

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівельних конструкцій
_____ Циганенко Л.А.
підпис
« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із поліпшенням їх фізико-механічних властивостей»

Виконав (ла)

(підпис)

Бурдига А.О.

(Прізвище, ініціали)

Група

ПЦБ 2202м

(Науковий) керівник

(підпис)

Роговий С.І.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бурдига Андрій Олексійович

Тема роботи: Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із поліпшенням їх фізико-механічних властивостей

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

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

Вихідні дані до роботи:

Виконати дослідження з оптимізації складу мілкозернистого бетону

з використанням високоякісних заповнювачів, мінеральних добавок

та суперпластифікаторів. Об'єкт впровадження наукової

складової - західна трибуна стадіону "Нива" в м. Сватове

Луганської області.

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

Опис архітектурно-конструктивного рішення, розрахунок та

проекування об'єкта будівництва для виконання впровадження.

Узагальнення теоретичних аспектів технології підвищення міцності мілкозернистого бетону. Аналіз впливу добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону.

Узагальнення характеристики застосовуваних матеріалів та методи експериментальних досліджень. Дослідження фізико-механічних властивостей мілкозернистого бетону. Дослідження впливу суперпластифікаторів та мінеральних добавок на властивості мілкозернистого бетону. Оптимізація складу мілкозернистого бетону з використанням мінеральної добавки та сучасних суперпластифікаторів.

Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)
Фасад об'єкта будівництва для виконання впровадження.

Генеральний план ділянки. Ситуаційна схема. Переріз західної трибуни. Конструкція стіни. План пальового поля. План монолітного ростверку. Схема розташування ригелів. Армування ригеля. Армування колони та фундаменту. Характеристика застосовуваних матеріалів.

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону.

Дослідження впливу добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону. Розробка складу важкого мілкозернистого бетону.

Керівник :

(підпис)

Роговий С.І

(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

Луцьковський В.М.

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

Бурдига А.О.

(Прізвище, ініціали)

Анотація

Бурдига Андрій Олексійович. Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із поліпшенням їх фізико-механічних властивостей – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

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

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

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

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що фізико-механічні властивості дрібнозернистого бетону (як і бетону на великому наповнювачі) залежать від його складу, співвідношення, кількості заповнювачів, хімічних добавок, у тому числі й від модифікаторів.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що характеристики дрібнозернистого бетону залежать від його складу, співвідношення, кількості заповнювачів, хімічних добавок, у тому числі від модифікаторів. Дрібнозернисті бетони найбільш ефективні при бетонуванні густоармованих конструкцій. Дрібнозернистий бетон має досить велику кількість переваг, що дозволяють конкурувати з іншими різновидами бетонів. Саме тому його активно використовують у найрізноманітніших галузях будівництва. Ефективність застосування комплексних хімічних добавок вище у дрібнозернистих бетонах, ніж у звичайних важких бетонах із крупним заповнювачем.

В основній частині вказані будівельні параметри запроектованої будівлі, описані об'ємно-планувальні рішення проекту, наведено специфікації основних

конструктивних елементів будівлі впровадження. Проведено дослідження впливу виду дрібного заповнювача та його фракції на міцність бетону. Виявлено зниження міцності зі збільшенням фракції дрібного заповнювача (при цьому в дослідженні у якості дрібного заповнювача було взято пісок Шаровського природнього родовища).

У **висновках** встановлено, що характеристики міцності бетону залежать від тонкощі помолу і кількості цементу в бетонній суміші, а пластифікатори в свою чергу впливають на структуру суміші, зручноукладальність і пластичність. Досліджено та визначено оптимальне відсоткове співвідношення модифікатора та цементу. Досліджено вплив видів суперпластифікаторів, їх вплив на бетонну суміш та міцність отриманих зразків. В результаті отримано оптимальний склад бетонної суміші для міцного дрібнозернистого бетону.

Ключові слова: міцність, мілкозернистий бетон, стиск, мінеральні добавки, суперпластифікатор.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

Бурдига А.О., Роговий С.І. Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із поліпшенням їх фізико-механічних властивостей / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.). – Суми, 2023. – С. 49.

В **додатках** наведено; тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 82 сторінках, у тому числі 33 таблиць, 28 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 3 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 23 використаних джерел, 2 додатків на 20 сторінках. Графічна частина складається з 19 слайдів мультимедійної презентації.

Зміст

Розділ 1. Загальна характеристика роботи	3
Розділ 2. Архітектурно-конструктивне рішення, розрахунок та проектування об'єкта будівництва для виконання впровадження	5
2.1 Загальна характеристика ділянки	5
2.2 Генеральний план ділянки	6
2.3 Об'ємно-планувальне рішення будівлі	7
2.4 Конструктивні рішення	9
2.5 Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика	11
2.6 Навантаження на фундамент	13
2.7 Проектування пальових фундаментів	15
2.8 Розрахунок фундаменту під колону	19
2.9 Розрахунок і конструювання монолітної залізобетонної плити під трибуни	21
2.10 Розрахунок і конструювання монолітного ригеля	25
2.11 Розрахунок колони	28
Розділ 3. Дослідження фізико-механічних властивостей дрібнозернистого бетону	31
3.1 Характеристика, структура та властивості мілкозернистого бетону	31
3.2 Сфери застосування мілкозернистого бетону	39
3.3 Технологія виробництва мілкозернистого бетону	40
3.4 Вплив добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону	45
3.5 Властивості та характеристики застосовуваних матеріалів	51
3.6 Методи експериментальних досліджень	56
3.7 Моделювання складу бетонної суміші	58

3.8	Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність дрібнозернистого бетону	60
3.9	Дослідження впливу добавок та модифікаторів на властивості дрібнозернистого бетону	70
3.10	Розробка складу мілкозернистого бетону	78
	Загальні висновки	79
	Список використаних джерел	80
	Додатки:	
	Додаток 1. Матеріали конференції	82
	Додаток 2. Графічні матеріали	83

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми та постановка задачі.

Під час зведення сучасних будівель та споруд необхідно використовувати матеріали з високими експлуатаційними властивостями. Основним конструктивним матеріалом на теперішній час є бетон. Бетон використовується повсюдно та можливості його застосування не вичерпані. Цей матеріал використовується вже багато століть, удосконалюється та розвивається.

На даний момент фахівці різних країн займаються розробкою високоміцного бетону особливо щільної структури - мілкозернистого бетону, який має високі показники міцності. За рахунок застосування дрібних наповнювачів підвищується гомогенність бетону. Високі показники міцності досягаються підвищенням однорідності та щільності матеріалу, завдяки скороченню проміжної зони між цементним каменем (матрицею) і заповнювачем, мінімізується кількість порожнин і зменшується водоцементне відношення. Також для вдосконалення якості мілкозернистого бетону необхідне застосування добавок для забезпечення рухливості та зниження кількості води.

Замінюючи великий заповнювач піском, зменшуються розміри мікротріщин у бетоні, дозволяючи цим збільшити міцність бетону на стиск і розтяг. Аналогічно стало можливим застосування подрібнених пісків високоміцних гірських порід.

Мета і завдання дослідження.

Мета дослідження – оптимізація складу мілкозернистого бетону з використанням високоякісних заповнювачів, мінеральних добавок та суперпластифікаторів.

Для досягнення поставленої мети поставлено наступні завдання:

1. Узагальнити теоретичні аспекти технології підвищення міцності мілкозернистого бетону;
2. Проаналізувати вплив добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону;
3. Узагальнити характеристики застосовуваних матеріалів та методи

експериментальних досліджень;

4. Дослідити фізико-механічні властивості мілкозернистого бетону;

5. Дослідити вплив суперпластифікаторів та мінеральних добавок на властивості мілкозернистого бетону;

6. Оптимізувати склад мілкозернистого бетону з використанням мінеральної добавки та сучасних суперпластифікаторів.

Об'єкт дослідження даної роботи – мілкозернистий бетон та технологія підвищення його міцності.

Предметом дослідження магістерської роботи є способи підвищення характеристик міцності мілкозернистого бетону.

Методи дослідження – дослідження якості дрібного природного піску Безлюдівського родовища, великого природного Шарівського піску та подрібненого піску з гранітного щебеню Харківської області проведено відповідно до ДСТУ Б В.2.7-32-95 та ДСТУ Б В.2.7-232:2010.

Підбір складу та дослідження властивостей бетонної суміші здійснювалось відповідно до ДСТУ В.2.7-215:2009, ДСТУ Б В.2.7-176:2008 і ДСТУ Б В.2.7-114-2002.

Дослідження властивостей мілкозернистого бетону проводилося відповідно до вимог державних стандартів України.

Технічна новизна одержаних результатів.

Фізико-механічні властивості дрібнозернистого бетону (як і бетону на великому наповнювачі) залежать від його складу, співвідношення, кількості заповнювачів, хімічних добавок, у тому числі й від модифікаторів.

Практичне значення одержаних результатів дослідження відображується у розробці та подальшому застосуванні в будівництві мілкозернистого бетону на основі дрібного заповнювача, сучасних суперпластифікаторів та мікронаповнювачів.

Апробація та публікація результатів магістерської роботи.

Результати роботи опубліковано у збірнику матеріалів Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р., Сумський НАУ) [23].

РОЗДІЛ 2

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

2.1. Загальна характеристика ділянки

Об'єкт реконструкції розташований в центральній частині міста Сватове, по вулиці Просіна, 34, Луганської області. Реконструкція виконується поетапно. Спершу проводиться реконструкція західної трибуни, за нею східної, південної та північної та частини спортивного стадіону «Нива».

Результати обстеження показали, що необхідно проєктні рішення по підсиленню плит покриття, несучих конструкцій стін, цегляних стовпів та ригелів. У наслідок руйнування бетону несучих ребер та корозії робочої арматури плити втратили свою несучу здатність

Абсолютні відмітки ділянки змінюються від 182,8 до 183,91, рельєф – спокійний. Місцю знаходження споруди відповідають характеристики згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Характеристики місця знаходження споруди

Параметр	Значення
Сніговий район	IV
Вітровий район	IV
Середня температура найбільш холодних п'яти днів	-21 ⁰ С
Температура повітря найбільш холодної доби	-25 ⁰ С
Середня температура опалювального періоду	-0,5 ⁰ С
Літня розрахункова температура вентиляції	22,6 ⁰ С
Зимова розрахункова температура вентиляції	-21 ⁰ С
Тривалість опалювального періоду	191 доба
Середня місячна вологість повітря найбільш холодного місяця	84%
Середня місячна вологість повітря найбільш жаркого місяця	56%
Нормативне значення вітрового тиску	0,55 кПа
Нормативна глибина промерзання ґрунтів	80 см
Нормативна вага снігового покриву	1,4 кПа
Сейсмічність	до 6 балів

2.2. Генеральний план ділянки

Ділянка для забудови стадіону має форму неправильного овалу в плані і розміщується у загальному генеральному плані кварталу.

Розміщення споруд та будівель по ділянці виконано відповідно з урахуванням санітарних і протипожежних розривів. Планувальна схема впливає на архітектурну виразність забудови та інтегрується в створену забудову всередині населеного пункту. Вся відведена під забудову ділянка розміщена в центральній частині міста Сватове і обмежена дорогою та річкою.

З урахуванням потреб місцевих мешканців та працюючих виконано благоустрій ділянки.

Таблиця 2.2 Експлікація споруд і площадок плану благоустрою та озеленення

№ п/п	Найменування	Примітки
1	Північна трибуна	
2	Західна трибуна	
3	Східна трибуна	
4	Південна трибуна	
5	Футбольний майданчик	
6	Комплекс спортивних сайданчиків	
7	Автостоянка	

Таблиця 2.3 Техніко – економічні показники по генеральному плану

№ п/п	Найменування показників	Одиниц виміру	Кількість
1	Площа благоустрою забудови	м ²	96161
2	Площа забудови	м ²	24410
3	Площа мощення	м ²	895
4	Площа озеленення	м ²	44739
5	Коефіцієнт забудови		0,26
6	Коефіцієнт озеленення		0,48

2.3. Об'ємно-планувальне рішення будівлі

У приведеній роботі по реконструкції розглянуто комплекс спортивний із накриттям трибун по вулиці Просіна. Проектом передбачено футбольне поле розмірами 68 м на 105 м по периметру з трибунами для відвідувачів. У підтрибунному просторі передбачаються приміщення для журналістів, спортивних секцій, роздягальні для спортсменів. Споруда має чотири поверхи.

Габаритні розміри споруди 123м на 222 м.

Основний фасад будівлі зорієнтований на в'їзд з вулиці Просіна.

Місткість стадіону становить до 20 тисяч чоловік.

Таблиця 2.4 Експлікація приміщень західної трибуни

№	Найменування	Площа, м ²	Примітка
1	Тамбур	1.8	
2	Підсобне приміщення	11.11	
3	Пральня	34.74	
4	Кабінет лікаря	23.76	
5	Кабінет директора	23.23	
6	Коридор	27	
7	Тамбур	4.81	
8	Санвузол	4.7	
9	Санвузол	6.08	
10	Санвузол	2.39	
11	Інструктрська	20.97	
12	Комора	9.34	
13	Комора	9.35	
14	Вестибюль	36.78	
15	Комора	11.55	
16	Комора футб. команди	18.09	
17	Підсобне приміщення	37.35	
18	Тамбур	3.17	

19	Роздягальня футб. команди	34.44	
20	Комора	7.26	
21	Душова	16.35	
22	Комора	6.26	
23	Коридор	47.4	
24	Суддівська кімната	11.11	
25	Суддівська кімната	23.23	
26	Вестибюль	31.97	
27	Роздягальня футб. команди	35.35	
28	Комора	8.79	
29	Коридор	21.94	
30	Медпункт	11.84	
31	Більярдна	31.64	
32	Комора	8.55	
33	Кухня	9.15	
34	Мийка	8.06	
35	Кабінет директора	11.64	
36	Зал	23.23	
37	Кафе-бар	27.27	
38	Коридор	44.33	
39	Кімната відпочинку	8.06	
40	Роздягальня	23.23	
41	Кімната відпочинку	8.06	
42	Масажна	8.06	
43	Парна	14.58	
44	Комора робочих	8.39	
45	Душова	35.35	
46	Коридор	26.81	
47	Басейн	42.6	

2.4. Конструктивні рішення

Конструктивна схема споруди – рамного типу.

Система у просторі вертикальних та горизонтальних елементів утворена фундаментами, стінами, перекриттями та монолітними залізобетонними рамами.

Фундаменти для споруди – у вигляді паль, вони сприймають навантаження від будівлі. Ростверк над палями влаштований для рівномірної передачі зусиль на палі.

Поздовжні та поперечні стіни забезпечують жорсткість споруди. Стіни виконують з цегли керамічної, значення товщини зовнішньої стіни складає 510 мм, значення товщини внутрішньої стіни складає 380 мм.

Наявність перекриття забезпечує жорсткість також. Перекриття з моноліту утворює жорсткий горизонтальний елемент споруди. Цей жорсткий диск гарно та рівномірно розповсюджує зусилля по всій будівлі.

Двері та вікна виконані з металопластику. Підлога виконана з керамічної плитки.

Конструкція стіни показана на рисунку 2.1.

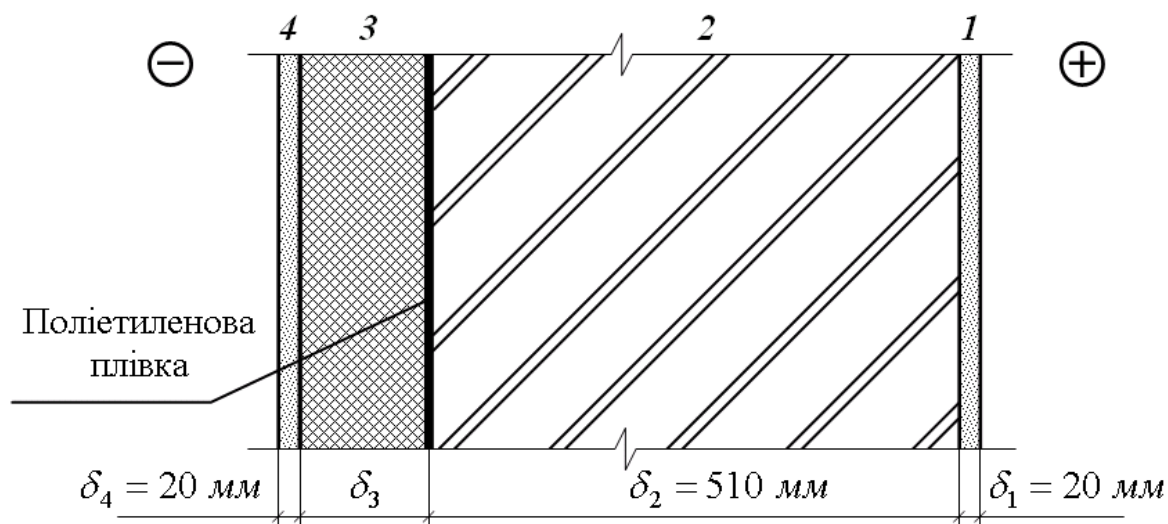


Рис. 2.1 Конструктивне зображення стіни

Величини теплотехнічних показників матеріалів шарів стіни розраховуємо виходячи з умов експлуатації *Б* за додатком ДБН та записуємо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 Показники теплофізичні для матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{кг}{м^3}$	Товщина шару, $\delta, м$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	штукатурка – розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,02	0,87	$\frac{0,02}{0,87} = 0,023$
2	цегляна кладка – глиняна звичайна цегла на цементно-піщаному розчині	1800	0,51	0,81	$\frac{0,51}{0,81} = 0,630$
3	утеплювач – плити з мін. вати на синтетичному в'язучому (вміст до 5,0 %)	50	-	0,046	-
4	штукатурка – цементно-піщана	1600	0,02	0,81	$\frac{0,02}{0,81} = 0,012$

Товщина утеплювача δ_3 визначається як:

$$\delta_3 = \left(2,8 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,630 + 0,012 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,046 = 0,0909 \text{ (м)}$$

Товщина утеплювача приймається $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$.

Термічний опір визначається як

$$R_3 = \frac{0,1 \text{ м}}{0,046 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})} = 2,174 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Конструкція – термічно однорідна, опір теплопередачі R_Σ :

$$R_\Sigma = \frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,630 + \frac{0,1}{0,046} + 0,012 + \frac{1}{23} = 2,997 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Отже, умова $R_\Sigma = 2,997 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right) > R_{q \min} = 2,8 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$ виконується.

2.5 Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика

Для будівництва відведено майданчик прямокутної форми в плані в м. Сватове, Луганська область. Рельєф ділянки спокійний, абсолютні відмітки змінюються від 182,8 до 183,91.

З метою встановлення значень характеристик ґрунтів на ділянці під будівництво було пробурено три свердловини, із яких брали зразку ґрунту для проведення лабораторних досліджень.

В таблиці 2.6 та на рисунку 2.2 приведено геолого-літологічну будову майданчика, за результатами буріння і аналізу результатів лабораторних досліджень зразків ґрунту.

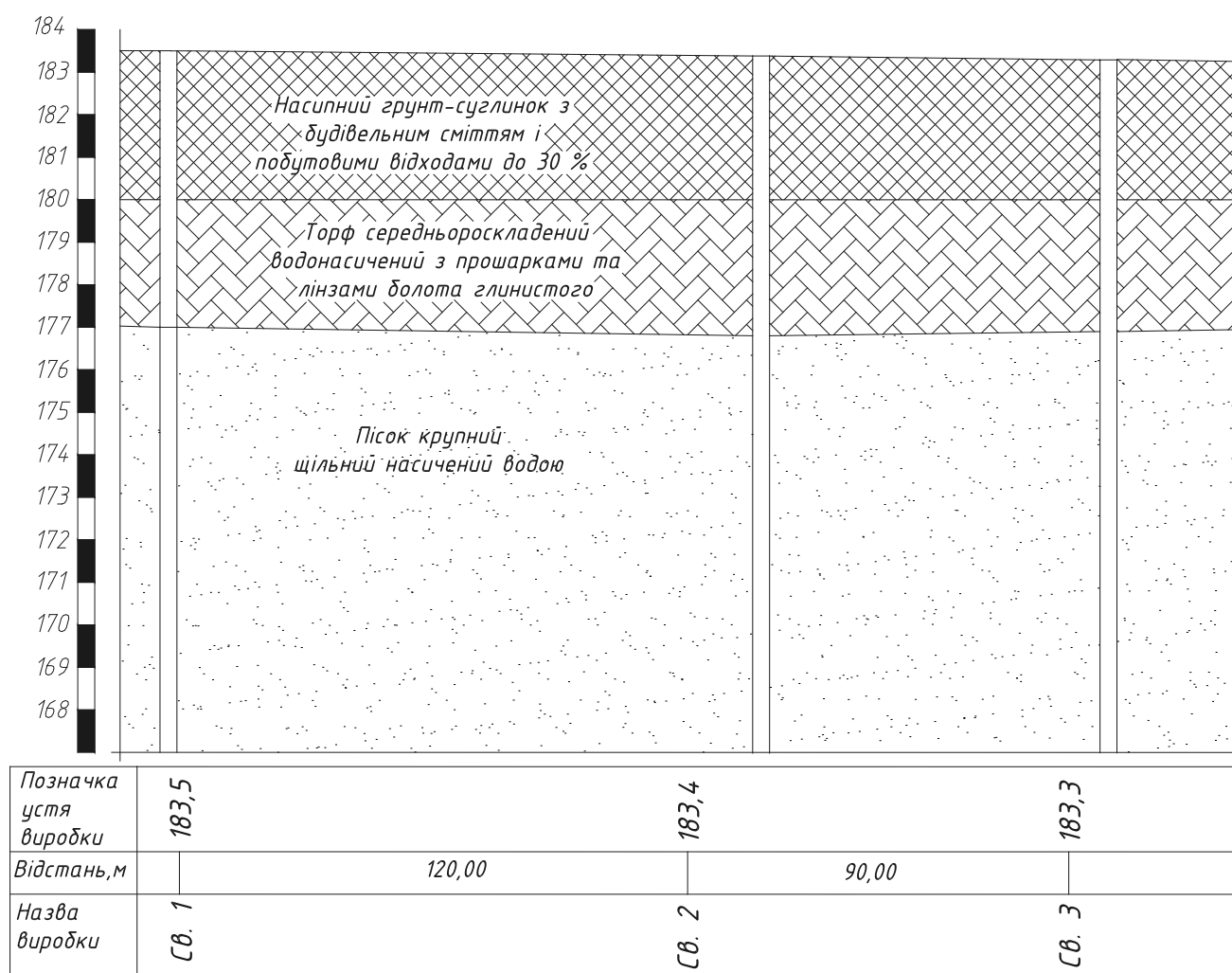


Рис.2.2 Геологічний розріз будівельного майданчика

Таблиця 2.6 Фізико-механічні характеристики ґрунтів
будівельного майданчика

№ ПЕ	Назва ґрунту	Число пластичності	Показник текучості	Питома вага ґрунту	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт водонасичення	Питома зчеплення	Кут внутрішнього тертя	Модуль деформації
		I_p	I_L	$\gamma, \text{г/см}^3$	e	S_r	$c_{II}, \text{МПа}$	$\varphi_{II}, \text{град}$	$E, \text{МПа}$
ПЕ-1	Насипний ґрунт, представлений суглинком м'якопластичним з буд. сміттям (до 30%)	-	-	1,8	-	-	-	-	-
ПЕ-2	Торф, середнього розкладу з одиничними лінзами супісків, пластичних заторфованих, чорний	-	-	1,00	5,77	0,99	-	-	-
ПЕ-3	Пісок крупний, щільний насичений водою	-	-	2,08	0,52	0,98	0,001	41	-

Висновки про інженерно-геологічні умови будівельного майданчика

Геолого-літологічна будова майданчика, за результатами буріння і аналізу результатів лабораторних досліджень зразків ґрунту, показує наступні характеристики:

ПЕ-1 – насипний ґрунт-суглинок з будівельним сміттям і побутовими відходами до 30%, товщиною 3,3-3,5 м;

ПЕ-2 – торф середньоскладений, водонасичений з прошарками та лінзами болота глинистого, товщиною 2,99-3,05 м;

ПЕ-3 – пісок крупний, щільний, насичений водою, розвідана товща.

Гідрогеологічні умови ділянки проєктуємої споруди на час проведення вишукування, характеризуються наявністю ґрунтових вод на глибині 2,97-3,34 м.

Основою для фундаментів буде слугувати ПЕ-3 – пісок крупний, щільний, насичений водою.

2.6 Навантаження на фундамент

Збір навантажень береться у відповідності з конструктивною схемою будівлі і ДБН В 2.1.2-2-2006 «Навантаження та впливи». Збір навантажень виконуємо в табличній формі (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 До збору навантажень на основи фундаментів

№п/п	Вид навантаження і формула визначення	N_{II} , кН	γ_f	N_I , кН
Фундамент в осях "Б" та "2"				
Вантажна площа $(3,3+6,0)/2*3=13,95\text{м}^2$				
Постійні навантаження				
1	Вага трибун			
	- вага стільців: 0,6	0,6	1,1	0,66
	- монолітна з/б плита: $\delta=0,1\text{м}$; $\gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,1*1,3*25=2,5$	3,25	1,1	3,6
	- цементно-піщана стяжка: $\delta=0,04\text{м}$; $\gamma=22\text{кН/м}^3$; $0,04*22=0,88$	0,9	1,3	1,14
	Σ	4,73		5,4
	* A_{9-B}	131,96		150,10
2	Вага ригеля 0,3x0,4м: $\gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,3*0,4*5,09*25=15,27$	15,3	1,1	16,81
3	Вага колони 0,3x0,3м: $\gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,3*0,3*3,3*25=7,43$	7,43	1,1	8,17
4	Вага перегородок: 18кН/м^3 ; $3*3*0,38*18=61,56$	61,57	1,1	67,73
5	Вага покриття			
	- три шари руберойду на бітумній мастиці: $\delta=(0,004+0,002)*3=0,018\text{м}$; $\gamma=6\text{кН/м}^3$; $0,018*6=0,108$	0,11	1,3	0,14
	- утеплювач, скловата: $\delta=0,05\text{м}$; $\gamma=0,30\text{кН/м}^3$; $0,030*6=0,015$	0,02	1,3	0,03
	- ребриста плита: $3,0\text{кН/м}^2$	3,0	1,1	3,3
	* A	87,3		96,8
6	Вага перекриття			
	-бетонна підготовка: $\delta=0,15\text{м}$; $\gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,15*25=2,5$	3,75	1,1	4,13
	- цементно-піщана стяжка: $\delta=0,04\text{м}$; $\gamma=22\text{кН/м}^3$; $0,04*22=0,88$	0,9	1,3	1,14
	* A	129,2		147,1
7	Вага дверних блоків: $0,5*2=1$	1	1,1	1,1
Тимчасові навантаження				
Снігове для розрахунків:				
1	- за II-ю групою граничних станів: $S_p=(0,4S_0-\bar{s})C=(0,4*1,32-0,16)*1=0,368$; $C=\mu*C_e*C_{alt}=1*1*1=1$; $0,368*13,95*0,95=5,58$	5,6		
	- за I-ю групою граничних станів: $S_m=\gamma_{fin}*S_0*C=1,14*1,32*1,0=1,505$; $C=\mu*C_e*C_{alt}=1*1*1=1$; $1,505*13,95*0,9=24,10$			24,1
2	На міжповерхові перекриття для розрахунку:			

	- за II-ю групою граничних станів: $1,7*13,95*0,95=27,12$	27,1		
	- за I-ю групою граничних станів: $4,0*13,95*0,9=50,22$		1,2	68,9
	Всього на фундамент на осях "Б" та "2"	465,4		579,6
Фундамент в осях "Б" та "20"				
Вантажна площа $(3,3+6,0)/2*1,5=6,98\text{м}^2$				
Постійні навантаження				
1	Вага трибун			
	- вага стільців: 0,6	0,6	1,1	0,66
	- монолітна з/б плита: $\delta=0,1\text{м}; \gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,1*1,3*25=2,5$	3,25	1,1	3,6
	- цементно-піщана стяжка: $\delta=0,04\text{м}; \gamma=22\text{кН/м}^3$; $0,04*22=0,88$	0,88	1,3	1,14
	Σ	4,73		5,38
	*А	66,03		75,2
2	Вага ригеля $0,3*0,4\text{м}; \gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,3*0,4*5,09*25=15,27$	15,3	1,1	16,80
3	Вага колони $0,3*0,3\text{м}; \gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,3*0,3*3,3*25=7,43$	7,43	1,1	8,2
4	Вага перегородок: $18\text{кН/м}^3; ,6*3*0,38*18=32,83$	32,8	1,1	36,12
5	Вага покриття			
	- три шари руберойду на бітумній мастиці: $\delta=(0,004+0,002)*3=0,018\text{м}; \gamma=6\text{кН/м}^3$; $0,018*6=0,108$	0,108	1,3	0,14
	- утеплювач, скловата: $\delta=0,05\text{м}; \gamma=0,30\text{кН/м}^3$; $0,030*6=0,015$	0,02	1,3	0,03
	- ребриста плита: $3,0\text{кН/м}^2$	3,0	1,1	3,3
	*А	43,66		48,44
6	Вага перекриття			
	-бетонна підготовка: $\delta=0,15\text{м}; \gamma=25\text{кН/м}^3$; $0,15*25=2,5$	3,75	1,1	4,13
	- цементно-піщана стяжка: $\delta=0,04\text{м}; \gamma=22\text{кН/м}^3$; $0,04*22=0,88$	0,88	1,3	1,14
	*А	64,63		73,56
7	Вага дверних блоків: $0,5*2=1$	1	1,1	1,1
Тимчасові навантаження				
	Снігове для розрахунків:			
1	- за II-ю групою граничних станів: $S_p=(0,4S_0-\bar{s})C=(0,4*1,32-0,16)*1=0,368$; $C=\mu*C_e*C_{alt}=1*1*1=1$; $0,368*6,98*0,95=5,58$	3,14		
2	- за I-ю групою граничних станів: $S_m=\gamma_{fm}*S_0*C=1,14*1,32*1,0=1,505$; $C=\mu*C_e*C_{alt}=1*1*1=1$; $1,505*6,98*0,9=24,10$			12,16
	На міжповерхові перекриття для розрахунку:			
	- за II-ю групою граничних станів: $1,7*6,98*0,95=27,12$	12,9		
	- за I-ю групою граничних станів: $4,0*6,98*0,9=28,73$		1,2	34,5
	Всього на фундамент на осях "Б" та "20"	245,9		368,7

2.7 Проектування паливних фундаментів

Палі для фундаментів на перетині осей Б та 2; Б та 20 проектуємо однаковими, оскільки глибина закладання та ґрунтові умови є однаковими.

