3м ²
Комора	5м ²
Гардероб	6 м ²
Спальня	21м ²
Санвузол	5,5м ²
Санвузол	3м ²
Спальня	11м ²
Санвузол	3м ²
Спальня	13м ²
Комора	6м ²
Пральня	5м ²
Кухня	10м ²
Студія	11м ²
Вітальня	25м ²
Їдальня	19м ²
Санвузол	2м ²

Гардероб	2м ²
Спальня	14м ²
Санвузол	4м ²
Спальня	11м ²
Студія	13м ²
Санвузол	4м ²
Санвузол	2м ²
Вітальня	22м ²
Їдальня	17м ²
Кухня	10м ²
Пральня	3м ²
комора	8м ²
Гардероб	3м ²
Спальня	16м ²
Санвузол	4м ²
Санвузол	3м ²
Спальня	14м ²
Санвузол	1м ²
Пральня	3м ²
Комора	6м ²
Кухня	8м ²
Вітальня	14м ²
Їдальня	12м ²
Коридор	11м ²
Студія	11м ²

Санвузол	3м ²
Санвузол	3м ²
Санвузол	5м ²
Санвузол	2м ²
Їдальня	19м ²
Вітальня	26м ²
Кухня	10м ²
Пральня	5м ²
Комора	6м ²
Спальня	13м ²
Спальня	11м ²
Спальня	21м ²
Гардероб	5м ²
Гардероб	2м ²
Спальня	14м ²
Санвузол	4м ²
Спальня	11м ²
Санвузол	4м ²
Їдальня	17м ²
Вітальня	23м ²
Санвузол	2.02 м ²
Кухня	10м ²
Пральня	4м ²
Комора	9м ²
Гардероб	4м ²

Спальня	18м ²
Санвузол	5м ²
Санвузол	3м ²
Спальня	14м ²
Санвузол	2м ²

1.2. Архітектурно-конструктивне рішення

Конструктивною схемою будівлі є повний монолітний каркас.

Фундамент – суцільна залізобетонна монолітна плита товщиною 560 мм з бетону класу С16/20.

Зовнішні стіни – залізобетонні монолітні товщиною 250 мм з бетону класу С12/15. Прив'язка – осьова. Так як підвальний поверх експлуатований, то його стіни утеплюються та гідроізольуються згідно деталей на відповідних кресленнях.

Стіни шахт ліфтів – монолітна залізобетонна стіна товщиною 250.

Перегородки – керамзитобетонні товщиною 120 мм.

Колони – монолітні залізобетонні 400 та 500 мм на висоту поверху з бетону кл. С20/25.

Перекрыття – монолітні залізобетонні плити товщиною 180 мм з бетону класу С20/25.

Сходові марші та площадки – монолітні залізобетонні з бетону класу С20/25.

Покрівля – суміщена плоска рулонна з 2 шарами «Ізопласту» ХПП-3,0 та ЕКП-5,0, з внутрішнім водостоком, утеплювач – екструдований пінополістирол URSA XPS N-III-I товщиною 160 мм.

Монтаж систем опалення та вентиляції вести згідно вимог ДБН В.2.564:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

Двері підібрані каталогам, протипожежні ТУ5262-001-51740842-99, в сходових клітках обладнані пристроями для самозачинення та ущільнені в стулках.

Вітражі і вікна, елементи покрівлі – метало-пластикові профілі SCHÜCO з заповненням 2-х камерними склопакетами.

Холодне водопостачання

Джерелом водопостачання систем господарсько-питного, гарячого та протипожежного водопостачання є міські водопровідні мережі. Зовнішня водопровідна мережа запроектована з поліхлорвінілових труб із PVC діаметром 110 мм на глибині не менше 1,5 м від планувальних відміток землі до верху

труби. Проектом передбачається підведення води по двох водоводах.

Необхідний напір на господарсько-побутові потреби потреби – 50 м в.ст., на пожежогасіння – 62 м в.ст.

Мережі водопроводу передбачаються із сталевих електрозварювальних труб Ø100мм по ГОСТ 10704-91. Сталеві труби виконуються з внутрішнім полімерним покриттям і зовнішньої гідроізоляцією.

Для обліку витрат води встановлюється загальний лічильник холодної води типу ЛЛТ Ø 80 мм.

Робота насосної станції передбачена в автоматичному режимі залежно від тиску води в системі водопостачання.

У насосній станції встановлюються дві групи насосів:

1 група – насоси протипожежного водопостачання 2 шт.;

2 група – насоси господарчо-побутового водопостачання.

Насосна станція відноситься до 1 категорії.

Господарсько-питний і протипожежний водопровід передбачений для підведення води до санітарних приладів, поливальних і пожежних кранів.

Згідно ДБН В.2,5-13-98 "Пожежна автоматика будинків та споруд" та переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння, за ступенем розвитку пожежі торгово-розважальний центр відноситься до 1-ї групи приміщень.

Гаряче водопостачання

Нагрівання води для гарячого водопостачання здійснюється в бойлерній установці, яка розташована на нижньому рівні паркінгу.

Трубопроводи монтуються металопластикових труб RIFENG з ізоляцією.

Трубопроводи, які прокладаються в підвалі, під стелею та штрабах, ізолюються тепловою ізоляцією.

Каналізація господарсько-побутова

Відведення господарсько-побутових стоків передбачено в існуючу каналізаційну мережу.

Зовнішня мережа господарсько-побутової каналізації запроектована з полівінілхлоридних каналізаційних труб типу ПВХ SN8SDR33 діаметрами 200 і 160 мм.

випусками в зовнішню мережу.

Трубопроводи системи монтуються з чавунних каналізаційних труб по ДСТУ Б В.2.5-25:2005 в підвалі і на поверхах під стелею та поліетиленових труб системи "ПВХ" – підключення від стояків до приладів.

Колодязі на каналізаційній мережі виконати із збірних залізобетонних конструкцій згідно з ГОСТ 8020-90.

Каналізація дощова

Відведення дощових вод передбачено в існуючий колектор міських мереж дощових вод.

Зовнішня мережа каналізації запроектована з полівінілхлоридних труб типу ПВХ SN8SDR33.

Колодязі виконуються із збірних залізобетонних конструкцій згідно з ГОСТ 8020-90.

Для відведення дощових вод з покрівлі запроектована система внутрішніх водостоків.

Вода з внутрішніх водостоків відводиться в зовнішні мережі дощової каналізації.

Випуски з будівлі запроектовані з полівінілхлоридних труб типу ПВХ SN8SDR33.

Опалення

У житловому комплексі запроектовані бойлерну систему загального опалення, джерелом енергії обрано – електроенергію.

Теплоносій – вода з параметрами $T_1=90$ °С, $T_2=70$ °С.

Як нагрівальні прилади прийняті радіатори сталеві ДСТУ 8690-94 з номінальним тепловим потоком 1 секції 0,16 кВт. Система опалювання передбачена з нижньою розводкою.

Магістральні трубопроводи систем опалювання і трубопроводи опалювальних стояків передбачені з спеціалізованих пластикових труб з термоізоляцією.

Регулювання теплового потоку радіаторів здійснюється клапанами-термостатами HERZ-2000.

Монтаж системи вести згідно вимог ДБН В.2.5-64:2012.

Вентиляція

У житловому будинку запроектована загальнообмінна, припливно-витяжна система вентиляції з механічним побудженням.

Видалення повітря передбачене механічне витяжними каналними вентиляторами.

Приплив – механічний припливними вентустановками та неорганізований через вікна.

Газопостачання

Газопостачання будівлі запроектоване від існуючого газопроводу високого тиску.

Газопровід монтується з сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-91. Газ до газових плит підвести від газопроводу низького тиску.

Трубопроводи зовнішньої та внутрішньої системи газопостачання монтуються із сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-91.

Для зниження тиску використовується ГРП шафового типу.

Електропостачання

Силовими електроспоживачами будівлі є: електроприводи ліфтів, насоси протипожежного і питного водопостачання, сантехнічної вентиляції, кінотеатру, технологічні струмоспоживачі магазинів, кафе тощо. Всі силові струмоспоживачі будівлі живляться від водно-розподільних пристроїв.

По надійності електропостачання будівля відноситься до електроспоживачів I - II категорії.

Електропостачання виконано від двотрансформаторної підстанції 2 x 630 кВА. Перерізи кабелів вибрано з умов розрахунку по тривало-допустимому струму і перевірено по допустимих втратах електричної напруги.

Облік електроенергії передбачений на ввідній панелі.

Зовнішнє освітлення

Проектом передбачений пристрій зовнішнього електроосвітлення території будинку - вуличними світильниками з натрієвими лампами високого тиску. Живлення мережі зовнішнього освітлення виконано від шафи вуличного освітлення ШУ-I-710. Мережа зовнішнього освітлення виконується кабелем марки АВВГ-1 перерізом 4x16 мм².

Електрообладнання і електроосвітлення

Проект житлового будинку розроблений у відповідності з ПУЭ, ДБН.В.2.5-23-2003. По надійності електропостачання будівля відноситься до електроспоживачів I-II категорії.

Проектом передбачений пристрій робочого, аварійного (евакуаційного), ремонтного освітлення в усіх приміщеннях будинку. Всі мережі електроосвітлення живляться від ввідно-розподільних пристроїв.

Розрахункове навантаження – 450 кВт. Номінальна напруга мережі 380/220 В.

Електрощитові будинку знаходиться у господарських приміщеннях паркінгу. Ввідно-розподільчий пристрій встановлюється в електрощитовій.

На кожному поверсі у сходових клітках встановлюються розподільчі щитки, автоматичні вимикачі.

Електроосвітлення будівлі виконується на напрузі ~ 220 В. Керування освітленням передбачено вимикачами, установленими по місцю. Мережа освітлення сходових кліток, поверхових коридорів, входів у будівлю виконується кабелем ВВГ.

Зануленню (заземленню) підлягають каркаси ввідно-розподільчих пристроїв, корпуси розподільчих (поверхових) щитів, корпуси світильників, сталеві труби електропроводки і ін.

Занулення виконується приєднанням до нульового проводу мережі живлення або до окремого нульового захисного провідника.

Блискавкозахист

Детально про громовідвід дивитися «РОЗДІЛ 4 Охорона праці та безпека в НС»

Пожежна сигналізація

Система автоматичної пожежної сигналізації передбачає установку димових пожежних сповіщувачів СПД-3.2 та ручних SPR.

В якості приймально-контрольного приладу прийнято прилад “Тирас-16.64П”. Живлення приладу передбачено у електросилової частині проекту.

урахуванням розміщення світильників.

3

Сигнал про виникнення пожежі здійснюється світло-звуковим кабелем ВВГ 4х1,5 мм.

Абонентська мережа до сповіщувачів виконується:

- кабелем ПСВВ відкрито по стелі та стінах для димових датчиків;
- проводом ТРВ відкрито по стелі та стінах.

Проектом передбачено встановлення ручних сповіщувачів на виходах з приміщення.

Газосигналізація

Проектом передбачено встановлення газосигналізаторів концентрацій паливних газів (20 % НКГР) у підвальному поверсі комплексу. Використовуються газосигналізатори типу СГБ-1-5Е. Режим роботи даних газосигналізаторів неперервний. При спрацюванні газосигналізатор видає переривчасті світловий і звуковий сигнали.

Живлення газосигналізаторів передбачено від ВРУ з влаштуванням АВР. Мережа газосигналізації виконується кабелем марки ВВГ відкрито по стінах з кріпленням скобами по підвалу і заховано під штукатуркою у сходовій клітці і поверховому коридорі. Напруга живлення ~ 220 В, 50 Гц.

1.4. Будівельна фізика

Компоненти природного та штучного середовища (сонячна радіація, колір, повітря (його температура, вологість), швидкість та напрям вітру, опади та звук грають важливу роль в формуванні архітектурних рішень. Досягнення найбільш раціональних рішень можливе завдяки комплексному урахуванню фізичних параметрів середовища (світлотехнічних, теплотехнічних і акустичних) на початковій стадії архітектурного проектування.

Одне з призначень проектного будинку – захист людей і обладнання, що знаходяться в будинку від несприятливих впливів природи. Це забезпечується створенням у приміщеннях внутрішнього клімату (мікроклімату), якість якого повинно відповідати сукупності технологічних і гігієнічних вимог.

Регульований мікроклімат у приміщеннях створюється:

Мається на увазі не тільки захист від атмосферних впливів, але і найкраще¹ використання природних ресурсів енергії (променистої, вітру, і ін.), тобто погодженість архітектури і клімату.

2) Застосуванням штучних способів кліматизації приміщень: опалення, вентиляції і кондиціонування внутрішнього повітря. Ця задача вирішується в тісній взаємодії з обраними характеристиками конструкцій, що обгороджують: стін, покриття, підлоги.

Конструкції огороження розробляються виходячи з основних теплотехнічних вимог, що пред'являються до них: опору теплопередачі, повітронепроникності, вологісного режиму.

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій виконуємо за Зміна №1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель.

Теплотехнічний розрахунок виконуємо для основних багатошарових конструкцій, стін та покриттів.

Місто Львів відноситься до другої температурної зони України.

Тепловологісний режим приміщень будинку визначаємо за Зміна №1. ДБН В.2.6-31:2006 залежно від розрахункових значень відносної вологості і температури внутрішнього повітря. При $t_v=20^{\circ}\text{C}$ і $\varphi_v=55\%$ режим нормальний.

Умови експлуатації огорожувальних конструкцій залежно від вологісного режиму приміщення (нормального) і зони вологості району будівництва (нормальна) встановлюємо за Зміна №1. ДБН В.2.6-31:2006.

Зводимо розрахунок до знаходження розрахункового опору теплопередачі будь-якої огорожувальної конструкції з подальшим порівнянням знайденого з мінімально-допустимим значенням згідно з нормами.

Розрахунок опору теплопередачі зовнішньої стіни будинку

Опір теплопередачі усіх огорожуючих конструкцій визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

зовнішньої, оголоджуючої конструкції, та вимірюється в $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; κ і

R_i – термічний опір i -го шару, та вимірюється в $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;

λ_{ip} – теплопровідність i -го шару матеріалу конструкції в умовах експлуатації, та вимірюється в $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

δ_{ip} – товщина i -го шару конструктивного елементу, та вимірюється в м.

Для зовнішньої стіни коефіцієнти тепловіддачі береться з «ДБН В.2.6-31:2006» та відповідно – $\alpha_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, $\alpha_{\text{з}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

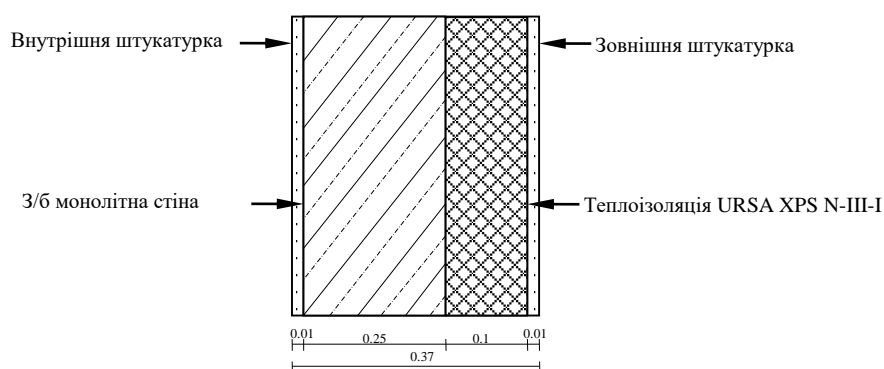


Рис. 1.1. Будова зовнішньої огорожуючої конструкції

Таблиця 1.5. Характеристики матеріалів стіни будинку (зовнішньої)

	Найменування шару	δ (м)	ρ (кг/м ³)	λ (Вт/м·К)	R (м ² ·К/Вт)
1	Внутрішнє чорнове тинькування	0,03	812	0,91	0,011
2	Залізобетонна монолітна стіна	0,27	2460	2,13	0,09
3	Утеплювач пінополіуритан	x	34	0,021	
4	Внутрішнє чорнове тинькування	0,03	824	0,81	0,010

Термічний опір визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

Для зовнішньої стіни нормативний опір теплопередачі становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Для зовнішньої стіни розрахунковий опір теплопередачі розраховуємо:

$$R = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = 0,115 + \frac{0,02}{0,82} + \frac{0,28}{2,05} + \frac{x}{0,031} + \frac{0,02}{0,82} + 0,158;$$

$$x = 0,11;$$

$$R = 3,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Отже, товщина утеплювача дорівнює 16 см. Опір теплопередачі огорожуючої конструкції є більшим за мінімально допустиме значення. Умова повністю виконується.

Розрахунок ізоляційної ефективності покрівлі

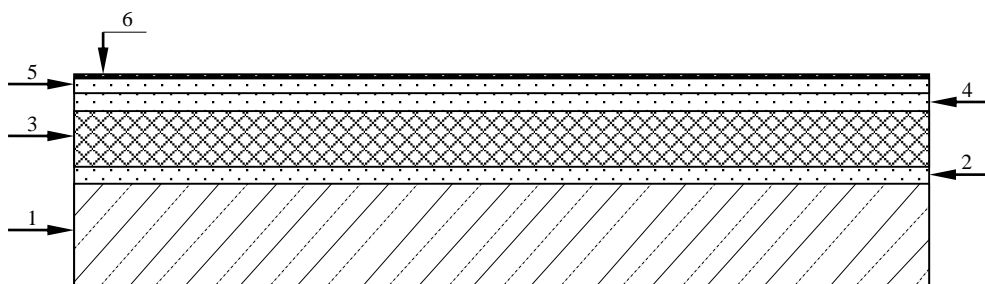


Рис.1.2. Конструкція покрівлі

Табл. 1.6. «Теплотехнічні показники покриття»

	Найменування шару	δ (м)	ρ (кг/м ³)	λ (Вт/м·К)	R (м ² ·К/Вт)
1	Монолітна залізобетонна плита	0,179	2450	2,15	0,078
2	Пароізоляція	0,002	1590	0,14	0,015
3	Утеплювач - поліуритан	x	31	0,031	-
4	Гравійна засипка	0,04	861	0,13	0,21
5	Стяжка з цементно-піщаної суміші	0,03	1720	0,82	0,029
6	«Полімочовина» - 2 шари	0,02	212	0,21	0,19

Для суміщеного покриття нормативний опір теплопередачі $R_{т,норм}$ становить $5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Розрахунковий опір теплопередачі покрівля буде становити:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{1}{\alpha_s} \\
 &= 0,115 + \frac{0,185}{2,05} + \frac{0,003}{0,13} + \frac{x}{0,031} + \frac{0,03}{0,13} + \frac{0,02}{0,8} + \\
 &+ \frac{0,01}{0,21} + 0,158; \\
 x &= 0,158; \\
 R &= 5,4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}
 \end{aligned}$$

Отже, товщина утеплювача дорівнює 16 см. Опір теплопередачі покрівлі є більшим за мінімально допустиме значення. Умова повністю виконується.

