ТЕМА 8. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ НА ТЕРИТОРІЯХ З ПІДЗЕМНИМИ ПОРОЖНИНАМИ

Мета вивчення теми: Засвоїти особливості проектування основ і фундаментів на територіях з підземними порожнинами.

Питання для вивчення

8.1. Загальне уявлення про закарстовані території.

8.2. Класифікація закарстованих територій за ступенем небезпеки для

будівель.

8.3. Особливості конструювання та розрахунків будівель і фундаментів на закарстованих територіях.

8.4. Заходи для підвищення надійності будівель на закарстованих територіях.

8.5. Загальне уявлення про підроблювані території.

8.6. Методи будівництва на підроблюваних територіях .

8.1. Ф. П. Саваренський під карстом розумів наслідки процесів, пов'язаних із діяльністю рухомих підземних вод, які виявляються в розчиненні скельних ґрунтів і утворенні в них порожнин. Назва "карст" походить від назви вапнякового плато на узбережжі Адріатичного моря. Карст утворюється в товщах вапняків, доломітів, гіпсів, ангідритів, кам'яної та калійної солей. У карстових процесах відбуваються хімічна суфозія, тобто винесення речовини в розчинах. Хімічна суфозія іноді доповнюється механічною. Слід зважати на те, що розчинність зазначених вище мінералів неоднакова. Найбільшу розчинність мають кам'яна й калійна солі, найменшу - вапняки та доломіти. Наприклад, розчинність вапняків (кальцит *CaCOз)* при Т=17°С складає 11 = мг/л. Із збільшенням вмісту у воді вільного вуглекислого газу *(CO_2)* розчинність їх підвищується. При вмістові *$C0_2$*, що дорівнює 6 мг/л, розчинність збільшується до 148 мг/г, а при 199.5 мг/л - до 455 мг/л. Аналогічна картина спостерігається і в інших карбонатах (доломітах тощо). Разом з тим розчинність карбонатів значно підвищується за наявності у воді

іонів HCO^{3}, CI та $S0_4$ Незважаючи на невелику розчинність карбонатів, карбонатний карст переважає. У той же час карст у гіпсах і солях зустрічається порівняно рідко, що пояснюється їх характерним заляганням (серед глин) і відсутністю тріщинуватості. Типовим є карбонатний карст.

Утворення карсту відбувається таким чином. Дощові, талі та поверхневі текучі води надходять у товщу розчинних ґрунтів крізь сітку тріщин. Під час руху в тріщинах виникають пустоти - колодязі, галереї, тунелі і печери.

Зустрівши водотриви, рухомі води накопичуються, утворюючи карстові води. Нижче від рівня карстових вод, уже насичених розчиненою речовиною, розчинення не відбувається. Отже, рівень карстових вод є базисом карстоутворення.

Залежно від положення товщі з пустотами розрізняють відкритий карст (товща знаходиться біля поверхні) й прихований карст (товща перекрита нерозчинними грунтами).

Усі карстові пустоти починаються біля поверхні, в місцях надходження в товщу води. Тут на поверхні утворюються вирви та борозни (карри). Виникає своєрідний карстовий рельєф.

На основі дослідницьких даних З.О. Макєєв запропонував ділити товщі за їх стійкістю щодо карстоутворення, залежно від швидкості утворення вирв, на 5 видів. Так до дуже нестійких були віднесені товщі, де за рік виникають 5-10 вирв на 1 км^2, а до товщ дуже стійких - товщі, де нові вирви не виникали протягом 50 останніх років.

8.2. Відповідно до будівельних норм проектування інженерного захисту будівель проводять оцінювання ступеня карстової небезпеки території та придатності її для забудови. Будівництво на території, де розвинуті карстові явища, значно ускладнюється, а іноді взагалі неможливе.