1. Несуча здатність палі на глибині, де відбувається позитивне тертя визначається:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum h_i \cdot f_i \cdot \gamma_{cf,i}) = \\ 1,0 \cdot (1,0 \cdot 6120,0 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 60,0) = 623 \text{ кН}$$

де $\gamma_c=1,0$ – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті;

$A=300 \cdot 300=900000 \text{ мм}^2$ – площа поперечного перерізу нижнього кінця палі;

$u=4 \cdot 0,3=1,2 \text{ м}$ – периметр поперечного перерізу палі;

$\gamma_{cR}=1,0$ – коефіцієнт умов роботи ґрунту внизу нижнього закінчення палі. Величини визначено ДБН для заглиблених дизельним молотом суцільних з закритим нижнім кінцем палі;

$R=6120 \text{ кПа}$ – розрахунковий опір ґрунту під нижнім закінченням палі, вираховується за властивостями ґрунту під нижнім закінченням палі і глибиною занурення нижнього закінчення палі від площини поверхні ґрунту за інтерполяцією для піску середньої щільності при заглибленні палі, що становить 7,5 м.

$\sum \gamma_{cf,i} f_i h_i$ – опір ґрунту за розрахунками на боковій стороні палі по всій її довжині у ґрунті.

2. Розраховуємо навантаження P , яке допускається на палю, на основі її несучої здатності по ґрунту, з виразу (2) ДБН:

$$P = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{622,8}{1,4} = 444,86 \text{ (кН)};$$

де $\gamma_k=1,4$ коефіцієнт надійності, приймається за пунктом 3.10 ДБН, і дорівнює 1,4.

3. Розрахункове навантаження, яке допускається на палю, за міцністю її стовбура перерізом 30 на 30 за матеріалом палі:

$$P_m = 1000 \text{кН};$$

4. Порівнявши P та P_m для подальших розрахунків беремо менше з них.

$$P = 444,86 \text{кН}$$

Стовпчастий фундамент на перетині осей Б і 2

Конструкція фундаменту показана на рисунку 2.3. Значення навантажень на рівні планувальної відмітки дорівнюють: $N_I = 579,6 \text{кН}$ – прийнято з табл. 2.7.

Для сприйняття навантаження N_I визначаємо необхідну кількість палів n за формулою:

$$n = \frac{N_I}{P} = \frac{579,63}{444,86} = 1,3$$

Приймаємо 2 палі розставляємо їх в ростверку з урахуванням конструктивних вимог (рис. 3.2) і перевіряємо виконання наступної умови:

$$N = G_{nl} + \frac{N_I + G_{pl}}{n} = 11,63 + \frac{579,63 + 24,43}{2} = 313,66 \text{кН} < P = 444,86 \text{кН},$$

де $G_{nl} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 4,7 \cdot 25 \cdot 1,1 = 11,63 \text{кН}$ – вага палі;

G_{pl} – вага ґрунту та ростверку на його обрізах;

$$G_{pl} = V_p \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f + V_{zp} \cdot \gamma_{zp} \cdot \gamma_f = 0,42 \cdot 25 \cdot 1,1 + 0,56 \cdot 20,0 \cdot 1,15 = 24,43 \text{кН}$$

V_p – об'єм ростверку;

$$V_p = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 0,6 = 0,42 \text{м}^3$$

$$V_\phi = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1,4 = 0,98 \text{м}^3;$$

V_{zp} – об'єм ґрунту на обрізах ростверку;

$$V_{zp} = V_\phi - V_p = 0,98 - 0,42 = 0,56 \text{м}^3$$

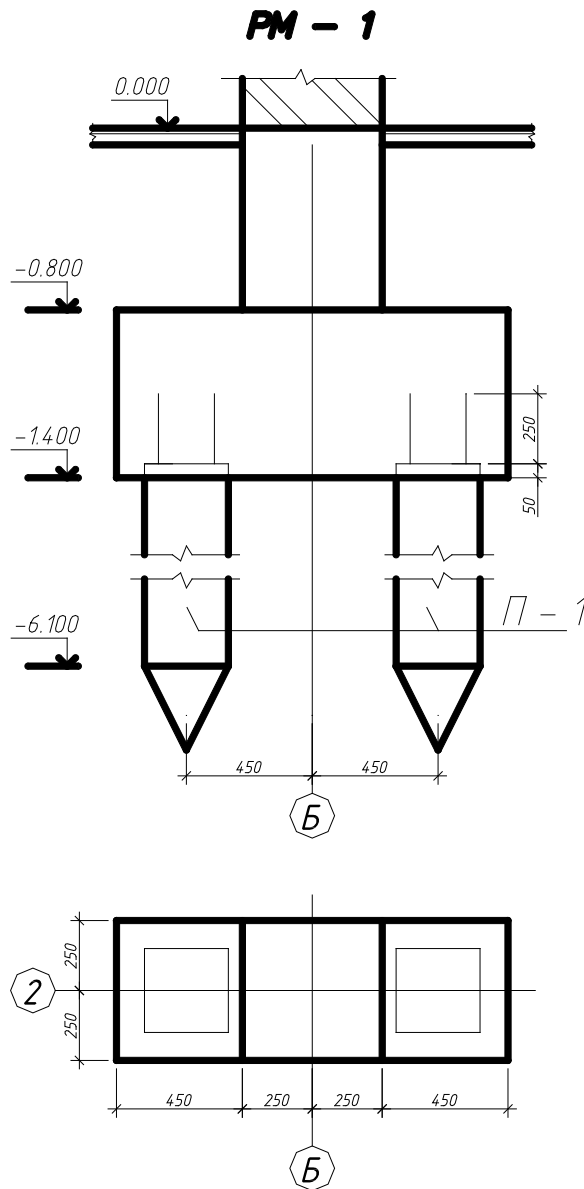


Рис. 2.3 Конструкція стовпчастого фундаменту на перетині осей Б та 2

Умова виконується. Остаточного приймаємо 2 палі С50.30.

Стовпчастий фундамент на перетині осей Б і 20

Конструкція фундаменту наведена на рис. 2.4. Навантаження на рівні планувальної відмітки: $N_I = 368,7 \text{ кН}$ – прийнято з табл. 2.7.

Для сприйняття навантаження N_I визначаємо необхідну кількість палей n за формулою:

$$n = \frac{N_I}{P} = \frac{368,67}{444,86} = 0,83$$

Приймаємо 1 палю розташовуємо її в ростверку з урахуванням

конструктивних вимог (рис. 2.4) і перевіряємо виконання наступної умови:

$$N = G_{nl} + \frac{N_I + G_{pl}}{n} = 11,63 + \frac{368,67 + 9,63}{1} = 389,93 \text{ кН} < P = 444,86 \text{ кН},$$

де $G_{nl} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 4,7 \cdot 25 \cdot 1,1 = 11,63 \text{ кН}$ – вага палі;

$G_{pl} = V_p \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f = 0,35 \cdot 25 \cdot 1,1 = 9,63 \text{ кН}$ – вага ростверку.

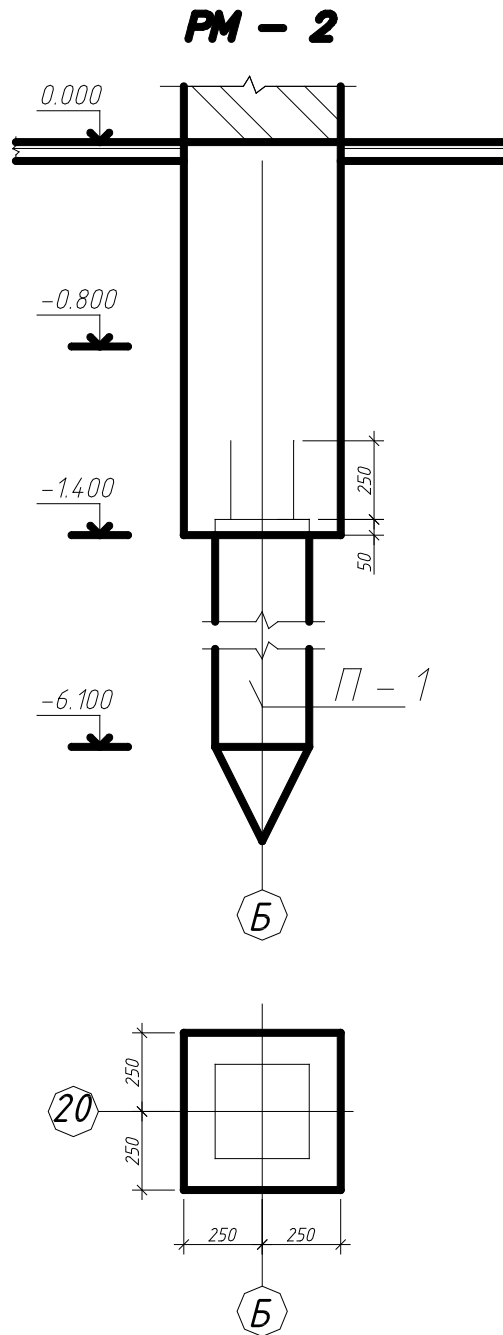


Рис. 2.4 Конструкція стовпчастого фундаменту на перетині осей Б та 20

Умова виконується. Остаточню приймаємо 1 палю С50.30.

2.8 Розрахунок фундаменту під колону

Величина глибини промерзання ґрунту становить 1100 мм. Глибина закладання фундаменту приймається $d_f = 1,1 + 0,3 = 1,4 м$.

Необхідна площа підшви фундаменту

$$A_f = \frac{N_n}{R_0 - \varphi \cdot d_f} = \frac{306,8}{240,0 - 20,0 \cdot 1,4} = 1,44 м^2,$$

Де $N_n = \frac{N}{\gamma_{fm}} = \frac{368,2}{1,2} = 306,8 кН$ – величина поздовжньої сили на рівні обрізу фундаменту ($\gamma_{fm} = 1,2$ – середнє значення коефіцієнта надійності).

Форма фундаменту в плані – квадрат, тому величина необхідної довжини сторони його підшви $b_f = \sqrt{A_f} = \sqrt{1,44} = 1,2 м$.

Приймаємо $a_f \times b_f = 1,2 м \times 1,2 м$.

Виходячи з умов надійного анкетування поздовжньої арматури колони і виходячи з умови міцності на продавлювання визначається висота монолітного фундаменту під колони

Робоча висота фундаменту розраховується з наступних умов:

$$h_0 \geq 20 \cdot d = 20 \cdot 1,2 = 24,0 см;$$

$$h_0 \geq -0,5 \cdot c + 0,5 \cdot \sqrt{\frac{N}{R_{bt} + p}} = -0,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot \sqrt{\frac{306,8}{675,0 + 213,06}} = 0,094 м = 9,4 см,$$

$$\text{де } p = \frac{N}{b_f^2} = \frac{306,8}{1,2^2} = 213,06 кПа.$$

При товщині захисного шару бетону 35 мм необхідна мінімальна висота фундаменту (є бетонна підготовка) $h_f \geq 9,4 + 3,5 + \frac{1,6}{2} = 13,7 см$ (попередньо прийнятий діаметр арматури 16 мм).

Приймаємо $h_f = 30,0 см$.

Тип фундаменту приймаємо ступінчастий з одним уступом, висотою 300 мм (рис. 2.5).

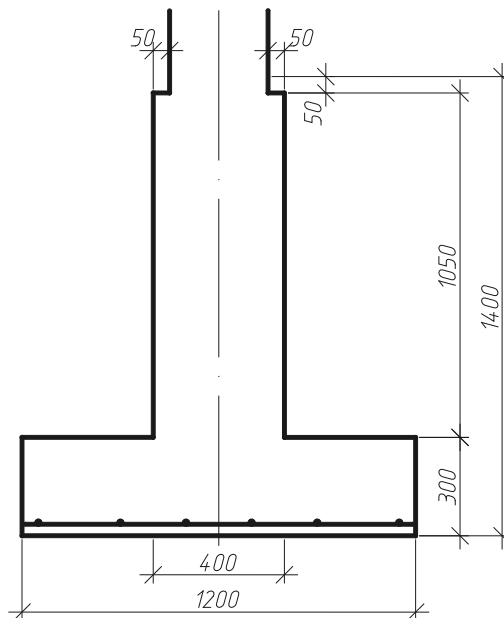


Рис.2.5 Схема фундаменту

Міцність нижнього уступу перевіряється із умови на зріз на ділянці c .

З умови зрізу на ділянці c перевіряється міцність нижнього уступу.

Величина робочої висоти сходинки $h_0 = 300 - 35 - 16 \cdot 0,5 = 357 \text{ мм} = 25,7 \text{ см}$.

Несуча здатність сходинки

$$0,6 \cdot R_{br} \cdot h_{01} = 0,6 \cdot 675 \cdot 0,257 = 104,9 \text{ кН/м} > p \cdot c = 79,23 \text{ кН/м}.$$

Висота нижнього уступу є достатньою, умова міцності забезпечена.

Під дією реактивного тиску ґрунту $p = 213,06 \text{ кН/м}^2$, підшва фундаменту працює на згин

Переріз 1-1: розрахунковий згинаючий момент при $b = 0,4 \text{ м}$ та робочій висоті перерізу $h_0 = 30,0 - 3,5 - 1,6 \cdot 0,5 = 25,7 \text{ см}$:

$$M = 213,06 \cdot 1,2 \cdot \frac{0,4^2}{2} = 20,45 \text{ кНм}.$$

Необхідна площа перерізу арматури

$$A_{s,1-1} = \frac{M_{1-1}}{0,9 \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{2045}{0,9 \cdot 25,7 \cdot 36,5} = 2,42 \text{ см}^2.$$

Приймається величина кроку робочої арматури підшви фундаменту 200 мм, при цьому кількість стержнів арматури в одному напрямку 6 шт. Приймається арматура 6 Ø12 мм А400С з $A_s = 6,8 \text{ см}^2$.

2.9 Розрахунок і конструювання монолітної залізобетонної плити під трибуни

Таблиця 2.8 Збір навантажень на плиту

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове навантаження кН/м ²
Навантаження на трибуни з закріпленими сидіннями	4,0	1,2	4,8
Вага стільців	0,6	1,1	0.66
Стяжка з цементно – піщаного розчину $t = 0,04$ м, $\rho = 2200$ кг/м ³	0,88	1,3	1,14
Монолітна плита	3,19	1,1	3,51
Снігове навантаження	0,83	-	1,12

Визначення снігового навантаження:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot c, \quad S_e = \gamma_{fe} \cdot S_0 \cdot c; \quad \gamma_{fm} = 1.0;$$

$$S_0 = 1400 \text{ Па} = 1.4 \text{ кН/м}^2;$$

$$c = \mu \cdot c_e \cdot c_{alt} = 1 \cdot 0.8 \cdot 1 = 0.8; \quad \gamma_{fe} = 0.74;$$

$$S_m = 1 \cdot 1.4 \cdot 0.8 = 1.12 \text{ кН/м};$$

$$S_e = 0.74 \cdot 1.4 \cdot 0.8 = 0.83 \text{ кН/м}.$$

Матеріали для плити

Бетон важкий, класу С16/20: $f_{cd} = 14,5$ МПа, $f_{ctk} = 1,5$ МПа, $f_{ctm} = 2,2$ МПа. Початковий модуль пружності $E_{ck} = 26 \cdot 10^3$ МПа. Коефіцієнт умов роботи бетону $\gamma_{b2} = 0,9$.

Арматура: поздовжня – класу А400, при $d_s \geq 10$ мм, $R_s = 365$ МПа, $E_s = 20 \cdot 10^4$ МПа; поперечна – класу В500, $R_s = 375$ МПа, $R_{sw} = 270$ МПа, $E_s = 17 \cdot 10^4$ МПа.

Тріщиностійкість плити відповідає вимогам 3-ої категорії.

За допомогою ПК «ЛІРА» визначено зусиль в плиті.

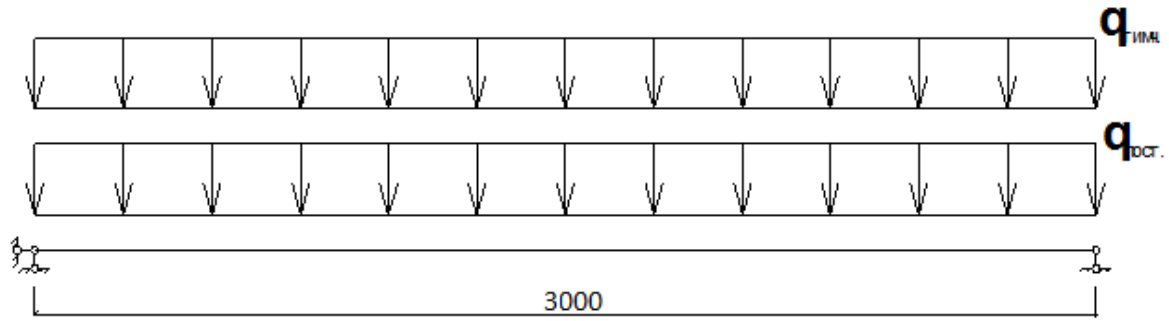


Рис. 2.6 Розрахункова схема плити

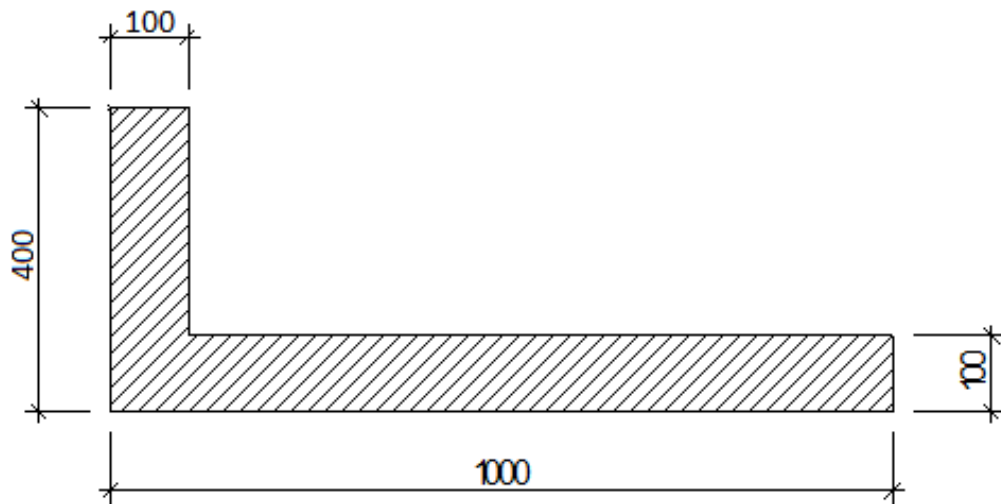


Рис. 2.7 Поперечний переріз плити

Граничне значення відносної висоти стиснутої зони визначається як

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = \frac{0.767}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0.767}{1.1}\right)} = 0.628$$

$$\omega = \alpha - \beta R_b \cdot \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 10.35 = 0,767$$

Коефіцієнти B_R та B_0 визначається як

$$B_R = \xi_R (1 - 0.5 \xi_R) = 0.628 (1 - 0.5 \cdot 0.628) = 0,430;$$

$$B_0 = \frac{M}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{11.4 \cdot 10^{-3}}{11.5 \cdot 0.9 \cdot 0.1 \cdot 0.375^2} = 0,078$$

У зв'язку з тим, що $B_R > B_0$, стиснута арматура по розрахунку не потрібна, її використовують з конструктивної необхідності. В даному випадку приймається 2Ø6 мм А-400 ($A_S=0,57\text{см}^2$).

Робоча арматура в розтягнутій зоні визначається як

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \nu \cdot h_0} = \frac{11.4 \cdot 10}{365 \cdot 0.962 \cdot 0.375} = 0.866 \text{ см}^2$$

Приймається 2Ø8мм А-400 ($A_s=1,01\text{см}^2$), але з конструктивних міркувань приймається 2Ø10мм А-400 ($A_s=1,57\text{см}^2$).

Підбор арматури в консолі плити

Граничне значення відносної висоти стиснутої зони визначається як

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0.767}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0.767}{1,1}\right)} = 0,628$$

$$\omega = \alpha - \beta R_b \cdot \gamma_{b2} = 0.85 - 0.008 \cdot 10.35 = 0.767 ,$$

Коефіцієнти B_R та B_0 визначається як

$$B_R = \xi_R (1 - 0.5 \xi_R) = 0.628 (1 - 0.5 \cdot 0.628) = 0,430;$$

$$B_0 = \frac{M}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{4.1 \cdot 10^{-3}}{11.5 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 0.075^2} = 0,070$$

У зв'язку з тим, що $B_R > B_0$, стиснута арматура по розрахунку не потрібна, її використовують з конструктивної необхідності. В даному випадку приймається 5Ø6 мм А-400 ($A_s=1,41\text{см}^2$).

Робоча арматура в розтягнутій зоні визначається як

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \nu \cdot h_0} = \frac{4.1 \cdot 10}{365 \cdot 0.962 \cdot 0.075} = 1,550 \text{ см}^2$$

Приймається 5Ø10 мм А-400 ($A_s=3,93\text{см}^2$).

Розрахунок міцності похилих до поздовжньої осі перерізів

Перевіряється умова забезпечення міцності бетону на стиск уздовж похилої смужки між похилими тріщинами при дії поперечного силового фактора $Q = 15200\text{Н}$:

$$Q \leq 0,3 \cdot \varphi_{\omega 1} \cdot \varphi_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0.$$

За умови зварювання із поздовжньою робочою арматурою Ø10 мм А400 (приймаємо в якості поперечної арматури Ø3В500 з площею перерізу $0,071 \text{ см}^2$), ($R_{sw} = 270 \text{ МПа}$). При кількості поздовжніх стержнів отримаємо $A_{sw} = 2 \cdot 0,071 = 0,14 \text{ см}^2$.

Величина кроку поперечної арматури в зоні біля опор не повинна перевищувати $S \leq h/2 = 400/2 = 200 \text{ мм}$. Мінімальне значення кроку поперечних стержнів становить 150 мм. Отже приймається значення кроку поперечних стержнів 150 мм.

$$\mu_{\omega} = \frac{A_{s\omega}}{b \cdot S} = \frac{0.14}{10 \cdot 15} = 0,0009;$$

$$\varphi_{\omega 1} = 1 + 5 \cdot 7.41 \cdot 0.0009 = 1.03 < 1,3.$$

$$\phi_{b1} = 1 - \beta \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 1 - 0.01 \cdot 0.9 \cdot 11.5 = 0,897.$$

Перевіряється умова:

$$Q = 15.2 \text{ кН} < 0.3 \cdot 1.03 \cdot 0.897 \cdot 11.5 \cdot 0.1 \cdot 0.375 \cdot 10^3 = 119,5 \text{ кН}$$

Умова виконується, міцність бетону на стиск уздовж похилої смужки між похилими тріщинами при дії поперечної сили забезпечується.

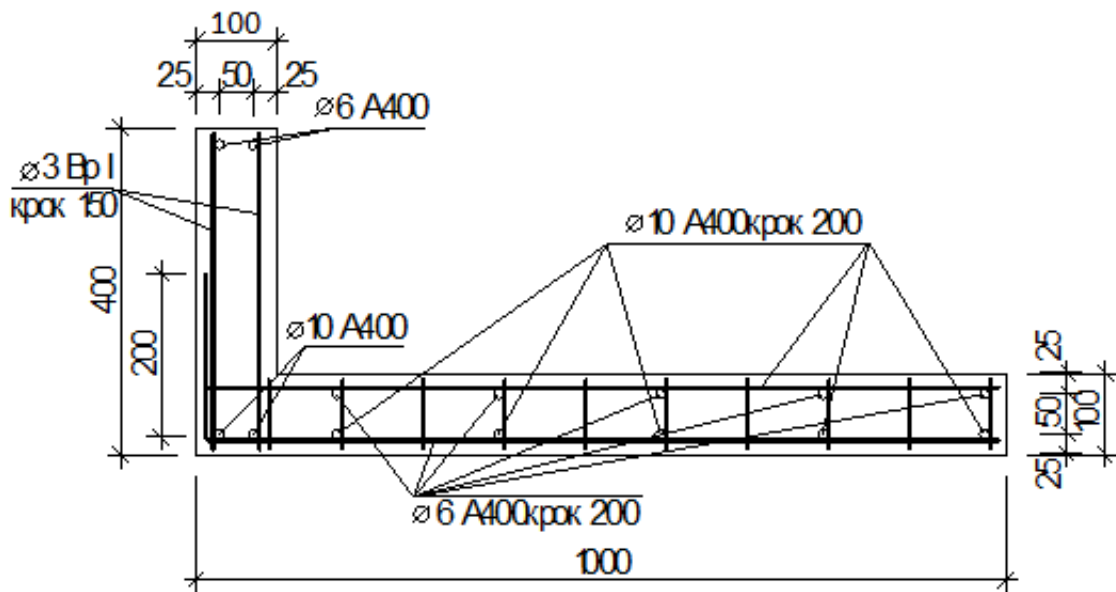


Рис. 2.8 Арматування плити

Розрахунок величини прогину плити

Величина прогину в середині прольоту плити визначається як

$$f = 5/48 \cdot 298^2 \cdot 8.6 \cdot 10^{-6} = 0,08 \text{ см} < [f] = 2,0 \text{ см}$$

таким чином жорсткість плити достатня.

2.10 Розрахунок і конструювання монолітного ригеля

Таблиця 2.9 Збір навантаження на 1м²

№ з/п	Вид навантаження	Характеристичне значення, кН/м ²	Розрахункове значення			
			Експлуатаційне		Характер.	
			γ_{fe}	q_e	γ_{fm}	q_m
I. Постійні навантаження						
1	Навантаження на трибуни з закріпленими сидіннями	4,0	1,0	4,0	1,2	4,8
2	Вага стільців	0,6	1,0	0,6	1,1	0,66
3	Стяжка з цементно-піщаного розчину $t=40\text{мм}; \rho=2200\text{кг/м}^3$	0,88	1,0	0,88	1,3	1,14
4	Монолітна з/б плита $t=100\text{мм}; \rho=2500\text{кг/м}^3$	2,0	1,0	2,0	1,1	3,58
Разом постійні		7,48	-	7,48	-	10,18
II. Тимчасові навантаження						
5	Снігове навантаження	1,4	0,74	0,83	1,4	1,12
Повне навантаження		8,88	-	8,31	-	11,3

Ригель розраховується у якості двохпролітної нерозрізної балки.

Вага одного погонного метра ригеля:

$$q'_b = b_b \cdot h_b \cdot \rho_b \cdot \gamma_f = 0,3 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 0,95 = 2,9 \text{ кН/м}.$$

- постійне погонне навантаження

$$g_1 = g \cdot l_s + q'_b = 10,18 \cdot 3,0 + 2,9 = 36,34 \text{ кН/м};$$

- тимчасове погонне навантаження

$$V_1 = V \cdot l_s = 1,12 \cdot 3,0 = 3,36 \text{ кН/м};$$

- повне погонне навантаження на балку

$$q_b = V_1 + g_1 = 3,36 + 36,34 = 39,7 \text{ кН/м}.$$

Результати розрахунку показано в таблиці 2.10, на основі якої будуються епюри згинальних моментів і поперечних сил.

Таблиця 2.10 Значення згинального моменту в перерізах балки

Проліт	Віддаль x/l_0 від лівої опори до перерізу	Значення β_i		Величина множника $q_b \cdot l_{0i}^2$, кНм	Значення M_i , кНм	
		+	-		+	-
Перший	0,0	0,000		$38,0 \cdot 5,0^2 = 1047,38$	0,00	
	0,2	0,065			104,96	
	0,4	0,090			145,33	
	0,425	0,091			146,94	
	0,6	0,075			121,11	
	0,8	0,020			32,30	
	1,0		0,0715			
Другий	0,0	-	0,0715	$38,0 \cdot 3,28^2 = 408,9$	-	49,68
	0,2	0,018	0,036		12,51	25,02
	0,4	0,058	0,018		40,30	12,51
	0,5	0,0625	-		43,43	-
	0,6	0,058	0,016		40,30	11,12
	0,8	0,018	30		12,51	20,85
	1,0	-	0,0625		-	43,43
Третій	1,0		0,0715	$38,0 \cdot 6,38^2 = 1635,28$		187,98
	0,8	0,020			52,58	
	0,6	0,075			197,18	
	0,425	0,091			239,25	
	0,4	0,090			236,62	
	0,2	0,065			170,89	
	0,0	0,000			0,00	

Розрахунок балки за граничними станами першої групи

Граничне значення відносної висоти стиснутої зони визначається як

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_{sc}}{\sigma_{sc,u}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,84}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,84}{1,1}\right)} = 0,716.$$

Значенню $\xi_R = 0,716$ відповідає граничне значення коефіцієнта α_R :

$$\alpha_R = \xi_R \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_R) = 0,716 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,716) = 0,460.$$

Визначаємо мінімальну висоту балки:

$$h_{sb,\min} = \sqrt{\frac{M_{on}}{\alpha_R \cdot R_b \cdot b}} + a = \sqrt{\frac{187,98}{0,460 \cdot 1,305 \cdot 30,0}} + 5,0 = 32,31 \text{ см},$$

отже, раніше прийнята висота балки $h_b = 400 \text{ мм}$ є достатньою.

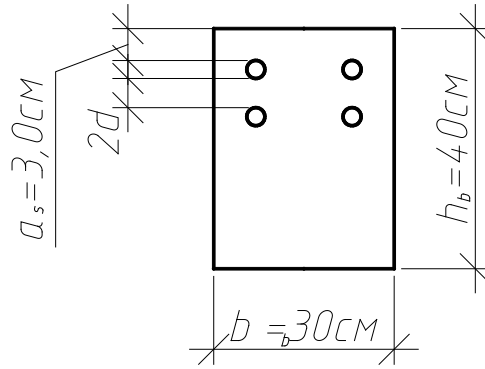


Рис. 2.9 Переріз для розрахунку другорядного ригеля на опорах

Значення робочої висоти перерізу згідно рис. 2.9

$$h_0 = h_{sb} - a_s - 2 \cdot d = 40,0 - 3,0 - 2 \cdot 1,6 = 33,8 \text{ см},$$

де $d=16\text{мм}$ – діаметр арматури.