1.4. Техніко-економічні показники

Таблиця 1.7. Техніко-економічні показники

№ п/п	Найменування	Показники	
1.	Назва будинку та місце будівництва	Житловий будинок з підземним багаторівневим паркінгом м. Львів	
2.	Категорія складності об'єкта	III	
3.	Характер будівництва (нове, реконструкція)	нове	
4.	Кошторисна вартість будівництва, в т.ч.: - будівельно-монтажні роботи	70 992 625 грн	
5.	Поверховість будинку	10 поверхів	
6.	Загальна площа	м ²	10 326,2
7.	Корисна площа	м ²	7 102,9
8.	Житлова площа	м ²	7 375,5
9.	Площа паркінгу	м ²	2 950,7
10.	Будівельний об'єм будинку, в т.ч. підвалу	м ³	27 897,5
		м ³	8 613,2
11.	Площа забудови	м ²	773,3

РОЗДІЛ 2. Розрахунково-конструктивна частина

Формування моделі будівлі

Розрахунок об'ємно-просторового каркасу дестиповерхового будинку виконували у ПК «Autodesk Robot Structural Analysis Pro» версії 2021р.

У програмі «Autodesk Robot Structural Analysis Pro» формували окремо кожен одиницю конструкції. а саме: колони, стіни, монолітні плити перекриття, покрівлю та фундаменти привязано до плану будівлі.

2. Розрахунок будівлі. Результати розрахунку

2.1 Вихідні данні для проектування колон:

- Назва :
- Відносна відмітка : ---
- Коефіцієнт повзучості бетону : $j_p = 2.18$
- Клас цементу : N
- Клас доквілля : X0
- Клас структури : S1

2.1.1 Колонка: колонка 1

Кількість однакових елементів: 6

2.1.1.1 Властивості матеріалу:

- Бетон : C35/45 $f_{ck} = 3.50 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$
- Вага одиниці : 2501.36 (kG/m³)
- Сукупний розмір : 20.0 (mm)
- Поздовжнє армування: : B500C $f_{yk} = 50.00 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$
- Клас пластичності : B
- Поперечне армування: : B500C $f_{yk} = 50.00 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$

2.1.1.2 Геометрія:

- 2.2.1 Діаметр = 40.0 (cm)
- 2.2.2 Висота: L = 4.00 (m)
- 2.2.3 Товщина плити = 0.00 (m)
- 2.2.4 Висота балки = 0.00 (m)
- 2.2.5 Захисний шар = 4.2 (cm)

2.1.1.3 Варіанти розрахунку:

- Розрахунки згідно з : EN 1992-1-1:2004/A1:2014

- Сейсмічні диспозиції : Без вимог
- Збірна колона : ні
- Попереднє проектування : ні
- Врахована стійкість : так
- Стиснення : з вигином
- Зав'язки : до плити
- Клас вогнестійкості : I

2.1.1.4 Навантаження:

Case	Nature Mz(s) (kN*m)	Group	gf	N Mz(i) (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	My(i) (kN*m)
DL1	dead load(Structural) 0.0 0.0		1		1.35 2650.0	0.0	0.0
LL1	live load(Category A) 0.0		1		1.50 550.00.0	0.0	0.0

□ f - load factor

2.1.1.5 Результати розрахунку:

Фактори безпеки $Rd/Ed = 1.01 > 1.0$

Аналіз ULS/ALS

Комбінація дизайну: 1.35DL1+1.50LL1

Тип комбінації: ULS

Внутрішні сили:

$N_{sd} = 4402.5$ (kN) $M_{sdy} = 0.0$ (kN*m) $M_{sdz} = 0.0$ (kN*m) Проектні

сили:

Верхній вузол

$N = 4402.5$ (kN) $N^*etotz = 92.4$ (kN*m) $N^*etoty = 88.1$ (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	0.0 (cm)	0.0 (cm)
Imperfection	ei:	1.0 (cm)	0.0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	1.0 (cm)	0.0 (cm)
Minimal	eEdmin:	2.0 (cm)	2.0 (cm)
Total	eEd:	2.1 (cm)	2.0 (cm)

Детальний аналіз-напряв Y:

Аналіз стрункості

Конструкція, що не розхитується

L (m)	Lo (m)	l	l _{lim}	
4.00	4.00	40.00	15.24	Струнка колона

Аналіз вигину

$$M_A = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_B = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_C = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

Випадок: поперечний переріз на кінці колони (верхній вузол), стрункість не врахована

$$M_{02} = \max(|M_A| ; |M_B|)$$

$$M_{01} = \min(|M_A| ; |M_B|)$$

$$M_{0e} = 0.6 * M_{02} + 0.4 * M_{01} = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

$$M_{0emin} = 0.4 * M_{02}$$

$$M_0 = \max(M_{0e}, M_{0emin})$$

$$e_a = \square \square * l_0 / 2 = 1.0 \text{ (cm)}$$

$$\square \square = \square \square \square \square \square \square h * \square m = 0.01$$

$$\square \square = 0.01$$

$$\square h = 1.00$$

$$\square m = (0.5(1+1/m))^{0.5} = 1.00$$

$$m = 1.00$$

Method based on nominal stiffness

$$\left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] = 2.10$$

$$b = 1.23$$

$$N_b = (p^2 * EJ) / l_0^2 = 9343.3 \text{ (kN)}$$

$$EJ = K_c * E_{cd} * J_c + K_s * E_s * J_s = 15146.90 \text{ (kN*m}^2\text{)}$$

$$j_{ef} = 1.39$$

$$J_c = 125663.7 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$J_s = 5605.3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$K_c = 0.11 \text{ ()}$$

$$K_s = 1.00 \text{ ()}$$

$$M_{Edmin} = 88.1 \text{ (kN*m)}$$

$$M_{Ed} = \max \left\{ M_{Edmin}; \left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] M_{0Ed} \right\} = 92.4 \text{ (kN*m)}$$

Детальний аналіз-Напряв Z:**Аналіз стрункості**

Конструкція, що не розхитується

L (m)	Lo (m)	l	l _{lim}	
4.00	4.00	40.00	15.24	Slender column

Аналіз вигину

$$M_A = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_B = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_C = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

Випадок: поперечний переріз на кінці колони (верхній вузол), стрункість не врахована

$$M_{02} = \max(|M_A| ; |M_B|)$$

$$M_{01} = \min(|M_A| ; |M_B|)$$

$$M_{0e} = 0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01} = 0.0 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_{0emin} = 0.4 \cdot M_{02}$$

$$M_0 = \max(M_{0e}, M_{0emin})$$

$$e_a = 0.0 \text{ (cm)}$$

Method based on nominal stiffness

$$\left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] = 2.10$$

$$b = 1.23$$

$$N_b = (p^2 \cdot EJ) / l_0^2 = 9343.3 \text{ (kN)}$$

$$EJ = K_c \cdot E_{cd} \cdot J_c + K_s \cdot E_s \cdot J_s = 15146.90 \text{ (kN}\cdot\text{m}^2)$$

$$j_{ef} = 1.39$$

$$J_c = 125663.7 \text{ (cm}^4)$$

$$J_s = 5605.3 \text{ (cm}^4)$$

$$K_c = 0.11 \text{ ()}$$

$$K_s = 1.00 \text{ ()}$$

$$M_{Edmin} = 88.1 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_{Ed} = \max \left\{ M_{Edmin}; \left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] M_{0Ed} \right\} = 88.1 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

2.1.1.6 Площа арматури:

Реальна (надана) площа

$$A_{sr} = 64.34 \text{ (cm}^2)$$

Співвідношення:

$$\square = 5.12 \%$$

2.1.1.7 Площа арматури:

Основні шини (B500B):

- • 8 \square 32 l = 3.96 (m)

Поперечне армування: (B500C):

хомути: 16 \square 10 l = 1.18 (m)

2.1.1.8 Огляд матеріалу:

- Об'єм бетону = 3.02 (m³)
- Опалубка = 30.16 (m²)
- Сталь B500B
 - Загальна вага = 1269.66 (kG)
 - Густина = 420.98 (kG/m³)
 - Середній діаметр = 23.8 (mm)
 - По діаметрах:

Діаметр	Довжина (m)	Вага (kG)	Кількість (No.)	Заг. вага (kG)
10	1.18	0.73	96	69.81
32	3.96	25.00	48	1199.84

2.2.1 Колона: колона 2**Кількість однакових елементів: 6****2.2.1.1 Властивості матеріалу:**

- Бетон : C35/45 $f_{ck} = 3.50$ (kN/cm²)
- Вага одиниці : 2501.36 (kG/m³)
- Сукупний розмір : 20.0 (mm)
- Поздовжнє армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
- Клас пластичності : B
- Поперечне армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)

2.2.1.2 Геометрія:

- 2.2.1 Діаметр = 40.0 (cm)
- 2.2.2 Висота: L = 4.00 (m)
- 2.2.3 Товщина плити = 0.00 (m)
- 2.2.4 Висота балки = 0.00 (m)
- 2.2.5 Захисний шар = 4.2 (cm)

2.2.1.3 Варіанти розрахунку:

- Розрахунки згідно з : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Сейсмічні диспозиції : Без вимог
- Збірна колона : ні
- Попереднє проектування : ні
- Врахована стійкість : так
- Стиснення : з вигином
- Зав'язки : до плити
- Клас вогнестійкості : I

2.2.1.4 Навантаження:

Case	Nature	Group	gf	N	My(s)	My(i)
	Mz(s)			Mz(i)	(kN) (kN*m)	(kN*m) (kN*m)
	(kN*m)					
DL1	dead load(Structural)		1		1.35 2650.0	0.0 0.0
	0.0 0.0					
LL1	live load(Category A)		1		1.50 550.00.0	0.0 0.0
	0.0					

□ f - load factor

2.2.1.5 Результати розрахунку:Фактори безпеки $R_d/E_d = 1.01 > 1.0$

Аналіз ULS/ALS

Комбінація дизайну: 1.35DL1+1.50LL1

Тип комбінації: ULS

Внутрішні сили:

$$N_{sd} = 4402.5 \text{ (kN)} \quad M_{sdy} = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_{sdz} = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

Проектні сили:

Верхній вузол

$$N = 4402.5 \text{ (kN)} \quad N^*etotz = 92.4 \text{ (kN*m)} \quad N^*etoty = 88.1 \text{ (kN*m)}$$

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	0.0 (cm)	0.0 (cm)
Imperfection	ei:	1.0 (cm)	0.0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	1.0 (cm)	0.0 (cm)
Minimal	eEdmin:	2.0 (cm)	2.0 (cm)
Total	eEd:	2.1 (cm)	2.0 (cm)

Детальний аналіз-напряв Y:**Аналіз стрункості**

Конструкція, що не розхитується

L (m)	Lo (m)	l	l _{lim}	
4.00	4.00	40.00	15.24	Струнка колона

Аналіз вигину

$$M_A = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_B = 0.0 \text{ (kN*m)} \quad M_C = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

Випадок: поперечний переріз на кінці колони (верхній вузол), стрункість не врахована

$$M_{02} = \max(|M_A|; |M_B|)$$

$$M_{01} = \min(|M_A|; |M_B|)$$

$$M_{0e} = 0.6 * M_{02} + 0.4 * M_{01} = 0.0 \text{ (kN*m)}$$

$$M_{0emin} = 0.4 * M_{02}$$

$$M_0 = \max(M_{0e}, M_{0emin})$$

$$e_a = \eta \eta * l_0 / 2 = 1.0 \text{ (cm)}$$

$$\eta \eta = \eta \eta \eta \eta \eta \eta h * \eta m = 0.01$$

$$\eta \eta = 0.01$$

$$\eta h = 1.00$$

$$\eta m = (0.5(1+1/m))^{0.5} = 1.00$$

$$m = 1.00$$

Method based on nominal stiffness

$$\left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] = 2.10$$

$$b = 1.23$$

$$N_b = (p^2 * EJ) / l_0^2 = 9343.3 \text{ (kN)}$$

$$EJ = K_c * E_{cd} * J_c + K_s * E_s * J_s = 15146.90 \text{ (kN*m}^2\text{)}$$

$$j_{ef} = 1.39$$

$$J_c = 125663.7 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 J_s &= 5605.3 \text{ (cm}^4\text{)} \\
 K_c &= 0.11 \text{ ()} \\
 K_s &= 1.00 \text{ ()} \\
 M_{Edmin} &= 88.1 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\
 M_{Ed} &= \max \left\{ M_{Edmin}; \left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] M_{0Ed} \right\} = 92.4 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

Детальний аналіз-Напряг Z:

Аналіз стрункості

Конструкція, що не розхитується

L (m)	Lo (m)	l	l _{lim}	
4.00	4.00	40.00	15.24	Slender column

Аналіз вигину

$$M_A = 0.0 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad M_B = 0.0 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad M_C = 0.0 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

Випадок: поперечний переріз на кінці колони (верхній вузол), стрункість не врахована

$$M_{02} = \max(|M_A|; |M_B|)$$

$$M_{01} = \min(|M_A|; |M_B|)$$

$$M_{0e} = 0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01} = 0.0 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_{0emin} = 0.4 \cdot M_{02}$$

$$M_0 = \max(M_{0e}, M_{0emin})$$

$$e_a = 0.0 \text{ (cm)}$$

Method based on nominal stiffness

$$\left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] = 2.10$$

$$b = 1.23$$

$$N_b = (p^2 \cdot EJ) / l_0^2 = 9343.3 \text{ (kN)}$$

$$EJ = K_c \cdot E_{cd} \cdot J_c + K_s \cdot E_s \cdot J_s = 15146.90 \text{ (kN}\cdot\text{m}^2\text{)}$$

$$j_{ef} = 1.39$$

$$J_c = 125663.7 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$J_s = 5605.3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$K_c = 0.11 \text{ ()}$$

$$K_s = 1.00 \text{ ()}$$

$$M_{Edmin} = 88.1 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_{Ed} = \max \left\{ M_{Edmin}; \left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N) - 1} \right] M_{0Ed} \right\} = 88.1 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

2.2.1.6 Площа арматури:

Реальна (надана) площа

$$A_{sr} = 64.34 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Співвідношення:

$$\square = 5.12 \%$$

2.2.1.7 Площа арматури:

Основні шини (B500B):

- • 8 □32 l = 3.96 (m)

Поперечне армування: (B500C):

хомути: 16 □10 l = 1.18 (m)

2.2.1.8 Огляд матеріалу:

- Об'єм бетону = 3.02 (m³)
- Опалубка = 30.16 (m²)
- Сталь B500B
 - Загальна вага = 1269.66 (kG)
 - Густина = 420.98 (kG/m³)
 - Середній діаметр = 23.8 (mm)
 - По діаметрах:

Діамтр	Довжина (m)	Вага (kG)	Кількість (No.)	Заг. вага (kG)
10	1.18	0.73	96	69.81
32	3.96	25.00	48	1199.84

2.3 Вихідні данні: Проєктування балок

- Назва : стандартна
- Відносна відмітка : ---
- Максимальне розтріскування : 0.30 (mm)
- Незахищеність : X0
- Коефіцієнт повзучості бетону : $j_p = 2.70$
- Клас цементу : N
- Вік бетону (момент навантаження) : 28 (days)
- Вік бетону : 50 (years)
- Вік бетону після зведення конструкції : 365 (years)
- Структурний клас : S1
- Клас вогнестійкості : I
- • Рекомендації FFB 7.4.3(7) : 0.00

2.3.1 Балка: Балка1_1 Кількість однотипних: 4

2.3.1.1 Властивості матеріалів:

- Бетон : C25/30 $f_{ck} = 2.50$ (kN/cm²)
Прямокутний розподіл напружень [3.1.7(3)]
- Густина : 2501.36 (kG/m³)
- Калібр : 20.0 (mm)
- Повздовжнє армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація
Ductility class : C
- Поперечне армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація
Ductility class : C
- Додаткове армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація

2.3.1.2 Геометрія:

2.2.1	Проліт	Позиція	Л.опор. (m)	L (m)	Пр.опора. (m)
	P1	проліт	0.40	4.70	0.40
		Довжина прольоту: $L_o = 5.10$ (m)			
		Перетин from 0.00 to 4.70 (m)			
		25.0 x 40.0 (cm)			
		without left slab			
		without right slab			
2.2.2	Span	Position	L.sup. (m)	L (m)	R.sup. (m)
	P2	Span 0.40	4.70	0.40	
		Span length: $L_o = 5.10$ (m)			
		Section from 0.00 to 4.70 (m)			

25.0 x 40.0, Offset (+ up, - down): 0.0 x +0.0 (cm)
without left slab
without right slab

2.2.3	Span	Position	L.sup. (m)	L (m)	R.sup. (m)
	P3	Span 0.40	4.70	0.40	
		Span length: $L_0 = 5.10$ (m)			
		Section from 0.00 to 4.70 (m)			
		25.0 x 40.0, Offset (+ up, - down): 0.0 x +0.0 (cm)			
		without left slab			
		without right slab			

2.3.1.3 Основа розрахунку:

- Сполучення навантажень : EN 1990:2002
- Розрахунок згідно з : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Сейсмічні обмеження : Без вимог
- Збірна конструкція : по
- Захисний шар : низ $c = 4.0$ (cm)
: бік $c1 = 3.0$ (cm)
: верх $c2 = 4.0$ (cm)
- Похибка в зах. шару : $C_{dev} = 1.0$ (cm), $C_{dur} = 0.0$ (cm)
- коефіцієнт $b_2 = 0.50$: довготривалі чи циклічні навантаження
- Методика для поперечної : нахил стійки

2.3.1.4 Навантаження:

2.4.1	Постійні:										
Type	Nature	Pos.	Span	$\square f$	X0	Pz0 (m)	X1 (kN/m)	Pz1 (m)	X2 (kN/m)	Pz2 (m)	X3
	(kN/m)	(m)									
self-weight	dead load	-		1-3		1.35	-	-	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	top	1			1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	top	2			1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	top	3			1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	top	1			1.50	-	4.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	top	2			1.50	-	6.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	top	3			1.50	-	4.3	-	-	-

2.3.1.5 Результати:

Реакції

Support V1

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	0.2	-	0.0
WALL1(1)	-	-0.6	-	0.0

WALL1(1)	-	5.4	-	0.0
LL1	-	37.7	-	0.0
DL1	-	9.9	-	0.0
LL2	-	-1.7	-	0.0
LL3	-	0.4	-	0.0

Support V2

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	-1.3	-	-0.0
WALL1(1)	-	6.9	-	0.0
WALL1(1)	-	8.1	-	-0.0
LL1	-	103.8	-	-0.0
DL1	-	14.9	-	-0.0
LL2	-	18.2	-	0.0
LL3	-	-2.2	-	0.0