Залежно від характеру поверхневих форм карстових проявів деформації земної поверхні території характеризуються за такими величинами:

-для територій із карстовими й карстово-суфозійними провалами розрахунковим діаметром провалу Д, глибиною провалу h_a кількістю провалів

на 1 км^2 та кількістю їх утворення за на рік, шириною зони послабленої основи навколо провалу a_c;

-для територій з осіданням земної поверхні на великій площі - розмірами ділянки у плані L_m і B_m вертикальною деформацією Sm нахилом поверхні основи i_m, умовним радіусом кривизни мульди R, шириною мульди B, нахилом бортів мульди і тощо.

Для правильного призначення заходів боротьби з негативним впливом карстових проявів на будівлі й споруди розроблено класифікацію територій за

переліченими вище показниками. Так, залежно від діаметра і глибини провалів

території з карстовими проявами поділено на чотири групи:

I - де 30 м > D_s > 20м, а 20м > h_s > 10 м;

П - де 20 м > D_s > 10 м, а 10 м > h_s > 5 м;

Ш - де 10 м > D_s > 3 м, а 5 м > h_s > 2 м;

IV - де 3 м > D_s > 0,5 м, а 2 м > h_s > 0,5 м.

Рис 8.1. СТУПІНЬ карстонебезпеки на Україні (заЧерним Г. І..) Ступінь карстонебезпеки: 1 - низька; 2 -

середня; 3 - висока: 4 - луже висока Вияв карстонебезпеки: 5 - аварійні ситуації; 6 - аварії; 7 - катастрофи.

Межі: 8 - закарстованих територій: 9 - ділянок з різним ступенем закарстованості: 10 - місцева закарстованість.

Території з непровальними деформаціями земної поверхні у вигляді осідання на великій площі теж поділено на чотири групи (таблиця 8.1)

Таблиця 8.1.

Класифікація територій за показниками осідання

Групи територій	Нахил бортів мульди *i*, мм/м	Радіус кривизни *R*, км, при ширині мульди			Невідоме b
		b > 20м	*b > 50м*	*b > 100м*	
I	20 > i > 10	-	2,5 > R > 1,25	5 > R > 1,25	1.25
II	10 > i > 7	1,5 > R > 1	3,5 > R > 2,5	7 > R > 5	2.5
III	7 > i > 5	2,0 > R > 1,5	5 > R > 3,5	10 > R > 7	3.5
IV	5 > i > 0	R > 2	R > 5	R > 10	5

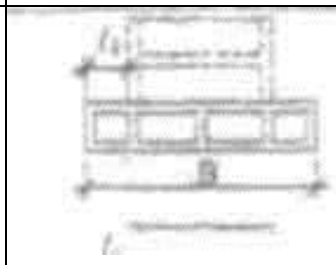
8.3. Конструкції будівель та споруд у карстових районах розраховують за несучою здатністю й придатністю до нормальної експлуатації, тобто як за першою, так і за другою групами граничного стану на особливе поєднання навантажень (постійні, довгочасні, короткочасні навантаження та дія нерівномірних деформацій земної поверхні). Реакції основи й узагальнення зусиль у будівлях і спорудах визначають за розрахунковими схемами у вигляді балок, системи перехресних балок або плит, що лежать на основі, яка деформується. Будівлі та споруди розраховують на дію провалів у основі; на викривлення основи, яке виникає внаслідок осідання земної поверхні на великій площі; на горизонтальні і вертикальні деформації основи внаслідок осідання земної поверхні на невеликих за площею ділянках.

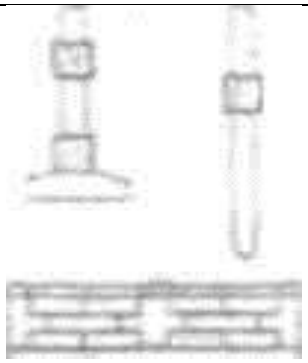
У Києві запропоновано та впроваджено нові типи фундаментів житлових багатоповерхових будинків, які споруджуються у закарстованих

районах. Типи таких фундаментів показано в таблиці (8.2).

Таблиця 8.2.