Підбір робочої арматури у поздовжньому напрямку балки показано у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 Армуння балки

Місце перерізу	Розрахункова площа перерізу арматури A_{si} , см^2	Прийнята арматура	Площа перерізу прийнятої арматури, см^2
Перша опора	11,04	4Ø20A400C	12,56
Друга опора	21,78	4Ø28A400C	24,63
Перший проліт	15,02	2Ø25A400C+ +2Ø22A400C	17,42
Другий проліт	3,71	4Ø12A400C	4,52
Третій проліт	24,37	4Ø28A400C	24,63

Несуча здатність ригеля в розрахункових перерізах обчислюється за наступними формулами:

$$M_i = \eta_i \cdot h_0 \cdot R_s \cdot A_{si}, \quad \eta_i = 1 - 0,5 \cdot \xi_i, \quad \xi_i = \frac{R_s \cdot A_{si}}{R_b \cdot b_i \cdot h_0}.$$

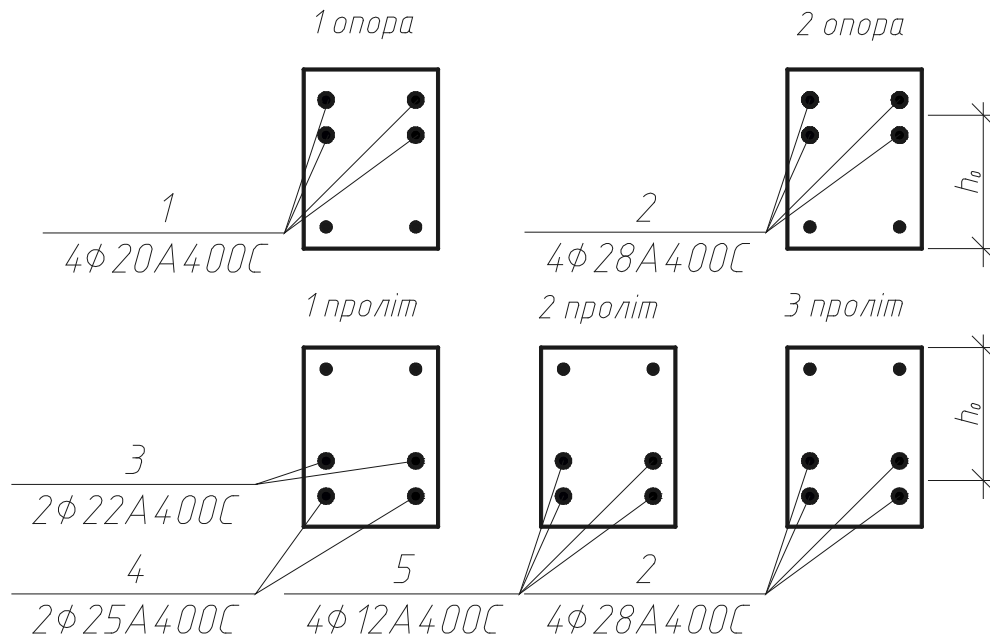


Рис. 2.10. Армування ригеля

2.11 Розрахунок колони

Розраховується колона першого поверху як найбільш завантажена.

Поперечний переріз колони приймається квадратний з розмірами $b_c = h_c = 300\text{мм}$.

Вантажна площа колони $A_f = a \cdot b = 6 \cdot 4,65 = 27,9\text{м}^2$.

Вага одного погонного метра ригеля

$$g_b = h_b \cdot b_b \cdot \rho_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 3,31 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Вага снігового покриву для IV району будівництва $s_0 = 1400\text{Па}$, значить зусилля від ваги снігу

$$s = s_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_{fs} \cdot \psi = 1,4 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 2,12 \text{кПа},$$

де $c = \mu \cdot c_e \cdot c_{alt} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$.

Сила у повздовжньому напрямку від загальних розрахункових навантажень

$$\begin{aligned} N &= (g + s) \cdot A_f + g_b \cdot l_b + b_c \cdot h_c \cdot \rho_b \cdot \gamma_f \cdot H_f = \\ &= (10,18 + 2,12) \cdot 39,75 + 3,31 \cdot 5,09 + 0,3^2 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 3,3 = 368,2 \text{кН}. \end{aligned}$$

Сила у поздовжньому напрямку від дії тривалих та постійних навантажень

$$N_1 = (g + s_1) \cdot A_f + g_b \cdot l_b + b_c \cdot h_c \cdot \rho_b \cdot \gamma_f \cdot H_f = \\ = (10,18 + 0,85) \cdot 39,75 + 3,31 \cdot 5,09 + 0,3^2 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 3,3 = 332,7 \text{кН}.$$

Розрахунок на міцність перерізів колони

Геометрична довжина колони складає $l = H + a = 3,3 + 0,05 = 3350 \text{мм}$.

Величина розрахункової довжини колони каркасу з моноліту складає $l_0 = \mu \cdot l = 0,7 \cdot 3,35 = 2350 \text{мм}$.

Відношення $\frac{l_0}{b_c} = \frac{2,35}{0,3} = 7,82 < 20$, отже, розрахунок колони ведемо як для

центрально стиснутого елемента. Відношення $\frac{N_1}{N} = \frac{332,7}{368,2} = 0,902$.

Приймається спочатку $\varphi = 0,9$, відповідно значення площі перерізу робочої арматури буде

$$A_{s,tot} = \frac{N/\varphi - R_b \cdot A}{R_{sc}} = \frac{368,2/0,9 - 1,035 \cdot 900}{28,0} = -18,6 \text{см}^2,$$

де $A = b_c \cdot h_c = 30,0 \cdot 30,0 = 900,0 \text{см}^2$.

Приймається робоча арматура в колоні 4Ø25 мм А240С з $A_s = 4,9 \text{см}^2$ (рис. 2.11).

Перевіряється несуча здатність колони. За довідковими таблицями для $\frac{N_1}{N} = 0,902$ та $\frac{l_0}{b_c} = 7,82$ визначаємо $\varphi_b = 0,919$.

У розрахунку приймаємо $\varphi = \varphi_b = 0,919$.

Несуча здатність колони

$$N_u = \varphi \cdot (R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_s) = 0,919 \cdot (1,035 \cdot 900,0 + 28,0 \cdot 4,52) = 972,36 \text{кН} > N = 368,2 \text{кН}$$

Несуча здатність колони виконується з запасом у 36%.

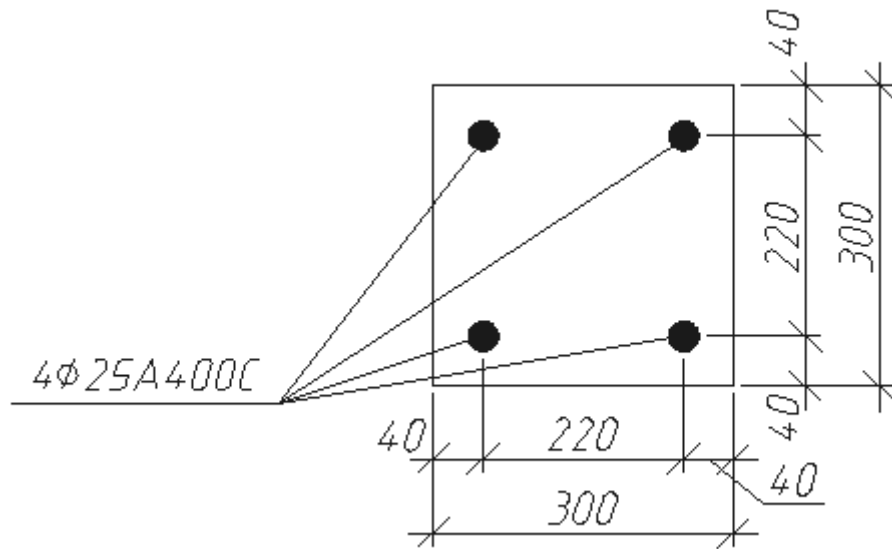


Рис. 2.11 Розміщення робочої арматури в колоні

В результаті розрахунків приймається робоча арматура $4\phi 25\text{мм A240C}$ та поперечну арматуру $\phi 8\text{мм A240C}$ з кроком $s=500\text{мм}$.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНУ

3.1 Характеристика, структура та властивості мілкозернистого бетону

Відповідно до ДСТУ бетон мілкозернистий - це бетон щільної структури середньою щільністю понад 2000 до 2500 кг/м³ включно на цементному в'язучому та щільному дрібному заповнювачі [3]. В якості заповнювача в дрібнозернистих бетонах використовуються природні піски, піски з відсіву дроблення гірських порід з щільністю від 2000 до 2800 кг/м³, збагачені піски з відсіву дроблення і фракціоновані піски з відсіву дроблення щільних гірських порід при виробництві щебеню [3]. Таким чином, дрібнозернистий бетон є сумішшю, певного співвідношення цементу, піску і води, введених у заданій послідовності при певній температурі і вологості.

Властивості та основні характеристики дрібнозернистого бетону:

- підвищена міцність при згині та розтязі (на 20-30% більше, ніж у звичайного бетону);
- однорідність структури, що досягається шляхом використання дрібного заповнювача [6];
- висока морозостійкість, що перевищує в 2 рази показники морозостійкості крупнозернистого бетону;
- висока пористість дрібнозернистого бетону (при використанні піску з мінімальним розміром фракцій спостерігається велика кількість повітряних пір);
- підвищена стійкість до вібрації;
- високий коефіцієнт водонепроникності при правильно підбраному співвідношенні компонентів.

Одним із шляхів удосконалення будівельного виробництва є розробка та впровадження нових ефективних матеріалів, способів підвищення експлуатаційних властивостей бетонів. Особливої популярності з нових ефективних матеріалів заслужив дрібнозернистий бетон. Головна відмінність дрібнозернистого бетону від інших видів бетонів – це його склад.

Дрібнозернисті бетони мають певні особливості структури:

- відсутність жорсткого скелета великого заповнювача;
- наявність великої кількості заповнювача, що у свою чергу може викликати нестачу цементного тіста для обволікання зерен наповнювача та повного заповнення порожнин [3];
- збільшений масовміст твердої цементної суміші у складі бетону;
- підвищена пористість суміші.

Виходячи з перерахованих вище особливостей при однаковій рухливості бетонних сумішей, виходить, що у дрібнозернистого бетону в порівнянні з важким бетоном з великим заповнювачем міцність на стиск буде нижче. Використання виключно піску в ролі заповнювача призведе до збільшення порожнечі та питомої поверхні заповнювача. Для виготовлення рівнорухомих бетонних сумішей зливої структури [8], у порівнянні з бетоном на великому заповнювачі, потрібно приблизно на 20% збільшувати витрати води та цементу. Далі це призводить до збільшення усадки бетону. Крім того, заміна щебеню піском, за умови підтримки вихідної міцності, призводить до підвищення витрати цементу в бетонних сумішах на 20%.

Аналогічно відбувається скорочення та інші фізико-механічні властивості дрібнозернистих бетонів у порівнянні з властивостями звичайних важких бетонів, наприклад, морозостійкість, водонепроникність, усадка, деформативність при короткочасному навантаженні та ряд інших властивостей.

Для того щоб отримати дрібнозернистий бетон із високими фізико-механічними властивостями з мінімальною витратою цементу, застосовують різні технологічні прийоми. При виготовленні бетону з кожним роком все більше використовуються суперпластифікатори, композиційні в'язучі [5] та інші ефективні добавки властивостей та складу суміші, тонкодисперсні мінеральні наповнювачі, сучасне продуктивне обладнання [4].

Вартість сировини, розвиток будівельних рішень, підвищення продуктивності при зведенні об'єктів завдяки застосуванню бетонів нового покоління на даний момент є найважливішими критеріями в сучасній економіці будівництва. В даний час застосовується перехід до багатокомпонентних

складів з широким використанням різних модифікаторів зменшення витрати цементу і води. Так само дані заходи дозволять знизити усадку матеріалу, отримавши в ряді випадків безусадкові дрібнозернисті бетони [12].

Серед переваг, які виділяють дрібнозернистий бетон серед інших видів штучного каменю, можна назвати наступні:

- дрібнозерниста бетонна суміш може транспортуватися на великі відстані в бетонозмішувачах (при цьому вона не розшаровується);
- високий показник пластичності та плинності дозволяє створювати вироби всіляких форм (тонкостінні та шаруваті, вироби змінної щільності тощо);
- за рахунок одержуваної дрібнозернистої структури та однорідності суміші, вона відмінно підходить для механізованого нанесення на робочу поверхню;
- потенціал виготовлення конструкцій та виробів шляхом екструзії, штампування, лиття, пресування та іншими обумовлено його високою технологічністю;
- отримання матеріалів з різним комплексом властивостей;
- створення високоякісної однорідної тонкодисперсної структури, виключивши великі зерна іншої структури;
- використовуючи технологічні прийоми, за рахунок варіювання складу та комплексу добавок на певному цементі та піску можливе отримання спеціальних видів дрібнозернистого бетону, що застосовується в різних галузях будівництва (фібробетону, декоративного, гідроізоляційного, конструкційного, теплоізоляційного, для виготовлення тротуарної тощо);
- доволі проста технологія виготовлення та можливість широкого застосування недорогих матеріалів - знижує собівартість дрібнозернистого бетону в порівнянні з важким бетоном на великому заповнювачі.

При підборі складів дрібнозернистого бетону необхідно звертати увагу на залежність властивостей структури від виду компонентів, що використовуються при приготуванні бетонної суміші. Великий вплив на міцність дрібнозернистого бетону (як і бетону на великому заповнювачі) має активність цементу та водоцементне відношення, а також співвідношення цементу та піску (з огляду на якість дрібного заповнювача). Особливо сильно ці

показники проявляються при спробі досягнення максимальної міцності. Залежно від складу дрібнозернистого бетону максимальна міцність може коливатися в межах, наприклад при застосуванні цементу марки 500 і піску середньої крупності ($M_{кр} = 2,0$). На думку Баженова Ю.М. [16, 17] для відсіву середніх та дрібних фракцій застосовують збагачення піску та його класифікацію. Введення мікронакопичувача в структуру цементно-піщаної суміші, на думку Баженова Ю.М., є найбільш доцільним прийомом [16, 17].

При недостатній кількості дрібної фракції (0 і 25%) спостерігається перевитрата цементу порядку 8-10% для марки 300 і до 15% для бетону марок 400 і 500. При надлишку великої фракції (75%) перевитрата цементу досягає 20% на кубометр бетону. Це знаходить своє пояснення у несприятливому зерновому складі як дрібних, так і крупних пісків.

Як впливає з результатів експериментів, велика фракція із природних пісків не має особливих переваг перед великою фракцією із подрібнених пісків. Дослідження показують переваги подрібнених пісків перед кварцовими природними. Так, наприклад, міцність піщаного бетону на подрібнених пісках з інтрузивних порід вища за міцність піщаного бетону на природному кварцовому піску на 25-30%.

Основним засобом покращення властивостей дрібнозернистих бетонів Дворкін Л.Й. вважає регулювання зернового складу піску, застосування пісків із переривчастою гранулометриєю. Дрібнозернисті бетони в цьому випадку за рахунок жорсткості піщаного скелета і щільності упаковки зерен мають міцність на стиск на 20-30% вище, ніж на рядових пісках [12, 13].

Однорідність структури дрібнозернистого бетону досягається завдяки використанню піску невеликої фракції (трохи більше 5 мм). Також кладка та умови твердіння, вид, активність і витрата цементу, кількість води, якість та гранулометричний склад, технологія приготування мають величезний вплив на властивості бетону [12, 13].

Піски відрізняються за двома основними показниками: зерновим складом і формою зерен. Саме ці два показники визначають вплив піску на властивості бетонної суміші та витрату цементу в бетоні. Витрата цементу збільшується

прямо пропорційно до питомої поверхні і порожнечі піску. Витрати цементу на природному кварцовому піску дещо менші порівняно з подрібненим піском. Це знаходить своє пояснення в меншій порожнечості та питомій поверхні природного піску.

Контакти між зернами заповнювача та цементним каменем здебільшого рівні, чітко виражені. Розпливчасті контакти спостерігаються іноді на кордоні із зернами кварцу. Для складних структур (граніти, порфірити, пісковики та ін.) величина сил зчеплення залежатиме від кількості окремих мінералів на поверхні заповнювача та від їхньої фізико-хімічної активності [12].

В результаті фізико-хімічних процесів у період захоплення та твердіння цементного тіста, зчеплення його в перерізі контакту з шорсткою поверхнею заповнювача розвивається інтенсивніше, ніж у заповнювача з гладкою поверхнею. Насправді, частки в'язучого, як у розчиненому, так і у зваженому стані, потрапляючи у сферу впливу молекулярного тяжіння поверхневих кристалів адсорбуються ними. На поверхні заповнювача утворюється адсорбований шар, що складається не тільки з молекул води, але і частинок в'язучого. При цьому на виступах рельєфу поверхні заповнювача є активніші молекули, які забезпечують кращу адгезію до рідкої, а потім і твердої фази.

Сказане відноситься до статичної картини. При стисканні (розтягуванні) бетону виникають дотичні і нормальні напруження, які приводять в рух систему «заповнювач - цементний камінь». В результаті зерна заповнювача прагнуть вийти із дотику з цементним каменем.

У цей момент істотну роль надає «зчеплення» двох поверхонь, що труться: цементного каменю і заповнювача. Виходячи із загальних уявлень теорії тертя, можна припустити, що величина тертя буде вищою у матеріалів з грубішою зернистістю. Проте, це не зовсім так. Різниця полягає в тому, що для доволі грубозернистих матеріалів, мабуть, відбувається швидке руйнування зубців і контактної зони. З цієї причини грубозернисті матеріали поступатимуться матеріалам дрібно- та середньозернистим з розвиненою поверхнею.

Сказане не належить до явно мікрозернистих матеріалів, т.к. в цьому випадку зчеплення між заповнювачем і цементним каменем може виявитися

слабкішим, що і підтверджується експериментами.

Залежність міцності бетону від його складу прямолінійна: чим менша витрата цементу, тим менша міцність бетону, так як при низькому вмісті цементу суміш стає менш зручною, важче ущільнюється, щільність, а відповідно і міцність зменшуються.

Для зниження витрати цементу застосовуються хімічні добавки [14], збільшення щільності піщаних бетонних сумішей та піски з гарним зерновим складом. У цементно-піщаних сумішах з високою витратою цементу корисно використовувати суперпластифікатори. Максимальне значення міцності та щільності бетонної суміші досягається оптимальним співвідношенням цементу та піску (при водоцементному відношенні В/Ц = 0,4 і вище).

При малому вмісті цементу в суміші – зручноукладальність знижується, сповільняється її укладання, а також це призводить до зниження міцності та щільності бетону. Чим більше міститься цементу в суміші, тим вище кількість надлишкової води в бетоні, відповідно відбувається збільшення пористості та зниження його міцності.

Оптимальне водоцементне відношення визначається складом бетону, при якому досягається найвища міцність. Звичайні бетони на великому заповнювачі частіше перевершують по міцності піщані бетони [16] при високому водоцементному відношенні. Зниження міцності безпосередньо залежить від матеріалів і технології ущільнення бетонної суміші. Але є піщані бетони з великим вмістом цементу (з низьким водоцементним ставленням, забезпечені хорошим ущільненням), що застосовуються для спеціальних конструкцій, з відповідним техніко-економічним обґрунтуванням, які вищі за міцністю, ніж звичайні бетони на великому заповнювачі [19].

Так само міцність бетону залежить від способу ущільнення суміші. Хороше ущільнення бетонної суміші досягається трамбуванням, пресуванням, вібруванням із привантаженням чи вакуумуванням. Так, наприклад, при ущільненні суміші звичайним вібруванням в суміш залучається повітря (повітрянатяг збільшується з підвищенням жорсткості суміші), поширюючись по всьому об'єму дрібними бульбашками, створюється пористість, яка в

кінцевому підсумку знижує міцність бетону. Тому варто враховувати метод ущільнення, що зводить до мінімуму залучення повітря, при необхідності отримання щільних міцних піщаних бетонів [18].

Залежність довговічності бетону визначається морозостійкістю та корозійною стійкістю, що залежать від щільності та міцності бетону [19]. Дрібнозернистий бетон для армоцементних конструкцій повинен відповідати вимогам щодо морозостійкості та водонепроникності. Ці якості залежать від щільності бетону.

Суміш піску та щебеню має меншу порожнечу, ніж пісок. У сумішах (тонших, ніж 1:3), при низькому вмісті цементу, цементного тіста може бути мало для обмазування зерен піску і заповнення всіх порожнин. Внаслідок чого виникає додаткове утворення порожнеч, через збільшення пористості бетону відбувається зниження його міцності. У зв'язку з цим складно отримати досить міцні піщані бетони при низькій витраті цементу ($200-300 \text{ кг/м}^3$), як для бетону з великим заповнювачем [12].

При застосуванні дрібного піску в піщаному бетоні, з підвищеними питомою поверхнею і пористістю, потрібне збільшення витрати води для збереження заданої рухливості бетонної суміші, що помітно знижує максимальну міцність певного складу бетону. Таким чином, зниження міцності бетону відбувається при зменшенні вмісту цементу, залежить склад бетонної суміші та від якості піску.

Ефективність використання цементу в бетоні визначається складом дрібнозернистого бетону та якістю піску. Крім того, якщо щебінь замінити на пісок, знижуються будівельно-технічні властивості, такі як: усадка, повзучість, деформативність при короткочасному навантаженні, морозостійкість та ін., вакуумування бетонної суміші, введення різних мікронаповнювачів, застосування силових методів ущільнення тощо [17].

За допомогою модифікації вихідної сировини та наповнювачів при виготовленні дрібнозернистого бетону можна досягти зниження витрати цементу та отримання однорідної структури матеріалу. Яскравим прикладом технології, що дозволяє скоротити витрату цементу при виготовленні

дрібнозернистого бетону, є домол цементу з мікронаповнювачем або без нього. При виготовленні високоміцного щільного бетону, структура цементного каменю повинна мати тонкокапілярність і складатися з дрібнокристалічних зростків. Цементне тісто, отримане при змішуванні меленого кварцового піску (мікронаповнювача) і тонкоподрібненого цементу - має високу в'язкість і відмінно підходить для досягнення даного результату. Тонкозернистість матеріалу – це відмова від великого заповнювача. Це насамперед тонкозернистість структури бетону. Чим менше зерна новоутворень і розміри пор між ними (при тому ж самому водоцементному відношенні) – тим вище міцність бетону. Одержання високоякісної тонкозернистої структури бетону сприяє підвищенню тонкості помолу цементу.

Активність в'язучого знижується під час зберігання та доставки цементу. Перед виробництвом бетонної суміші, щоб підвищити активність цементу застосовують домол цементу до поверхні $4000-5000 \text{ см}^2/\text{г}$, що дозволяє приблизно на 15-30% підвищити міцність дрібнозернистого бетону. Однак цей «прийом» застосовується для високих марок бетону з витратою цементу 500 кг/м і більше. Для низькомарочних бетонів доцільний помол цементу з піском або іншим кремнеземистим компонентом [12].

Використовувати в'язучі властивості цементу повністю неможливо через такі низькі показники на міцність дрібнозернистих бетонів і рухливість цементно-піщаних сумішей. Дослідним шляхом було доведено, що використання великого чистого піску безперервного зернового складу з малою питомою поверхнею і порожнечою дозволяє досягти найкращих результатів, а додавання меленого кварцового піску найбільш доцільно в тонкі цементно-піщані суміші. Для можливості відсіву середніх та дрібних фракцій застосовується класифікація та збагачення піску.

Для поліпшення властивостей дрібнозернистих бетонів відмінно підходять піски з уривчастою гранулометриєю, які дозволяють стежити за зерновим складом. Такі бетони завдяки щільності укладання зерен отримують міцність на стиск на 20-30% більше, ніж при застосуванні звичайного піску.

3.2 Сфери застосування мілкозернистого бетону

Мілкозернистий бетон має такі якості: підвищена міцність на вигин, водонепроникність і морозостійкість. Тому мілкозернистий бетон досить часто використовують для дорожніх покриттів [19] в районах де відсутній щебінь необхідної якості, для труб та гідротехнічних конструкцій. Використовується при виготовленні тротуарної плитки та бортового каміння.

Дрібнозернисті бетони відносяться до категорії важких бетонів, але традиційні важкі бетони мають одну основну відмінність від дрібнозернистих бетонів, а саме розміри фракцій, які останні не повинні перевищувати 5 мм.

Дрібнозернистий бетон складається з піску, цементу, води та пластифікаторів. Всі ці компоненти при приготуванні суміші регулюються згідно з чинними нормативними документами, наприклад, розміри фракції піску обмежені 5 мм.

Переваги та переваги дрібнозернистих бетонів:

- можливість отримання найбільшої щільності матеріалу, завдяки стійкій однорідності складу, отже, максимальної міцності конструкції або виробу;
- здатність бетонної суміші легко і в повному обсязі заповнювати форму і висока рухливість досягається відсутністю у матеріалі великих фракцій, що надає істотну допомогу при заливці сумішшю важкодоступних місць;
- не потрібно застосовувати спеціальні вібраційні установки;
- потенціал одержання різних за характеристиками розчинів за рахунок зміни пропорцій та зменшення собівартості приготування сумішей.

Збільшення обсягів цементу у суміші можна вважати основним недоліком.

Основні сфери застосування дрібнозернистого бетону:

- виробництво армованих конструкцій: частота розташування арматури не дає можливості проникати класичному розчину, тоді як дрібнозернисті бетони проникають у місця утворених порожнин при заливанні суміші;
- ремонтні роботи в галузі тріщин та сполучних швів;
- гідроізоляційні роботи;
- будівництво дорожніх покриттів;

- виробництво тротуарної плитки та дорожніх бордюрів.

У деяких районах України дрібнозернистий бетон користується особливою популярністю в тих місцях, де немає великих родовищ основних наповнювачів важкого бетону, а саме гранітного каменю та гравію.

Це пояснюється тим, що витрати на транспортування граніту та гравію з інших районів України виявляються в рази вищими, ніж збільшення собівартості дрібнозернистого бетону через збільшення кількості цементу.

При застосуванні металевої арматури або металевої сітки в дрібнозернистому бетоні, можна використовувати його при будівництві тонкостінних конструкцій. Наприклад, можна використовувати в таких конструкціях як: куполи, склепіння та оболонки. Незважаючи на дещо малу товщину стінки, дані споруди матимуть високу несучу здатність, володіючи легкістю та відносно невисокою вартістю.

Також дрібнозернистий бетон застосовується для будівель з великими прольотами, призначених для зберігання сипучих матеріалів або рідин, різні системи водоочищення, труби та інші гідротехнічні споруди.

Застосовують дрібнозернистий бетон і для будівництва арокних конструкцій, які застосовуються у виставкових комплексах. Дрібнозернистий розчин завдяки своїй структурі та рухливості застосовується для ремонту тріщин та при заповненні сполучних швів. Так само його застосовують як стяжку, до початку гідроізоляційних робіт.

Застосування дрібнозернистого бетону пов'язане з дефіцитом або відсутністю наповнювачів великих фракцій (таких як щебінь, гравій та ін.) в районах будівництва, таким чином з'являється можливість уникнути великих фінансових витрат на їх транспортування.

3.3 Технологія виробництва мілкозернистого бетону

Склад піщаного бетону строго регламентується діючим ДСТУ. Перевіряється на відповідність кожен компонент бетонної суміші, тому що абсолютно кожен бетон має різні складові з різними технічними параметрами. Так, наприклад, регулюється фракційна складова піску, і при проведенні

порівняльної перевірки регулюється необхідність розщеплення його на фракції:

- насамперед для отримання першої групи піску, його просівають крізь сито з чарунками розміром $2,5 \times 2,5$ мм;

- потім, для отримання другої групи - пісок просіюють через сітку з чарунками розміром $1,2 \times 1,2$ мм, і для третьої - $0,135 \times 0,135$ мм відповідно;

- за технологією пісок для дрібнозернистого бетону повинен складатися на 20-50% з першої групи і решта відводиться для другої та третьої групи заповнювача;

- марка цементу має бути не менше М400 або М500 і його кількість беруть більше за норму. Для підвищення властивостей міцності дрібнозернистого бетону і його якості використовують спеціальні пластифікатори [15].

Споживчі особливості дрібнозернистого бетону:

- можливість виготовлення бетонної суміші в домашніх умовах;
- неприпустимість розшарування під час транспортування в автомобільних міксерах;

- отримання однорідної та щільної структури готового продукту.

Вміст піску також значно впливає на рухливість сумішей і міцність бетону. Вона посилюється із зменшенням В/Ц. Несприятливий зерновий склад піску, що веде до збільшення вмісту води, для забезпечення заданої рухливості суміші збільшує В/Ц, а ,отже, міцність бетону знижується.

Визначальними показниками тут є питома поверхня та пустотливість суміші. Вони значною мірою залежить від форми зерен піску.

Бетони з однаковими властивостями можна отримати, якщо заповнювач має будь-який зерновий склад але однакову сумарну поверхню.

У дослідженнях [15] заміна природного піску подрібненим підвищувала водопотребу розчину складу 1:3 на 26%, але незважаючи на таке збільшення В/Ц, міцність бетону збільшилася на 22% (висівки з граніту). Заміна піску подрібненим непромитим піском приводила при незмінному В/Ц = 0,4 до збільшення витрати цементу на 20-30% та зниження міцності бетону на 12-15%, що пояснюється запиленістю піску, погіршенням зчеплення щебеню з розчином

за рахунок наявності пилу, погіршенням зчеплення щебеню з розчином за рахунок наявності пилу та погіршення структури бетону. Автор зазначає, що економічні бетони можуть бути отримані на подрібненому піску без фракції менше 0,15 мм (не більше 1,5%). Отже, необхідне проведення спеціальних випробувань подрібнених пісків у бетоні.

Проф. І.М. Ахвердов проаналізував вміст у природному піску зерен різної форми у вузьких фракціях піску, дані вказані у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Вміст зерен різної форми у вузьких фракціях піску

Фракції, мм	Вміст зерен різної форми, %		
	Округлих	Напівокатаних	Кутастих
5-2	6	58	36
2-1	14	45	41
1,0-0,5	30	38	32
0,5-0,25	26	37	37
0,25-0,10	18	36	46
0,10-0,05	6	26	68
0,05-0,01	0	9	91

Великий вплив на жорсткість і водопотребу бетонної суміші надають властивості дрібних заповнювачів - крупність, зерновий склад, форма зерен, стан поверхні, ступінь забрудненості та ін.

У процесі виготовлення дрібнозернистого бетону не використовуються великі заповнювачі, щоб отримати однорідну пористу структуру. Для досягнення максимальної міцності необхідно правильно зробити розрахунок пропорцій цементу та піску:

- при недостатній кількості цементу відбудеться зменшення щільності розчину та його подальше погане укладання. В результаті буде отримано досить крихкий матеріал;

- при збільшенні кількості цементу також знижується міцність матеріалу. Це свідчить про великий вміст води в розчині та надмірній пористості.

У процесі виробництва дрібнозернистого бетону необхідно використовувати великий річковий пісок або подрібнений, але з додаванням дрібнофракційного гравію. Це не тільки сприятливо відображається на

бетонному розчині, а й скоротить споживання бетону.

Домогтися ефективного ущільнення при нанесенні суміші можна кількома способами:

- вібропресуванням;
- пресуванням;
- трамбуванням.

Конкретний вибір способу залежатиме безпосередньо від конкретних завдань, що стоять перед будівельниками.

Перед приготуванням бетонної суміші необхідно правильно розрахувати всі пропорції. Для цього можна використовувати розрахунково-експериментальний метод, що складається з двох етапів:

1. Приблизний розрахунок всіх компонентів, здатних забезпечити матеріалу необхідну міцність і рухливість. У процесі випробування краще використовувати невеликі обсяги зразків, щоб у разі допущених помилок не втрачати велику кількість матеріалів.

2. Другий етап включає в себе остаточну перевірку розчину з подальшим уточненням його складу.

Дрібнозернистий бетон має досить велику кількість переваг, що дозволяють конкурувати з іншими різновидами бетонів. Саме тому його активно використовують у найрізноманітніших галузях будівництва.