Support V3

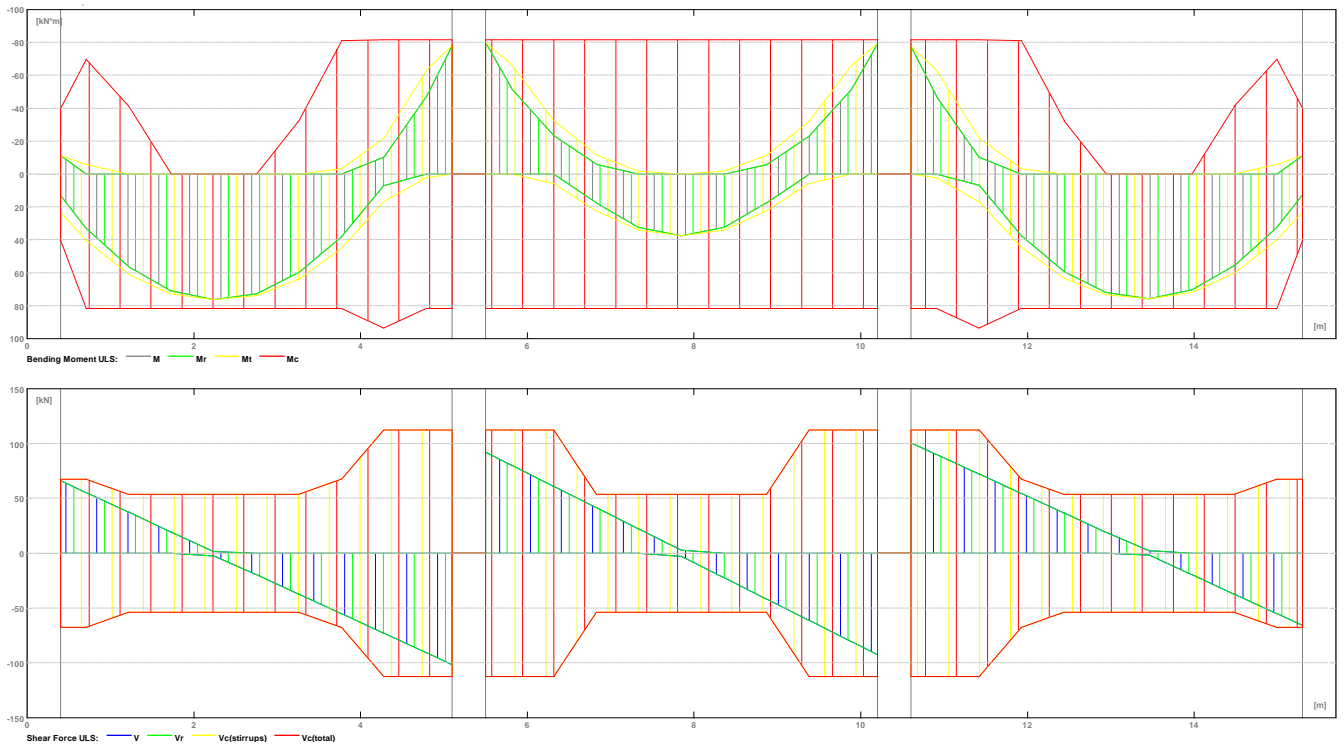
Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	8.1	-	-0.0
WALL1(1)	-	6.9	-	0.0
WALL1(1)	-	-1.3	-	0.0
LL1	-	103.8	-	-0.0
DL1	-	-2.3	-	-0.0
LL2	-	18.2	-	0.0
LL3	-	14.3	-	-0.0

Support V4

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	5.4	-	0.0
WALL1(1)	-	-0.6	-	-0.0
WALL1(1)	-	0.2	-	-0.0
LL1	-	37.7	-	-0.0
DL1	-	0.4	-	-0.0
LL2	-	-1.7	-	-0.0
LL3	-	9.5	-	-0.0

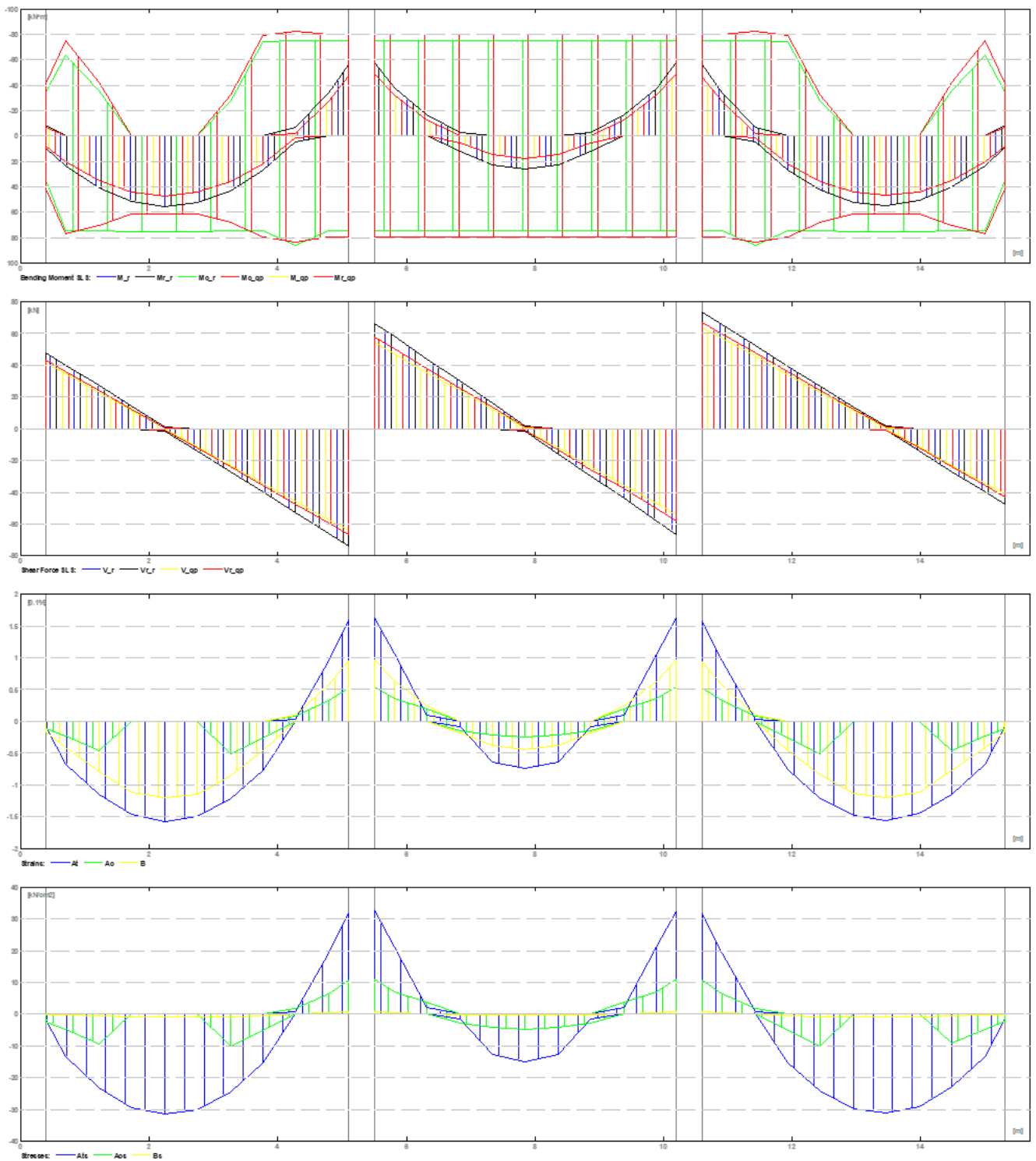
Внутрішні зусилля при ULS

Проліт	Mt max.	Mt min.	Ml	Mr	Ql	Qr
P1	76.4	-3.2	23.3	-78.0	66.2	-101.5
P2	37.4	-11.5	-79.9	-79.4	92.3	-92.1
P3	75.7	-3.2	-77.7	23.1	100.7	-65.6



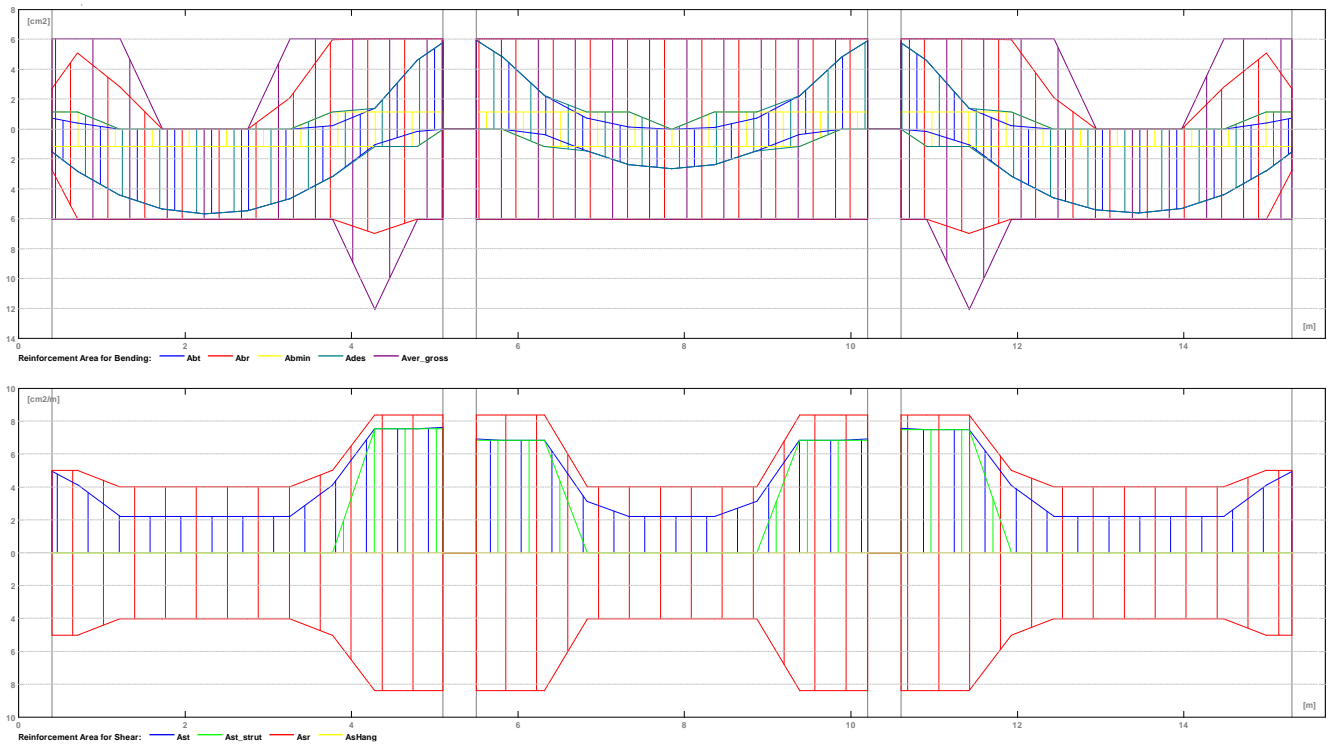
Внутрішні зусилля при стадії SLS

Проліт	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	Ml (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	55.3	0.0	9.3	-56.3	48.0	-73.7
P2	26.3	-3.1	-57.8	-57.4	66.4	-66.3
P3	54.8	0.0	-56.1	9.2	73.2	-47.6



Необхідна площа армування

Проліт	В пр-ті (см ²)		Ліва опора (см ²)		Права опора (см ²)	
	низ	верх	низ	верх	низ	верх
P1	5.66	0.00	1.52	0.74	0.00	5.79
P2	2.64	0.00	0.00	5.95	0.00	5.91
P3	5.60	0.00	0.00	5.76	1.51	0.73



Прогини та тріщини

- $w_t(QP)$ Всього за рахунок квазіпостійного поєднання
 $w_t(QP)dop$ Допускається через квазіпостійне поєднання
 $Dw_t(QP)$ Приріст прогину від квазіпостійної комбінації навантажень після зведення конструкції.
 $Dw_t(QP)dop$ Допустимий приріст прогину від квазіпостійної комбінації навантажень після зведення конструкції.

w_k - ширина перпендикулярних тріщин

Проліт	$w_t(QP)$ (cm)	$w_t(QP)dop$ (cm)	$Dw_t(QP)$ (cm)	$Dw_t(QP)dop$ (cm)	w_k (mm)
P1	1.5	2.0	0.2	1.0	0.3
P2	0.2	2.0	0.1	1.0	0.1
P3	1.5	2.0	0.2	1.0	0.3

2.3.1.6 Теоретичні результати - детальні результати:

P1 : Span from 0.40 to 5.10 (m)

Abscissa (m)	ULS		SLS		M min.A bottom (kN*m)	A top (cm2)
	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)		
0.40	23.3	-11.5	9.3	-8.3	1.52	0.74
0.71	40.3	-6.0	23.7	0.0	2.82	0.40
1.22	61.0	-0.0	40.9	0.0	4.43	0.00
1.73	72.7	-0.0	51.4	0.0	5.36	0.00
2.24	76.4	-0.0	55.3	0.0	5.66	0.00

2.75	73.8	-0.0	52.5	0.0	5.45	0.00
3.26	63.9	-0.0	43.2	0.0	4.66	0.00
3.77	44.9	-3.2	27.2	0.0	3.18	0.22
4.28	16.8	-21.9	4.6	-6.8	1.06	1.39
4.79	2.2	-63.3	0.0	-33.9	0.15	4.61
5.10	0.0	-78.0	0.0	-56.3	0.00	5.79

	ULS	SLS		
Abscissa	V max.	V max.	afp	
(m)	(kN)	(kN)	(mm)	
0.40	66.2	48.0	0.0	
0.71	55.3	40.1	0.1	
1.22	37.4	27.1	0.2	
1.73	19.6	14.1	0.2	
2.24	-2.5	-1.7	0.3	
2.75	-19.2	-13.9	0.2	
3.26	-37.1	-26.9	0.2	
3.77	-54.9	-39.8	0.1	
4.28	-72.8	-52.8	0.0	
4.79	-90.7	-65.8	0.1	
5.10	-101.5	-73.7	0.3	

P2 : Span from 5.50 to 10.20 (m)

	ULS	SLS				
Abscissa	M max.	M min.	M max.	M min.	A bottom	A top
(m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(cm ²)	(cm ²)
5.50	0.0	-79.9	0.0	-57.8	0.00	5.95
5.81	0.0	-66.6	0.0	-37.6	0.00	4.87
6.32	5.6	-32.5	0.0	-16.8	0.38	2.25
6.83	22.3	-11.5	12.0	-3.1	1.46	0.74
7.34	34.0	-1.9	22.7	0.0	2.38	0.13
7.85	37.4	-0.0	26.3	0.0	2.64	0.00
8.36	34.0	-1.8	22.7	0.0	2.38	0.12
8.87	22.3	-11.2	12.0	-2.9	1.46	0.72
9.38	5.6	-32.1	0.0	-16.5	0.38	2.22
9.89	0.0	-66.1	0.0	-37.3	0.00	4.83
10.20	0.0	-79.4	0.0	-57.4	0.00	5.91

	ULS	SLS		
Abscissa	V max.	V max.	afp	
(m)	(kN)	(kN)	(mm)	
5.50	92.3	66.4	0.3	
5.81	80.5	57.9	0.2	
6.32	61.1	43.9	0.0	
6.83	41.7	29.9	0.0	
7.34	22.3	15.9	0.0	
7.85	2.9	1.9	0.1	
8.36	-22.1	-15.8	0.0	
8.87	-41.5	-29.8	0.0	

9.38	-60.9	-43.8	0.0
9.89	-80.3	-57.8	0.2
10.20	-92.1	-66.3	0.3

P3 : Span from 10.60 to 15.30 (m)

Abscissa (m)	ULS		SLS		M min.A bottom (kN*m)	A top (cm2)
	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)		
10.60	0.0	-77.7	0.0	-56.1	0.00	5.76
10.91	2.2	-63.0	0.0	-33.8	0.15	4.59
11.42	16.6	-21.9	4.5	-6.8	1.05	1.39
11.93	44.5	-3.2	27.0	0.0	3.15	0.22
12.44	63.4	-0.0	42.8	0.0	4.61	0.00
12.95	73.2	-0.0	52.1	0.0	5.40	0.00
13.46	75.7	-0.0	54.8	0.0	5.60	0.00
13.97	72.0	-0.0	51.0	0.0	5.30	0.00
14.48	60.5	-0.0	40.5	0.0	4.39	0.00
14.99	39.9	-5.9	23.6	0.0	2.80	0.40
15.30	23.1	-11.4	9.2	-8.2	1.51	0.73

Abscissa (m)	ULS		SLS	
	V max. (kN)	V max.afp (kN)	V max. (mm)	afp (mm)
10.60	100.7	73.2	0.3	
10.91	90.0	65.3	0.1	
11.42	72.3	52.4	0.0	
11.93	54.5	39.6	0.1	
12.44	36.8	26.7	0.2	
12.95	19.1	13.8	0.2	
13.46	2.5	1.7	0.3	
13.97	-19.4	-14.0	0.2	
14.48	-37.1	-26.9	0.2	
14.99	-54.8	-39.8	0.1	
15.30	-65.6	-47.6	0.0	

2.3.1.7 Армвання:

P1 : Проліт 0.40 to 5.10 (m)

Повздовжня:

- низ (B500C)
3 □16 l = 4.33 from 0.15 to 4.48
- верхня (top) (B500C)
2 □8 l = 2.96 from 0.76 to 3.72
- на опорах (B500C)
3 □16 l = 1.55 from 0.04 to 1.59

Поперечна арматура:

- основна (B500C)

$$\begin{aligned} \text{хомути } 29 \quad 24 \square 8 \quad l = 1.12 \\ e = 1*0.11 + 2*0.20 + 11*0.25 + 2*0.20 + 8*0.12 \text{ (m)} \end{aligned}$$

P1 : Проліт 5.50 to 10.20 (m)

Повздожня:

- низ (B500C)
3 $\square 16$ $l = 8.02$ from 3.84 to 11.86
- на опорах (B500C)
3 $\square 16$ $l = 9.73$ from 2.98 to 12.72

Поперечна арматура:

- основна (B500C)
хомути 29 $28 \square 8$ $l = 1.12$
 $e = 1*0.02 + 8*0.12 + 11*0.25 + 8*0.12 \text{ (m)}$

P1 : Проліт 10.60 to 15.30 (m)

Повздожня:

- низ (B500C)
3 $\square 16$ $l = 4.34$ from 11.22 to 15.55
- верхня (top) (B500C)
2 $\square 8$ $l = 2.96$ from 11.98 to 14.94
- на опорах (B500C)
3 $\square 16$ $l = 1.55$ from 14.11 to 15.66

Поперечна арматура:

- основна (B500C)
хомути 24 $\square 8$ $l = 1.12$
 $e = 1*0.09 + 8*0.12 + 2*0.20 + 11*0.25 + 2*0.20 \text{ (m)}$

2.3.1.8 Витрата матеріалів:

- Об'єм бетону = 1.57 (m³)
- Опалубка = 16.29 (m²)
- Сталь B500C
 - Загальна вага = 178.02 (kG)
 - Густина = 113.39 (kG/m³)
 - Середній діаметр = 11.8 (mm)
 - Окремо по діаметрах:

Діаметр (mm)	Довжина (m)	Вага (kG)	Кількість (No.)	Сумарна вага (kG)
8	1.12	0.44	76	33.49
8	2.96	1.17	4	4.67
16	1.55	2.45	6	14.68
16	4.33	6.84	6	41.07
16	8.02	12.67	3	38.01
16	9.73	15.37	3	46.10

2.4 Балка: Балка1_2 Кількість однотипних: 4

2.4.1 Властивості матеріалів:

- Бетон : C25/30 $f_{ck} = 2.50$ (kN/cm²)
Прямокутний розподіл напружень [3.1.7(3)]
- Густина : 2501.36 (kG/m³)
- Калібр : 20.0 (mm)
- Повздовжнє армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація
Ductility class : C
- Поперечне армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація
Ductility class : C
- Додаткове армування: : B500C $f_{yk} = 50.00$ (kN/cm²)
Горизонтальна гілка діаграми напруження-деформація

2.4.2 Геометрія:

Проліт	Позиція	Л.опор.	L	Пр.опора.
			(m)	(m) (m)
P1	проліт		0.40	4.70 0.40
	Довжина прольоту: $L_o = 5.10$ (m)			
	Перетин from 0.00 to 4.70 (m)			
	25.0 x 40.0 (cm)			
	without left slab			
	without right slab			
Span	Position	L supp.	L	R supp.
			(m)	(m) (m)
P2	Span 0.40		4.70	0.40
	Span length: $L_o = 5.10$ (m)			
	Section from 0.00 to 4.70 (m)			
	25.0 x 40.0, Offset (+ up, - down): 0.0 x +0.0 (cm)			
	without left slab			
	without right slab			
Span	Position	L supp.	L	R supp.
			(m)	(m) (m)
P3	Span 0.40		4.70	0.40
	Span length: $L_o = 5.10$ (m)			
	Section from 0.00 to 4.70 (m)			
	25.0 x 40.0, Offset (+ up, - down): 0.0 x +0.0 (cm)			
	without left slab			
	without right slab			

2.4.3 Основа розрахунку:

- Сполучення навантажень : EN 1990:2002
- Розрахунок згідно з : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Сейсмічні обмеження : Без вимог
- Збірна конструкція : по
- Захисний шар : низ $c = 4.0$ (cm)
: бік $c_1 = 3.0$ (cm)
: верх $c_2 = 4.0$ (cm)

- Похибка в зах. шару : $C_{dev} = 1.0(\text{cm})$, $C_{dur} = 0.0(\text{cm})$
- коефіцієнт $b_2 = 0.50$: довготривалі чи циклічні навантаження
- Методика для поперечної : нахил стійки

2.4.4 Навантаження:

2.4.1 Постійні:

Type	Nature	Pos.	Span	$\square f$	X0	Pz0 (m)	X1 (kN/m)	Pz1 (m)	X2 (kN/m)	Pz2 (m)	X3
self-weight	dead load	-		1-3		1.35	-	-	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	-	top	1		1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	-	top	2		1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	-	top	3		1.35	-	18.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	-	top	1		1.50	-	4.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	-	top	2		1.50	-	6.5	-	-	-
uniform	live(Category A)	-	top	3		1.50	-	4.3	-	-	-

2.4.5 Результати:

Реакції

Support V1

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	0.2	-	0.0
WALL1(1)	-	-0.6	-	0.0
WALL1(1)	-	5.4	-	0.0
LL1	-	37.7	-	0.0
DL1	-	9.9	-	0.0
LL2	-	-1.7	-	0.0
LL3	-	0.4	-	0.0

Support V2

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	-1.3	-	-0.0
WALL1(1)	-	6.9	-	0.0
WALL1(1)	-	8.1	-	-0.0
LL1	-	103.8	-	-0.0
DL1	-	14.9	-	-0.0
LL2	-	18.2	-	0.0
LL3	-	-2.2	-	0.0

Support V3

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	8.1	-	-0.0

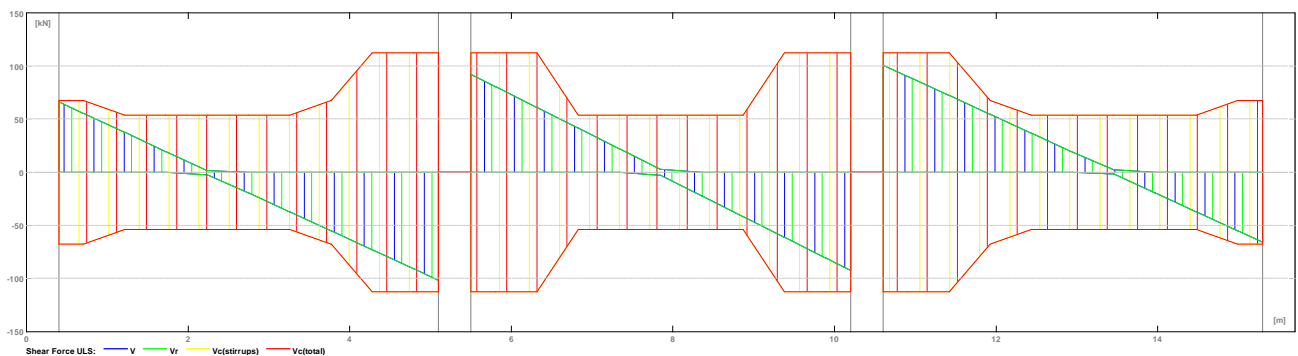
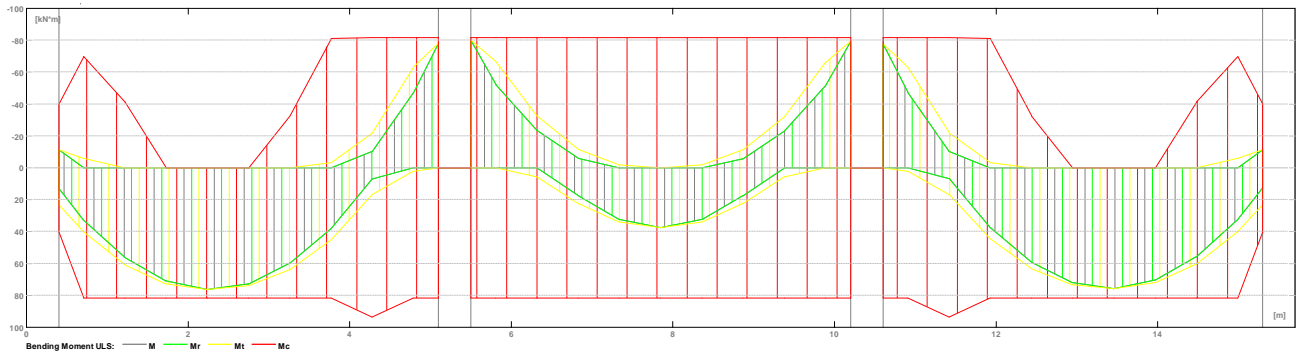
WALL1(1)	-	6.9	-	0.0
WALL1(1)	-	-1.3	-	0.0
LL1	-	103.8	-	-0.0
DL1	-	-2.3	-	-0.0
LL2	-	18.2	-	0.0
LL3	-	14.3	-	-0.0

Support V4

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1(1)	-	5.4	-	0.0
WALL1(1)	-	-0.6	-	-0.0
WALL1(1)	-	0.2	-	-0.0
LL1	-	37.7	-	-0.0
DL1	-	0.4	-	-0.0
LL2	-	-1.7	-	-0.0
LL3	-	9.5	-	-0.0

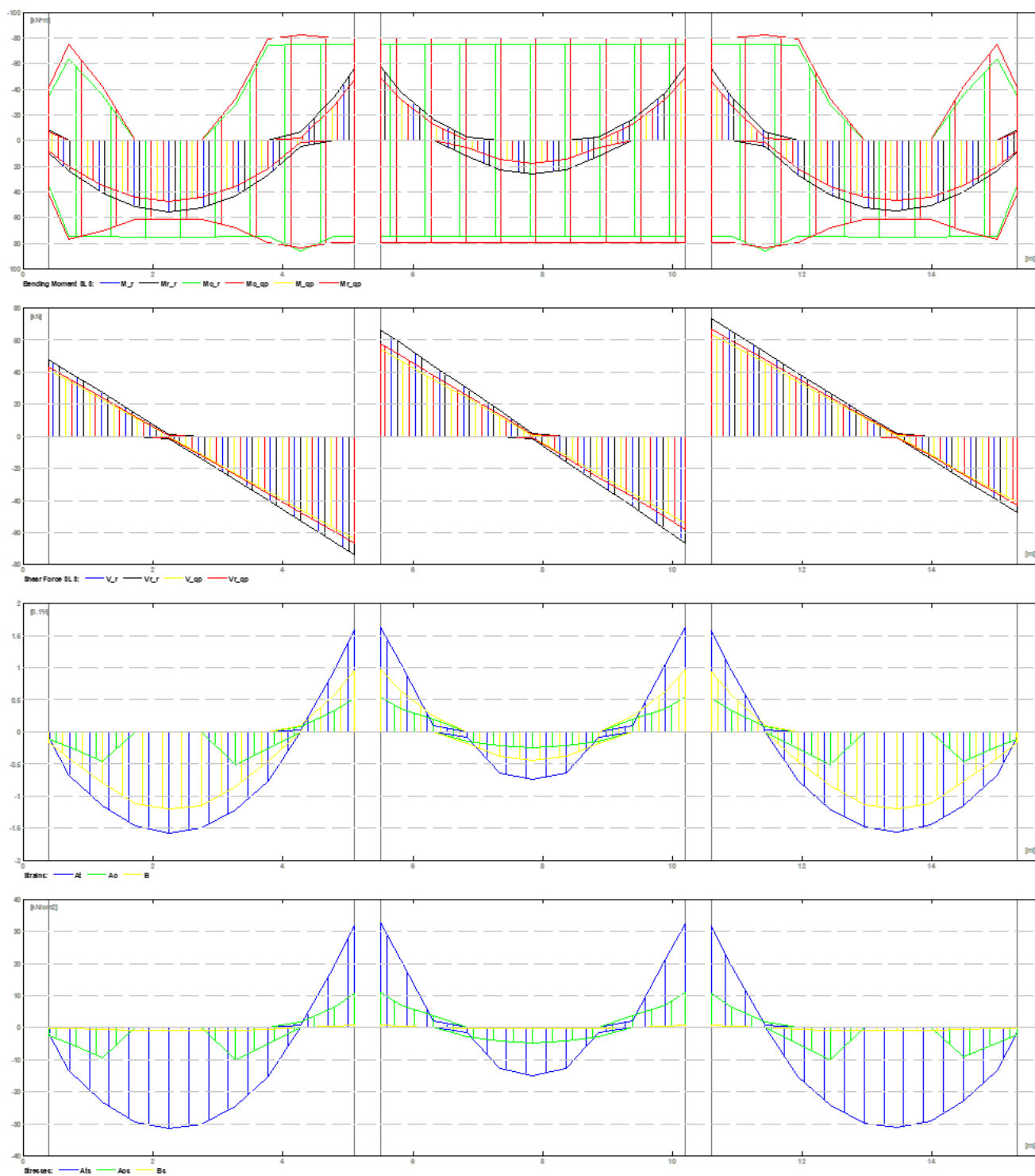
Внутрішні зусилля при ULS

Проліт	Mt max.	Mt min.	Ml	Mr	Ql	Qr
P1	76.4	-3.2	23.3	-78.0	66.2	-101.5
P2	37.4	-11.5	-79.9	-79.4	92.3	-92.1
P3	75.7	-3.2	-77.7	23.1	100.7	-65.6



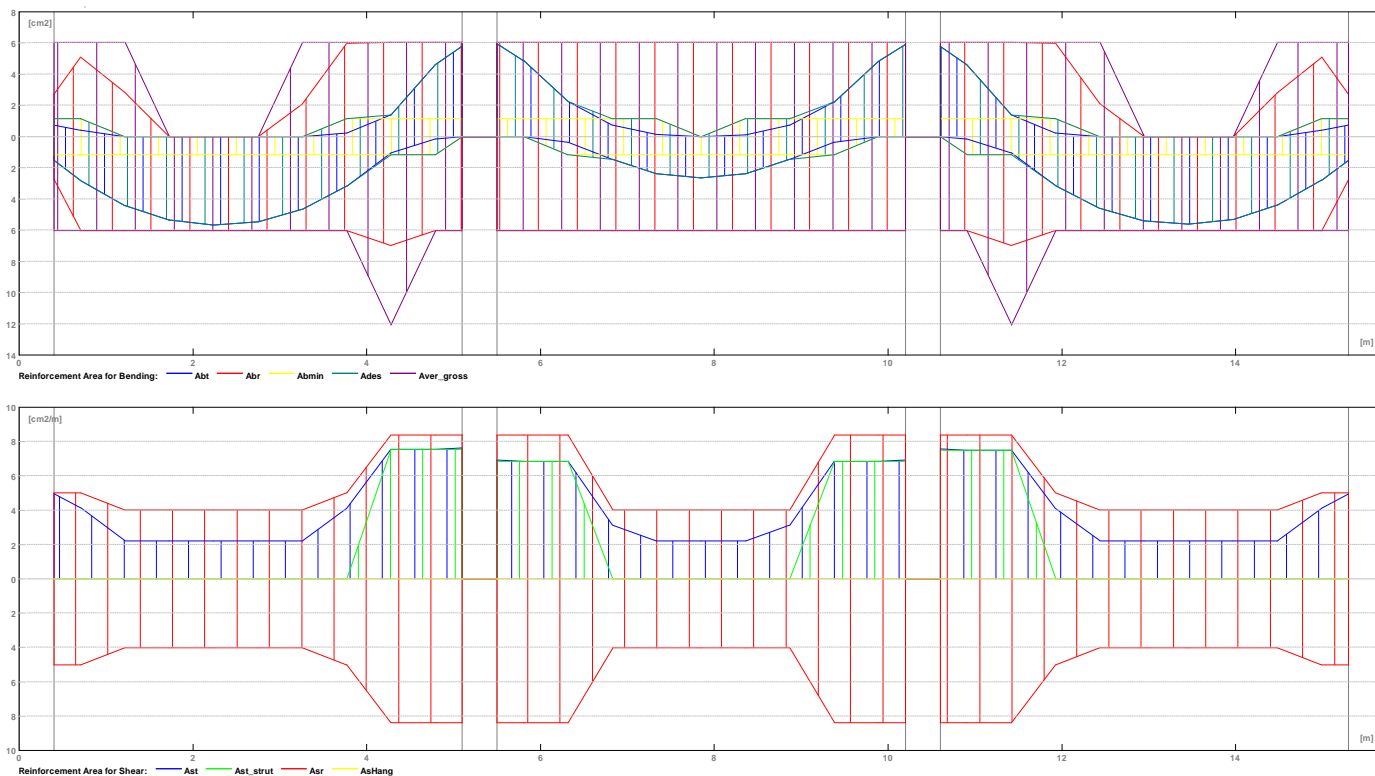
Внутрішні зусилля при стадії SLS

Проліт	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	Ml (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	55.3	0.0	9.3	-56.3	48.0	-73.7
P2	26.3	-3.1	-57.8	-57.4	66.4	-66.3
P3	54.8	0.0	-56.1	9.2	73.2	-47.6



Необхідна площа армування

Проліт	В пр-ті (см ²)		Ліва опора (см ²)		Права опора (см ²)	
	низ	верх	низ	верх	низ	верх
P1	5.66	0.00	1.52	0.74	0.00	5.79
P2	2.64	0.00	0.00	5.95	0.00	5.91
P3	5.60	0.00	0.00	5.76	1.51	0.73



Прогини та тріщини

wt(QP) Всього за рахунок квазіпостійного поєднання
wt(QP)dop Допускається через квазіпостійне поєднання
Dwt(QP) Приріст прогину від квазіпостійної комбінації навантажень після зведення конструкції.
Dwt(QP)dop Допустимий приріст прогину від квазіпостійної комбінації навантажень після зведення конструкції.

wk - ширина перпендикулярних тріщин

Проліт	wt(QP) (cm)	wt(QP)dop (cm)	Dwt(QP) (cm)	Dwt(QP)dop (cm)	wk (mm)
P1	1.5	2.0	0.2	1.0	0.3
P2	0.2	2.0	0.1	1.0	0.1
P3	1.5	2.0	0.2	1.0	0.3

2.4.6 Теоретичні результати - детальні результати:

P1 : Span from 0.40 to 5.10 (m)

Abscissa (m)	ULS		SLS		M min.		A bottom (cm ²)	A top (cm ²)
	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	(kN*m)	(kN*m)		
0.40	23.3	-11.5	9.3	-8.3	1.52	0.74		
0.71	40.3	-6.0	23.7	0.0	2.82	0.40		
1.22	61.0	-0.0	40.9	0.0	4.43	0.00		
1.73	72.7	-0.0	51.4	0.0	5.36	0.00		
2.24	76.4	-0.0	55.3	0.0	5.66	0.00		
2.75	73.8	-0.0	52.5	0.0	5.45	0.00		

3.26	63.9	-0.0	43.2	0.0	4.66	0.00
3.77	44.9	-3.2	27.2	0.0	3.18	0.22
4.28	16.8	-21.9	4.6	-6.8	1.06	1.39
4.79	2.2	-63.3	0.0	-33.9	0.15	4.61
5.10	0.0	-78.0	0.0	-56.3	0.00	5.79

	ULS	SLS		
Abscissa	V max.	V max.	afp	
(m)	(kN)	(kN)	(mm)	
0.40	66.2	48.0	0.0	
0.71	55.3	40.1	0.1	
1.22	37.4	27.1	0.2	
1.73	19.6	14.1	0.2	
2.24	-2.5	-1.7	0.3	
2.75	-19.2	-13.9	0.2	
3.26	-37.1	-26.9	0.2	
3.77	-54.9	-39.8	0.1	
4.28	-72.8	-52.8	0.0	
4.79	-90.7	-65.8	0.1	
5.10	-101.5	-73.7	0.3	

P2 : Span from 5.50 to 10.20 (m)

	ULS	SLS				
Abscissa	M max.	M min.	M max.	M min.	A bottom	A top
(m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(cm2) (cm2)
5.50	0.0	-79.9	0.0	-57.8	0.00	5.95
5.81	0.0	-66.6	0.0	-37.6	0.00	4.87
6.32	5.6	-32.5	0.0	-16.8	0.38	2.25
6.83	22.3	-11.5	12.0	-3.1	1.46	0.74
7.34	34.0	-1.9	22.7	0.0	2.38	0.13
7.85	37.4	-0.0	26.3	0.0	2.64	0.00
8.36	34.0	-1.8	22.7	0.0	2.38	0.12
8.87	22.3	-11.2	12.0	-2.9	1.46	0.72
9.38	5.6	-32.1	0.0	-16.5	0.38	2.22
9.89	0.0	-66.1	0.0	-37.3	0.00	4.83
10.20	0.0	-79.4	0.0	-57.4	0.00	5.91

	ULS	SLS		
Abscissa	V max.	V max.	afp	
(m)	(kN)	(kN)	(mm)	
5.50	92.3	66.4	0.3	
5.81	80.5	57.9	0.2	
6.32	61.1	43.9	0.0	
6.83	41.7	29.9	0.0	
7.34	22.3	15.9	0.0	
7.85	2.9	1.9	0.1	
8.36	-22.1	-15.8	0.0	
8.87	-41.5	-29.8	0.0	
9.38	-60.9	-43.8	0.0	
9.89	-80.3	-57.8	0.2	

10.20 -92.1 -66.3 0.3

P3 : Span from 10.60 to 15.30 (m)