При підборі складу дрібнозернистих бетонів, так само потрібно враховувати залежність властивостей бетонної суміші від структури та властивостей матеріалів, що застосовуються. На властивості бетону впливає: вид, активність та витрата цементу, якість та гранулометричний склад піску, кількість води, технологія приготування, укладання та умови твердіння бетону [21]. Якість дрібного заповнювача (піску) та склад бетонної суміші, тобто співвідношення цементу та піску визначає міцність дрібнозернистого бетону. Для поліпшення властивостей міцності бетонної суміші необхідно використовувати великий річковий пісок або подрібнений, але з додаванням дрібнофракційного гравію.

Так само міцнісні властивості залежать від кількості цементу: чим менша

витрата цементу, тим менша міцність бетону, так як при низькому вмісті цементу суміш стає менш зручною, важче ущільнюється, щільність, а відповідно і міцність зменшуються.

Тонкість помолу впливає на швидкість схоплювання і твердіння, а також на міцність цементного каменю, що затвердів: чим тонше подрібнений цементний клінкер, тим швидше протікають реакції взаємодії цементу з водою і тим вище його міцність. Проте, занадто тонкий помол призводить до збільшення водопотреби та зростання усадкових деформацій, зниження міцності цементних розчинів та бетонів, що негативно позначається на якості суміші. Полідисперсний склад, що рекомендується, повинен включати дрібні частинки розміром 40 мкм і великі 80 мкм. Отримання економічного швидкотвердіючого цементу полягає у додаванні до звичайного цементу 15-25% надтонкого цементу.

Необхідний обсяг води для гідратації та надання цементному тісту певної пластичності (у кількості 15-17% від маси цементу) називають водопотребою. Для забезпечення рухливості суміші кількість води, що додається, збільшують. Чим нижча водопотреба цементу, тим вища його якість, тому що при випаровуванні зайвої води із цементного каменю, в розчині або бетоні відбувається утворення пір, виникають усадкові деформації та утворюються тріщини.

При змішуванні цементу з водою відбувається складна фізико-хімічна взаємодія.

Для зниження витрати цементу застосовуються хімічні добавки, ущільнення піщаних бетонних сумішей та піски із певним зерновим складом.

У цементно-піщаних сумішах із високою витратою цементу корисно використовувати пластифікатори. Завдяки пластифікаторам суміш набуває додаткових якісних характеристик:

- поліпшену плинність;
- стійкість до перепадів температури;
- підвищену міцність;
- водостійкість.

Добавки, які роблять склад більш еластичним (а заодно і надають йому нові властивості з перелічених вище), називаються пластифікаторами [16]. Такі модифікатори можуть випускатися у вигляді сухого порошку або напіврідкої речовини.

Пластифікатори виготовляються з:

- органічних матеріалів;
- органомінеральних комбінацій;
- неорганічних речовин.

Натуральні добавки найчастіше виготовляються на основі відходів нафтохімічної, агрохімічної та лісопереробної промисловості. Неорганічні добавки виготовляються на основі концентратів нафталін сульфокислоти, формальдегіду та ін.

Використання пластифікаторів не робить інженерні роботи дорожчими, а навпаки, зменшує витрати на них. Застосування коригувальних елементів дозволяє помітно скоротити загальну витрату цементу.

Особливо ефективно у цьому плані використання гіперпластифікаторів. За рахунок них можна заощаджувати до 25% цементу. У деяких випадках використання спеціальних компонентів є доволі необхідним прийомом, наприклад, при заливанні густоармованих конструкцій (опалубок та колон).

3.4 Вплив добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону

Введення в бетонну суміш супер-і гіперпластифікаторів, комплексних хімічних добавок та тонкодисперсних мінеральних наповнювачів (золи, мікрокремнезему, тонкомолотих шлаків та ін.) покращує характеристики міцності дрібнозернистих бетонів. Для всіх дрібнозернистих бетонів з метою покращення їх властивостей корисно вводити невелику добавку мікрокремнезему. Використання мікрокремнезему знижує витрату в'язучого.

Оптимальним є введення мікрокремнезему разом із суперпластифікаторами в склад в'язучого, оскільки підвищений вміст мікрокремнезему негативно позначається на реологічних властивостях останнього. Застосування

суперпластифікаторів дозволяє вирішити ряд завдань, наприклад, різні умови використання бетону в регіонах. Тому добавки на основі полікарбонату повинні бути використані так, щоб забезпечити однакові експлуатаційні характеристики для кожного регіону. Дані добавки дозволяють: збільшити термін зберігання бетонної суміші (суміш залишається рідкою або довше не дає усадки), сприяє збільшенню міцності в ранній термін твердіння, додатково не залучаючи повітря. Найбільш доцільно використання потрійної системи “суперпластифікатор - мікрокремнезем - мінеральний наповнювач” [22].

Органо-мінеральні модифікатори типу МБ є новим, незвичайним видом добавок для бетонів, розчинів та сухих сумішей. Особливість полягає в тому, що це порошкоподібні полікомпонентні продукти, що поєднують у своєму складі добре розчинні інгредієнти органічного походження з погано розчинними неорганічного походження. Модифікатори позначаються аббревіатурою МБ. Залежно від співвідношення мікрокремнезему та золи-виносу в неорганічній частині, модифікатори поділяються на п'ять видів.

Залежно від співвідношення мікрокремнезему та розширюючої композиції в неорганічній частині, модифікатори поділяються на три види. Приклади їх позначення: Ембеліт-50, Ембеліт-75 та Ембеліт-100. Насипна щільність порошкоподібних продуктів – $0,75 \dots 0,80 \text{ т/м}^3$, розмір гранул у порошках – $0,01 \dots 0,4 \text{ мм}$ (рис. 1.2). Гранулометричний склад представлений рис. 3.1.

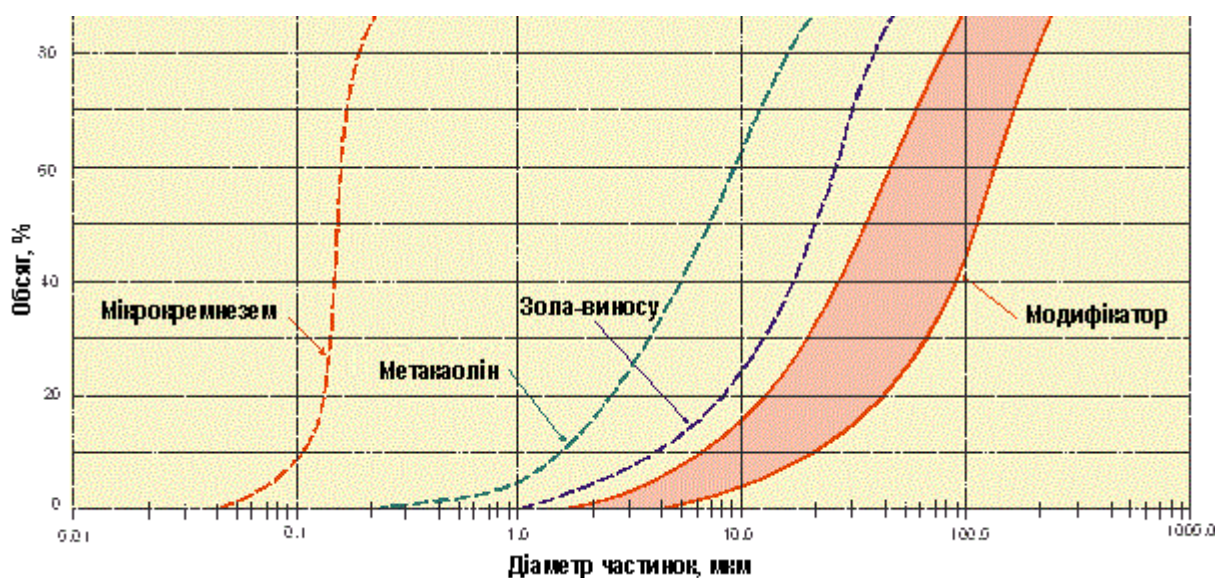


Рис. 3.1 Гранулометричний склад різних видів МБ та їх неорганічних компонентів

Структура частинок МБ є сукупністю з ультрадисперсних частинок мікрокремнезему і золи-виносу, або тільки мікрокремнезему, частинки якого рівномірно покриті адсорбційною плівкою, що затверділа, з молекул суперпластифікатора та інших органічних компонентів модифікатора. Затверділа адсорбційна плівка «скріплює» частинки мікронаповнювача між собою, формуючи міцні та стійкі до повітряного середовища гранули (рис. 1.2).

Але водночас затверділа адсорбційна плівка є водорозчинною і сприяє їх швидкій дезагрегації при перемішуванні модифікатора з водою в процесі приготування бетонної суміші. Один із перспективних напрямів зниження витрати цементу та регулювання технологічних властивостей бетонної суміші та фізико-механічних характеристик бетонів - застосування хімічних добавок. Мікроструктура мінеральних компонентів представлена на рис. 3.2.

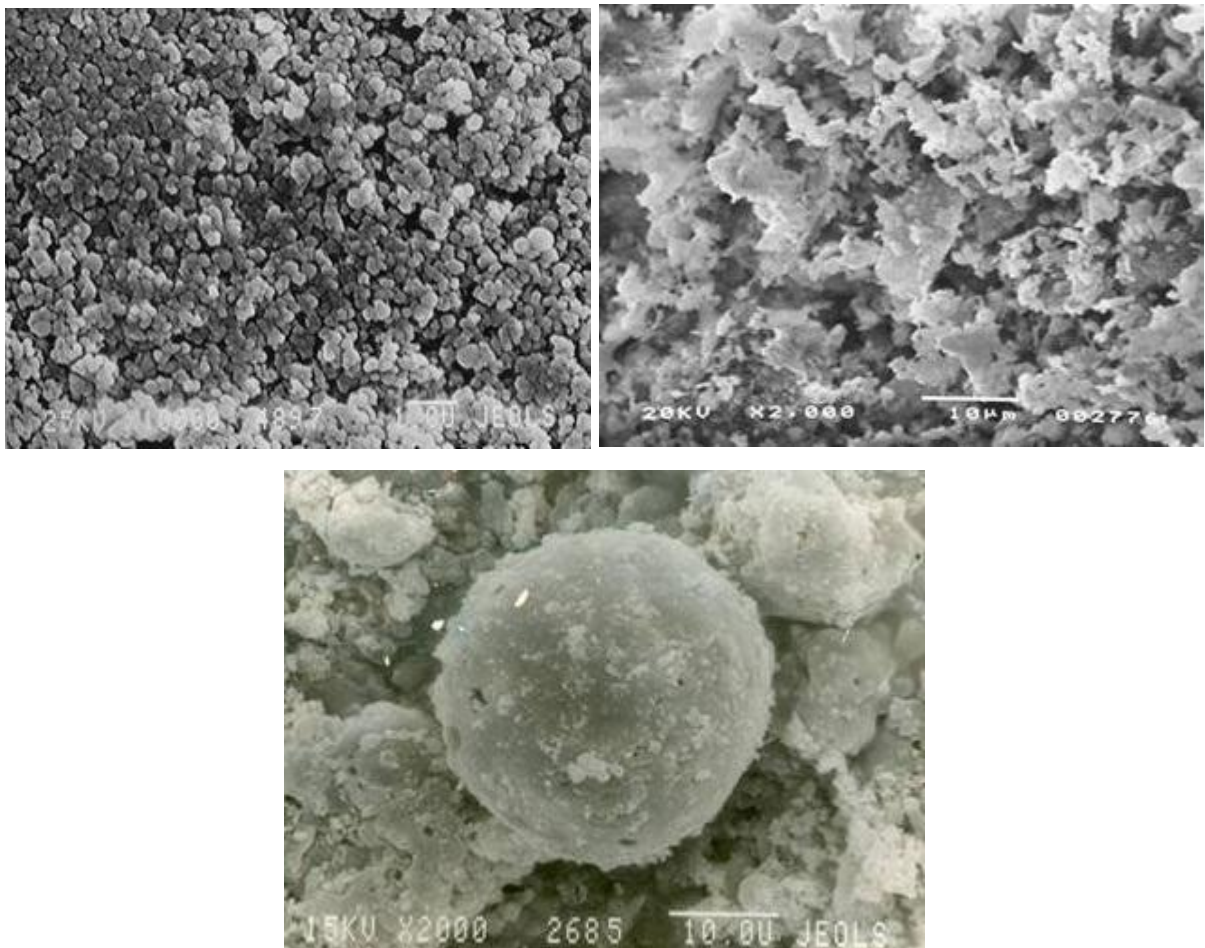


Рис. 3.2 Мікроструктура мінеральних компонентів модифікаторів:
а) мікрокремнезем (збільшення у 10000 разів); б) метакаолін (збільшення у 2000 разів); в) зола-виносу (збільшення у 2000 разів).

В даний час застосовується велика кількість добавок, які можна класифікувати за хімічним складом, механізмом дії, основним технічним та технологічним ефектам та іншим властивостям.

Суперпластифікатори, виготовлені на основі меламіно- та нафталіно-формальдегідних смол, найбільш технологічно ефективні в даний час.

Основний напрямок дії суперпластифікаторів – це розрідження бетонної суміші до високорухливої та литої консистенції. Вводиться ця добавка в кількості 0,3-0,6%, для забезпечення необхідної кількості вологи (знижує витрату води) та підвищення фізико-механічних характеристик бетону.

Суперпластифікатор на ранніх стадіях взаємодії цементу з водою дезагрегує та частково об'єднує цементні частинки до великих утворень, а також обволікає їх поверхні. При цьому знижуються сили міжмолекулярного тяжіння [12].

Це сприяє уповільненню процесу структуроутворення [12], але забезпечує більш повний перебіг процесів гідrataції та утворення однорідної дрібнокристалічної структури. В результаті адсорбції кількість води сольватних оболонок знижується, суміш розріджується і рухливість її різко зростає.

Відмінною особливістю дії суперпластифікаторів є їхня короткочасність. Через 1-1,5 години після їх введення рухливість сумішей різко знижується. Ця обставина вимагає укладання суміші в конструкцію або форму за певний проміжок часу, коли суперпластифікатор ще має свою дію [12].

У технології бетону найбільш актуальною проблемою є одержання високорухливих бетонних сумішей із забезпеченням збереження властивостей у часі та інтенсивним набором міцності бетону у ранні терміни твердіння без застосування теплової обробки. Бетон повинен бути довговічним, міцним і протистояти механічним впливам.

Підвищена кількість використання води, для забезпечення зручності укладання, призводить до утворення значної пористості. А циклічне заморожування та розморожування призводить до розшарування, частого тріщиноутворення та зниження несучої здатності готового виробу.

Застосування хімічних добавок, а точніше суперпластифікаторів дозволяє

регулювати властивості бетону в досить широких межах без істотного ускладнення технології виробництва, допомагає вирішити багато проблем, що стоять в даний час перед будівельною технологією.

Для того, щоб бетонна суміш мала необхідні технічні властивості потрібно враховувати залежності концентрації розчину суперпластифікатора і кінетики набору міцності бетону на різних термінах твердіння.

Під поняттям «добавки» розуміють органічні та неорганічні речовини, що застосовуються як модифікатори, які виготовляються на в'язучих на основі портландцементного клінкеру, що сприяють регулюванню та зміні властивостей бетонної суміші. Добавки застосовують з метою покращення спеціальних властивостей, необхідних для подальшого їх використання для зведення будівель та споруд із бетону та залізобетону, тобто, збірних та монолітних конструкцій високої якості, в оптимальні терміни [15].

Добавки, що вводяться в бетонну суміш, регулюють необхідні властивості бетонної суміші від моменту виготовлення, до укладання в опалубку з ущільненням. З їх допомогою створюється можливість регулювання механізму твердіння, а також покращення структури та кінцевої характеристики отриманої суміші.

Система (пов'язані окремі компоненти суміші, шляхом замішування водою цементу, піску та щебеню) має ряд властивостей, таких як: зручноукладальність (рухливість, жорсткість), яка відповідає за легкість вивантаження та укладання суміші в опалубку, з подальшим ущільненням [15]. Чим вище зручність, тим легше здійснюються технологічні та механічні процеси, що відбуваються при роботі з бетонною сумішшю, що особливо актуально для монолітного будівництва.

Найчастіше висока зручноукладальність досягається підвищеною витратою води в бетоні, що зводить нанівець всі переваги отриманої пластичної суміші: в тілі бетону розгортається усадкове тріщиноутворення, структуру розчинної частини хаотично пронизують мікротріщини за різними напрямками, і, як наслідок, відбувається значне погіршення якості бетону [16].

Застосування добавок-пластифікаторів дозволяє збільшувати рухливість

бетонної суміші вихідного складу з П1 до П5 без збільшення водовмісту системи. При цьому кінцеві характеристики бетону не тільки не погіршуються, але відбувається їх поліпшення [15]. Зокрема, при отриманні рівнорухомих сумішей за рахунок зниження витрати води, і, як наслідок, зменшення значення В/Ц, зрештою бетон набуває підвищеної міцності, морозостійкості та водонепроникності.

Як відомо, згідно з нормативно-технічною літературою і будівельним законодавством суворо забороняється додавати воду в готовий бетон або розчин, що почав схоплюватися. Внаслідок цього просто необхідно виготовляти суміші з показниками якості, незмінними протягом певного часу.

Для забезпечення виконання цих умов і щоб уникнути різних негативних процесів, рекомендується при приготуванні бетонної суміші додавати до неї уповільнювач схоплювання або стабілізуючі добавки з метою збереження властивостей у часі або використовувати пластифікатор за схемою: частина – на заводі-виробнику, частина – на об'єкті безпосередньо в міксер.

У процесі виготовлення виробів та конструкцій із збірного залізобетону також виникає низка проблем, найбільш актуальними з яких є:

- збільшення темпів оборотності форм та устаткування;
- прискорення набору бетоном відпускнуї та передавальної (для попередньо напружених залізобетонних конструкцій) міцності;
- поліпшення текстури та якості поверхні виробів.

Основними показниками якості бетонів та будівельних розчинів є висока міцність та довговічність виготовлених з них та за їх допомогою виробів та конструкцій.

Під міцністю бетону розуміється його здатність чинити опір статичним і динамічним навантаженням [13].

Першорядними властивостями, що забезпечують довговічність бетону, є морозостійкість і водонепроникність.

Першорядним завданням сучасного ринку будівельних матеріалів, безперечно, можна назвати зниження собівартості продукції з одночасним збереженням необхідних показників якості.

3.5 Властивості та характеристики застосовуваних матеріалів

Для приготування бетонів у якості дрібного заповнювача використовувалися: дрібний природний пісок Безлюдівського родовища, крупний природний пісок Шаровського родовища та подрібнений пісок із гранітного щебеню з Харківської області.

Дані гранулометричного складу природного піску вказані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Характеристика природного Безлюдівського, Шаровського та подрібненого піску із граніту

Характеристика	Найменування матеріалу		
	Безлюдівський пісок	Шаровський пісок 0-5мм (на ситі 5 мм – 0%)	Подрібнений пісок із граніту
Насипна густина, кг/м ³	1470		1487
Гранулометричний склад, залишки на ситах, мм (часткові/повні)			
2,5	0,41/0,41	33,91 / 33,91	17,96 / 44,27
1,25	0,4/0,81	20,87 / 54,78	11,34/55,61
0,63	1,19/2,0	18,40 / 73	3,84 / 59,45
0,315	30,1/32,1	18,48/91,66	8,42 / 67,87
0,16	65,8 / 97,9	7,5 / 99,16	8,86 / 76,73
<0,16	2,1 / 100	0,84 / 100	23,27 / 100
$M_{кр}$	1,33	3,53	3,40

Вид дрібного наповнювача для бетонної суміші представлений на рис. 3.3.

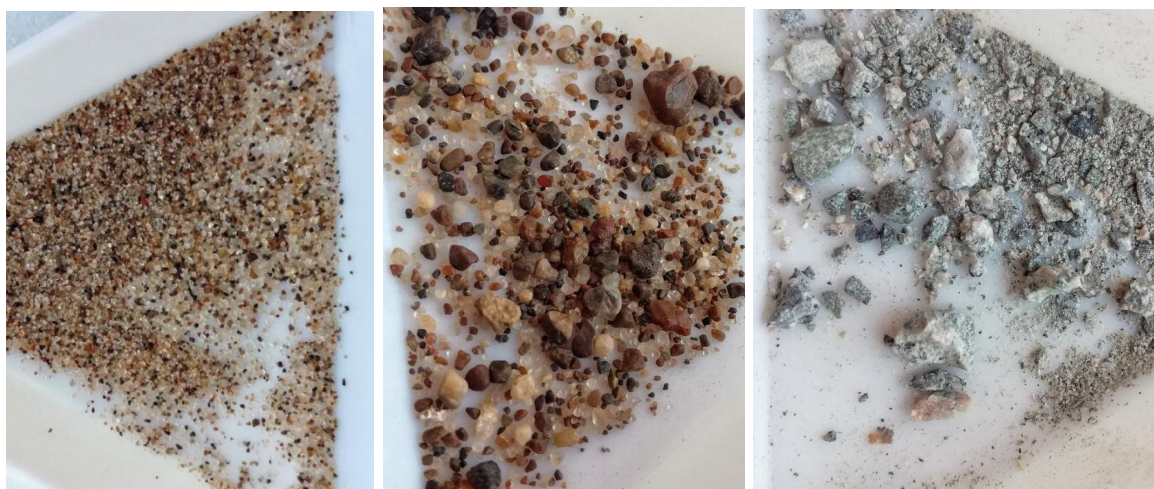


Рис. 3.3 Дрібний заповнювач для бетонної суміші:

а) Безлюдівський пісок; б) Шаровський пісок; в) пісок подрібнений із граніту

Безлюдівський пісок за значенням модуля крупності відноситься до групи піску «дуже дрібний».

Шаровський пісок за значенням модуля крупності належить до групи піску «підвищеної крупності». Повний залишок піску на ситі з сіткою № 63 відповідає значенням, зазначеним у таблиці 2 ДСТУ.

Подрібнений пісок із гранітних порід за значенням модуля крупності відноситься до групи піску «крупний». За вмістом зерен на ситі розміром чарунків 0,63 мм подрібнений пісок відповідає вимогам відповідного ДСТУ.

Піски відрізняються як на вигляд, так і за хімічним складом, залежно від місця їх видобутку. За зерновим складом Безлюдівський пісок дрібніший, ніж Шаровський. Використання Безлюдівського піску, відповідно, знижує водопотребу дрібнозернистої бетонної суміші та підвищує її повітровтягнення [21].

Важлива відмінність зернових складів природного та подрібненого пісків полягає в тому, що подрібнені піски можуть бути отримані практично будь-якого зернового складу. Правильний вибір дробильного обладнання та режимів його роботи дозволяють отримувати подрібнені піски будь-якого, необхідного для технології бетонних робіт, зернового складу. Це істотна перевага подрібнених пісків перед природними, які зазвичай застосовуються. Ще однією позитивною властивістю подрібнених пісків є висока однорідність зернового складу. Ці позитивні фактори дозволяють звести до мінімуму негативний вплив форми зерен подрібнених пісків [21].

При використанні подрібнених пісків і відходів дроблення ми маємо справу з полі- та мікрочастинками, геометрична форма яких може бути порушена і в кожному з них є велика кількість мікротріщин, що додатково збільшують поверхню. Роботами вчених встановлено, що такі тріщини можуть мати глибину до 50-100 А. Силове поле поверхні кристала загалом не можна розглядати як однорідне.

Макроструктура щебеню та піску з маломіцних карбонатних порід насичена порами, порожнечами, тріщинами, які сприяють кращому зчепленню поверхні заповнювача з цементним каменем, але ускладнює визначення фактичної питомої поверхні матеріалу [12].

Тому при контакті з рідиною відбувається змочування поверхні заповнювача. Виникає нова межа розділу: тверде тіло – рідина.

Генетичні особливості та структурно-міцнісні характеристики вихідної гірської породи визначають зерновий склад піску. Не менш суттєвою є роль типу та режимів подрібненого обладнання.

Відзначається в ряді випадків недостатня кількість зерен середньої крупності 0,3-1,25 мм і часто надмірні зерна більше 1,25 мм.

При цьому зерновий склад піску залежить від типу дробарки, величини розвантажувальної щілини, числа обертів ротора (у дробарках ударної дії) та ряду факторів.

Зазначимо, що спеціальне дослідження технології та обладнання для отримання подрібненого піску та відходів дроблення не є предметом даної роботи. Тому питання, пов'язані з продуктивністю дробарок, вибором оптимальних режимів їх роботи, залежністю зернового складу від величини щілини розвантаження та інші технологічні питання тут не розглядаються. Вони повинні бути предметом спеціальних досліджень [21].

Певна кількість частинок менше 0,05 мм сприятливо впливає на бетонні (розчинні) суміші з невеликою витратою цементу.

Безумовно, що високий (більше 15-20%) вміст кам'яного пилу та дрібних фракцій викликає певні ускладнення у технології: зниження рухливості суміші, деяку її «жорсткість», труднощі з перемішуванням (необхідно більше часу) та ущільненням (більша робота з ущільнення) суміші та деякі інші.

Однак ці ускладнення можуть бути усунені за допомогою спеціальних заходів. Збагачення піску може здійснюватися звичайними способами, особливо пневмокласифікацією. У процесі виготовлення бетонної суміші завжди показано застосування пластифікаторів і, особливо, суперпластифікаторів. Тому подрібнений пісок та відходи дроблення, отримані за відпрацьованою та обґрунтованою технологією є відмінним матеріалом для бетону.

Удобоукладальність суміші є вирішальним чинником, як пластичного, і затверділого бетону (при заданих параметрах ущільнення і твердіння).

Надлишок цементного тіста погіршує технічні властивості ЦПС – збільшується усадка та повзучість, зменшується тріщиностійкість та довговічність. Зернова характеристика піску пов'язує поверхню та порожнечу матеріалу.

При виконанні експериментальних досліджень у якості в'язучого використовувався шлакопортландцемент ШПЦ Valcem III/A-400, швидкотвердіючий (ПрАТ “Балаклейський цементний завод”, м. Балаклія, Харківська область), дані вказані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Показники якості цементу ШПЦ Valcem III/A-400

Показники	Значення
1. Будівельно-технічні властивості цементу	
Межа міцності при стиску у віці: 2 діб	15,0 МПа
28 діб	41,9 МПа
Початок схоплювання	230 хв
Кінець схоплювання	334 хв
Нормальна густина цементного тіста	29,4%
Наявність помилкового схоплювання	Відсутня
Залишок на ситі розміром отворів 45 мкм	10,2%
Рівномірність зміни обсягу	0,2 мм
Вміст мінеральної добавки (шлак та пуццолана)	20,0%
2. Мінералогічний склад клінкеру (розрахунковий), %	
Трикальцієвий силікат (C_3S)	72,0
Двокальцієвий силікат (C_2S)	8,1
Трьохкальцієвий алюмінат (C_3A)	5,4
Чотирьохкальцієвий алюмоферит (C_4AF)	12,9
Негашене вапно (CaO_{ce})	0,3

При виготовленні цього цементу використовуються комплексні мінеральні добавки – шлак та пуццолана. При використанні доменного гранульованого шлаку досягається стійкість до дії мінералізованих вод та підвищення пластичності бетонних розчинів. Наявність пуццолана підвищує стійкість до окремих видів корозії та, зокрема, до сульфатної корозії.

Так само при виконанні експериментальних досліджень, у якості в'язучого використовувався портландцемент швидкотвердіючої марки Valcem ПЦ I-500-Н на основі клінкеру нормованого складу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 Показники якості цементу ПЦ І-500-Н

Показники	Значення
1. Будівельно-технічні властивості цементу	
Межа міцності при стиску у віці: 2 діб	20,0 МПа
Міцність на стиск у віці 28 діб не менше	42,5 МПа
Міцність на стиск у віці 28 діб не більше	62,5 МПа
Початок схоплювання	60 хв
Кінець схоплювання	Не нормується
Нормальна густина цементного тіста	Не нормується
Рівномірність зміни обсягу	Не більше 10,0 мм
Портландцементний клінкер	95-100%
Допоміжні компоненти	0-5%
2. Мінералогічний склад клінкеру (розрахунковий), %	
Трикальцієвий силікат (C_3S)	61,56
Двокальцієвий силікат (C_2S)	16,07
Трьохкальцієвий алюмінат (C_3A)	6,20
Чотирьохкальцієвий алюмоферит (C_4AF)	12,68

З метою поліпшення властивостей дрібнозернистого бетону та зниження витрати в'язучого вводимо добавку мікрокремнезему (МК), який ущільнює структуру бетону. Оптимальним є введення мікрокремнезему разом із суперпластифікаторами, оскільки підвищений вміст мікрокремнезему негативно позначається на реологічних властивостях останнього [17].

Хімічний склад мікрокремнезему представлений у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 Хімічний склад мікрокремнезему

Компонент	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	C	S
%	90-92	0,68	0,69	0,85	1,01	0,61	1,23	0,98	0,26

Значення показника рН водної суспензії мікрокремнезему становить середньому – 7,74.

Досвід інших країн, який нещодавно отримав підтвердження у Великій Британії, показав, що 1 кг мікрокремнезему забезпечує ту ж міцність, що і 3-5 кг портландцементу, у сумішах однакової зручнообробності при помірному вмісті МК та цементу в обох сумішах [22].

При додаванні МК у кількості до 30% у поєднанні з суперпластифікатором

можна отримати суміші з відношенням «вода/в'язуче» нижче 0,3.

Таким чином, слід відзначити універсальність добавки МК як дисперсії, що впливає на тиксотропні властивості системи через зміну протяжності структурних елементів – ланцюжків та їх переходу при контактних взаємодіях у просторові каркасні чарунки. Ця умова відповідає мінімальним значенням міжфазного натягу при максимальному розвитку граничних поверхонь, що передбачає існування великої кількості точкових коагуляційних контактів до створення гранично наповненої системи, в якій колективний перехід до зчеплення в ближньому порядку викликає різке зміцнення. Такий етап гідратоутворення з колоїдацією кремнеземних частинок, за рахунок яких формуються просторові упаковки, призводить до самоармування цементної системи композиту, що твердіє.

У дослідженнях були застосовані наступні суперпластифікатори:

- Cemmix CemPlast;
- Sika Viskocrete;
- Coral Master-Silk.

Механізм дії полікарбоксилату представлено на рис. 3.4.