Abscissa (m)	ULS		SLS		M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	A bottom (cm ²)	A top (cm ²)
	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)						
10.60	0.0	-77.7	0.0	-56.1	0.00	5.76				
10.91	2.2	-63.0	0.0	-33.8	0.15	4.59				
11.42	16.6	-21.9	4.5	-6.8	1.05	1.39				
11.93	44.5	-3.2	27.0	0.0	3.15	0.22				
12.44	63.4	-0.0	42.8	0.0	4.61	0.00				
12.95	73.2	-0.0	52.1	0.0	5.40	0.00				
13.46	75.7	-0.0	54.8	0.0	5.60	0.00				
13.97	72.0	-0.0	51.0	0.0	5.30	0.00				
14.48	60.5	-0.0	40.5	0.0	4.39	0.00				
14.99	39.9	-5.9	23.6	0.0	2.80	0.40				
15.30	23.1	-11.4	9.2	-8.2	1.51	0.73				

Abscissa (m)	ULS		SLS	
	V max. (kN)	V max. (kN)	V max. (kN)	afp (mm)
10.60	100.7	73.2	0.3	
10.91	90.0	65.3	0.1	
11.42	72.3	52.4	0.0	
11.93	54.5	39.6	0.1	
12.44	36.8	26.7	0.2	
12.95	19.1	13.8	0.2	
13.46	2.5	1.7	0.3	
13.97	-19.4	-14.0	0.2	
14.48	-37.1	-26.9	0.2	
14.99	-54.8	-39.8	0.1	
15.30	-65.6	-47.6	0.0	

2.4.7 Армування:**P1 : Проліт 0.40 to 5.10 (m)****Повздожня:**

- низ (B500C)
3 □16 l = 4.33 from 0.15 to 4.48
- верхня (top) (B500C)
2 □8 l = 2.96 from 0.76 to 3.72
- на опорах (B500C)
3 □16 l = 1.55 from 0.04 to 1.59

Поперечна арматура:

- основна (B500C)
хомути 29 24 □8 l = 1.12
 $e = 1*0.11 + 2*0.20 + 11*0.25 + 2*0.20 + 8*0.12$ (m)

P1 : Проліт 5.50 to 10.20 (m)**Повздовжня:**

- низ (B500C)
3 \square 16 $l = 8.02$ from 3.84 to 11.86
- на опорах (B500C)
3 \square 16 $l = 9.73$ from 2.98 to 12.72

Поперечна арматура:

- основна (B500C)
хомути 29 $28 \square 8$ $l = 1.12$
 $e = 1*0.02 + 8*0.12 + 11*0.25 + 8*0.12$ (m)

P1 : Проліт 10.60 to 15.30 (m)**Повздовжня:**

- низ (B500C)
3 \square 16 $l = 4.34$ from 11.22 to 15.55
- верхня (top) (B500C)
2 \square 8 $l = 2.96$ from 11.98 to 14.94
- на опорах (B500C)
3 \square 16 $l = 1.55$ from 14.11 to 15.66

Поперечна арматура:

- основна (B500C)
хомути 24 \square 8 $l = 1.12$
 $e = 1*0.09 + 8*0.12 + 2*0.20 + 11*0.25 + 2*0.20$ (m)

2.4.8 Витрата матеріалів:

- Об'єм бетону = 1.57 (m³)
- Опалубка = 16.29 (m²)
- Сталь B500C
 - Загальна вага = 178.02 (kG)
 - Густина = 113.39 (kG/m³)
 - Середній діаметр = 11.8 (mm)
 - Окремо по діаметрах:

Діаметр (mm)	Довжина (m)	Вага (kG)	Кількість (No.)	Сумарна вага (kG)
8	1.12	0.44	76	33.49
8	2.96	1.17	4	4.67
16	1.55	2.45	6	14.68
16	4.33	6.84	6	41.07
16	8.02	12.67	3	38.01
16	9.73	15.37	3	46.10

РОЗДІЛ 3 Наукова частина

ДИСКРЕТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРІЩИН ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 ВСТУП

У традиційному сейсмічному проектуванні використовуються індекси деформації, такі як, наприклад, зміщення поверху або коефіцієнт пластичності. Процедура проектування розроблена на основі неявного припущення, що ці показники раціонально відображають серйозність сейсмічних пошкоджень, завданих споруді. Це припущення, однак, не завжди є достатнім, оскільки пошкодження кожного елемента конструкції, ймовірно, змінюються, навіть якщо будівля піддається однаковому рівню деформації. Останній прогрес у нелінійному методі скінченних елементів (МКЕ) для залізобетону (РС) дозволив передбачити поширення тріщини та максимальну ширину тріщини. З іншого боку, будівельні норми переносяться на проект, що ґрунтується на продуктивності, де необхідні оцінки відновлювальних силових характеристик та структурних пошкоджень. Отже, ширина тріщини стає можливим критерієм проектування на додаток до звичайних індексів деформації.

Нелінійні скінченно-елементні формулювання для ЗБ поділяються на модель дискретної тріщини [1] і модель розмазаної тріщини [2]. З точки зору оцінки ширини тріщини, модель розмазаної тріщини далі класифікується на підхід до смуги тріщини [3] та підхід до ковзання зчеплення [4]. Перший оцінює ширину тріщини на основі еквівалентності енергії в напівлокалізованій зоні руйнування (смуга тріщини), тоді як другий розраховує ковзання зв'язку вздовж арматурної сталі класичним способом. Обидва підходи можна звести до спрощеного методу, щоб ширину тріщини можна було оцінити, помноживши основну деформацію бетону на розтяг на деяку ефективну довжину. Наприклад, ефективна довжина була задана як функція максимального розміру агрегату в алгоритмі на основі тріщин [5]. З іншого боку, Веккіо прийняв задану функцію відстаней між тріщинами як ефективну довжину [4]. Функція відстань між тріщинами була визначена на основі розташування арматурного стержня, яке спочатку було визначено СЕВ-FIP [6]. Підхід із смугами тріщин може раціонально оцінити поведінку утворення тріщин у бетоні з легкою арматурою або простого бетону, тоді як підхід ковзання зв'язку ефективний для прогнозування інтервалів тріщин у бетоні з відносно більш важким армуванням.

У цій статті розглядається метод оцінки тріщини в контексті моделі розмазаної тріщини, що дозволяє виводити дискретні моделі тріщин. Для оцінки ширини тріщини в цій роботі використовується підхід ковзання зв'язку, а не підхід до смуги тріщини. Процес не використовує встановлений інтервал між тріщинами, а безпосередньо обчислює ковзання зчеплення, отже, явно обчислює ширину тріщини.

Окрім спрощеного методу використання інтервалу між тріщинами як ефективної довжини, ковзаючий зв'язок часто обчислювали шляхом накладення

елемента міжфазного з'єднання між сталевими прутками та бетоном у аналізі кінцевих елементів. У більш складному алгоритмі кінцевих елементів, розробленому Барзегаром і Маддіпуді [7], вбудовані елементи підсилення, пов'язані з вузлами ковзання, були автоматично створені. Алгоритм Барзегара явно обчислив ширину тріщини, хоча накладені вузли зчеплення дещо збільшили обчислювальні зусилля.

Одним із недоліків підходу з розмазаними тріщинами може бути складність візуалізації реалістичних візерунків тріщин. На практиці, при використанні цього підходу, центроїд кожної площини тріщини розташований у точці вибірки (тобто гаусовій точці інтегрування) елемента. Розрахований малюнок розмазаних тріщин зазвичай відрізняється від фактичного, який є групою суцільних площин тріщин. Ця невідповідність іноді викликає плутане визнання у інженерів і конструкторів. У цьому відношенні підхід до дискретних тріщин, очевидно, має перевагу в тому, що можна отримати більш реалістичні моделі тріщин. Проте моделі тріщин, що надаються дискретною моделлю тріщин, сильно залежать від меж елементів. Ingraffea та Saouma [8] розробили автоматичну процедуру перемішування для оцінки точних напрямків розтріскування. Але виникло занепокоєння, що безперервне перемішування може порушити аналітичну топологію. де Борст та ін. розробив «метод когезійних сегментів», який підвищує ступінь свободи, накладаючи додаткові вузли до кожного тріщинного елемента [9]. Цей метод успішно локалізував деформацію через розтріскування в алгоритмі розмазаної тріщини, але метод не був включений у підхід зчеплення.

Автори розробили двовимірний чисельний процес у контексті підходу до змащеної тріщини, який здійснює перерозподіл напружень внаслідок утворення тріщин [10]. Процес автоматично розпізнає безперервність арматурних стержнів у скінченноелементній моделі. З'єднання між арматурою та бетоном розраховуються для однієї або кількох тріщин на кожному кроку. Цей процес не накладає додаткових вузлів для розрахунку ковзання зв'язку. Розрахунки ковзання проводяться з довжиною дискретизації (приблизно 10 мм) уздовж арматури. Не вимагається встановлена крива розтягнення-зміцнення, але процес безпосередньо обчислює явища посилення напруги в ЗБК.

У цій роботі розширено процес 3D-аналізу. Розташування досліджуваних площин тріщин перегруповано за вдосконаленою схемою. Таким чином, процес забезпечує дискретні, безперервні в напрямках тріщин і елементи безмежних моделей тріщин, а також точні прогнози ширини тріщин. Перевірка цього процесу досліджується лише для бетонних елементів з коефіцієнтом армування 0,1% або більше, хоча він концептуально застосовний для простого бетону або бетону з меншою кількістю арматури.

3.2 ОСНОВИ ПРОЦЕСУ АНАЛІЗУ

Цей розділ описує процес аналізу.

3.2.1 Розпізнавання безперервності арматурного стержня

Розтріскування в бетоні призводить до ковзання зв'язку вздовж арматурного стержня поперек тріщини. На малюнку 1(a) представлені умови навколо тріщини, яка виникає в довільному місці ЗБ елемента, підданого зсувним і згинальним навантаженням. Довжина, на якій відбувається ковзання зв'язку, визначається як чиста довжина зв'язку l_{nb} . Чиста довжина зв'язку охоплює кілька елементів сітки, яка зазвичай використовується при аналізі ЗБ елемента. На малюнку 1(a), наприклад, чиста довжина зв'язку вздовж смуги напрямку x $l_{nb(x)}$ охоплює чотири елементи (елементи 1, 2, 3 і 4), тоді як $l_{nb(y)}$ уздовж смуги напрямку y охоплює два елементи (елементи 1 і 5). Чисельний процес повинен вибрати ці суміжні елементи, які містять безперервні смуги. Запропонований процес включає процедуру попередньої обробки для автоматичного розпізнавання елементів, в яких відбуваються з'єднання, і збереження інформації про безперервність арматурних стержнів. Програма оцінює компоненти панелі в сусідніх елементах як «безперервні», якщо виконуються наступні умови:

- (i) Діаметри брусків збігаються.
- (ii) Графік плинності і модуль пружності брусків збігаються.
- (iii) Різниця в напрямі між сусідніми смугами менше 5° .

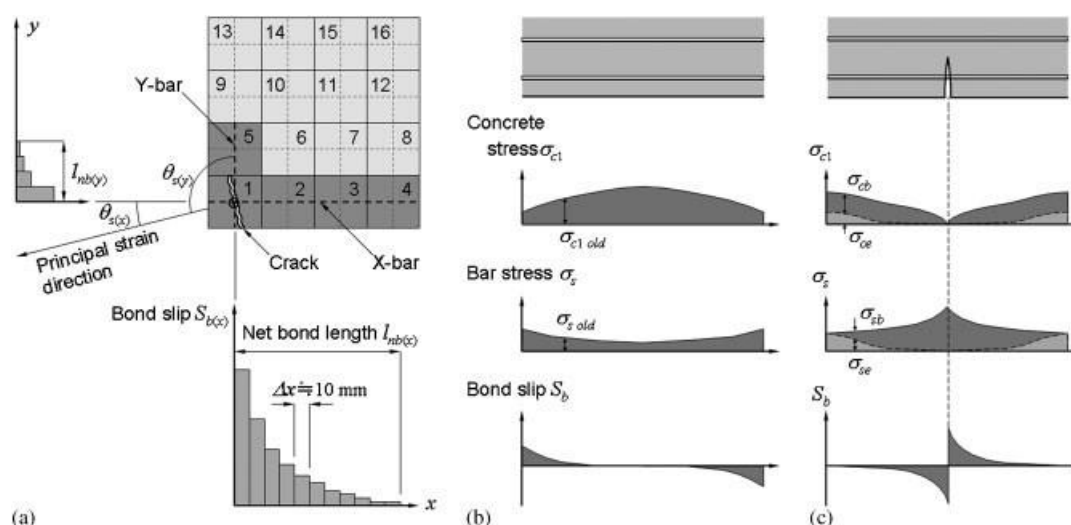


Рисунок 1. Процес перерозподілу напруги: (a) елементи, піддані перерозподілу напруги; (b) напруження перед утворенням тріщин і ковзання; і (c) напруження після утворення тріщин і ковзання.

3.2.2 Перерозподіл напружень

Звичайна програма скінченних елементів на основі розмазування тріщин оцінює розтріскування більш ніж одного елемента одночасно на кожному кроці. Запропонований процес також оцінює одну або кілька тріщин на кожному кроці, але не одночасно. Процес спочатку шукає елемент без тріщин, до якого викликається максимальна головна деформація бетону при розтягуванні. Потім оцінка утворення тріщин і перерозподіл напруги повторюються в порядку основної деформації бетону при розтягуванні. Отже, перерозподіл повторюється

стільки ж, скільки заново зламаних елементів. Це не означає, що перерозподіл обмежується лише новими тріщинами, але також проводиться для елементів, у яких ковзання зв'язку викликані відповідною новою тріщиною. Напруга розтягування бетону після перерозподілу подається як підсумок залишкової напруги після утворення тріщин σ_{se} , і напруги, знову викликані дією зчеплення σ_{cb} (Малюнок 1(b) і (c)):

$$\sigma_{c1} = \sigma_{se} + \sigma_{cb} \quad (1)$$

Аналогічно, напруження арматурного стержня після перерозподілу подається як підсумок залишкового напруження σ_{se} та знову викликаного напруження σ_{sb} (Малюнок 1(b) та (c)):

$$\sigma_s = \sigma_{se} + \sigma_{sb} \quad (2)$$

3.2.3 Концентрація напруги навколо тріщини

На малюнку 2(a) схематично показано розподіл напружень по нормі до тріщини на основі пружного скінченно-елементного аналізу хорди натягу. Аналіз проводять за двома параметрами: (1) відношення глибини тріщини rcr/r (1/12, 4/12, 6/12 і 9/12) і (2) коефіцієнт армування (0, 0,5, 1 і 8)%. При розкритті поверхонь з тріщинами напруження розм'якшення розтягнення було опущено, оскільки аналізи зразків у розділі 3 розглядають ЗБ зразки з відносно великою кількістю арматури. Результати аналізу показують, що збільшення розтягуючого напруження σ_{ce} внаслідок концентрації напружень становить в середньому приблизно $0,5\sigma_{cr}$ і охоплює довжину, приблизно рівну довжині тріщини a . Довжина скінченного елемента збігається з довжиною тріщини a , а довжина сусіднього елемента майже дорівнює a у звичайному сітку кінцевих елементів. Отже, до елемента, розташованого збоку від тріщини, додається розтягуюча напруга $0,5\sigma_{cr}$ (Малюнок 2(b)):

$$\sigma_{ce} = 0,5\sigma_{cr} \text{ (для елемента, розташованого збоку від тріщини)} \quad (3)$$

Постпроцесор переміщує центроїд площини тріщини, щоб візуалізувати безперервність ряду тріщин, як показано на малюнку 3. Тріщина зміщується лише тоді, коли викликається концентраційне напруження, визначене рівнянням (3). Координати точки вибірки (тобто гаусової точки інтегрування) елемента зберігаються. Іншими словами, зміщення нової тріщини вказує на те, що тріщина ініційована концентраційним напруженням навколо сусідньої старої тріщини.

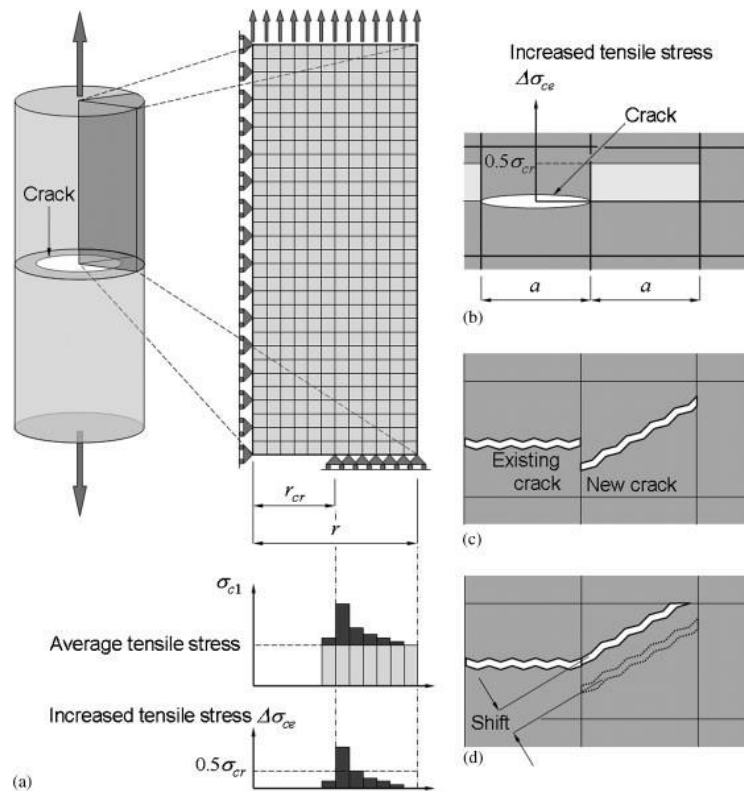


Рисунок 2. Моделювання тріщини: (а) пружний скінченно-елементний аналіз хорди натягу; (б) апроксимація підвищеного напруження; (с) розрив між існуючими та новими тріщинами; і (д) зміщення розташування нової тріщини.

3.2.4 Напруження в бетоні, викликана ковзанням

Рівняння (4) дає напруження бетону, викликане ковзанням зв'язку вздовж арматурних стрижнів [11]

$$\sigma_{cb \text{ new}} = - \int_0^{l_{nb}} \frac{4\rho\tau_b \cos^2 \theta_s}{d_b} dx \quad (4)$$

де d_b - діаметр стержня; x вісь уздовж бруска ($x=0$ на тріщині); коефіцієнт армування; s - кут між напрямком основної деформації розтягування та віссю стержня; l_{nb} - напруга зв'язку.