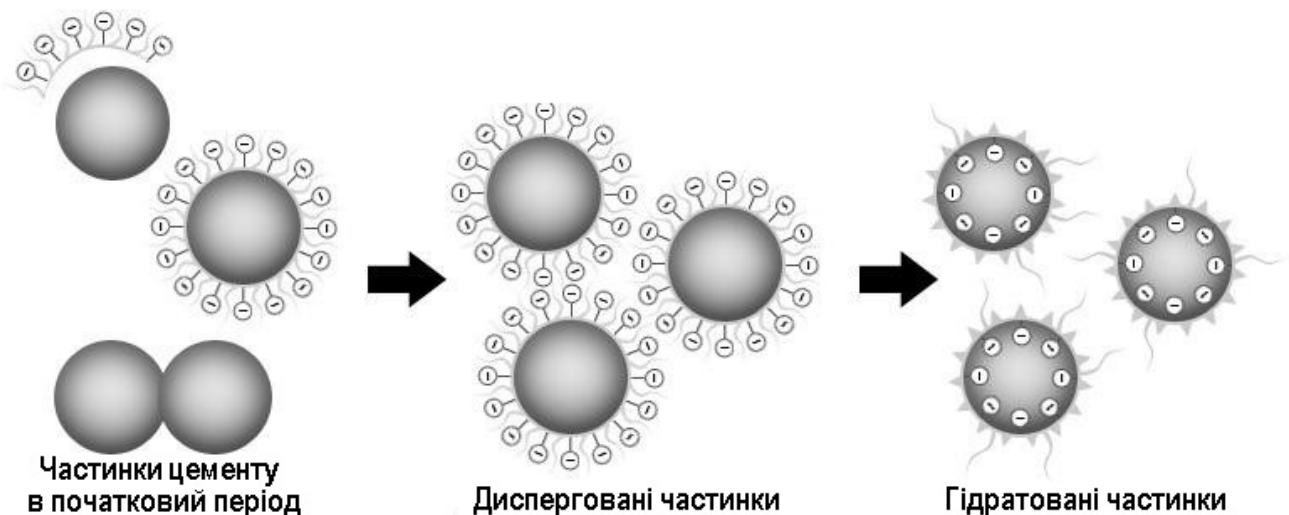


Рис. 3.4. Механізм дії полікарбоксилату

3.6 Методи експериментальних досліджень

Встановлення найменших зусиль, при яких руйнуються спеціально виготовлені контрольні зразки бетону, є визначенням міцності бетону.

Зразки були виготовлені та випробувані партіями.

Визначається практично середнє арифметичне значення будь-якої випадкової величини оскільки визначити справжнє значення експериментально неможливо. Отриманий результат буде наближений до справжнього значення і може використовуватися замість нього.

Вимірювання ділять на сукупні і спільні, непрямі та прямі - за методом знаходження числового значення величини, яка знаходиться. При розрахунку похибок та розгляд експериментальних даних необхідно це враховувати. Похибки можуть бути при неодноразовому вимірі. Похибки ділять на випадкові та систематичні. Від випадкових похибок при вимірах позбутися неможливо. Якщо здійснено один вимір, вивести випадкову похибку не можна.

Для отримання значення, максимально близького до справжнього значення, необхідно використовувати низку практичних рекомендацій, які з положень теорії ймовірності.

Дослідження експериментальної частини проводились у галузевій лабораторії кафедри будівельних конструкцій.

В якості дрібного заповнювача для виготовлення бетонів використовувалися Безлюдівський, Шаровський і подрібнений пісок з граніту. Оцінка якості дрібного заповнювача проводилася за встановленими методами випробування, згідно з нормативною документацією та відповідно до вимог, що пред'являються до піску як дрібного заповнювача.

за допомогою стандартного набору сит з осередками розміру: 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 та 0,16; Визначають зерновий склад піску.

Розрахунково-експериментальним методом визначають оптимальний склад бетону:

1. На основі вихідних даних проєктування складу бетону з використанням графіків, таблиць і формул.

2. На основі пробних замісів вдосконалення складу бетону.

3. Виходячи з витрати матеріалів на раціональний пробний заміс та його об'єму визначають фактичну витрату складових матеріалів на 1 м^3 бетону.

Остаточний склад бетону виражається як витрати матеріалів на 1 м^3 бетону чи частинах за масою чи за обсягом стосовно цементу.

При використанні комплексних методів, досліджується вплив суперпластифікаторів на властивості бетонних сумішей та бетонів.

У відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-114-2002 проводять оцінку рухливості бетонної суміші.

Готову бетонну суміш для визначення її рухливості завантажують у стандартний конус, встановлений на металевий піддон. Перед випробуванням конус і всі пристрої очищають і протирають вологою тканиною. Завантаження бетонною сумішшю проводять у три шари, штикуючи кожен шар 25 разів. Конус під час наповнення має бути щільно притиснутий до піддону. Після ущільнення бетонної суміші її надлишок зрізають нарівні з верхнім краєм конуса. Визначена осадка конуса з бетонної суміші в сантиметрах служить показником рухливості.

Приготовлену суміш укладають у металеві роз'ємні форми, потім ущільнюють на вібромайданчику, після чого приготовані зразки бетону зберігають у формах протягом доби у вологих умовах. На результат випробування впливає розмір та форма зразків, тому їх суворо дотримуються. Після доби зразки бетону витягують із форм, після чого вони зберігаються протягом 7, 14 та 28 діб у нормальних умовах твердіння.

Межу міцності при стисканні бетонів визначали на зразках-кубах розмірами $70,7 \times 70,7 \times 70,7$ мм та $100 \times 100 \times 100$ мм на гідравлічному пресі з навантаженням 250 т. Зразки бетону вимірювали та зважували перед початком випробування на міцність.

3.7 Моделювання складу бетонної суміші

Для виготовлення експериментальних бетонів застосовувалися:

- три види дрібного заповнювача: пісок Безлюдівського, Шаровського родовища та подрібнений пісок із граніту;
- два види цементу: шлакопортландцемент ШПЦ Valcem III/A-400 та портландцемент швидкого твердіння Valcem ПЦ I-500-Н;
- у якості модифікатора - мікрокремнезем в кількості 10%, 20% і 30%;

- суперпластифікатори: Cemmix CemPlast, Sika Viskocrete 25, Coral Master-Silk.

У якості дрібного заповнювача використовувалися: крупний ($M_{кр} = 3,53$) природний пісок Шаровського родовища, дрібний ($M_{кр} = 1,33$) природний пісок Безлюдівського родовища та подрібнений пісок ($M_{кр} = 3,40$) з гранітного щебеню Харківської області. Види наповнювача для дрібнозернистого бетону представлені на рис. 3.5.



Рис. 3.5 Види наповнювачів для бетонної суміші

1) Безлюдівський пісок; 2) Шаровський пісок; 3) пісок подрібнений із граніту

Для визначення залежності міцності бетону від виду заповнювача необхідно виготовити партії зразків на різних видах дрібного заповнювача для визначення динаміки набору міцності та визначити показники міцності, а також провести аналогічний досвід із цими заповнювачами фр. 0,315-0,63.

Досліджували вплив кількості модифікатора (мікокремнезему) на міцність одержаних зразків.

Вибравши оптимальний базовий склад – було досліджено вплив виду суперпластифікатора на міцність бетону, у тому числі зроблено висновок щодо дії даних пластифікаторів: зручності, пластичності суміші, твердіння тощо.

Кінцева точка дослідження – підбір оптимального складу бетонної суміші для отримання високоміцних зразків дрібнозернистого бетону.

3.8 Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність дрібнозернистого бетону

Крупність і зерновий склад піску як дрібного заповнювача бетону є його найважливішими якісними характеристиками. Зерновий склад дрібного заповнювача визначає жорсткість бетонної суміші та, як наслідок, витрата цементу. Постійність зернового складу необхідна для отримання стабільної жорсткості бетонної суміші, однорідності і міцності дрібнозернистого бетону (ДЗБ).

Піски відрізняються, як на вигляд, так і за хімічним складом, залежно від місця їх видобутку. За зерновим складом Безлюдівський пісок дрібніший, ніж Шаровський. Використання Безлюдівського піску знижує водопотребу дрібнозернистої бетонної суміші та підвищує її повітровтягнення. Зерна природних пісків мають добре обгорнуту округлу форму. Поверхня зерен митого Безлюдівського піску гладкіша, ніж у Шаровського піску. Зерна подрібненого піску мають гострокутну форму і шорстку поверхню.

Важлива відмінність зернових складів природного та подрібненого пісків полягає в тому, що подрібнені піски можуть бути отримані практично будь-якого зернового складу. Правильний вибір дробильного обладнання та режимів його роботи дозволяють отримувати дроблені піски будь-якого, необхідного для технології бетонних робіт, зернового складу. Це істотна перевага подрібнених пісків перед природними, що зазвичай застосовуються. Ще однією позитивною властивістю подрібнених пісків є висока однорідність зернового складу. Ці позитивні чинники дозволяють мінімізувати негативний вплив форми зерен дроблених пісків.

Для визначення залежності міцності бетону від виду заповнювача було виготовлено бетонні зразки партій 1-3 та 4-6. У бетонах партій 4-6, у якості заповнювача використані досліджувані піски фракції 0,315-0,63 мм. Склади бетонних сумішей партій 1-6 представлені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Склад бетонної суміші

№ партії	1	2	3	4	5	6
Одиниця виміру	кг/м ³					
Цемент	629	666	641	625	621	596
Пісок Безлюдівський	1258	-	-	1250 (Фр. 0,315-0,63)	-	-
Пісок Шаровський	-	1333	-	-	1241 (Фр. 0,315-0,63)	-
Пісок подрібнений із граніту.	-	-	1283	-	-	1191 (Фр.0,315-0,63)
Вода	314	333	321	312	310	298
В/Ц	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2201	2332	2245	2187	2172	2085

При однаковому складі бетонні суміші на дрібному Безлюдівському піску показали менший розплив конуса, ніж на Шаровському піску. Подрібнений пісок має більше водопоглинання [12] за рахунок шорсткої поверхні та тріщин у зерні, в результаті чого бетонна суміш на подрібненому піску жорсткіша, ніж на природних пісках, рухливість бетонної суміші різко знижується в порівнянні з рухливістю сумішей на природних пісках (дані вказані в таблиці 3.7 і представлені у вигляді графіка рис. 3.6).

Таблиця 3.7 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії					
	1	2	3	4	5	6
Межа міцності при стиску, R_{cm} , МПа						
7 діб	30,3	30,3	40,8			
14 діб	46	42,5	49,5			
28 діб	47,8	47,2	51,5	51,5	52,9	56,1
120 діб	53,1	52,4	57,2			
Межа міцності при згині, $R_{згин}$, МПа						
28 діб				79,69	70,31	75,00

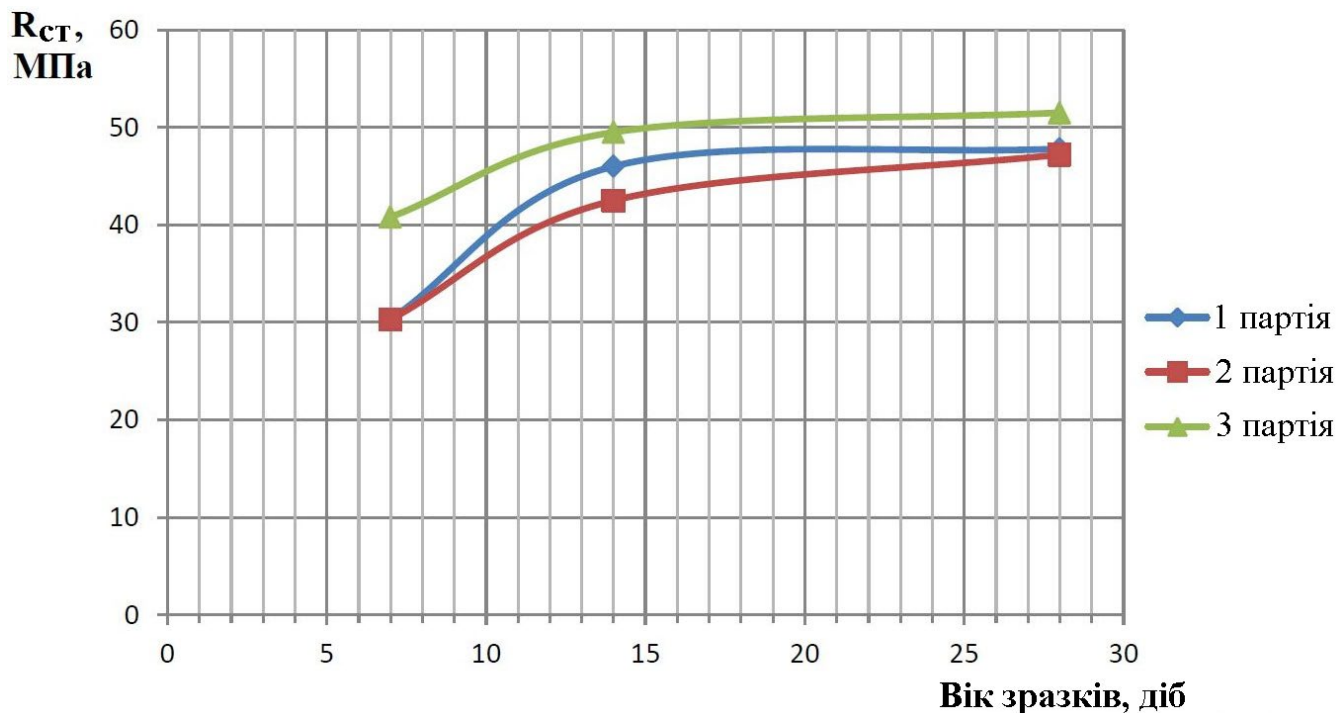


Рис. 3.6 Залежність міцності бетону від виду заповнювача

Міцність бетону в залежності від виду та крупності заповнювача представлена на рис. 3.7.

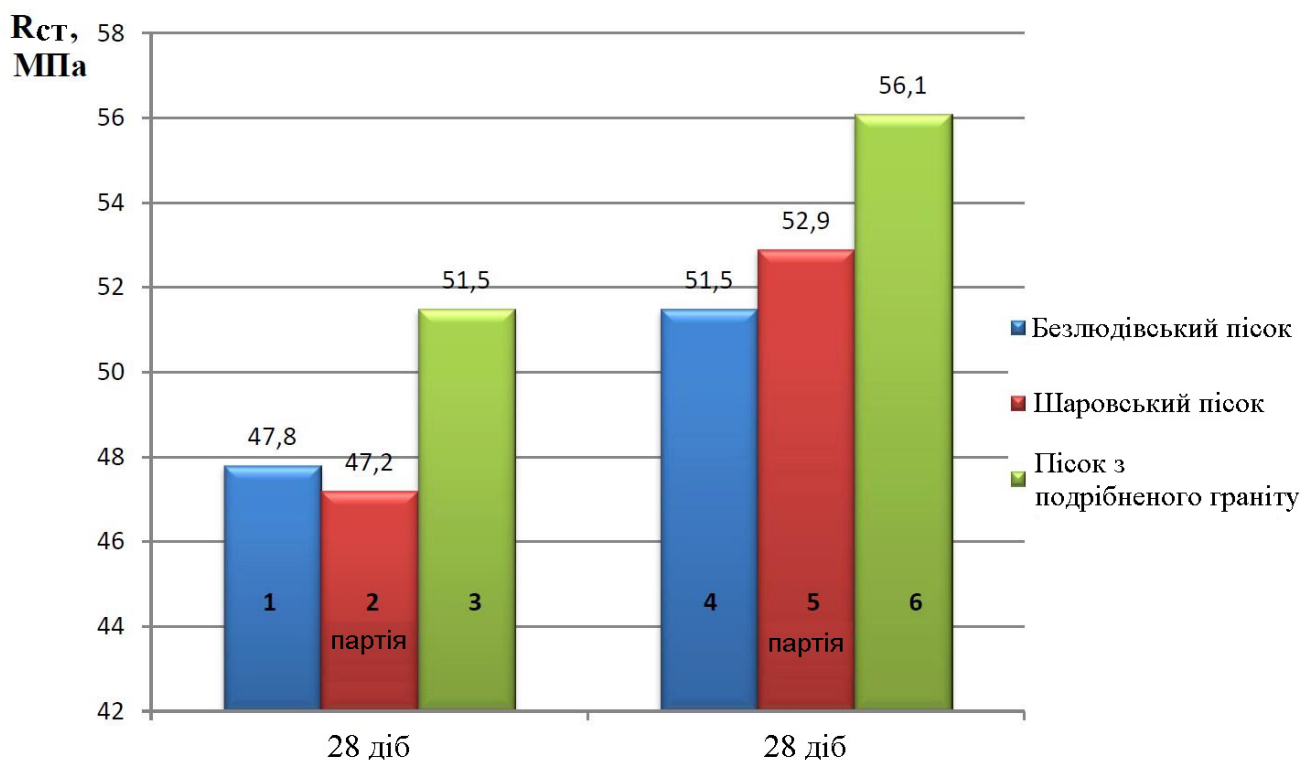


Рис. 3.7 Залежність міцності бетону від виду заповнювача

Згідно з результатами випробувань, міцність бетонних зразків на подрібненому піску з граніту вища, ніж міцність зразків на Безлюдівському та Шаровському пісках.

Результати досліджень щодо визначення міцності при стиску, розтязі зразків піщаного бетону на щільному подрібненому граніті показують, що піщані бетони на подрібненому піску з вивітряних гранітів мають значно меншу міцність при стиску та розтязі.

Основною причиною суттєвого зниження міцності піщаних бетонів на подрібненому піску з вивітряних гранітів є високий (до 15-20%) вміст біотиту та уривчастий контакт його з цементним каменем.

Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (у віці 28 діб) на піску з подрібненого граніту (51,5 МПа), далі в порядку зменшення – на Безлюдівському (47,8 МПа) та Шаровському піску (47,2 МПа).

Застосовуючи у якості заповнювача бетону пісок фракції 0,315-0,63 мм даних пісків (п. 4-6), найкращий результат по міцності так само показав бетон, де у якості заповнювача використовувався подрібнений пісок з граніту.

Міцність зразків бетону на Безлюдівському та Шаровському пісках у віці 7 діб практично однакова, але до 14 діб міцність швидше набирають зразки бетону на Безлюдівському піску, ніж на Шаровському піску, а далі міцність цих бетонів практично однакова.

На подрібненому піску з граніту 7 діб бетон набирає міцність 79% від марочної міцності даного бетону. Після 28 діб міцність бетону продовжує зростати і до 120 діб сягає 57 МПа.

Для дослідження впливу на міцність бетону пісків різної крупності було виготовлено бетонні зразки партій 7-10 бетонних зразків. У даних бетонних зразках у якості заповнювача був використаний Шаровський пісок

Розглянуто склади бетонних сумішей у співвідношенні Ц:П=1:2 при В/Ц = 0,5, дані щодо складу бетонної суміші зазначені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 Склад бетонної суміші

№ партії	7	5	8	9	10
Од. вим.	кг/м ³				
Цемент	625	621	625	641	641
Пісок Безлюдівський	-	-	-	-	-
Пісок Шаровський	1250 (фр. 0,16- 0,315)	1241 (фр. 0,315- 0,63)	1250 (фр. 0,63- 1,25)	1283 (фр. 1,25- 2,5)	1283 (фр. 2,5-5)
Пісок подрібнений з граніту	-	-	-	-	-
Вода	312	310	312	321	321
В/Ц	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Цільність бетонної суміші, кг/м ³	2187	2172	2187	2245	2245
Розплив, см	10	10	12,5	9,5	13

Результати випробування зразків на міцність представлені у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії				
	7	5	8	9	10
Межа міцності при стисканні, $R_{ст}$, МПа					
28 діб	50,3	52,9	50,3	42,8	35,5
Межа міцності при згинанні, $R_{згин}$, МПа					
28 діб	60,94	56,25	60,94	60,94	51,56

Результати випробувань ДЗБ з використанням заповнювача пісків різної крупності представлені на рис. 3.8.

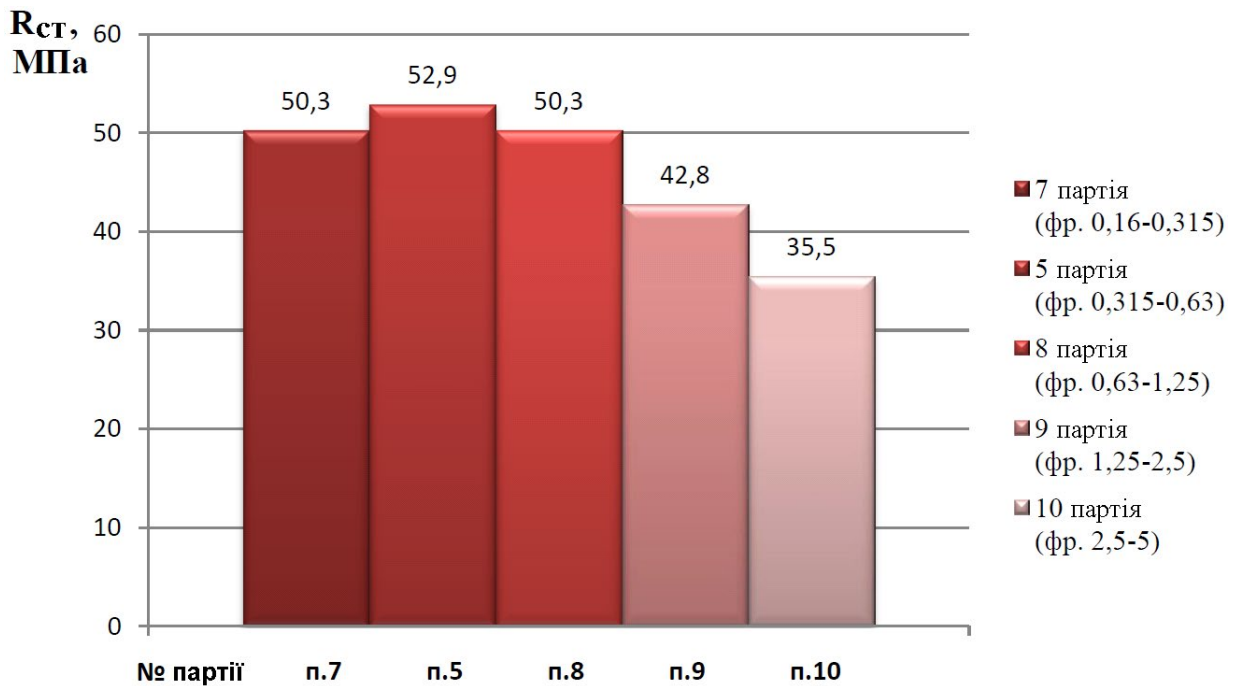


Рис. 3.8. Міцність бетону на пісках різної крупності

За результатами випробувань бетонних зразків видно, що найбільшу міцність показали зразки п. 5, виготовлені з використанням піску крупності 0,315-0,63 мм (52,9 МПа). Найменшу міцність мають зразки бетону з використанням як заповнювач піску крупністю 2,5-5 мм.

Зразки бетону після випробування на міцність представлені на рис. 3.9.



Рис. 3.9 Зразки бетону після випробування на міцність

Бетони виготовлені з піску дрібних фракцій 0,16-0,315 мм; 0,315-0,63 мм та 0,63-1,25 мм показують міцність у діапазоні 50,3-52,9 МПа.

Практично міцність бетону знижується з використанням у якості заповнювача піску більших фракцій. Зниження міцності бетону, виготовленого на піску фракції 1,25-2,5 мм, спостерігається на 15%, на піску фракції 2,5-5 мм - на 30% порівняно з міцністю бетону на фракції 0,63-1,25 мм. Таким чином, однією з умов високої міцності ДЗБ є крупність зерен піску, як наслідок – збільшення крупності піску веде за собою зниження міцності дрібнозернистого бетону. При цьому оптимальна крупність піску становить в діапазоні 0,16-1,25 мм.

Досліджено контактну зону між заповнювачем та цементним каменем за допомогою растрового настільного мікроскопа зі збільшенням від 20 до 1500 раз (рис. 3.10).



Рис. 3.10 Дослідження складу мілкозернистого бетону за допомогою растрового мікроскопу зі збільшенням від 20 до 1500 раз

Мікроскопічне вивчення зразків бетону на природних пісках після випробування на міцність показує, що в більшості випадків руйнація відбувається по зоні контакту заповнювач - цементний камінь, внаслідок чого зерна піску виявляються вирваними з гнізд в цементному камені.

Контакти між зернами природного заповнювача та цементного каменю в основному нерівні, щільні та міцні, видно новоутворення гідрату окису кальцію. На окремих ділянках зони контакту відзначається відсутність зчеплення зерен піску з цементним каменем у вигляді вузької переривчастої або суцільної смуги [12]. Мікроструктура зразків бетонного каменю представлена на рис. 3.11.

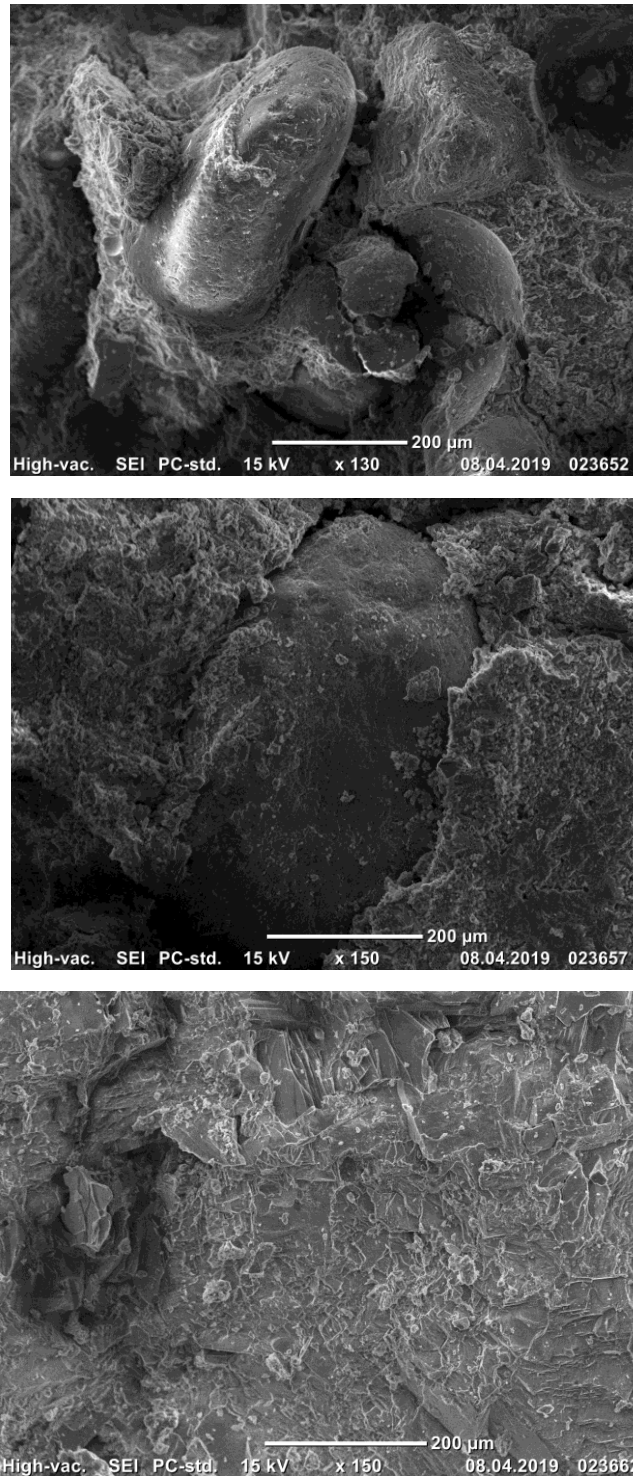


Рис. 3.11. Мікроструктура зразків бетонного каменю:

а) Безлюдівський пісок; б) Шаровський пісок; в) подрібнений пісок із граніту.

Контакти цементного каменю із зернами подрібненого піску із гранітів хороші, щільні. Цементний камінь проникає у нерівності зерен піску.

Дані щодо складу бетонної суміші вказані в таблиці 3.10. Результати випробування зразків на міцність представлені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.10 Склад бетонної суміші

№ партії	11	12	13	14	15
Пропорція	Ц: П = 1: 1	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:3	Ц: П = 1: 1,5	Ц: П = 1: 2,5
Одиниця вимірювання	кг/м ³				
Цемент	1188	1188	1188	1188	1188
Пісок Безлюдівський	1188	2376	3564	1782	2970
Вода	500	650	900	575	775
В/Ц	0,42	0,547	0,757	0,484	0,652
Щільність бетонної суміші кг/м ³	2143	2157	2128	2150	2143
Розплив на столику, см	20	21	21	20,5	21

Таблиця 3.11 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії				
	11	12	13	14	15
<i>R_{cm}</i> , МПа					
7 діб	40,2	33,5	14,7	36,9	24,1
14 діб	51,6	40,2	23,6	45,9	31,9
28 діб	56,7	42,5	27,1	49,6	34,8

Дані щодо складу бетонної суміші зазначені у таблиці 3.13. Результати випробування зразків на міцність представлені у таблиці 3.14.

Таблиця 3.13 Склад бетонної суміші

№ партії	16	17	18	19	20
Пропорція	Ц: П = 1: 1	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:3	Ц: П = 1: 1,5	Ц: П = 1:2,5
Од. вим.	кг/м ³				
Цемент	1485	1125	900	1305	1013
Пісок Шаровський (фр. 0-5)	1485	2250	2700	1868	2475
Вода	600	500	455	550	480
В/Ц	0,4	0,444	0,505	0,42	0,474
Щільність бетонної суміші кг/м ³	2195	2245	2303	2220	2274
Розплив на столику, см	25	21	20	23	20,5

Міцність бетону на подрібненому піску із граніту значно вища, ніж на природних пісках. Це пояснюється не тільки якістю контактної зони, а й шорсткістю поверхні, формою зерен подрібнених пісків і міцністю вихідних гірських порід.

Таблиця 3.14 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії				
	16	17	18	19	20
R_{cm} , МПа					
7 діб	44,2	39,0	34,7	41,6	36,9
14 діб	49,5	40,8	42,0	45,2	41,4
28 діб	55,3	45,4	43,4	50,4	44,4

Дані щодо складу бетонної суміші зазначені у таблиці 3.15. Результати випробування зразків на міцність представлені у таблиці 3.16.

Таблиця 3.15 Склад бетонної суміші

№ партії	21	22	23
Пропорція	Ц: П = 1:3	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1: 2,5
Од. вим.	кг/м ³		
Цемент	900	1125	1013
Пісок подрібнений з граніту	2700	2250	2475
Вода	620	563	592
В/Ц	0,69	0,5	0,58
Щільність бетонної суміші кг/м ³	2216	2245	2231
Розплив на столику, мм	20,5	21	20,5

Таблиця 3.16 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії		
	21	22	23
<i>R_{cm}</i> , МПа			
7 діб	21,3	40,8	31,1
14 діб	28,6	49,5	39,1
28 діб	31,2	57,2	44,2

3.9 Дослідження впливу добавок та модифікаторів на властивості дрібнозернистого бетону

Мікроскопічне вивчення зразків бетону на природних пісках після випробування на міцність показує, що в більшості випадків руйнування відбувається по зоні контакту “заповнювач - цементний камінь”, внаслідок чого зерна піску виявляються вирваними з гнізд в цементному камені.