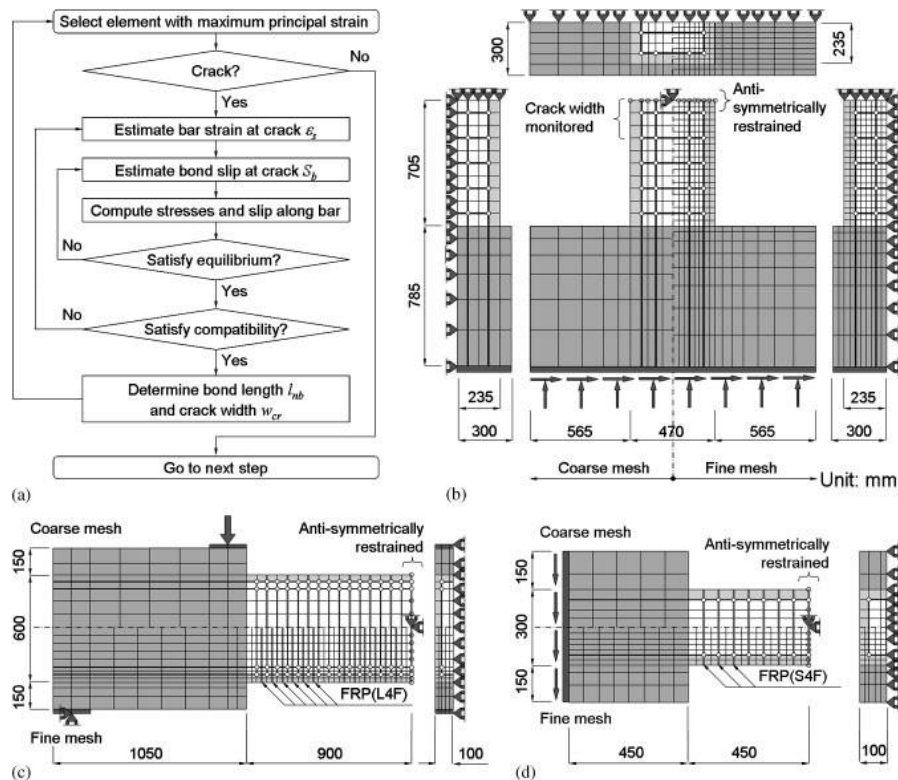


Рисунок 3. Аналіз зразків: (а) потік аналізу; (б) сітка для C4s-3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30; (с) сітка для L0, L1 та L4F; і (д) сітка для S0, S1 і S4F.

Дискретизований розрахунок, виражений рівняннями (5) і (6), дає ковзання зв'язку S_b :

$$[dS_b/dx]_{k+1} = [dS_b/dx]_k + \Delta x \tau_b / (E_s d_b) \quad (5)$$

$$S_{b,k+1} = S_{b,k} + \Delta x [dS_b/dx]_k \quad (6)$$

де індекс k позначає дискретизовану частину вздовж осі x , а E_s — модуль пружності стержня. Розрахунок починається з тріщини ($x = 0$) і триває з дискретизованою довжиною приблизно 10 мм. При розрахунку відстань між сусідніми елементами слід дискретизувати щонайменше на дві частини. У аналізах зразків, представлених у розділі 3, використовувався розмір елемента не менше 25 мм. Отже, довжину дискретизації слід визначити менше ніж 12,5 мм. Менша довжина знадобиться, якщо використовується більш дрібна сітка, але така дрібна сітка рідко використовується в ФЕМ на основі розмазаних тріщин. Відстань між сусідніми елементами розбивається на парне число дискретизаційних частин постійної довжини, найближче до 10 мм. Якщо, наприклад, відстань між елементами становить 66 мм, то довжина дискретизації становить $66 \text{ мм} / 2 / 2 = 8,25 \text{ мм}$. Якщо 38 мм, то $38 \text{ мм} / 2 / 2 = 9,5 \text{ мм}$. Розрахунок припиняється, коли ковзання S_b стає меншим за 10–6 мм, а відстань цієї точки від тріщини визначається як чиста довжина зв'язку l_{nb} . Наступне рівняння дає співвідношення між деформацією стержня s , деформацією бетону вздовж стержня c і ковзанням S_b :

$$dS_b/dx = \varepsilon_s - \varepsilon_c \quad (7)$$

Наступне рівняння дає залежність між шириною тріщини та ковзанням зчеплення:

$$w_{cr} = S_{b1} + S_{b2} \quad (8)$$

де S_{b1} і S_{b2} — ковзання зв'язку на лівій і правій поверхнях тріщини відповідно. Якщо через тріщину проходить більше одного стрижневого компонента, то приймається ковзання компонента з найбільшим опором зчеплення. Цей компонент вибирається за допомогою коефіцієнта опору зв'язку C_B , визначеного в наступному рівнянні:

$$C_B = \cos^2\theta_s \rho E_s / d_b \quad (\text{N/mm}^3) \quad (9)$$

Коефіцієнт C_B опосередковано представляє можливу максимальну силу розтягування, яку створює опір зчеплення вздовж відповідного арматурного стержня. Сила визначається формулою $\cos^2\theta_s \tau_{bm} l_{nb} / (4d_b)$, де τ_{bm} — середнє напруження зв'язку вздовж чистої довжини зв'язку l_{nb} . Попередня експериментальна робота авторів [12] вказує, що l_{nb} збільшується зі збільшенням жорсткості арматури. Якщо вважати, що l_{nb} збільшується пропорційно модулю пружності арматури E_s в межах $E_s = 184$ МПа до 245 МПа, і якщо τ_{bm} вважати однаковим для всієї арматури, то цю силу можна порівняти за величиною $\cos^2\theta_s E_s / d_b$.

Цикл перерозподілу напруг повторює розрахунки з використанням наведених вище рівнянь, доки не будуть задоволені рівноваги сил і деформаційна сумісність (Малюнок 3(а)).

3.2.5 Зв'язок стрес-відносини

Рівняння (10) і (11) визначають залежність між напругою зчеплення та ковзанням уздовж арматурної сталевого стержня [11]:

$$\tau_b = 2f'_t e \frac{\ln[(e-1)S_b/S_{by} + 1]}{(e-1)S_b/S_{by} + 1} \quad (10)$$

$$S_{by} = f'_t / k_b \quad (\text{mm}) \quad (11)$$

де k_b — емпірична константа = 7,7 Н/мм³; S_b ковзання зв'язку; S_{by} ковзання зв'язку, що відповідає максимальному напруженню зв'язку; і f'_t міцність бетону на розтяг.

3.2.6 Зменшення жорсткості на зсув

Жорсткість на зсув G_{cr} бетону з тріщинами наведена на основі роботи Аль-Махайді [13]. Однак ця жорсткість була відкалібрована для програми скінченних елементів на основі розмазаних тріщин і не сумісна із запропонованим процесом. Наступне рівняння змінює жорсткість на зсув для елемента з тріщинами, щоб локалізувати деформацію зсуву:

$$G'_{cr} = \frac{\varepsilon_n \sqrt[3]{V_{elm}}}{w_{cr}} G_{cr} \quad (\text{для тріснутого елемента}) \quad (12)$$

де G_{cr} – вихідна жорсткість на зсув для елемента з тріщинами на основі роботи Аль-Махайді; n деформація, нормальна до тріщини; V_{elm} обсяг елемента; w_{cr} ширина тріщини.

Рівняння (12) зменшує зсувну жорсткість на величину, приблизно еквівалентну відношенню розміру елемента до чистої довжини зв'язку l_{nb} . Це скорочення має на меті зосередити деформації зсуву вздовж чистої довжини зв'язку у відповідному елементі з тріщинами, таким чином локалізуючи деформацію.

3.3 АНАЛІЗ ЗРАЗКІВ

Запропонований процес реалізовано в нелінійній скінченно-елементній програмі FINAL [14]. У цьому розділі описано зразки 3D-статичного аналізу для трьох колон [15, 16] і шести балок [17], підданих монотонному зсувному та згину. Основна інформація цих випробувань наведена на малюнках 3–9 і в таблиці I. Поперечний переріз зразків C4s-3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30 становив 470 мм × 470 мм, а проліт становив 1410 мм. На зразки діяли різні співвідношення осьових сил, які становили 0,0, 0,15 або 0,30. Поперечні перерізи зразків S0, S1, S4F, L0,

Таблиця 1. Властивості матеріалів аналізованих зразків.

Матеріал	Властивість	Одиниці	C4s-3-00	L0	S0
			C4s-3-15	L1	S1
			C4s-3-30	L4F	S4F
Бетон	Міцність на стиск f_c	MPa	36.4	35.5	30.6 (S0, S1) 35.5 (S4F)
	Міцність на розрив f_t	MPa	2.9	2.9	2.9
	Strain at peak ε_c	$\times 10^{-6}$	2716	2745	2568 (S0, S1) 2745 (S4F)
Поздовжня арматура	Кількість в 1му шарі		4	4	4
	Кількість в 2му шарі		2	2	0
	Діаметр стержня d_b	mm	25	16	16
	Міцність f_y	MPa	951	796	796
	Модуль пружності E_s	GPa	184	186	186
Хомут	Співвідношення площ поперечного перерізу ρ_w Діаметр стержня d_{bw}	% mm	0.43 10	0.27 (L0, L4F) 0.57 (L1)	0.26 (S0, S4F) 0.57 (S1) 6

				6	
	Міцність f_{yw}	MPa	362	302	302
	Модуль пружності E_{sw}	GPa	193	189	189
FRP	Cross-sectional area ratio ρ_F	% mm		0.11 (L4F)	0.11 (S4F)
	Thickness f_F	MPa		0.17	0.17
	Rupture stress f_{Fu}			3117	3117
	Elastic modulus E_F	GPa		245	245

L1 і L4F варіювалися від 200 мм × 300 мм до 200 мм × 600 мм, а прольоти – від 900 до 1800 мм. Одна восьма частина кожного зразка була змодельована, використовуючи переваги симетрії форми та умов антисиметричного навантаження, як показано на малюнку 3(b)–(d). Сітки складаються з восьмивузлових гексаедричних суцільних елементів з вісьмома точками інтеграції Гаусса і 24 ступенями свободи. Жорсткість кожного елемента оцінюється лише на центроїді елемента в інтересах зменшення обчислювального навантаження. Отже, судження про розтріскування проводиться також у центроїдному елементі, як показано на малюнку 2(c) і (d). Поздовжні сталеві прутки, поперечні сталеві прутки та листи FRP моделюються двовузловими елементами ферми. З іншого боку, сталеві прутки в розширених частинах по обидва боки чистого прольоту моделюються розмазаними підкріпленнями, вбудованими в шестигранні суцільні елементи. Зразки C4s-3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30 піддають контролю зміщення навантаженні з прирістом кута повороту $1,6 \times 10^{-4}$. Тут кут повороту R визначається як відносне зміщення між верхньою і нижньою частиною колони (або праворуч і ліворуч від балки), поділене на довжину прольоту. Приріст кута повороту становить $0,9 \times 10^{-4}$ для зразків L0, L1 і L4F і $2,5 \times 10^{-4}$ для зразків S0, S1 і S4F. Таблиця I підсумовує властивості матеріалу. У таблиці II наведено конститутивні моделі, використані в аналізах [11, 12, 18–22]. Для зразків S4F і L4F листи вуглецевого волокна були обмотані навколо. Коефіцієнт площі поперечного перерізу листів склав 0,11%. Крива напруження-ковзання між листом і бетоном зразків L4F і S4F визначається такими рівняннями [12, 22]:

$$\tau_b = \tau_{by} S_b / S_{by} \quad (\text{для } 0 \leq S_b < S_{by}) \quad (13)$$

$$\tau_b = \tau_{by} - \tau_{by} (S_b - S_{by}) / (S_{bu} - S_{by}) \quad (\text{for } S_{by} \leq S_b < S_{bu}) \quad (14)$$

$$\tau_b = 0 \quad (\text{for } S_{bu} \leq S_b) \quad (15)$$

де $\tau_{by} = 6.26 \text{ MPa}$; $S_{by} = 0.054 \text{ mm}$; та $S_{bu} = 1.78 \text{ mm}$.

Для кожного зразка проводять чотири випадки аналізу з двома параметрами: (1) аналіз з/без перерозподілу та (2) щільність сітки (дрібна сітка/крупна сітка). Загальні ступені свободи варіюються від мінімуму від 1642 до максимуму 17750. Припущення про обмеження натягу прийнято як поведінка після тріщини для

аналізу з перерозподілом, тоді як модель Ідзумо натягування-зміцнення [20] використовується для тих, хто без перерозподіл.

На малюнку 4 показані аналітичні структури тріщин зразка C4s-3-00 з використанням грубої сітки під кутом повороту 0,50%. Візерунки тріщин за моделлю однієї восьмої (Малюнок 3(b)) симетрично копіюються на решту семи восьмих частин і візуалізуються як фотомонтажі сполучених градієнтів на арматурному каркасі. У той час як аналіз без перерозподілу викликає розмазані тріщини на загальних ділянках, аналіз із перерозподілом призводить до дискретної моделі тріщин. На малюнку 5 порівнюються перерозподілені візерунки тріщин біля бетонних поверхонь (завершальний етап) зразків C4s3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30 між аналізами з дрібними та крупними сітками. Товщина ліній тріщин градується по ширині кожні 0,5 мм. Аналіз добре моделює поширення тріщини під дією змінної осьової сили, що тріщини стають крутішими, коли осьова сила стає більшою. Однак площа без тріщин має тенденцію до зменшення, оскільки сітка кінцевих елементів стає більш тонкою. Цей результат свідчить про те, що залежність від сітки не повністю усунена.

На малюнку 6(a) показано проаналізовані співвідношення між силою зсуву та кутом повороту зразків C4s-3-00, C4s-3-15 та C4s-3-30. Аналіз завищує максимальні зусилля зсуву на 9-37%. Між аналізами з перерозподілом та без нього спостерігаються відмінності у співвідношеннях зсувної сили та кута повороту. Ці розбіжності значною мірою впливають із різних характеристик натягу та жорсткості. На малюнку 6(c) порівнюються характеристики посилення на розтяг (тобто співвідношення між основним розтягуючим напруженням бетону та деформацією) в елементі, який дав максимальну ширину тріщини. Суцільні лінії вказують на проаналізовані співвідношення, безпосередньо обчислені запропонованим процесом, а пунктирні лінії вказують на модель Ідзумо [20], яка була використана в аналізах без перерозподілу. У порівнянні з моделлю Ідзумо, криві, наведені в результаті перерозподіленого аналізу, демонструють нестабільну поведінку і іноді перетворюються на зигзагоподібні лінії. Подібна поведінка також спостерігається під час аналізу зразків L0, L1, L4F, S0, S1 і S4F, як показано на малюнках 7(c) і 8(c). Розраховані характеристики розтягу-жорсткості цих зразків порівнюються з даними випробувань, які були оцінені на основі вимірювань перетворювачів переміщень і тензометрів [17]. Експериментальні криві посилення розтягування на малюнках 7(c) і 8(c) також демонструють нестабільну зигзагоподібну поведінку, подібну до аналітичних результатів із перерозподілом.

На малюнку 6(b) порівнюються ширини тріщин між випробуваннями та аналізами. Сірі лінії вказують на експериментальні ширини тріщин, які були найбільшими трьома значеннями на середині проміжку зразків C4s3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30. Суцільні лінії представляють три найбільші тріщини серед елементів у центральній області зразків. Розташування цих тріщин показано на малюнку 5(a). Для зразка C4s-3-00 початкова діагональна тріщина в цьому місці з'явилася під кутом повороту $R = 0,18 \%$ у дослідженні, тоді як $0,22 \%$ при аналізі з крупною

сіткою та 0,24 % у дрібній сітці. Ширина тріщини була потім розширена до 0,12 мм при $R = 0,5\%$, 0,49 мм при $R = 0,67\%$ і до 3,26 мм при $R = 1,6\%$ у випробуванні. Аналіз з грубою сіткою привів до ширини тріщини 0,36 мм при $R = 0,5\%$, 1,07 мм при $R = 0,67\%$ і 4,20 мм при $R = 1,6\%$. Аналіз із дрібною сіткою дав 0,49, 0,58 та 3,18 мм відповідно. Наведені вище порівняння показують, що аналізи добре передбачили виникнення діагональних тріщин зсуву та ширини тріщин при кутах повороту більше 0,67%. З іншого боку, аналітична точність ширини тріщини була нижчою при кутах повороту нижче 0,67%, де стійкий до зсуву механізм був передчасним, а умови напруження/деформації не були стабільними. Ця тенденція також спостерігалася у зразків C4s-3-15 та C4s-3-30.

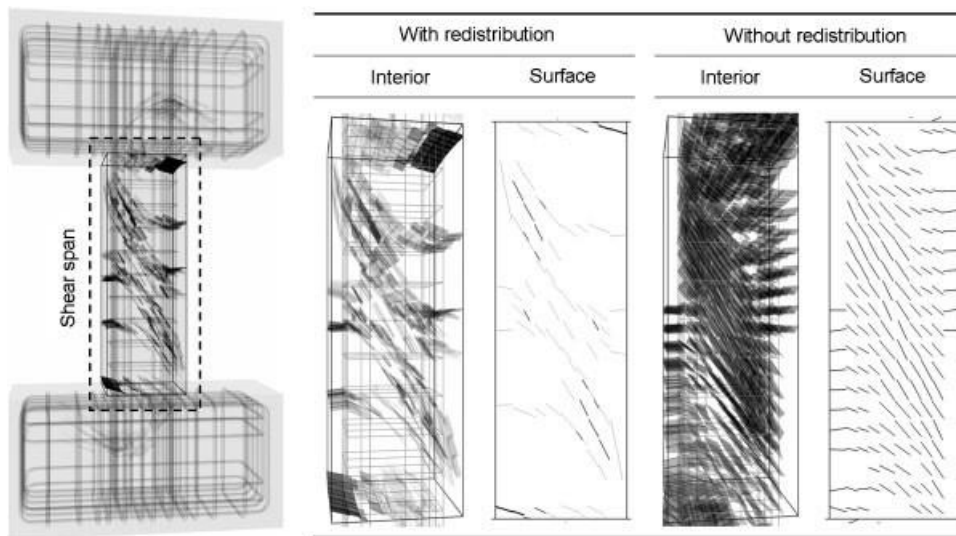


Рисунок 4. Результати аналізу тріщин зразка C4s-3-00 (груба сітка, $R=0,5\%$).

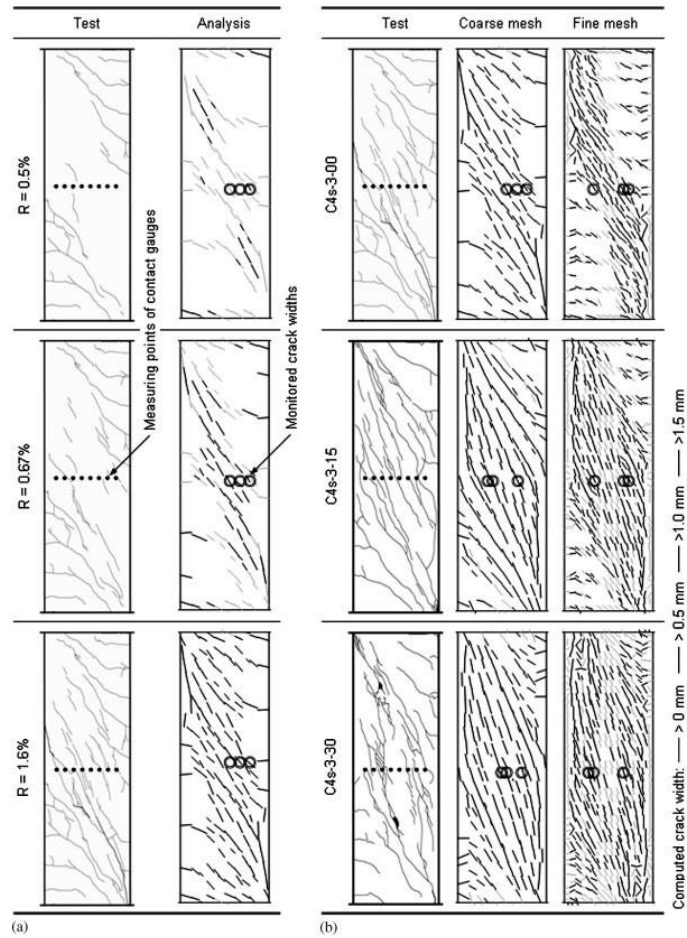


Рисунок 5. Порівняння моделей тріщин: (а) поширення тріщини зразка C4s-3-00 (груба сітка) і (б) остаточні моделі тріщин грубої та дрібної сітки.