Дані щодо складу бетонної суміші із заповнювачем з Шаровського піску вказані в таблиці 3.17. Результати випробування зразків на міцність представлені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.17 Склад бетонної суміші

№ партії	24	25	26
Пропорція	(Ц+МК): П = 1:2	(Ц+МК): П = 1:2	(Ц+МК): П = 1:2
Добавка МК	10% МК	20% МК	30% МК
Одиниця виміру	кг/м ³		
Цемент	1012	900	787
МК	113	225	338
Пісок Шаровський (фр. 0-5)	2250	2250	2250
Вода	490	530	600
Суперпластифікатор Семміх СемПласт	11 мл - 1% від (Ц+МК)	11 мл - 1% (Ц+МК)	11 мл - 1% від (Ц+МК)
В/Ц	0,436	0,471	0,533
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2271	2169	2157
Розплив на столику, мм	22	21,5	22

Таблиця 3.18 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії		
	24	25	26
R_{cm} , МПа			
7 діб	36,0	25,2	19,0
14 діб	41,1	31,2	25,5
28 діб	48,2	34,7	30,4

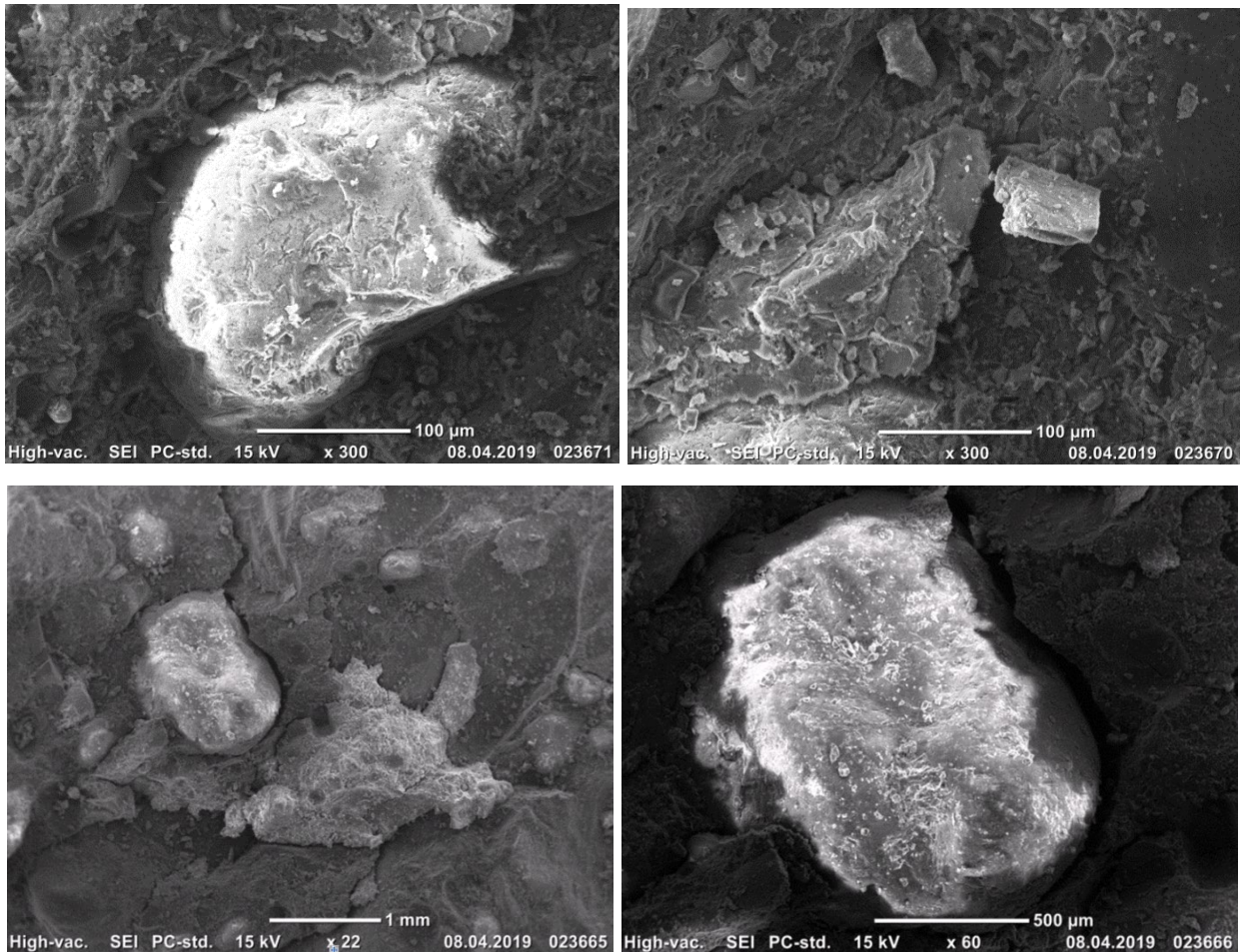


Рис. 3.12 Мікроструктура зразків бетонного каменю (партія № 28):

- а) зерно Шаровського піску в цементному камені зі збільшенням в 300 раз;
- б) структура цементного каменю зі збільшенням в 300 раз;
- в) зерно Шаровського піску в цементному камені зі збільшенням у 22 рази;
- г) зона контакту зерна Шаровського піску та цементного каменю зі збільшенням у 60 разів.

У складі цієї партії бетону знаходиться мікрокремнезем у кількості 30% від маси цементу та гіперпластифікатор Sika Viscocrete 25 у кількості 1% від маси цементу (+МК). В результаті дослідження під мікроскопом при збільшенні у 300 разів спостерігається покриття зерна Шаровського піску полімерною складовою гіперпластифікатора Sika Viscocrete (рис. 8.10 а). Границя між зерном піску та цементного каменю чіткої, спостерігається щільне зчеплення.

Дані щодо складу бетонної суміші із заповнювачем з Шаровського піску вказані в таблиці 3.19. Результати випробування зразків на міцність представлені в таблиці 3.20.

Таблиця 3.19 Склад бетонної суміші

№ партії	27	28	29	30
Пропорція	(Ц + МК): П = 1:2	(Ц + МК): П = 1:2	(Ц + МК): П = 1:2	(Ц + МК): П = 1:2
Добавка мікрокремнезему	30% МК	30% МК	30% МК	30% МК
Одиниця виміру	кг/м ³			
Цемент	787	866	787	787
МК	338	372	338	338
Пісок Шаровський (фр. 0-5)	2250	2250	2250	2250
Вода	495	540	690	650
Суперпластифікатор	11 мл Coral - 1% від (Ц+МК)	11 мл Sika - 1% від (Ц+МК)	11 мл ЦЗПК 1% від (Ц+МК)	11 мл СП-2 1% від (Ц+МК)
В/Ц	0,44	0,436	0,613	0,578
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2192	2216	2055	1982
Розплив на столику, см	22,5	27,5	21,5	21,5

Таблиця 3.20 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії			
	27	28	29	30
<i>R_{cm}</i> , МПа				
7 діб.	31,4	37,3	13,9	13,0
14 діб.	41,1	47,7	19,9	19,8
28 діб.	45,1	55,9	23,8	23,1

Дані щодо складу бетонної суміші із заповнювачем з Шаровського піску вказані в таблиці 3.21. Результати випробування зразків на міцність представлені у таблиці 3.22.

Таблиця 3.21 Склад бетонної суміші

№ партії	31	32	33
Пропорція	(Ц+МК): П = 1:2	(Ц+МК): П = 1:2	(Ц+МК): П = 1:2
Добавка мікрокремнезему	30% МК	30% МК	30% МК
Одиниця виміру	кг/м ³		
Цемент	787	787	787
МК	338	338	338
Пісок подрібнений з граніту	2250	2250	2250
Вода	700	600	600
Суперпластифікатор	11 мл Cemmix CemPlast - 1% (Ц+МК)	11 мл Coral Master-Silk - 1% (Ц+МК)	11 мл Sika - 1% (Ц+МК)
В/Ц	0,622	0,533	0,533
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2064	2201	2216
Розплившись на столику, см	20,5	24	28

Таблиця 3.22 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії		
	31	32	33
<i>R_{cm}</i> , МПа			
7 діб	16,7	27,2	27,4
14 діб	24,7	35,9	34,9
28 діб	28,4	42,8	41,1

Для порівняння зразків бетону на заповнювачі з Шаровського піску (партії № 26-28) та зразків на заповнювачі з піску подрібненого із граніту (партії № 31-33) побудовано діаграму. Залежність міцності зразків від виду заповнювача та пластифікатора представлена на рис. 3.13.

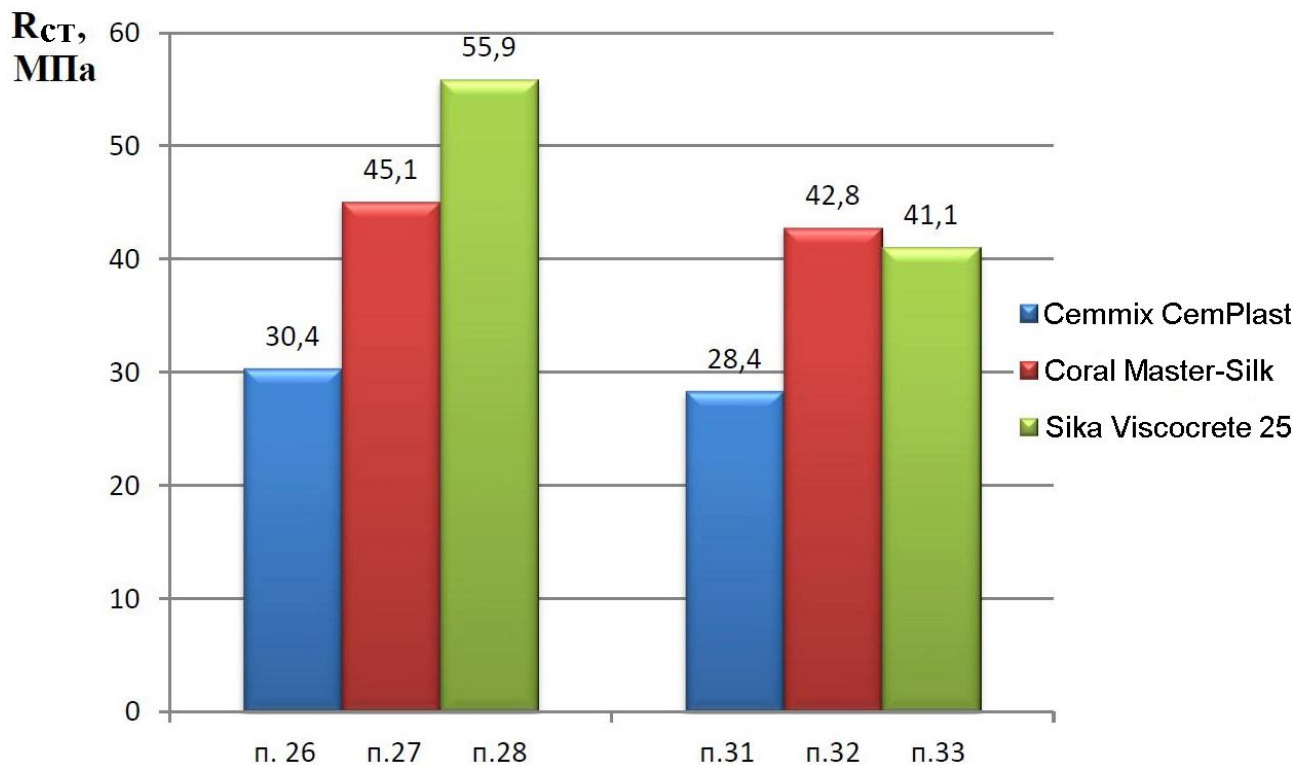


Рис. 3.13. Залежність міцності зразків від виду заповнювача та пластифікатора

Дані зразки містять мікрокремнезем у кількості 30% та пластифікатори (Cemmix CemPlast, Coral Master-Silk, Sika Viscocrete) у кількості 1% від маси (Ц+МК).

Згідно з результатами випробувань, міцність бетонних зразків на Шаровському піску (партії № 26-28) вища, ніж міцність зразків на подрібненому піску із граніту (партії № 31-33). Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (віком 28 діб) на заповнювачі з Шаровського піску (55,9 МПа) з гіперпластифікатором Sika Viscocrete 25.

Дані по складу бетонної суміші з заповнювачем з Шаровського піску з вмістом мікрокремнезему в кількості 10%, 20% і 30% та пластифікаторів (Cemmix CemPlast, Coral Master-Silk, Sika Viscocrete) у кількості 1% від маси (Ц+МК) вказані в таблиці 3.23.

Таблиця 3.23 Склад бетонної суміші

№ партії	34	35	36	37	38
Пропорція	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:2	Ц: П = 1:2
Добавка мікрокремнезему	10% МК	20% МК	30% МК	30% МК	30% МК
Одиниця виміру	кг/м ³				
Цемент Valcem	1012	900	787	787	787
МК	113	225	338	338	338
Пісок Шаровський (фр. 0-5)	2250	2250	2250	2250	2250
Вода	490	570	630	450	458
Суперпластифікатор	11 мл CemPlast - 1% від (Ц+МК)	11 мл CemPlast - 1% від (Ц+МК)	11 мл CemPlast - 1% від (Ц+МК)	11 мл Coral - 1% від (Ц+МК)	11 мл Sika - 1% від (Ц+МК)
В/Ц	0,436	0,507	0,56	0,4	0,407
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2201	2142	2128	2216	2259
Розплив на столику, мм	23,5	22,0	20,5	23,0	23,0

Для визначення залежності міцності від вмісту мікрокремнезему в бетонній суміші та виду пластифікатора проведено випробування на міцність. Результати випробування зразків на міцність представлені у таблиці 3.24.

Таблиця 3.24 Міцність бетону

Вік зразків	№ партії				
	34	35	36	37	38
<i>R_{cm}</i> , МПа					
7 діб	40,8	32,6	25,8	45,1	48,6
14 діб	44,2	40,8	29,8	50,0	54,6
28 діб	56,4	44,2	36,6	61,0	68,0

Для визначення залежності міцності бетону від виду цементу порівнюємо партії № 26-28 та партії № 36-38. Дані зразки виготовлені з використанням у якості заповнювача – Шаровського піску, мікрокремнезему у кількості 30% та пластифікаторів (Cemmix CemPlast, Coral Master-Silk, Sika Viscocrete) у

кількості 1% від маси (Ц+МК).

Залежність міцності дрібнозернистого бетону від виду цементу та виду пластифікатора представлена рис. 3.14.

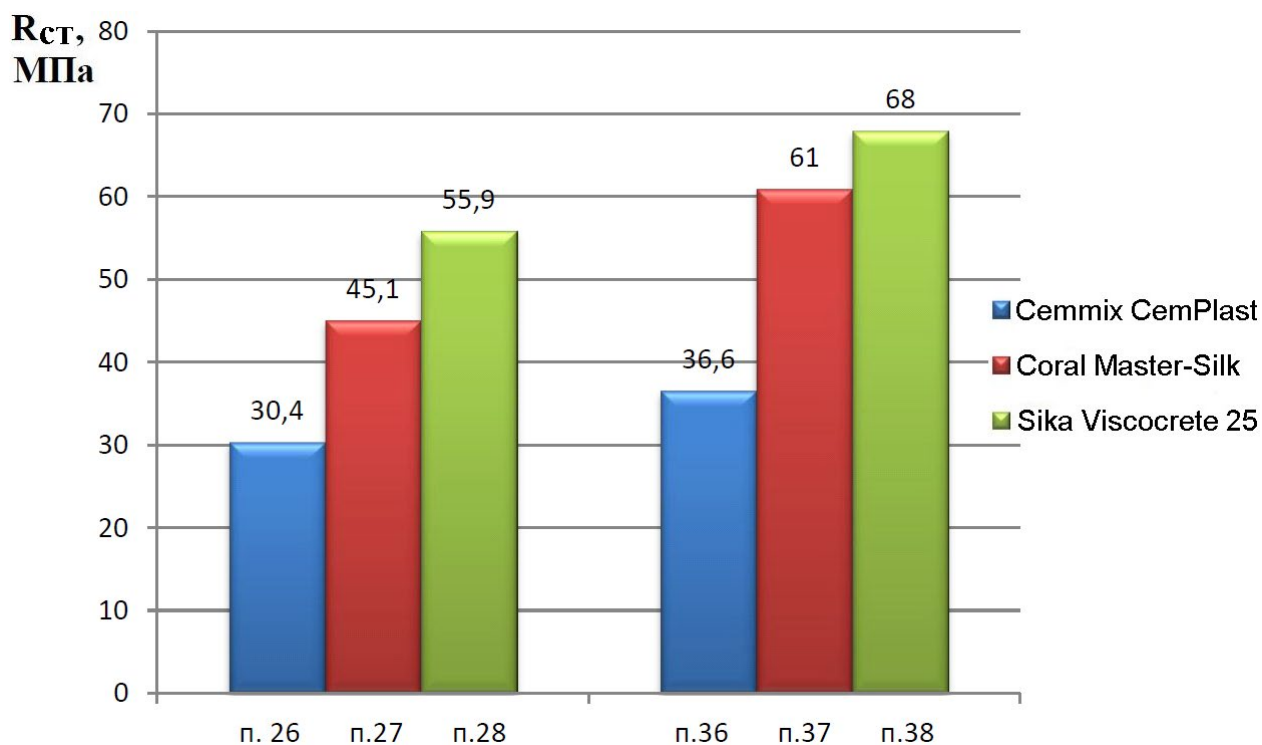


Рис. 3.17 Залежність міцності зразків від виду цементу та пластифікатора

Згідно з результатами випробувань на міцність бетонних зразків із заповнювачем з Шаровського піску із швидкотвердіючим портландцементом Valcem ПЦ I-500-Н, показали найменший показник міцності на пластифікаторі Cemmix CemPlast (п. № 26) – 30,4 МПа, міцність зразків із пластифікатором Coral Master-Silk (п. № 27) за результатами випробувань зростає на 48,4% (45,1 МПа), далі міцність зразків із пластифікатором Sika Viscocrete (п. № 28) зростає ще на 23,9% (55,9 МПа). З графіка залежності міцності зразків від виду цементу та пластифікатора видно, що найбільший результат набору міцності показали зразки партії 28, склад яких: Valcem ПЦ I-500-Н (70%), мікрокремнезем (30%), Шаровський пісок, вода, суперпластифікатор Sika Viscocrete 25.

Міцність зразків із заповнювачем із Шаровського піску на швидкотвердіючому шлакопортландцементі ШПЦ Valcem III/A-400 показали найменший результат міцності на пластифікаторі Cemmix CemPlast (п. № 36) – 36,6 МПа, міцність зразків із пластифікатором Coral Master-Silk) за результатами випробувань зростає на 66,7% (61,0 МПа), далі міцність зразків із

пластифікатором Sika Viscocrete 25 (п. № 38) зростає ще на 11,5% (68,0 МПа). З графіка залежності міцності зразків від виду цементу та пластифікатора видно, що найбільший результат набору міцності показали зразки партії 38, склад яких: ШПЦ Valcem III/A-400 (70%), мікрокремнезем (30%), Шаровський пісок, вода, суперпластифікатор Sika Viscocrete 25.

3.10 Розробка складу мілкозернистого бетону

На підставі експериментальних даних, отриманих в результаті випробувань зведених у таблиці та графіки, слід зробити висновок про оптимальний склад бетонної суміші. Виходячи з дослідних даних (рис. 3.17), максимальний набір міцності показали зразки п. № 38 (68 МПа), складу яких:

- Ц:П = 1:2;
- швидкотвердіючий портландцемент Valcem ПЦ I-500-Н;
- 30% мікрокремнезему;
- суперпластифікатор Sika Viscocrete 25 у кількості 1% від (Ц+МК).

У склад бетонної суміші доданий мікрокремнезем у кількості 30% від маси сполучної речовини, що впливає на отримання високої міцності бетону.

Суперпластифікатор Sika Viscocrete 25 на ранніх стадіях взаємодії цементу з водою дезагрегує та частково об'єднує цементні частинки до великих утворень, а також обволікає їх поверхні. При цьому знижуються сили міжмолекулярного тяжіння (дія суперпластифікатора відбувається через 30-40 сек після замішування бетонного тіста).

Це сприяє уповільненню процесу структуроутворення, але забезпечує більш повний перебіг процесів гідратації та утворення однорідної дрібнокристалічної структури. В результаті адсорбції кількість води сольватних оболонок знижується, суміш розріджується і рухливість її різко зростає.

В результаті, отримана суміш має щільну структуру, завдяки дії суперпластифікатора - підвищується рухливість і зручність укладання суміші.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз технічних властивостей виявив відмінності фізико-механічних властивостей дрібнозернистого бетону від важких традиційних бетонів. Фізико-механічні властивості дрібнозернистого бетону (як і бетону на великому наповнювачі) залежать від його складу, співвідношення, кількості заповнювачів, хімічних добавок, у тому числі й від модифікаторів.

2. Проведено оцінку впливу цементу та пластифікаторів на властивості та міцність бетону. Характеристики міцності залежать від тонкощі помолу і кількості цементу в бетонній суміші, а пластифікатори в свою чергу впливають на структуру суміші, зручноукладальність і пластичність. Одним із важливих факторів, що впливають на міцність бетону є водоцементне відношення. При малому вмісті цементу в суміші – зручноукладальність знижується, уповільнюється її укладання, а також це призводить до зниження міцності та щільності бетону. Чим більше міститься цементу в суміші, тим вище кількість надлишкової води в бетоні, відповідно відбувається збільшення пористості та зниження його міцності. Тому слід застосовувати суперпластифікатори для зниження вмісту води у бетонній суміші. Також, при застосуванні суперпластифікаторів, відбувається не тільки збереження всіх заданих характеристик (щільності, міцності та довговічності бетону), а й оптимізація їх у необхідних межах і співвідношеннях.

3. Також проведено дослідження впливу дрібного заповнювача та його фракції на міцність бетону. Досліджено та визначено оптимальне відсоткове співвідношення модифікатора та цементу.

4. Досліджено вплив видів суперпластифікаторів, їх вплив на бетонну суміш та міцність отриманих зразків. В результаті отримано оптимальний склад бетонної суміші для міцного дрібнозернистого бетону. Отримана бетонна суміш має щільну структуру і завдяки дії суперпластифікатора має гарну рухливість і зручність укладання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-2:2009. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 34 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 14 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-69-98. Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. – 43 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ). Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 62 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Бетони. Правила підбору складу. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Суміші бетонні. Методи випробувань. - Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2002. – 32 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 109 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-214-2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 43 с.
10. ДСТУ В.2.7-170:2008. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої щільності, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 38 с.
11. CEN 2004 EN 1992-1-1, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, (BSI, Brussels, 2004).
12. Дворкін Л.Й. Основи бетонознавства: монографія / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. – Київ: «Основа», 2007. – 616 с.
13. Дворкін Л.Й. Теоретичні основи будівельного матеріалознавства / Л.Й. Дворкін. – Київ: НМКВО, 1992. – 154 с.

14. Пшінько О.М. Будівельне матеріалознавство на транспорті: / О.М. Пшінько, А.В. Краснюк, В.В. Пунагін, О.В. Громова. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ імені В. Лазаряна, 2010. – 624 с.

15. Плуґін А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3-х тт. / А.Н. Плуґин, А.А. Плуґин, О.А. Калинин [и др.]; под. ред. А.Н. Плуґина. – Киев: Наукова думка. - Т.1. - 2011. – 331 с.; Т.2. - 2012. - 224 с.; Т.3. - 2012. - 288 с.

16. Баженов Ю.М. Матеріали та технології для ремонтно-відновлювальних робіт у будівництві: монографія / Ю.М. Баженов. Комтех, 2000. – 233 с.

17. Баженов Ю.М. Технологія бетона. Вища школа, 2002. – 415 с.

18. Гусев Б. Властивості дрібнозернистих бетонів за різних способів ущільнення / Б. Гусев, І. Минсадров, В. Кудрявцева // Промислове та цивільне будівництво. - 2009. - № 5. - С. 48-50.

19. Солодкий С.Й. Тріщиностійкість модифікованих високоміцних бетонів / С.Й. Солодкий, О.М. Гуняк, Т.Є. Марків // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науково-технічний збірник. – 2016. – Т. 98. – С. 247-255.

20. Шишкіна О.О. Застосування модифікованого нанокаталізатору для отримання дрібнозернистого бетону / О.О. Шишкіна // Наука та будівництво. - 2016. - № 4 (10). - С. 20-23.

21. Вандоловский А. Г. Міцнісні властивості особливо дрібнозернистого бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів у ролі заповнювача / А.Г. Вандоловский, В.М. Чайка // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 160. – С. 17-24.

22. Ляшенко Т.В. Механические свойства мелкозернистого бетона с микрокремнеземом и стеклянной фиброй / Т.В. Ляшенко, А.Д. Довгань // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2016. – Вип. 62. – С. 110-114.

23. Бурдига А.О., Роговий С.І. Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із поліпшенням їх фізико-механічних властивостей / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.). – Суми, 2023. – С. 49.

Додаток 1. Матеріали конференції

Сумський національний аграрний університет

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОМІЦНИХ МІЛКОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ ІЗ ПОЛІПШЕННЯМ ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Бурдига А.О., здобувач 2м курсу, спец.192 «Будівництво та цивільна інженерія», ФБТ
Роговий С.І., д.т.н., професор
Сумський НАУ

Відповідно до ДСТУ бетон мілкозернистий - це бетон щільної структури з середньою щільністю від 2000 до 2500 кг/м³ на цементному в'язучому та щільному дрібному заповнювачі. В якості заповнювача в мілкозернистих бетонах використовуються природні піски, піски з відсіву дроблення гірських порід, збагачені піски з відсіву дроблення і фракціоновані піски з відсіву дроблення щільних гірських порід.

Отже, для виготовлення експериментальних бетонів застосовувалися:

- три види дрібного заповнювача: пісок Безлюдівського, Шаровського родовища та подрібнений пісок із граніту;

- два види цементу: шлакопортландцемент ШПЦ Valcem III/A-400 та портландцемент швидкого твердіння Valcem ПЦ I-500-Н;

- у якості модифікатора - мікрокремнезем в кількості 10%, 20% і 30%;

- суперпластифікатори: Cemmix CemPlast, Sika Viskocrete 25, Coral Master-Silk.

Для визначення залежності міцності бетону від виду заповнювача було виготовлено бетонні зразки партій № 1-3 та 4-6. У бетонах партій № 4-6 у якості заповнювача використані досліджувані піски фракції 0,315-0,63 мм. Далі експериментальні зразки випробовувались на стиск на згин. Згідно з результатами випробувань, міцність бетонних зразків на подрібненому піску з граніту вища, ніж міцність зразків на Безлюдівському та Шаровському пісках. Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (у віці 28 діб) на піску з подрібненого граніту (51,5 МПа), далі – на Безлюдівському та Шаровському піску (47,8 і 47,2 МПа відповідно). Для дослідження впливу на міцність бетону пісків різної крупності було виготовлено зразки партій № 7-10 у співвідношенні Цемент/Пісок = 1/2 при Вода/Цемент = 0,5. У даних бетонних зразках у якості заповнювача був використаний Шаровський пісок різних фракцій. За результатами випробувань бетонних зразків отримано, що найбільшу міцність показали зразки партії № 5, виготовлені з використанням піску крупності 0,315-0,63 мм (52,9 МПа). Найменшу міцність мають зразки з використанням у якості заповнювача піску крупністю 2,5-5 мм. Бетони виготовлені з піску мілких фракцій показують міцність у діапазоні 50,3-52,9 МПа.

Далі було досліджено контактну зону між заповнювачем та цементним каменем за допомогою растрового настільного мікроскопа зі збільшенням від 20 до 1500 раз. Мікроскопічне вивчення зразків бетону на природних пісках після випробування на міцність показує, що в більшості випадків руйнування відбувається по зоні контакту заповнювач - цементний камінь, внаслідок чого зерна піску виявляються вирваними з гнізд в цементному камені.

Для порівняння зразків бетону на заповнювачі з Шаровського піску (партії № 26-28) та зразків на заповнювачі з піску із подрібненого граніту (партії № 31-33) побудовано діаграму залежності міцності зразків від виду заповнювача та пластифікатора.

Міцність бетонних зразків на Шаровському піску вища, ніж міцність зразків на подрібненому піску із граніту. Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (віком 28 діб) на заповнювачі з Шаровського піску (55,9 МПа) з гіперпластифікатором Sika Viskocrete 25.

Для визначення залежності міцності бетону від виду цементу порівнювалися партії № 26-28 та партії № 36-38. Дані зразки виготовлені з Шаровського піску, мікрокремнезему у кількості 30% та пластифікаторів у кількості 1% від маси. З графіка залежності міцності зразків від виду цементу та пластифікатора отримано, що найкращий результат набору міцності показали зразки партії № 28, склад яких: цемент Valcem (70%), мікрокремнезем (30%), Шаровський пісок, вода, суперпластифікатор Sika Viskocrete 25.

Виходячи з результатів експериментальних даних, максимальний набір міцності показали зразки партії № 38 (68 МПа), до складу якого входять:

- співвідношення Цементу к Піску = 1:2;

- швидкотвердіючий портландцемент Valcem;

- 30% мікрокремнезему;

- суперпластифікатор Sika Viskocrete 25 у кількості 1% від маси.

Додаток 2. Графічні матеріали

Міністерство освіти і науки України
Сумський національний аграрний університет
Кафедра будівельних конструкцій

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**“Дослідження високоміцних мілкозернистих бетонів із
поліпшенням їх фізико-механічних властивостей”**

Розробив: студент групи ПЦБ 2202м
спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія”
Бурдига Андрій Олексійович

Керівник: доктор технічних наук, професор
Роговий С.І.

2023 рік

Предметом дослідження магістерської роботи є способи підвищення характеристик міцності мілкозернистого бетону.

Об'єкт дослідження даної роботи – мілкозернистий бетон та технологія підвищення його міцності.

Мета дослідження - оптимізація складу мілкозернистого бетону з використанням високоякісних заповнювачів, мінеральних добавок та суперпластифікаторів.

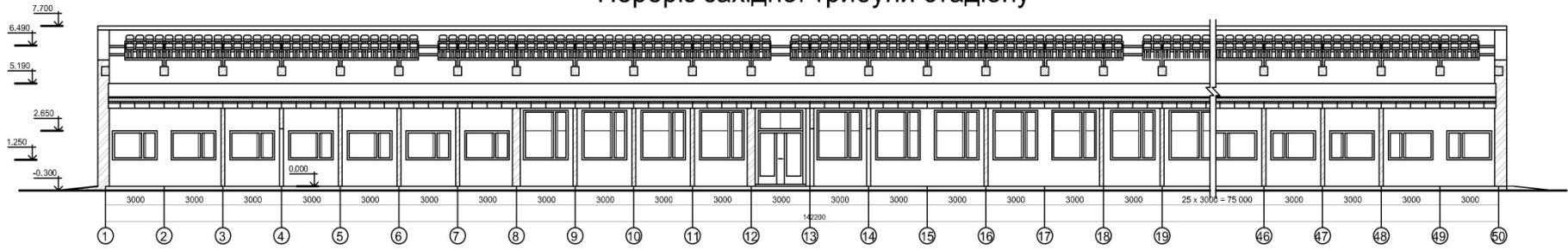
Для досягнення поставленої мети поставлено **наступні завдання**:

1. Узагальнити теоретичні аспекти технології підвищення міцності мілкозернистого бетону;
2. Дослідити фізико-механічні властивості мілкозернистого бетону;
3. Дослідити вплив суперпластифікаторів та мінеральних добавок на властивості мілкозернистого бетону;
4. Оптимізувати склад мілкозернистого бетону з використанням мінеральної добавки та сучасних суперпластифікаторів.