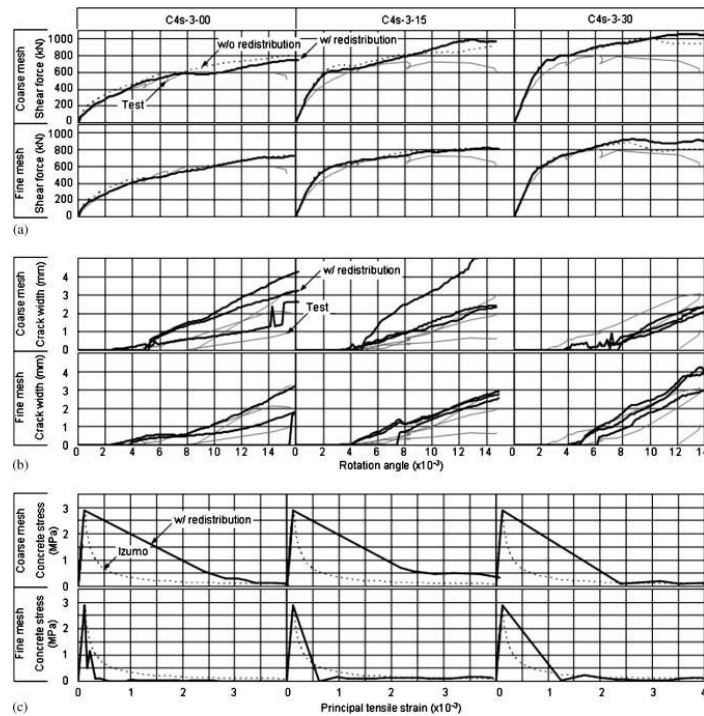


Рисунок 6. Результати аналізу зразків C4s-3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30: (а) співвідношення зсувної сили та кута повороту; (б) ширини тріщин; і (с) характеристики розтягування та жорсткості.

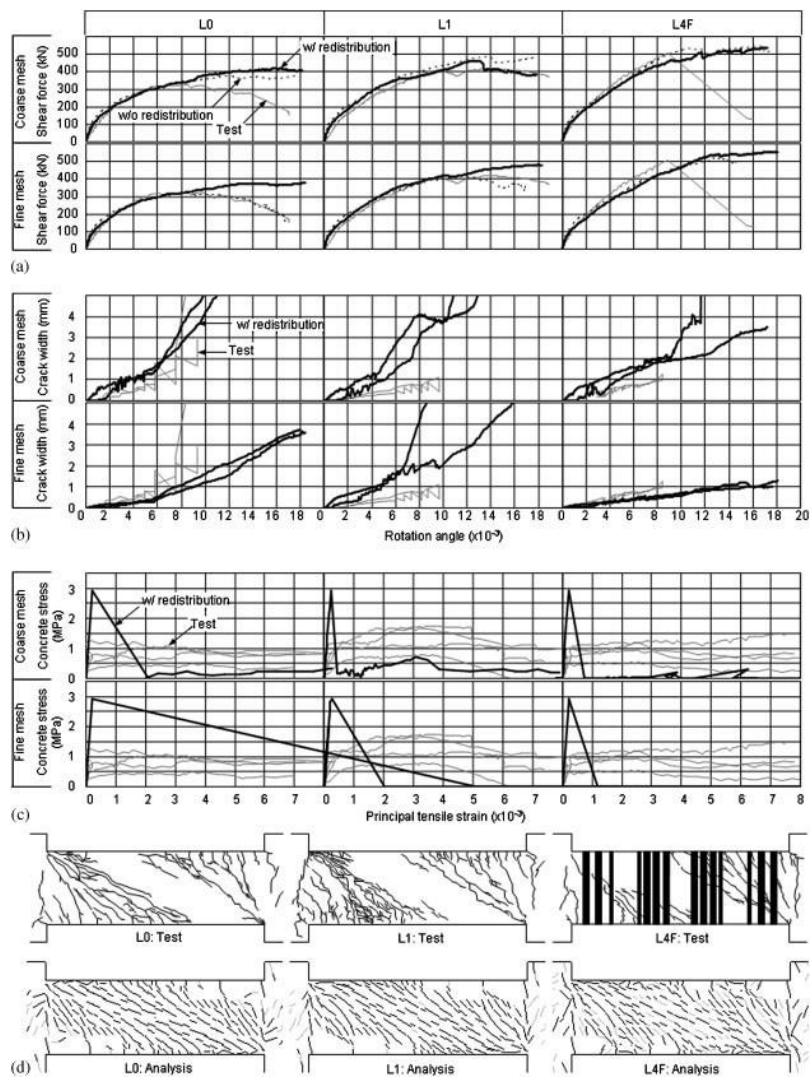


Рисунок 7. Аналіз результатів зразків L0, L1 та L4F: (a) співвідношення зсувної сили та кута повороту; (b) ширини тріщин; (c) характеристики розтягування та жорсткості; і (d) візерунки тріщин (груба сітка).

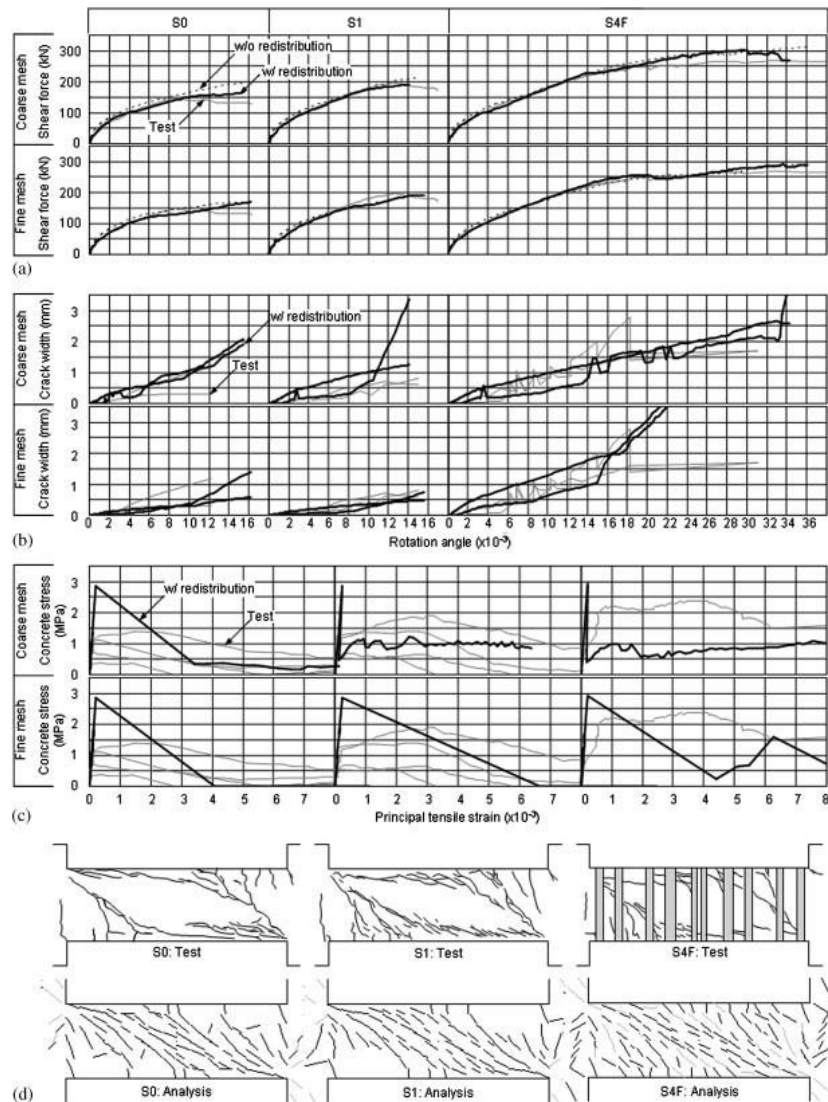


Рисунок 8. Результати аналізу зразків S0, S1 і S4F: (a) співвідношення зсувної сили та кута повороту; (b) ширини тріщин; (c) характеристики розтягування та жорсткості; і (d) візерунки тріщин (груба сітка).

На малюнках 7(b) та 8(b) показані ширини тріщин зразків L0, L1, L4F, S0, S1 та S4F. Під час випробувань цих шести зразків ширину тріщин усереднювали в кожній чверті прольоту зсуву. Спостережувані ширини тріщин у дев'яти зразках варіювали від 1 до 4 мм. Аналіз з перерозподілом добре моделює висхідні схили в цих співвідношеннях ширина тріщини та кут повороту, а також кінцеві ширини тріщини. На рисунках 7(d) та 8(d) показані приклади остаточних моделей тріщин зразків L0, L1, L4F, S0, S1 та S4F, отриманих за результатами аналізу з перерозподілом (груба сітка). Під час випробування ділянки без тріщин залишилися вздовж діагональних областей у прольотах зсуву. Аналітичні напрямки тріщин загалом збігаються з випробуваннями, хоча аналізи показують розбіжності, що тріщини були індуковані навіть у діагональній області.

3.4 ВИСНОВКИ

У цій роботі представлено чисельний процес, який здійснює перерозподіл напружень внаслідок розтріскування в ЗБ-структурі. Цей процес автоматично

розпізнає безперервність арматури в FEM і обчислює ковзання зв'язку між армуванням і бетоном. Процес не вимагає додаткового вузла для обчислення ковзання зв'язку. Уздовж арматури підтримується постійна дискретизована довжина приблизно 10 мм незалежно від розміру елемента. Розрахунки перерозподілу повторюються для однієї або кількох тріщин на кожному кроку. В алгоритмі не потрібна встановлена модель посилення натягу, оскільки всі процеси механізму посилення натягу обчислюються безпосередньо.

Потім процес включається в алгоритм скінченних елементів на основі розмазаних тріщин, а перевірка досліджується за допомогою 3D-статичного аналізу зразків дев'яти бетонних зразків, підданих монотонному зсувному та вигину. Ці зразки містять відносно добре розподілені сталеві прутки та листи FRP із співвідношенням арматури від 0,11 до 0,57%. Процес добре моделює співвідношення зсувної сили та кута повороту та зростання ширини тріщини. Аналіз із процесом перерозподілу призводить до дискретних, безперервних у напрямках тріщин і елементів безмежних моделей тріщин, хоча між аналізами та випробуваннями виявлені розбіжності. Майбутнє дослідження авторів покращить процеси перерозподілу за рахунок зменшення залежності від розміру елемента, щоб підвищити точність обчислення поширення тріщини. Перевірка запропонованого процесу повинна бути досліджена шляхом аналізу бетонних елементів з невеликим коефіцієнтом армування нижче 0,1%. Аналітична точність у низьки ЗБ конструкцій також буде обговорюватися в майбутніх дослідженнях.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

4.1. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях в ході проектної розробки

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Вирішення питань з охорони праці в ході проектної розробки має на меті зменшити виробничі травми та професійні захворювання, які виникають в результаті дії небезпечних та шкідливих факторів, таких як вплив шкідливих речовин, неналежні умови праці, погана освітленість робочого місця, шум та вібрація, оптимізувати метеорологічні умови на робочому місці працівників.

Розробка вимог до охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є невід'ємною частиною проекту на будівництво. Додержання і виконання вимог охорони праці має гарантувати розроблена система, що вміщує комплекс задач. Основи цієї комплексної системи становлять такі необхідні умови:

- використання захисних засобів і приладів, що забезпечує оптимальні санітарно-гігієнічні умови і виключає травматизм та професійні захворювання;
- комплексна механізація;
- впровадження нової безпечної техніки діючих методів організації праці і технології будівельного виробництва;
- створення систем оповіщення про надзвичайні ситуації, ознайомлення працівників із порядком дій при їх виникненні тощо.

Поруч з розвитком промисловості найважливішим є створення здорових та безпечних умов роботи. Завдання охорони праці потрібно звести до мінімальної ймовірності можливості ураження або захворювання працюючих із забезпеченням комфорту та нормальної працездатності.

Сучасний спеціаліст будівництва повинен мати достатній обсяг знань в галузі охорони праці, та вміти з їх допомогою вирішувати практичні інженерні задачі, щодо створення безпечних і здорових умов праці в будівельній галузі.

Забезпечення безпечної життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях (НС) базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів,

спрямованих на збереження життя і здоров'я людини у всіх сферах її діяльності. Для цього необхідно:

- спрогнозувати та оцінити можливі наслідки;
- заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС
- скорочення масштабів прояву результатів НС;
- організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Також в наш час особливо гостро постало питання про охорону природи і захист навколишнього середовища. Стрімкий розвиток науки і техніки протягом останнього століття призвів до значного виснаження природних ресурсів. Тому дуже важливим є застосування заходів, які би сприяли раціональному використанню природних ресурсів. Захисту від шкідливих викидів в атмосферу, забрудненню земель, поверхневих і підземних вод.

4.2. Аналіз будівельного процесу з метою виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При земляних роботах основними причинами травматизму є обвали ґрунту. У більшості випадків обвали ґрунту виникають із-за порушення крутизни відкосів. Зовнішнє додаткове навантаження при розробці виїмок (відвал землі, встановлення на краю відкосів будівельних машин та ін.) може викликати обвали ґрунту, якщо їх розташування не буде враховуватись. Знаходження посторонніх людей в зоні роботи екскаватора може бути небезпечним для їх життя та здоров'я. Крім того, роботи нульового циклу (земляні, влаштування фундаменту) виконуються в основному з допомогою землерийно-транспортної техніки. Машиністи і оператори цієї техніки піддаються дії таких шкідливих факторів, як вібрація, шум, запиленість, загазованість повітря, переохолодження чи перенагрівання організму. Робота водіїв іноді може супроводжуватись значною перевтомою.

При роботі будівельних машин та механізмів небезпечними та шкідливими виробничими факторами є дія механічної сили, ураження електрострумом, несприятливі фактори виробничого середовища (мікроклімат, шум, вібрація, запиленість та загазованість повітря).

При монтажних роботах небезпечними виробничими факторами є: несправність такелажного обладнання, що може викликати падіння монттованих

конструкцій; несправність засобів індивідуального захисту, що призводить до падіння людей з висоти; несправність та втрата стійкості засобів підмоцвання. Зварювальні роботи супроводжуються забрудненням повітря газами (окиси азоту, вуглецю, фтористого водню і таке інше) і аерозолями металів і їх з'єднань.

При покрівельних роботах небезпечним виробничим фактором є падіння робочих з висоти, погані метеорологічні умови. Для зменшення їх впливу робочі повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, а при поганих кліматичних умовах роботи на покрівлі не проводяться.

При оздоблюваних роботах небезпечними та шкідливими виробничими факторами є дія токсичних речовин будівельних матеріалів (клеї, фарби тощо).

При роботі з електроінструментом (електродрелі, електрорубанки, електроножиці, пневмотрамбовки, шліфувальні машини) основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є:

- можливість нанесення оператору механічних травм;
- електронебезпека, що може призвести до ураження оператора струмом при пробиванні ізоляції струмопровідних частин машини;
- шумонебезпека, вібрація.

Машини, що працюють абразивними кругами (шліфувальні машини), складають небезпеку через великих швидкостей обертання робочого інструменту.

4.3. Основні нормативні вимоги при виконанні окремих видів робіт та експлуатації машин і механізмів

Загальні вимоги до робітників, зайнятих на будівництві

Усі працівники, які приймаються на постійну чи тимчасову роботу, і при подальшій роботі, повинні проходити навчання в формі інструктажів з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Робітники можуть бути допущені до виконання будівельно-монтажних робіт тільки після проходження ними вступного інструктажу з техніки безпеки, а також первинного інструктажу на робочому місці з відповідними записами в журнал по техніці безпеки. Перед виконанням окремих видів робіт (електрозварювання, монтаж конструкцій, висотні роботи, робота з шкідливими речовинами) проводиться цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці.

Такелажники-стропувальники і транспортні робітники, які зайняті на навантажувально-розвантажувальних роботах і обслуговують транспортні і вантажопідйомні машини, допускаються до самостійного виконання цих робіт після проходження цільового інструктажу.

На будівельному майданчику передбачено такі санітарно-побутові приміщення: гардеробні, умивальні, туалети, душові, приміщення для сушіння та знепилення одягу, приміщення для гігієни жінок, приміщення для обігріву та відпочинку, укриття від сонячної радіації і атмосферних опадів, пункти харчування, медпункт та інші приміщення, встановлені і обладнані відповідно до норм з проектування споруд і приміщень, медпункти і пункти харчування будівельно-монтажних організацій.

Санітарно-побутові приміщення розміщені в одному районі біля входу на будівельний майданчик і обладнані аптечками з медикаментами, наборами фіксуємих шин та інших засобів, які необхідні для надання першої медичної допомоги, засобами надання першої медичної допомоги. Розміщення санітарно-побутових приміщень показані на листі креслення 10.

На будівельному майданчику передбачено забезпечення всіх працюючих питною водою відповідно до санітарних норм. Питні установки розміщуються на віддалі до 75 м від робочих місць. Якщо в сирому вигляді води немає в наявності з технічних причин, то працюючих слід забезпечують питною кип'яченою водою. Розміщення питних установок показані на листі креслення 10.

Всім працюючим видається спецодяг, спецвзуття, захисні каски, рукавиці. Робітники, що працюють у запилених приміщеннях мають респіратори. При роботі на висоті робітникам видаються запобіжні пояси. Також забезпечується захист робітників від протягу, шкідливих випаровувань, газів.

На території будмайданчика влаштовані вказівники проходів та проїздів, а в темний період доби будівельний майданчик забезпечений електроосвітленням (лист креслення 10).

Земляні роботи

Земляні роботи повинні бути максимально механізовані. Перед їх початком встановлюють знаки, що показують розміщення підземних комунікацій.

Із наближенням до лінії цих комунікацій земляні роботи проводять під наглядом виконавця робіт, а якщо це електрокабелі, то і в присутності

працівників електрогосподарства. Грунт у таких місцях розробляють землекопними лопатами, обережно, без ударів. Не можна користуватись ломами і кирками.

До початку проведення земляних робіт відводять поверхневі та ґрунтові води, відкачують або влаштовують дренажі. Вибраний із виїмки ґрунт розміщують не ближче, ніж за 0,5 м від верхньої бровки котлованів. Для спускання і піднімання робітників у широких виїмках встановлюють драбини завширшки не менш як 0,6 м з поручнями заввишки 1 м і бортовою дошкою заввишки 15 см, а для вузьких траншей застосовують приставні драбини. Спускання робітників по розпірках кріплень заборонено. Всі виїмки треба огороджувати на відстані 1 м від бровки, а вночі освітлювати, на огорожах треба встановити попереджувальні знаки і написи.