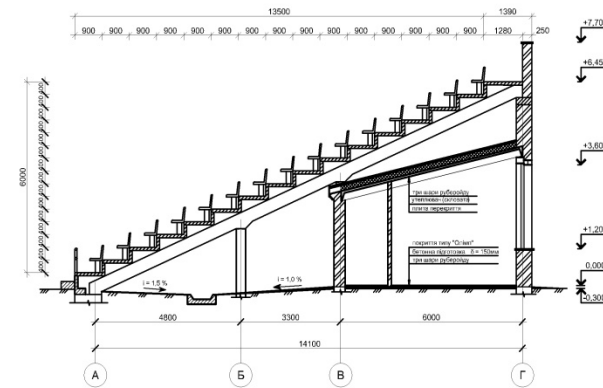
Методи дослідження: аналіз, порівняння, експеримент, опис.



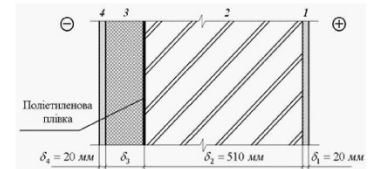
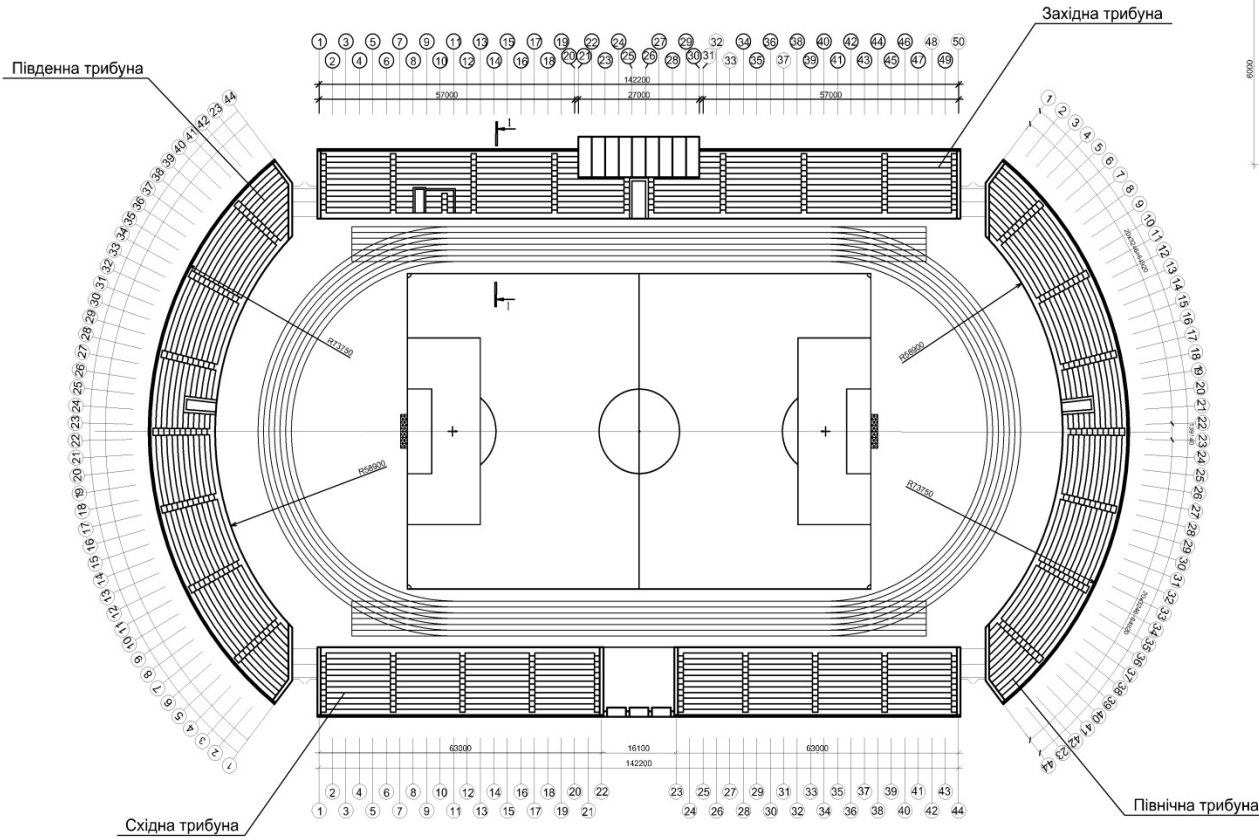
Переріз західної трибуни стадіону



Поперечний переріз 1-1



Загальний план стадіону "Нива"



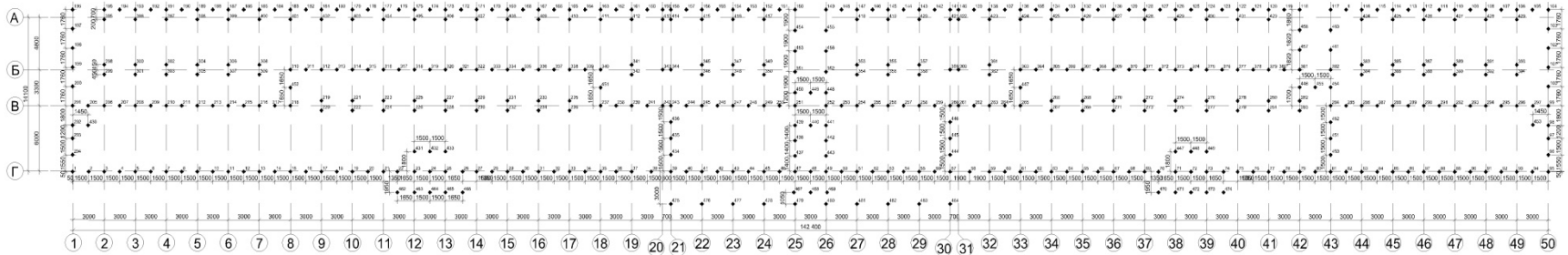
					МР 31.23.БК ДР		
Зм	Лист	№ докум.	Титул	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Виконав	Проєктував	Перевірив	Схвалено		Листів 2		Креслов 3
Коректор	Розробив	Розробив	Розробив				
Н.контр.	Розробив	Розробив	Розробив				
Коректор	Розробив	Розробив	Розробив				

Дослідження високочастотних електромагнітних випромінювань із пошуком їх фіз.-мех. характеристик

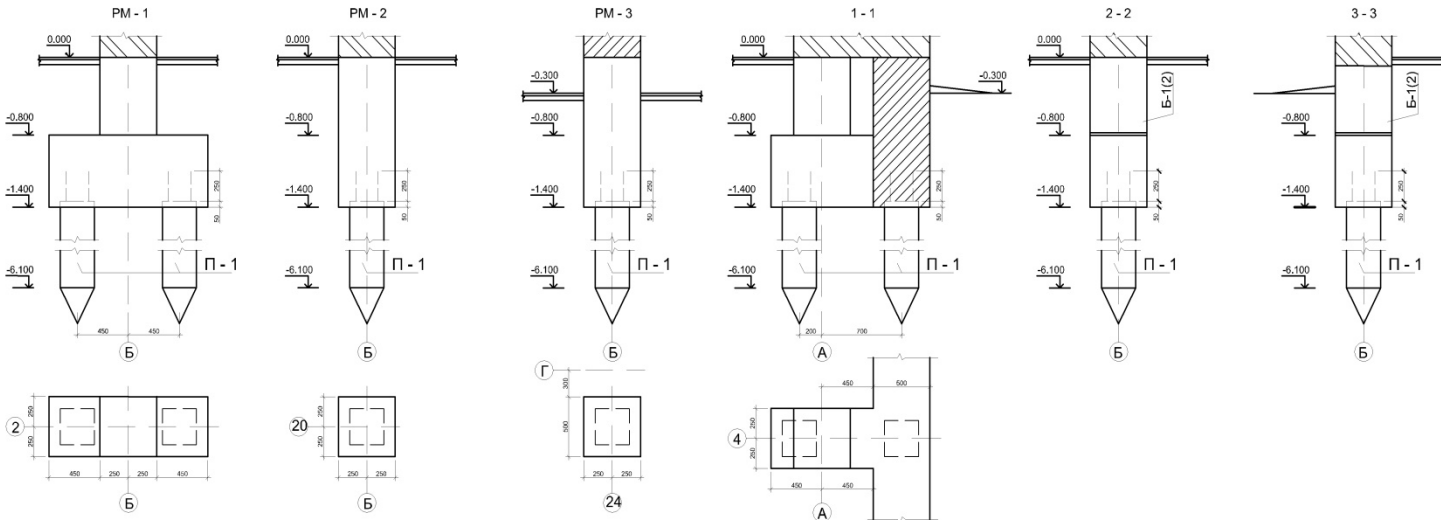
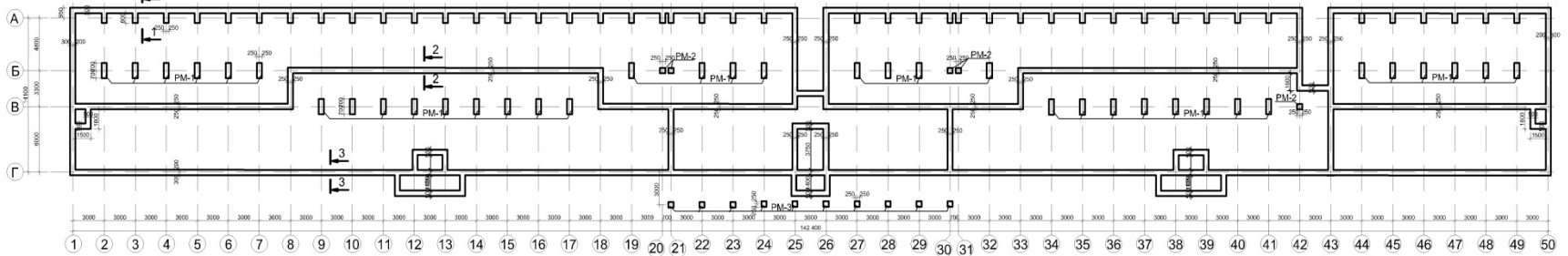
Парунок західної трибуни, загальний план стадіону "Нива", Поперечний переріз 1-1. Конструктивні стани

СМУ др. п.д. 2302*

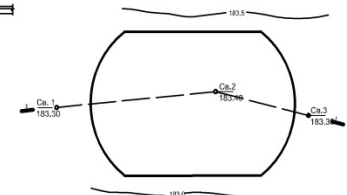
План пальового поля



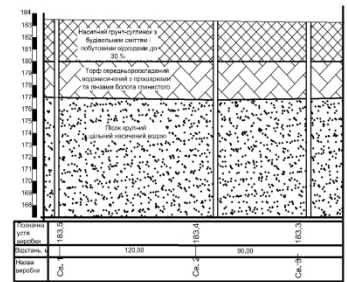
План монолітних ростверків



План будмайданчика



Інженерно-геологічний розріз І-І



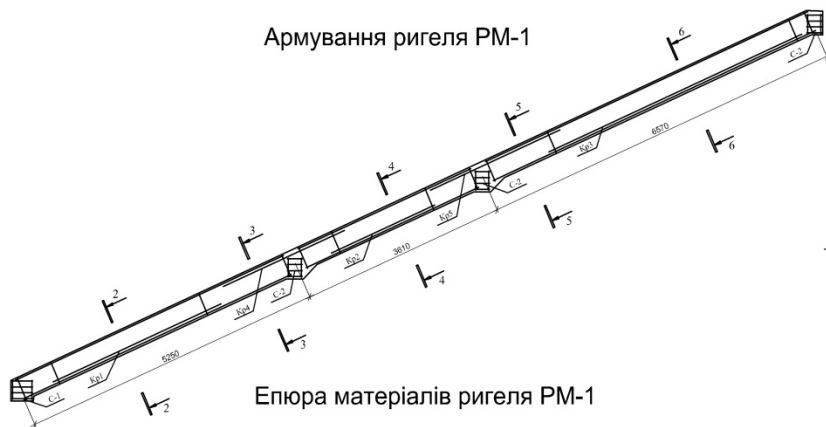
СПЕЦИФІКАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ФУНДАМЕНТІВ

Номер папі	Позначення	Найменування	Маса од. од.	Кільк.	Прим.
1-484	ДСТУ Б В.2.6-65 :2008	Палі забивні	484	1125	
		Фундаментні блоки			
Б-1	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 24.5.6 - Т	434	970	
Б-2	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 9.5.6 - Т	32	350	

- За умовну позначку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги підтрибуних приміщень, що відповідає абсолютній відмітці 183.400.
- Проектне навантаження, допустиме на палю, становить 0 кН.
- Верхні кінці палі заробити в монолітній залізобетонній ростверк на глибину: -стовбур палі 50 мм; -випуски арматури 250 мм.
- Матеріал монолітних ростверків - бетон класу С16/20.
- Кладку фундаментних блоків виконувати на цементно-піщаному розчині марки М100.
- Монолітні ділянки заробити бетоном класу С12/15 по місцю.
- Загальна витрата бетону класу С12/15 для влаштування монолітних ростверків і замонолічування ділянок - 44,71 м³.
- Відмітка підовби ростверків -1,400.

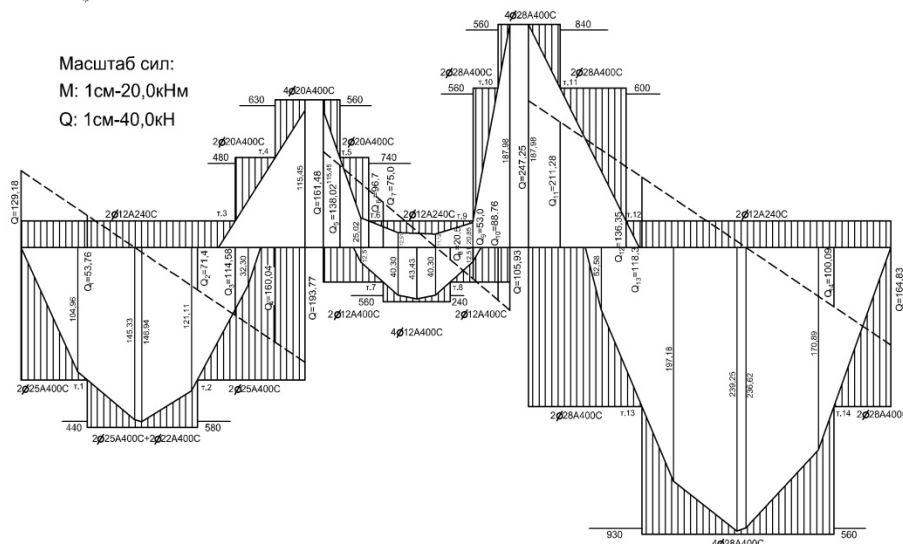
МР 31.23.БК ДР					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	Пр. дизайн	Різдво	Детал.	Дослідження високоніжних мінеральних бетонів із гравієм та щеб. з мех. характерист.	Клас	Акулий 5
Висновок	Сторінка 2/1	Розробка	Сторінка 1/1	Масштаб			
Корекція	Акцесування	Виконання	Відомості	Масштаб			
Н. кшталт	Розробка С1	Виконання	Відомості	Відомості	ІНЖ. ГР. ПЛС 2202		

Армування ригеля РМ-1



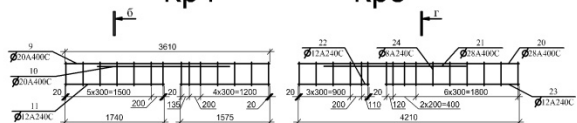
Епюра матеріалів ригеля РМ-1

Масштаб сил:
 М: 1см-20,0кНм
 Q: 1см-40,0кН



Кр4

Кр5



Кр1

Кр2

Кр3

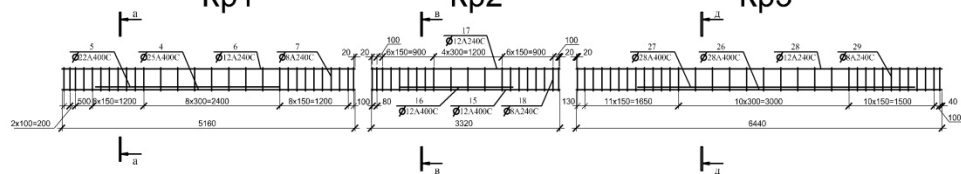
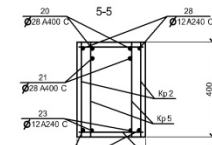
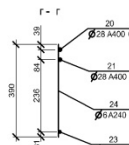
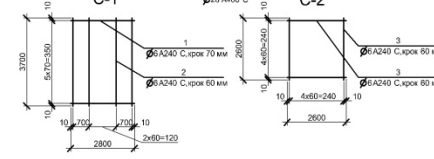
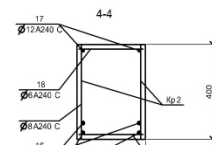
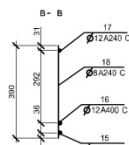
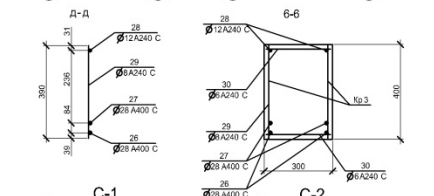
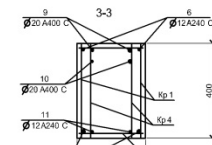
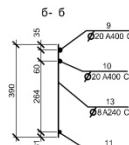
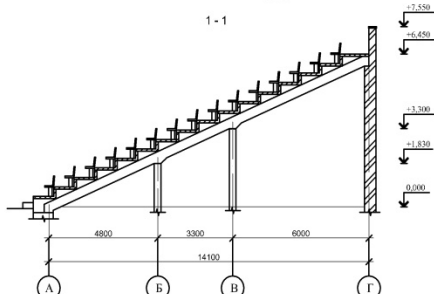
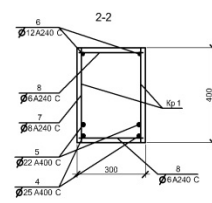
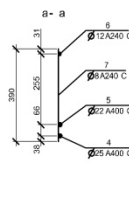
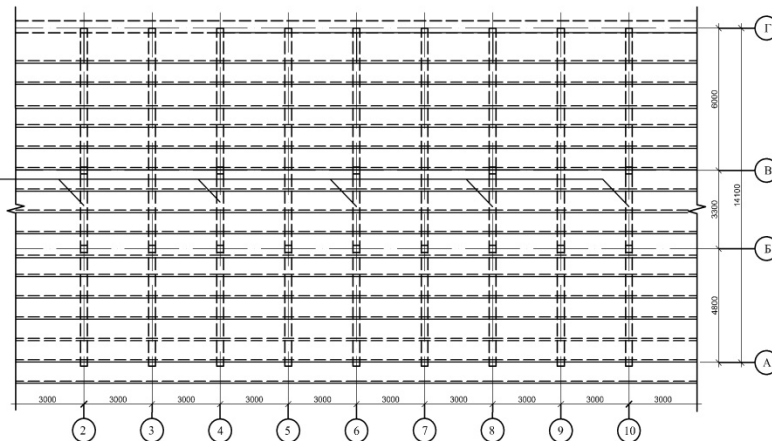


Схема розташування ригелів

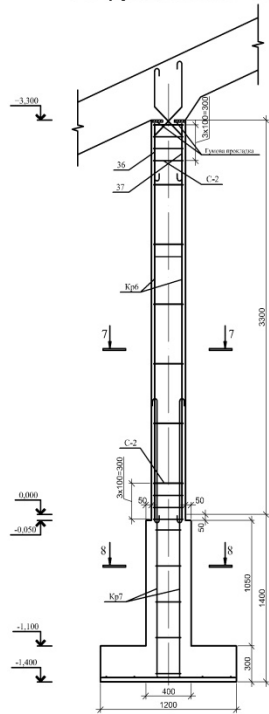
ригель РМ-1



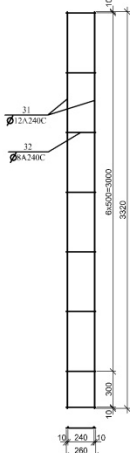
МР 31.23.БК ДР					Лист	Масштаб	Масштаб
З	Д	И	Д	Д	Додатковий висновочний мікроструктурний аналіз в лабораторії ІФ фіз.-мех. інженерингів	Лист 4	Армування 3
В	В	В	В	Армування 4			
К	К	К	К	Армування 1			
К	К	К	К	Армування 2			
І	І	І	І	Армування 5	Лист 4	Армування 3	СНАУ др. п.п.с. 2024

Армування колони КМ-1

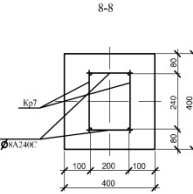
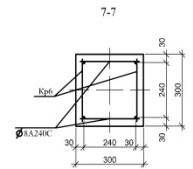
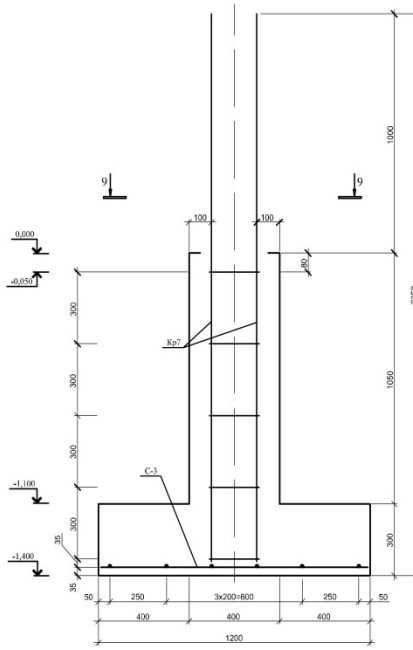
та фундаменту ФМ-1



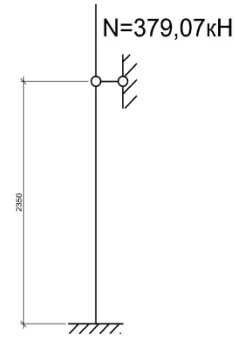
Кр6



Армування фундаменту

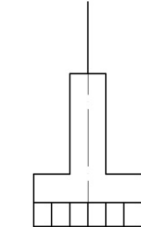


Розрахункова
схема колони



Розрахункова схема
фундаменту

$N_{II} = 306,83 \text{ kN}$



$p = 213,06 \text{ kN/m}^2$

Специфікація арматурних виробів

Пос.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
Збірна колонія					
Ригель РМ-1					
Кр1	-01	каркас Кр1	2	38,41	78,82
Кр2	-02	каркас Кр2	2	13,55	27,1
Кр3	-03	каркас Кр3	2	85,03	171,26
Кр4	-04	каркас Кр4	2	18,18	36,35
Кр5	-05	каркас Кр5	2	38,12	76,24
С1	-06	сітка С1	4	0,78	3,17
С2	-07	сітка С2	12	0,58	6,96
Колонна КМ-1					
Кр6	-01	каркас Кр6	2	6,72	13,44
С2	-02	сітка С2	8	0,58	4,64
Фундамент ФМ-1					
Кр7	-01	каркас Кр7	2	4,58	9,16
С3	-02	сітка С3	1	12,57	12,57
С1	-03	сітка С1	1	0,78	0,78
1	-04	ФМКОС Р-200	6	0,06	0,37
2	-05	ФМКОС Р-170	8	0,08	0,64
С2	-06	сітка С2	1	0,58	0,58
3	-07	ФМКОС Р-300	10	0,06	0,56
С3	-08	сітка С3	1	12,57	12,57
36	-09	ФМКОС Р-180	12	1,05	12,57
Кр1	-10	каркас Кр1	1	38,41	38,41
4	-11	ФМКОС Р-150	1	18,88	18,88
5	-12	ФМКОС Р-220	1	8,64	8,64
6	-13	ФМКОС Р-180	1	4,58	4,58
7	-14	ФМКОС Р-300	28	0,15	4,31
Кр2	-15	каркас Кр2	1	13,55	13,55
15	-16	ФМКОС Р-300	1	2,95	2,95
8	-17	ФМКОС Р-180	1	4,72	4,72
17	-18	ФМКОС Р-320	1	2,95	2,95
18	-19	ФМКОС Р-300	13	0,15	2,83
Кр3	-20	каркас Кр3	1	85,03	85,03
20	-21	ФМКОС Р-440	1	31,13	31,13
27	-22	ФМКОС Р-440	1	23,54	23,54
28	-23	ФМКОС Р-440	1	5,72	5,72
29	-24	ФМКОС Р-300	24	0,15	3,64
Кр4	-25	каркас Кр4	1	18,18	18,18
5	-26	ФМКОС Р-300	1	6,81	6,81
10	-27	ФМКОС Р-330	1	5,75	5,75
11	-28	ФМКОС Р-440	1	1,05	1,05
12	-29	ФМКОС Р-180	1	1,4	1,4
13	-30	ФМКОС Р-300	30	0,15	2,15
Кр5	-31	каркас Кр5	1	38,12	38,12
20	-32	ФМКОС Р-440	1	25,28	25,28
21	-33	ФМКОС Р-200	1	12,08	12,08
22	-34	ФМКОС Р-120	1	1,11	1,11
23	-35	ФМКОС Р-380	1	2,1	2,1
24	-36	ФМКОС Р-300	18	0,15	2,47
Кр5	-37	каркас Кр5	1	6,72	6,72
31	-38	ФМКОС Р-320	2	2,95	5,9
32	-39	ФМКОС Р-300	8	0,1	0,82
Кр7	-40	каркас Кр7	1	4,58	4,58
33	-41	ФМКОС Р-200	2	2,03	4,07
34	-42	ФМКОС Р-300	5	0,1	0,51
36	-43	ФМКОС Р-440	0	0,88	0,28
37	-44	ФМКОС Р-20	6	0,04	0,24