Для переходу через траншеї будують містки завширшки 0,6 м з поручнями заввишки 1 м, бортовою дошкою і освітленням.

Під час перевірки в роботі стрілу екскаватора потрібно відвести в сторону від забою, а ківш опустити на ґрунт. Під час руху екскаватора ківш встановлюють за напрямком руху і піднімають його на висоту 0,5 – 0,7 м. Пересування екскаватора з наповненим ковшем забороняється. Завантаження автосамоскидів екскаватором повинно виконуватись через задню або бокову сторону кузова, і ні в якому разі ківш не може подаватися через кабінку водія. Забороняється перебування людей між екскаватором і автосамоскидом під час навантаження.

Для запобігання обвалу ґрунту котлован копається з відкосом 1:0,85 відповідно до інженерно-геологічних умов району будівництва. Не допускається стоянка і рух машин і обладнання, а також розміщення матеріалів і конструкцій в межах призми обвалу ґрунту.

Бетонні роботи

Робітників, які виконують бетонні роботи, забезпечують спецодягом, окулярами і респіраторами. Виконуючи роботи, пов'язані із заготовкою арматури, місця для її розташування та виправлення обгороджують.

Конструкції опалубки для вкладання арматури і бетонної суміші у монолітні конструкції будівель повинні бути надійними. Опалубні роботи складаються із встановлення підтримувальних риштувань, виготовлення опалубки та її монтажу. Опалубку, підтримувальні риштування, а також робочі настили виконують відповідно до робочих креслень (7).

При виробництві арматурних робіт забороняється:

- перебувати на остаточно не закріплених арматурно-опалубних блоках;
- залишати в конструкціях не закріплені арматурні елементи;
- проводити будь-які роботи на висоті, стоячи на арматурних хомутах або на стрижнях конструкції і переміщатися по них.

Опалубку з готових елементів збирають так, щоб під час подання монтажним механізмом наступного елемента не пошкоджувались раніше встановленні конструкції чи їхні частини. При встановленні елементів опалубки в кілька ярусів, кожний наступний ярус слід установити після закріплення нижнього. Перед бетонуванням конструкції кожної зміни перевіряють стан опалубки, помостів огорож і драбин. Виявлені недоліки ліквідовують до початку виконання робіт.

Розбирати опалубку можна після того, як бетон набере необхідної міцності. Для цього повинні бути відсутні навантаження і дефекти у роботі, а також вжиті заходи проти падіння елементів опалубки і обвалення риштувань.

При ущільненні бетонної суміші електровібраторами перевіряють їхню надійність і вживають заходів щодо захисту від ураження електричним струмом. Під час роботи потрібно стежити за надійністю кріплення самого вібратора. Не можна проводити з вібратором, який працює, будь-які операції. Переміщують його тільки за допомогою гнучких тяг. Вібратори виключають через кожні 30-35хв для охолодження, а також під час перерв чи при переході на інше місце роботи.

Монтажні роботи

Для проектного об'єкта громадської будівлі прийняли кран СКГ30/7,5. Безпечне ведення монтажних робіт передбачено при розробці технологічних карт на виконання робіт (листи креслень 7, 8), в яких особливу увагу надано методу монтажних робіт, технологічності послідовності монтажних операцій, обладнання робочих місць монтажників, розробці строповочних і захватних пристроїв та монтажних засобів.

Для підйому і установки вантажів в основному застосовують універсальні і полегшені стропи, які періодично проходять перевірку на міцність. Вантажний канат крана перед підйомом повинен перебувати у вертикальному положенні над центром ваги вантажу. Підтягувати вантаж канатом, що знаходяться під косим кутом, забороняється. При необхідності положення центру ваги встановлюють шляхом пробних підвішувань. Для забезпечення безпечних умов праці при

підйомі і розкладці будівельних матеріалів їх стропування виконують за допомогою траверси. Стропи знімають з встановлених елементів каркасу і блоків тільки після їх закріплення. Забороняється вантажі залишати у висячому положенні.

Проектом передбачено рішення питань безпечної роботи крана відносно будівлі, яка зводиться. До початку робіт на будівельному майданчику облаштовуються підїзні шляхи і тимчасові дороги. Ширина доріг – 6 м, радіус закруглення – 12 м (лист 10). При трасуванні доріг повинні виконуватись наступні вимоги по дотриманню мінімальних відстаней:

- між дорогою і складським майданчиком: 0,5 – 1 м;
- між парканом будмайданчика і дорогою - 2 м;

На майданчику позначаються монтажна і небезпечна зони роботи крана (лист 10).

На період будівництва для забезпечення пожежної безпеки передбачені пожежні гідранти, які знаходяться на відстані 0,5 м. від тимчасової дороги.

Оздоблювальні роботи

Засоби підмошування, риштування, які застосовуються для малярних робіт, у місцях, під якими ведуться інші роботи чи є проходи, повинні мати настил без зазорів (лист 8).

Для просушування приміщень будівлі при неможливості використання систем опалення, застосовують повітронагрівачі.

Малярні склади готують централізовано у приміщеннях, розташованих на будівельному майданчику і обладнаних вентиляцією, водою.

Тару з вибухонебезпечних матеріалів (лаки, фарби) під час перерв у роботі необхідно закривати кришками і відкривати інструментом, що не викликає іскроутворення.

Забороняється застосування розчинників, на які немає сертифікатів, де вказано характер шкідливих речовин.

Місце, над яким виконуються склярські роботи, необхідно огороджувати, і до початку робіт перевірити міцність і справність віконних рам.

Піднімання і перенесення скла до місця його встановлення виконують за допомогою відповідних безпечних пристроїв, або в спеціальній тарі.

Покрівельні роботи

Допуск робочих до виконання покрівельних робіт дозволяється після огляду майстром або прорабом спільно з бригадиром справності несучих конструкцій покриття.

Для переходу робочих, що виконують роботи на покрівлі, встановити трапи шириною не менше 0,5 м. Трапи на час роботи повинні бути закріплені.

Під час перерв технологічний інструмент та будівельні матеріали повинні бути забрані з покрівлі.

Електрозварювальні роботи

Перед виконанням зварювальних робіт робітники повинні пройти цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці. При електрозварюванні арматури необхідно перевірити справність електрозварювального апарату, ізоляцію його корпусу і надійність заземлення, відсутність легкозаймистих речовин на відстані до 5 м від місця зварювання. Провід, яким під'єднують зварювальний агрегат до мережі, щоб уникнути механічного пошкодження поміщають в гумовий шланг. Довжина проводів не повинна перевищувати 15 м.

Місця електрозварювальних робіт на даному, а також нижче розташованому ярусах, повинні бути звільнені від горючих матеріалів у радіусі не менше 5м, а від вибухонебезпечних матеріалів – не менше 10м.

При різці конструкцій та їх елементів приймаються заходи, направлені проти випадкового обвалу відрізаних елементів.

Виконувати зварювання, різання, нагрів відкритим полум'ям апаратів, трубопроводів, що утримують під тиском будь-які рідини чи газу, заповненні горючими речовинами, не допускається без узгодження з експлуатаційною організацією заходів із забезпечення безпеки.

Робочі місця зварювальників у приміщенні при зварюванні відкритою дугою відділяються від інших робочих місць і проходів екранами висотою до 1,8м.

4.4. Розрахунок безпечності роботи механізмів та пристроїв електробезпеки

1.1 Розрахунок блискавкозахисту будівлі

Блискавкозахист – це система захисних приладів та міроприємств, які застосовують в промислових та громадських будівлях для захисту їх від аварій, пожеж при попаданні в них блискавки.

Вихідні дані: Висота будівлі 30,6 м, довжина 24,2 м, ширина 30 м. Одиночний стержньовий блискавковідвід встановлюємо на даху будівлі.

Будівля знаходиться у м. Львові. Для цієї місцевості інтенсивність грозової діяльності становить $K = 50... 70$ год. / рік.

Середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км 5,1 шт.

Визначаємо очікувану кількість уражень блискавкою в рік за формулою:

$$N = [(S+6h) \cdot (L+6h) - 7,7h^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

де S , L – ширина і довжина споруди, м; h – висота споруди, n – кількість ударів блискавки.

$$N = [(24,2+6 \cdot 30,6) \cdot (30+6 \cdot 30,6) - 7,7 \cdot 30,6^2] \cdot 5,1 \cdot 10^{-6} = 0,19.$$

Так як отримана величина $N < 1$, слід встановлювати блискавковідвід типу Б (ступінь надійності $\geq 95\%$).

Необхідну висоту блискавковідводу знаходимо по формулі

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5$$

Значення r_x знаходимо з геометричних міркувань:

$$r_x = \sqrt{24,2^2 + 30^2} = 38,5 \text{ (м)}$$

$$h = (38,5 + 1,63 \cdot 30,6) / 1,5 = 58,9 \text{ (м)}.$$

Приймаємо висоту блискавковідводу від поверхні землі $h = 60$ м.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

4.5. Аналіз надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути

Надзвичайна ситуація (НС) - це порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об'єкті чи території, спричинених аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, великою пожежею, використання засобів ураження, що призвели чи можуть призвести до людських чи матеріальних втрат.

На будівництві щороку виникають тисячі надзвичайно складних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Сьогоднішня ситуація щодо небезпечних природних явищ, аварій і катастроф характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і особливо техногенних НС, складність цих наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни. Для роботи в районі надзвичайної ситуації потрібно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів.

Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків перетворилося на загальнодержавну

проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів.

Надзвичайні ситуації, що можуть виникнути

Відповідно до географічного розміщення району будівництва можуть виникнути наступні НС: сильний вітер, хуртовини, підтоплення, замикання електромережі, пожежі.

З метою недопущення загибелі людей, забезпечення їх нормальної життєдіяльності у надзвичайні ситуації передусім повинно бути проведено сповіщення населення про можливу загрозу, а якщо необхідно, – організовано евакуацію. Ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій проводиться з метою відновлення роботи. Вона включає:

- розвідку осередків надзвичайних ситуацій;
- аварійно-рятувальні й лікувально-евакуаційні заходи;
- локалізацію й гасіння пожеж;
- відбудову споруд і шляхів сполучення;

Надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на будівельному майданчику і дії робітників в разі їх виникнення:

Пожежа. При виникненні пожежі необхідно: евакуювати людей, зателефонувати в пожежну службу, застосувати первинні засоби пожежогасіння із пожежних щитів. Для гасіння пожежі використовувати воду із пожежних гідрантів (див будгенплан).

Ураження електричним струмом. При ураженні робітника електричним струмом необхідно надати йому першу медичну допомогу та викликати швидку медичну допомогу.

Сильний вітер. Якщо швидкість вітру перевищує 15 м/с забороняється: робота кранів та інших вантажопідйомних механізмів; будь-яка робота на висоті; робота з легкими матеріалами, що мають значну площу (фанера, пінопласт).

Падіння вантажів з висоти, у тому числі крана. Небезпечні зони позначені знаками безпеки і написами встановленої форми; границі небезпечних зон поблизу рухомих частин і робочих органів машин визначають відстанню у межах 5м.

На будгенплані небезпечна зона роботи крану виділена штрихпунктирною лінією із прапорцями, а на місцевості встановлюють сталеві обгороджування.

4.6. Розробка заходів і дій при виникненні надзвичайних ситуацій.

Виконання долікарської допомоги у надзвичайних ситуаціях та при нещасних випадках

На будівництві при недотриманні техніки безпеки можливі падіння з висоти, опіки, ураження електричним струмом. Найбільш характерними травмами при цьому є: переломи кісток, хребта, тазу, черепа, нижніх кінцівок (приземлення на ноги), ребер, верхніх кінцівок (приземлення на бік і на спину). Одночасно з кістковою травмою можуть бути важкі закриті ушкодження внутрішніх органів, ще супроводжуються кровотечами (розрив аорти, печінки, відрив жовчного міхура, розрив селезінки і т.д.).

При переломах потерпілому необхідно забезпечити спокій і нерухомість пошкодженої кістки. Це зменшить біль, яка може бути причиною шоку і попередить можливі ускладнення за рахунок вторинного поранення кровоносних судин і м'яких тканин. При відкритих переломах на рану спочатку накладають пов'язку. Одяг і взуття при переломах знімають, для цього їх іноді розрізають по швам. Іммобілізацію пошкодженої кінцівки як правило проводять за допомогою стандартних шин які накладають на зовнішню і внутрішню поверхні. Шини повинні обов'язково захвачувати два сусідніх суглоба між якими знаходиться ушкоджена кістка.

Якщо сталося падіння з великої висоти і у потерпілого болить спина (травма хребта), його краще не чіпати, а негайно викликати "Швидку". Якщо необхідно потерпілого пересунути або оглянути, то його обов'язково потрібно укласти на тверду рівну поверхню (щит або землю). Не можна переносити його на руках або на ковдрі! Це може погіршити його стан.

При переломі хребта необхідно під спину дуже обережно підкласти дошку або перевернути потерпілого обличчям вниз. Заборонено допускати перегин тулуба, оскільки це може призвести до пошкодження спинного мозку.

Падіння та удари часто супроводжуються важкими пошкодженнями черепа та струсом мозку. Ознакою черепної травми є кровотеча з вух та блювання. Ознакою струсу мозку є головний біль, нудота, блювання, втрата свідомості. Потерпілого необхідно покласти на спину, накласти на голову пов'язку, прикласти до голови холодну примочку. До прибуття лікаря потерпілому необхідно забезпечити повний спокій.

Перелом і вивих ключиці супроводжується різким болем, який посилюється при русі плечового суглоба. Необхідно в під-мишечну впадину покласти тампон м'якої тканини або вати і прибинтувати зігнутою під прямим кутом руку до тулуба.

Допомога при опіках, обмерзаннях. В осередках ураження внаслідок надзвичайних ситуацій велика кількість уражених може отримати опіки, обмерзання, шок, втратити свідомість.

Надання першої медичної допомоги складає, поперед усього, у гасінні одягу на потерпілому (облити водою, а якщо її нема, накинути на потерпілого ковдру, піджак або пальто та інші, щоби закінчити доступ кисню). Потім частину тіла, яка має опіки, звільнити від одягу. Якщо потрібно, одяг розрізають, частини одягу, які пристали до тіла, не зривають, а обрізають навколо і залишають на місці. Зрізати і розривати пухирі неможна. При значних опіках після зняття одягу потерпілого краще всього завернути чистою білизною, прийняти заходи проти шоку і направити в лікувальний заклад.

При опіках окремих частин тіла шкіру навколо опіку необхідно протерти спиртом, одеколоном, водою, а на місце опіку накласти суху стерильну пов'язку. Змазувати поверхню опіку жиром або якою-небудь маззю не потрібно.

При невеликих опіках I ступеню на почервонілу шкіру необхідно накласти марлеву салфетку, змочену спиртом. При опіках II, а тим паче III і IV ступеню потерпілого, після надання йому першої допомоги, необхідно терміново відправити у лікувальний заклад. Перша медична допомога при опіках від світового випромінювання оказується так, як і при звичайних опіках.

При великих опіках часто розвивається шок. При таких опіках обов'язково проводять протишокові заходи. Потім для боротьби з інфекціями використовують антибіотики (протибактеріальний засіб №1 із аптечки АІ-2, біоміцин, пеніцилін та інші). Всім потерпілим необхідно у великій кількості давати пиття - 4-5 л у перші дві доби. Для цього приготують підсолену воду (1-0,5 чайної ложки повареної солі і стільки харчової соди на 1 л води), дають її теплою або гарячою невеликими порціями.

При низькій температурі може настати пошкодження тканин. Залежно від пошкодження розрізняють: примерзання, обмороження, замерзання. Ці пошкодження виникають в результаті одноразової чи багаторазової дії низької температури на органи людини, особливо в сиру, холодну погоду.

Примерзання виявляються у вигляді синьо-багрових плям, що набувають фіолетового відтінку. Допомога полягає в змазуванні йодною настоячкою ураженої

ділянки та накладанні зігрівального компресу.

Обмороження першого ступеня характеризується почервонінням з відтінком синюшності, набряклістю шкіри, жаром у тілі і болем. Допомога - розтерти побілілу ділянку чистим сукном чи хустинкою змоченою у горілці, спирті, одеколоні, змазати жиром та накласти пов'язку.

При обмороженні другого ступеня шкіра має багровий колір з пухирями. Допомога - накладання сухої стерильної пов'язки, розтирання заборонено.

При обмороженні третього і четвертого ступеня настає відносно поверхнєве та глибоке омертвіння тканини. Необхідна термінова медична допомога.

Перша долікарська допомога при пораненнях повинна забезпечувати зупинку кровотечі, закриття рани пов'язкою, нерухомість (імобілізацію) для забезпечення спокійного положення пошкодженої частини тіла.

Найбільш швидко зупинити кровотечу можна за допомогою пальцевого притискування кровоносної судини до прилеглої кістки. Сильну артеріальну кровотечу із ран на кінцівках зупиняють накладанням вище рани джгута або закрутки. Пальцеве притискування при цьому використовується тільки як допоміжний спосіб при накладанні джгута (закрутки) або при його перекладанні.

Джгут можна використовувати гумовий або із тканини, які знаходяться в аптеці. Перед накладанням такого джгута під нього обов'язково підкладається м'яка підстилка із ткани, вати або марлі..

При відсутності джгута можна використовувати підручні засоби (віршовка, косинка, бинт та інше), за допомогою яких накладається закрутка. Необхідно особливо підкреслити те, що джгут або закрутка накладається не більше ніж на 1,5-2 г, а у холодний час і при променевих (радіаційних) ураженнях - не більше як на 1 г, інакше може виникнути омертвіння кінцівки. Час накладання джгута або закрутки обов'язково повинен бути відмічений на папірці, який підкладають під джгут (закрутку), або на самій пов'язці.

Якщо з моменту накладання джгута або закрутки пройшло більше 1-2 годин, то необхідно послабити джгут (закрутку) - до появи рожевого кольору кінцівки і відновлення чутливості. Роблять це повільно, з тим щоби у випадку відновлення кровотечі тік крові не виштовхнув кров'яний згусток, який появився у рані. Опісля 5-10 хвилин після повного розслаблення джгута (закрутки) і не відновлювання кровотечі можна рахувати його зупиненим

Для захисту рани від можливого ураження бактеріями, отруйними або радіоактивними речовинами на неї потрібно накласти пов'язку. З метою боротьби

з інфекцією раненим дають протибактеріальний засіб № 1 із аптечки АІ – 2-5 таблеток, які запиваються водою, і через 6 годин ще 5 таблеток

Засоби першої долікарської допомоги знаходяться в аптечці А-І, розміщеної в санітарному приміщенні.

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. При цьому відключають струм, використовуючи палицю, сухі рукавиці, сухий одяг, діелектричні рукавиці. Провідники перерізають інструментом з ізольованими ручками, перерубують сокирою.

Уразі відсутності дихання необхідно провести непрямий масаж серця, або штучне дихання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.1.17-2002 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
8. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
9. ДБН 360-92 Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1992.
10. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // Наукові нотатки. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.