Відомість витрат сталі на 1 ригель

Назва конструкції	Мерка	Арматурні вироби, кг				Всього																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		А400С		А240С																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		ДСТУ 3760:2018		ДСТУ 3760:2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Ригель	Р-1	Ø 12	Ø 20	Ø 22	Ø 25	Ø 28	Ø 32	Ø 36	Ø 40	Ø 44	Ø 48	Ø 52	Ø 56	Ø 60	Ø 64	Ø 68	Ø 72	Ø 76	Ø 80	Ø 84	Ø 88	Ø 92	Ø 96	Ø 100	Ø 104	Ø 108	Ø 112	Ø 116	Ø 120	Ø 124	Ø 128	Ø 132	Ø 136	Ø 140	Ø 144	Ø 148	Ø 152	Ø 156	Ø 160	Ø 164	Ø 168	Ø 172	Ø 176	Ø 180	Ø 184	Ø 188	Ø 192	Ø 196	Ø 200	Ø 204	Ø 208	Ø 212	Ø 216	Ø 220	Ø 224	Ø 228	Ø 232	Ø 236	Ø 240	Ø 244	Ø 248	Ø 252	Ø 256	Ø 260	Ø 264	Ø 268	Ø 272	Ø 276	Ø 280	Ø 284	Ø 288	Ø 292	Ø 296	Ø 300	Ø 304	Ø 308	Ø 312	Ø 316	Ø 320	Ø 324	Ø 328	Ø 332	Ø 336	Ø 340	Ø 344	Ø 348	Ø 352	Ø 356	Ø 360	Ø 364	Ø 368	Ø 372	Ø 376	Ø 380	Ø 384	Ø 388	Ø 392	Ø 396	Ø 400	Ø 404	Ø 408	Ø 412	Ø 416	Ø 420	Ø 424	Ø 428	Ø 432	Ø 436	Ø 440	Ø 444	Ø 448	Ø 452	Ø 456	Ø 460	Ø 464	Ø 468	Ø 472	Ø 476	Ø 480	Ø 484	Ø 488	Ø 492	Ø 496	Ø 500	Ø 504	Ø 508	Ø 512	Ø 516	Ø 520	Ø 524	Ø 528	Ø 532	Ø 536	Ø 540	Ø 544	Ø 548	Ø 552	Ø 556	Ø 560	Ø 564	Ø 568	Ø 572	Ø 576	Ø 580	Ø 584	Ø 588	Ø 592	Ø 596	Ø 600	Ø 604	Ø 608	Ø 612	Ø 616	Ø 620	Ø 624	Ø 628	Ø 632	Ø 636	Ø 640	Ø 644	Ø 648	Ø 652	Ø 656	Ø 660	Ø 664	Ø 668	Ø 672	Ø 676	Ø 680	Ø 684	Ø 688	Ø 692	Ø 696	Ø 700	Ø 704	Ø 708	Ø 712	Ø 716	Ø 720	Ø 724	Ø 728	Ø 732	Ø 736	Ø 740	Ø 744	Ø 748	Ø 752	Ø 756	Ø 760	Ø 764	Ø 768	Ø 772	Ø 776	Ø 780	Ø 784	Ø 788	Ø 792	Ø 796	Ø 800	Ø 804	Ø 808	Ø 812	Ø 816	Ø 820	Ø 824	Ø 828	Ø 832	Ø 836	Ø 840	Ø 844	Ø 848	Ø 852	Ø 856	Ø 860	Ø 864	Ø 868	Ø 872	Ø 876	Ø 880	Ø 884	Ø 888	Ø 892	Ø 896	Ø 900	Ø 904	Ø 908	Ø 912	Ø 916	Ø 920	Ø 924	Ø 928	Ø 932	Ø 936	Ø 940	Ø 944	Ø 948	Ø 952	Ø 956	Ø 960	Ø 964	Ø 968	Ø 972	Ø 976	Ø 980	Ø 984	Ø 988	Ø 992	Ø 996	Ø 1000	Ø 1004	Ø 1008	Ø 1012	Ø 1016	Ø 1020	Ø 1024	Ø 1028	Ø 1032	Ø 1036	Ø 1040	Ø 1044	Ø 1048	Ø 1052	Ø 1056	Ø 1060	Ø 1064	Ø 1068	Ø 1072	Ø 1076	Ø 1080	Ø 1084	Ø 1088	Ø 1092	Ø 1096	Ø 1100	Ø 1104	Ø 1108	Ø 1112	Ø 1116	Ø 1120	Ø 1124	Ø 1128	Ø 1132	Ø 1136	Ø 1140	Ø 1144	Ø 1148	Ø 1152	Ø 1156	Ø 1160	Ø 1164	Ø 1168	Ø 1172	Ø 1176	Ø 1180	Ø 1184	Ø 1188	Ø 1192	Ø 1196	Ø 1200	Ø 1204	Ø 1208	Ø 1212	Ø 1216	Ø 1220	Ø 1224	Ø 1228	Ø 1232	Ø 1236	Ø 1240	Ø 1244	Ø 1248	Ø 1252	Ø 1256	Ø 1260	Ø 1264	Ø 1268	Ø 1272	Ø 1276	Ø 1280	Ø 1284	Ø 1288	Ø 1292	Ø 1296	Ø 1300	Ø 1304	Ø 1308	Ø 1312	Ø 1316	Ø 1320	Ø 1324	Ø 1328	Ø 1332	Ø 1336	Ø 1340	Ø 1344	Ø 1348	Ø 1352	Ø 1356	Ø 1360	Ø 1364	Ø 1368	Ø 1372	Ø 1376	Ø 1380	Ø 1384	Ø 1388	Ø 1392	Ø 1396	Ø 1400	Ø 1404	Ø 1408	Ø 1412	Ø 1416	Ø 1420	Ø 1424	Ø 1428	Ø 1432	Ø 1436	Ø 1440	Ø 1444	Ø 1448	Ø 1452	Ø 1456	Ø 1460	Ø 1464	Ø 1468	Ø 1472	Ø 1476	Ø 1480	Ø 1484	Ø 1488	Ø 1492	Ø 1496	Ø 1500	Ø 1504	Ø 1508	Ø 1512	Ø 1516	Ø 1520	Ø 1524	Ø 1528	Ø 1532	Ø 1536	Ø 1540	Ø 1544	Ø 1548	Ø 1552	Ø 1556	Ø 1560	Ø 1564	Ø 1568	Ø 1572	Ø 1576	Ø 1580	Ø 1584	Ø 1588	Ø 1592	Ø 1596	Ø 1600	Ø 1604	Ø 1608	Ø 1612	Ø 1616	Ø 1620	Ø 1624	Ø 1628	Ø 1632	Ø 1636	Ø 1640	Ø 1644	Ø 1648	Ø 1652	Ø 1656	Ø 1660	Ø 1664	Ø 1668	Ø 1672	Ø 1676	Ø 1680	Ø 1684	Ø 1688	Ø 1692	Ø 1696	Ø 1700	Ø 1704	Ø 1708	Ø 1712	Ø 1716	Ø 1720	Ø 1724	Ø 1728	Ø 1732	Ø 1736	Ø 1740	Ø 1744	Ø 1748	Ø 1752	Ø 1756	Ø 1760	Ø 1764	Ø 1768	Ø 1772	Ø 1776	Ø 1780	Ø 1784	Ø 1788	Ø 1792	Ø 1796	Ø 1800	Ø 1804	Ø 1808	Ø 1812	Ø 1816	Ø 1820	Ø 1824	Ø 1828	Ø 1832	Ø 1836	Ø 1840	Ø 1844	Ø 1848	Ø 1852	Ø 1856	Ø 1860	Ø 1864	Ø 1868	Ø 1872	Ø 1876	Ø 1880	Ø 1884	Ø 1888	Ø 1892	Ø 1896	Ø 1900	Ø 1904	Ø 1908	Ø 1912	Ø 1916	Ø 1920	Ø 1924	Ø 1928	Ø 1932	Ø 1936	Ø 1940	Ø 1944	Ø 1948	Ø 1952	Ø 1956	Ø 1960	Ø 1964	Ø 1968	Ø 1972	Ø 1976	Ø 1980	Ø 1984	Ø 1988	Ø 1992	Ø 1996	Ø 2000	Ø 2004	Ø 2008	Ø 2012	Ø 2016	Ø 2020	Ø 2024	Ø 2028	Ø 2032	Ø 2036	Ø 2040	Ø 2044	Ø 2048	Ø 2052	Ø 2056	Ø 2060	Ø 2064	Ø 2068	Ø 2072	Ø 2076	Ø 2080	Ø 2084	Ø 2088	Ø 2092	Ø 2096	Ø 2100	Ø 2104	Ø 2108	Ø 2112	Ø 2116	Ø 2120	Ø 2124	Ø 2128	Ø 2132	Ø 2136	Ø 2140	Ø 2144	Ø 2148	Ø 2152	Ø 2156	Ø 2160	Ø 2164	Ø 2168	Ø 2172	Ø 2176	Ø 2180	Ø 2184	Ø 2188	Ø 2192	Ø 2196	Ø 2200	Ø 2204	Ø 2208	Ø 2212	Ø 2216	Ø 2220	Ø 2224	Ø 2228	Ø 2232	Ø 2236	Ø 2240	Ø 2244	Ø 2248	Ø 2252	Ø 2256	Ø 2260	Ø 2264	Ø 2268	Ø 2272	Ø 2276	Ø 2280	Ø 2284	Ø 2288	Ø 2292	Ø 2296	Ø 2300	Ø 2304	Ø 2308	Ø 2312	Ø 2316	Ø 2320	Ø 2324	Ø 2328	Ø 2332	Ø 2336	Ø 2340	Ø 2344	Ø 2348	Ø 2352	Ø 2356	Ø 2360	Ø 2364	Ø 2368	Ø 2372	Ø 2376	Ø 2380	Ø 2384	Ø 2388	Ø 2392	Ø 2396	Ø 2400	Ø 2404	Ø 2408	Ø 2412	Ø 2416	Ø 2420	Ø 2424	Ø 2428	Ø 2432	Ø 2436	Ø 2440	Ø 2444	Ø 2448	Ø 2452	Ø 2456	Ø 2460	Ø 2464	Ø 2468	Ø 2472	Ø 2476	Ø 2480	Ø 2484	Ø 2488	Ø 2492	Ø 2496	Ø 2500	Ø 2504	Ø 2508	Ø 2512	Ø 2516	Ø 2520	Ø 2524	Ø 2528	Ø 2532	Ø 2536	Ø 2540	Ø 2544	Ø 2548	Ø 2552	Ø 2556

Характеристика застосовуваних матеріалів



Дрібний заповнювач для бетонної суміші:

а) Безлюдівський пісок; б) Шаровський пісок; в) пісок подрібнений із граніту

Для виготовлення експериментальних зразків бетону застосовувалися:

- три види дрібного заповнювача: пісок Безлюдівського, Шаровського родовища та подрібнений пісок із граніту;
- два види цементу: шлакопортландцемент ШПЦ Balcem III/A-400 та портландцемент швидкого твердіння Balcem ПЦ I-500-Н;
- у якості модифікатора мікрокремнезем в кількості 10%, 20% і 30%;
- суперпластифікатори: Cemmix CemPlast, Sika Viskocrete 25, Coral Master-Silk.

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону

Для визначення залежності міцності бетону від виду заповнювача було виготовлено бетонні зразки партій 1-3 та 4-6. У бетонах партій 4-6, у якості заповнювача використані досліджувані піски фракції 0,315-0,63 мм.

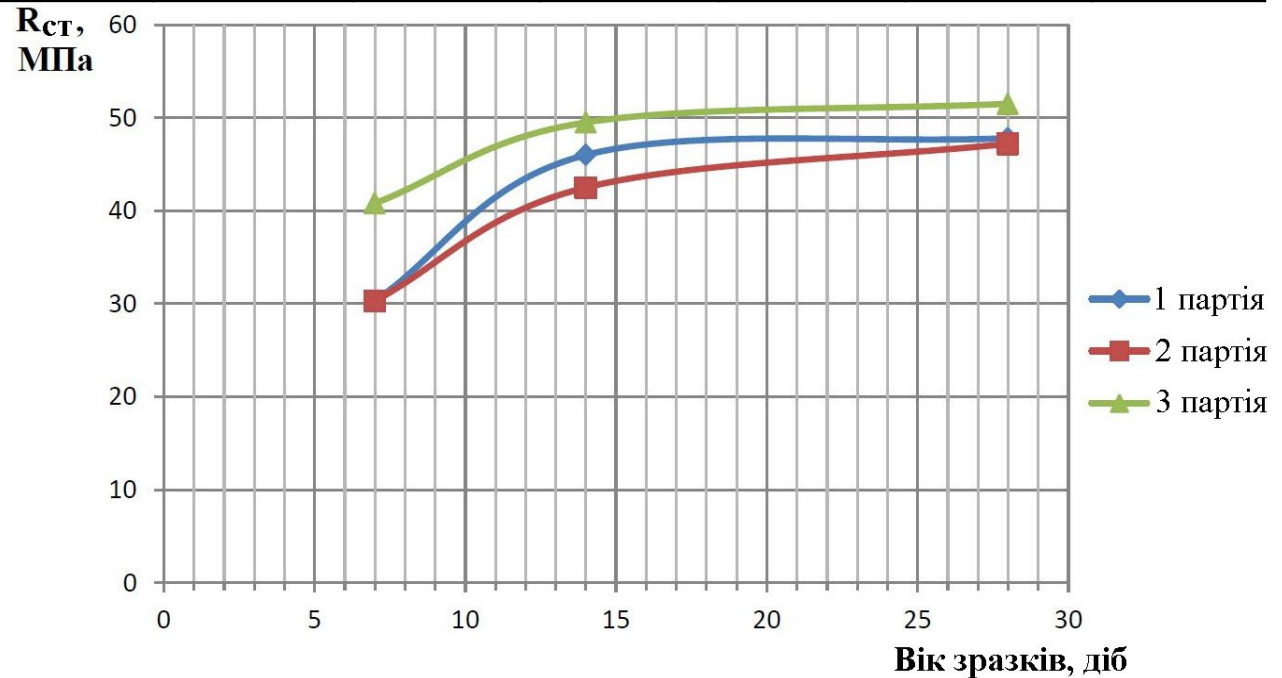
Склад бетонної суміші

№ партії	1	2	3	4	5	6
Одиниця виміру	кг/м ³					
Цемент	629	666	641	625	621	596
Пісок Безлюдівський	1258	-	-	1250 (фр. 0,315- 0,63)	-	-
Пісок Шаровський	-	1333	-	-	1241 (фр. 0,315- 0,63)	-
Пісок подрібнений із граніту.	-	-	1283	-	-	1191 (фр.0,315- 0,63)
Вода	314	333	321	312	310	298
В/Ц	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2201	2332	2245	2187	2172	2085

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону

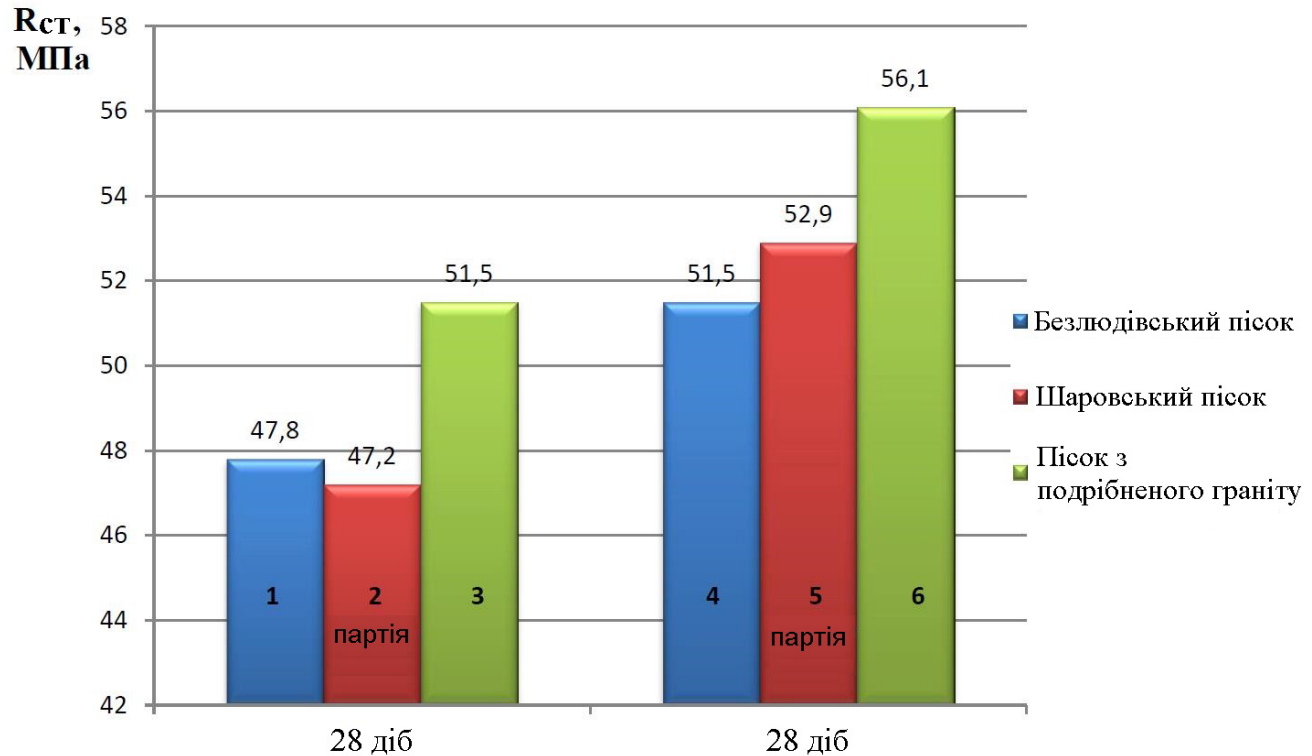
Міцність бетону на стиск на згин

Вік зразків	№ партії					
	1	2	3	4	5	6
Межа міцності при стиску, $R_{ст}$, МПа						
7 діб	30,3	30,3	40,8			
14 діб	46	42,5	49,5			
28 діб	47,8	47,2	51,5	51,5	52,9	56,1
120 діб	53,1	52,4	57,2			
Межа міцності при згині, $R_{згин}$, МПа						
28 діб				79,69	70,31	75,00



Залежність міцності бетону від виду заповнювача

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону



Залежність міцності бетону від виду заповнювача

Згідно з результатами випробувань, міцність бетонних зразків на подрібненому піску з граніту вища, ніж міцність зразків на Безлюдівському та Шаровському пісках.

Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (у віці 28 діб) на піску з подрібненого граніту (51,5 МПа), далі в порядку зменшення – на Безлюдівському (47,8 МПа) та Шаровському піску (47,2 МПа).

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону

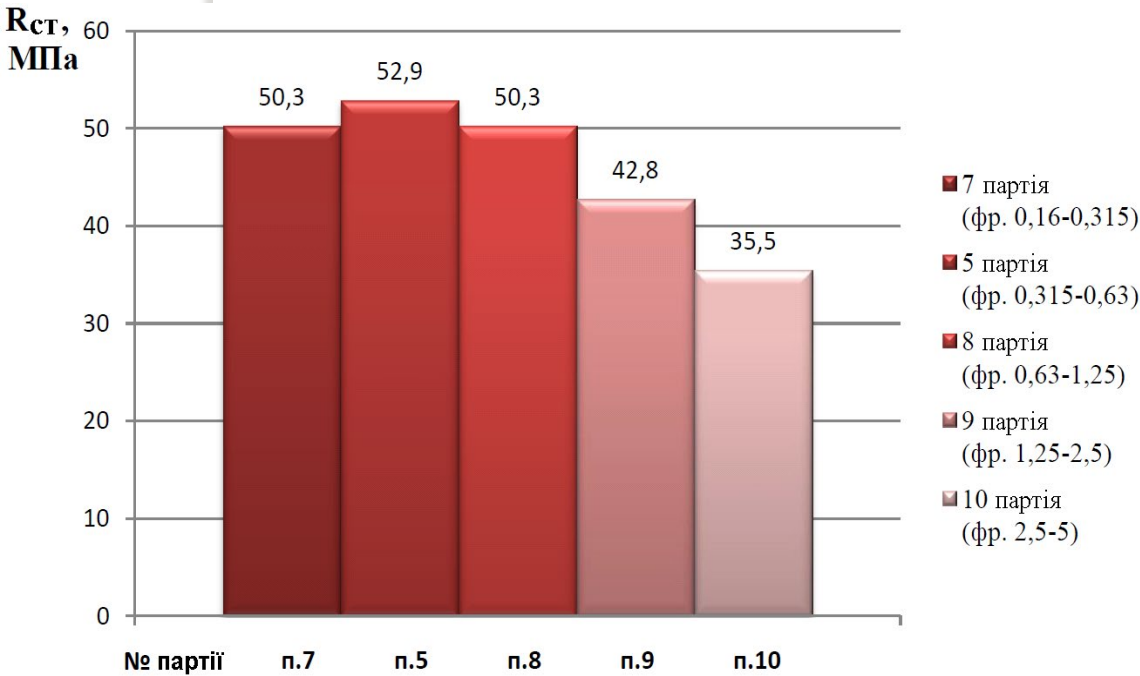
Склад бетонної суміші

№ партії	7	5	8	9	10
Од. вим.	кг/м ³				
Цемент	625	621	625	641	641
Пісок Безлюдівський	-	-	-	-	-
Пісок Шаровський	1250 (фр. 0,16- 0,315)	1241 (фр. 0,315- 0,63)	1250 (фр. 0,63- 1,25)	1283 (фр. 1,25-2,5)	1283 (фр. 2,5-5)
Пісок подрібнений з граніту	-	-	-	-	-
Вода	312	310	312	321	321
В/Ц	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Щільність бетонної суміші, кг/м ³	2187	2172	2187	2245	2245
Розплив, см	10	10	12,5	9,5	13

Міцність зразків бетону

Вік зразків	№ партії				
	7	5	8	9	10
Межа міцності при стиску, R _{ст} , МПа					
28 діб	50,3	52,9	50,3	42,8	35,5
Межа міцності при згині, R _{згин} , МПа					
28 діб	60,94	56,25	60,94	60,94	51,56

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону



Міцність бетону на пісках різної крупності

За результатами випробувань бетонних зразків видно, що найбільшу міцність показали зразки п. 5, виготовлені з використанням піску крупності 0,315-0,63 мм (52,9 МПа). Найменшу міцність мають зразки бетону з використанням у якості заповнювач піску крупністю 2,5-5 мм.

Бетони виготовлені з піску дрібних фракцій 0,16-0,315; 0,315-0,63 та 0,63-1,25 мм показують міцність у діапазоні 50,3-52,9 МПа.



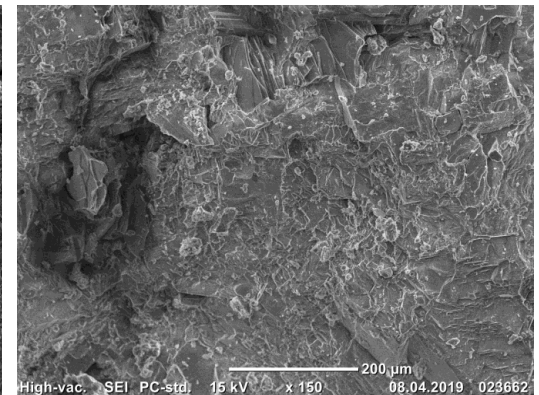
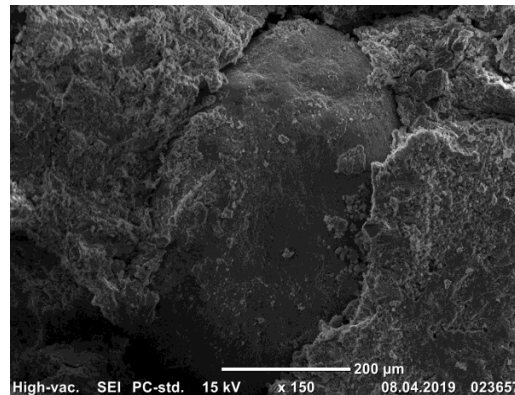
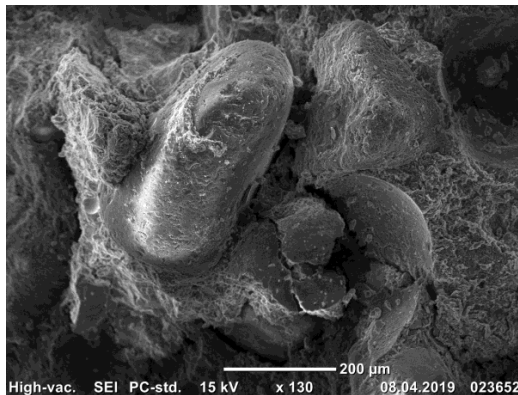
Зразки бетону після випробування на міцність

Дослідження впливу якості заповнювача, виду цементу та водоцементного відношення на міцність мілкозернистого бетону



Мікроскопічне вивчення зразків бетону на природних пісках після випробування на міцність показує, що в більшості випадків руйнація відбувається по зоні контакту заповнювач - цементний камінь, внаслідок чого зерна піску виявляються вирваними з гнізд в цементному камені.

Дослідження складу мілкозернистого бетону за допомогою растрового мікроскопу зі збільшенням від 20 до 1500 раз



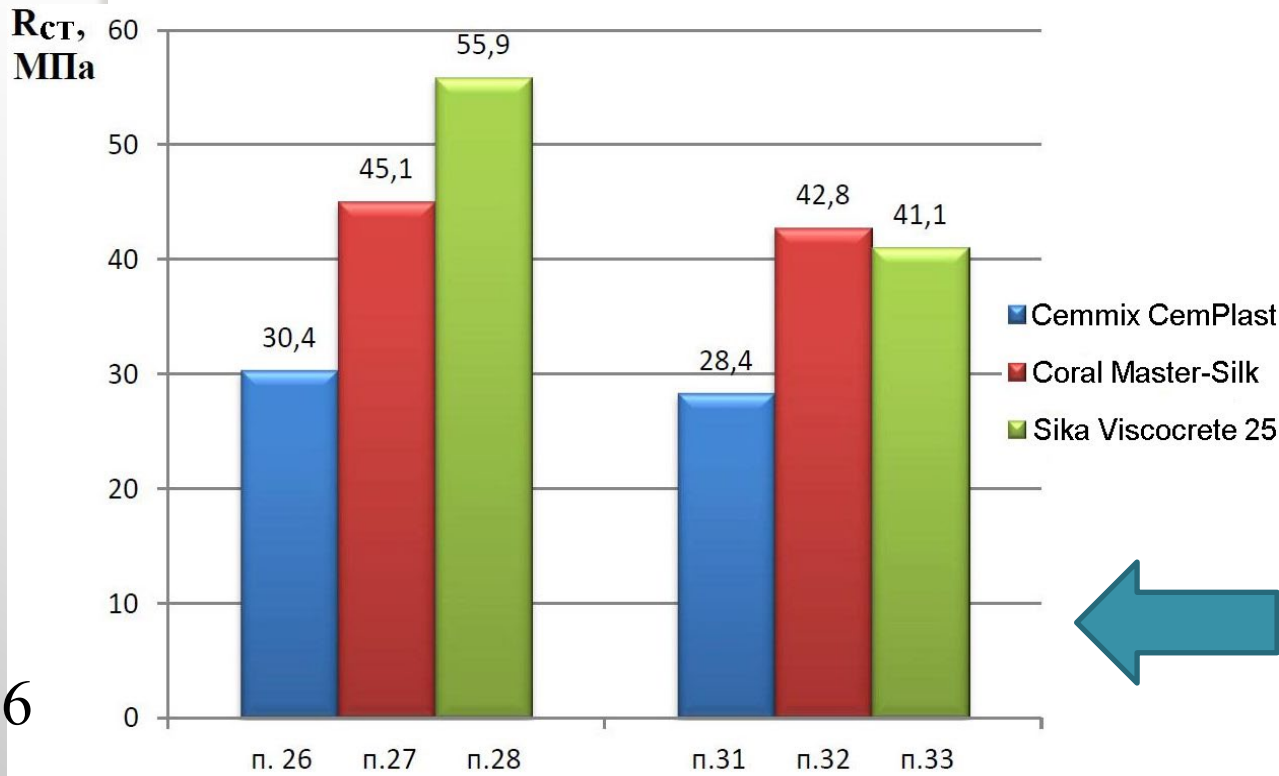
Мікроструктура зразків бетонного каменю: а) Безлюдівський пісок; б) Шаровський пісок; в) подрібнений пісок із граніту

Дослідження впливу добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону

Для порівняння зразків бетону на заповнювачі з Шаровського піску (партії № 26-28) та зразків на заповнювачі з піску подрібненого із граніту (партії № 31-33) побудовано діаграму.

Зразки містять мікрокремнезем у кількості 30% та пластифікатори (Cemmix CemPlast, Coral Master-Silk, Sika Viscocrete) у кількості 1% від маси (Ц+МК).

Міцність бетонних зразків на Шаровському піску (партії № 26-28) вища, ніж міцність зразків на подрібненому піску із граніту (партії № 31-33). Найбільшу межу міцності показали зразки бетону (віком 28 діб) на заповнювачі з Шаровського піску (55,9 МПа) з гіперпластифікатором Sika Viscocrete 25.

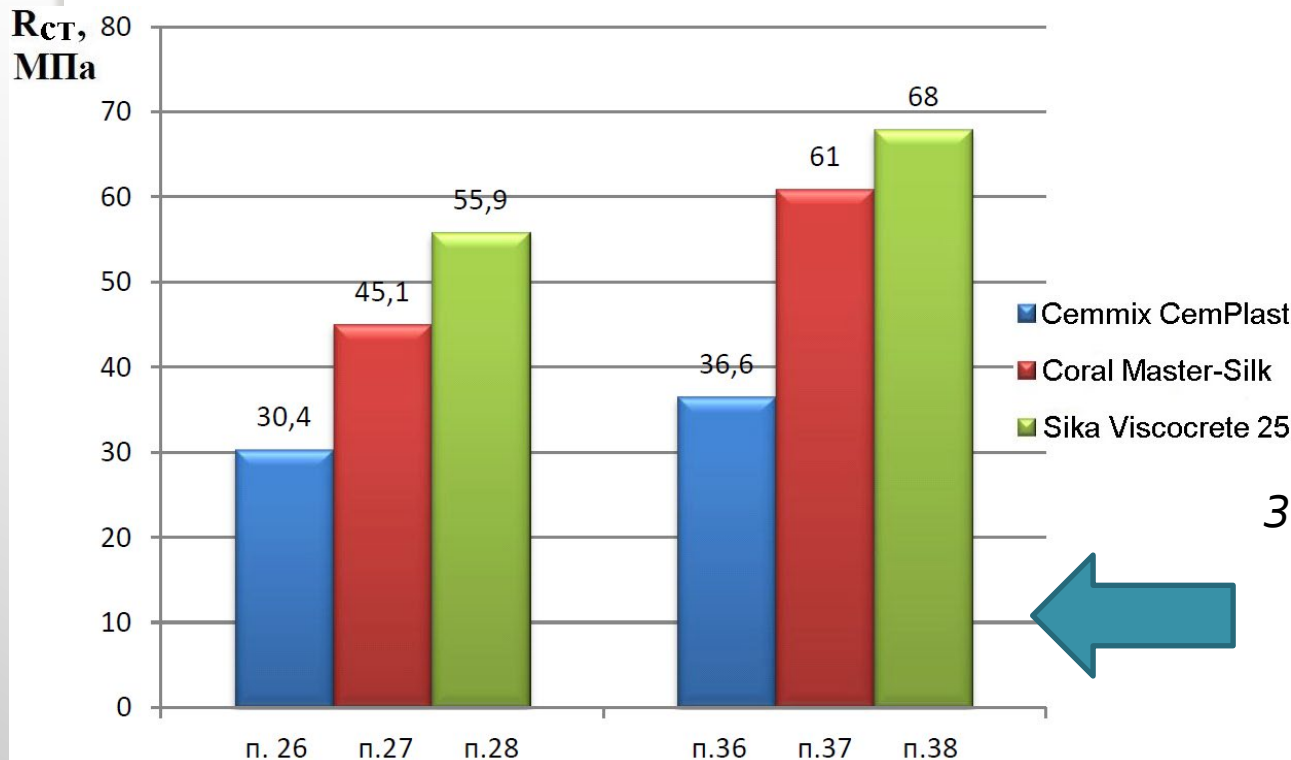


Залежність міцності зразків від виду заповнювача та пластифікатора

Дослідження впливу добавок та модифікаторів на властивості мілкозернистого бетону

Для визначення залежності міцності бетону від виду цементу порівнюємо партії № 26-28 та партії № 36-38. Дані зразки виготовлені з використанням у якості заповнювача – Шаровського піску, мікрокремнезему у кількості 30% та пластифікаторів (Cemmix CemPlast, Coral Master-Silk, Sika Viscocrete) у кількості 1% від маси (Ц+МК).

З графіка залежності міцності зразків від виду цементу та пластифікатора видно, що найбільший результат набору міцності показали зразки партії 28, склад яких: Valcem ПЦ I-500-Н (70%), мікрокремнезем (30%), Шаровський пісок, вода, суперпластифікатор Sika Viscocrete 25.



Залежність міцності зразків від виду цементу та пластифікатора

Розробка складу важкого мілкозернистого бетону

Виходячи з результатів експериментальних даних, максимальний набір міцності показали зразки п. № 38 (68 МПа), до складу якого входять:

- Ц:П = 1:2;
- швидкотвердіючий портландцемент Balcem ПЦ I-500-Н;
- 30% мікрокремнезему;
- суперпластифікатор Sika Viscocrete 25 у кількості 1% від (Ц+МК).

У склад отриманої бетонної суміші доданий мікрокремнезем у кількості 30% від маси сполучної речовини, який ущільнює структуру бетону, сприяє утворенню низькоосновних гідросилікатів кальцію, що впливає на отримання в результаті високої міцності бетону. Суперпластифікатор Sika Viscocrete 25 на ранніх стадіях взаємодії цементу з водою частково об'єднує цементні частинки до великих утворень, а також обволікає їх поверхні.

В результаті, отримана суміш має щільну структуру, а завдяки дії суперпластифікатора - підвищується рухливість і зручність укладання суміші.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено оцінку впливу цементу та пластифікаторів на властивості та міцність мілкозернистого бетону. Характеристики міцності залежать від тонкості помолу і кількості цементу в бетонній суміші, а пластифікатори в свою чергу впливають на структуру суміші, зручноукладальність і пластичність. Одним із важливих факторів, що впливають на міцність бетону є водоцементне відношення. При малому вмісті цементу в суміші – зручноукладальність знижується, уповільнюється її укладання, а також це призводить до зниження міцності та щільності бетону. Чим більше міститься цементу в суміші, тим вище кількість надлишкової води в бетоні, відповідно відбувається збільшення пористості та зниження його міцності. Тому слід застосовувати суперпластифікатори для зниження вмісту води у бетонній суміші.

2. Проведено дослідження впливу дрібного заповнювача та його фракції на міцність бетону. Досліджено та визначено оптимальне відсоткове співвідношення модифікатора та цементу.

3. Досліджено вплив видів суперпластифікаторів, їх вплив на бетонну суміш та міцність отриманих зразків. В результаті отримано оптимальний склад бетонної суміші для важкого мілкозернистого бетону. Отримана бетонна суміш має щільну структуру і завдяки дії суперпластифікатора має гарну рухливість і зручність укладання.