Типи фундаментів будівель для за-карето вабних районів

Тип фундаменту	Схема перерізу будівлі	Область призначення
У вигляді залізобетонних плит: а) коробчаста		Для каркасних та безкаркасних будівель при $D_c < 12$ м і ширині плити $B<D_c+2l_h$
б) плоска		Для тих же будівель при $D_c < 15$ м при підвищеному навантаженні

в)ребриста		Для тих же будівель при дії рівномірно розподіленого навантаження за осями будівлях ϕ_c <12м)
Просторово-рамний каркас із використанням збірних стінових блоків або цокольних стінових панелей		Конструкція фундаменту й підвалу для каркасних й безкаркасних будівель у вигляді просторово-рамної системи (D_c<6м): фундаменти -стрічкові на природній основі або пальові. Фундамент у вигляді суцільної залізобетонної плити, яка з'єднана з рамною частиною
Плитно-рамний фундамент Фундамент із перехресних стрічок		Для безкаркасних і каркасних будівель (D_c<6m; $B < D_c + l$ або при розташуванні провалу ближче до зовнішніх стін).

Крім використання фундаментів своєрідної конструкції, велике значення мають захисні заходи, що забезпечують міцність, стійкість та умови нормальної експлуатації

будівель і споруд, які можна розділити на такі п'ять груп (таблиця 8.2)

Таблиця 8.2

Протикарстові заходи територій та будівель на них

Заходи	**Реалізація заходів**

Заповнення карстових порожнин	Тампонування водотривкими матеріалами всіх водозбірних вирв та щілин, які виходять на поверхню землі: влаштування протифільтраційного екрана із цементного' розчину, який напитають крізь свердловини по периметру закріплювальної ділянки; заповнення порожнин у середині ділянки глинопіщаною сумішшю або піском.
Прорізання карстових порід глибокими фундаментами	Використання глибоких бурових опор: улаштування буроін'єкційних паль; використання забивних висячих або паль- стояків із резервом і пристроями, які захищають палі від випадання з ростверка.
Закріплення карстових порід	Улаштування під будівлею або спорудою плити із закріпленого грунту, яку створюють за допомогою силікатизації або смолізації залежно від інженерно-геологічної будови будівельного майданчика; армування масиву закачуванням цементного розчину через ін'єктори й завчасно пробурені свердловини
Водозахисні	Раціональне розміщення об'єктів; улаштування діафрагм та проти-фільтраційних запон для відведення поверхневої води від, небезпечної в карстовому відношенні ділянки; влаштування широкого вимошення на ущільненій основі; влаштування горизонтального, вертикального, пластового чи комбінованого дренажу.
Конструктивні заходи	Посилення конструкцій існуючих будівель зовнішніми замкненими залізобетонними поясами на рівні цоколю: посилення простінків металевими обоймами; посилення фундаменту залізобетонними обоймами; влаштування вертикальних протикарстових зв'язок або попруг із канатів чи металевих ферм.

8.4 Найчастіше карст є обставиною, несприятливою для будівництва. Особливо великі труднощі виникають при гідротехнічному будівництві. Відомі випадки, коли водоймища не змогли заповнити водою через витікання води в карстові пустоти. Коли карст розміщений між шарами глин або суглинків, вони можуть заповнювати його пустоти. У цьому випадку труднощів при зведенні будинків та споруд не виникає. Не виникають труднощі й тоді, коли товщі з пустотами, складені важкорозчинними ґрунтами (I група карсту), потужні, а прихованих (необвалених) воронок та пустот на невеликій глибині немає. У інших випадках будівництво утруднюється.

8.5. При розробці корисних копалин підземним способом у порожнину, що створюється, зміщуються верхні шари ґрунту, а на земній поверхні

виникає чашоподібна западина, яка називається мульдою зрушення. Розміри мульд залежать від різних чинників, наприклад від товщини пласта, який розроблюють; кута його нахилу до горизонталі *a* (кута падіння); розмірів виробки уздовж та впоперек пласта відповідно D_1 та D_2, радіуса кривизни земної поверхні R, фізико-механічних властивостей ґрунту тощо.

Такі несприятливі умови спорудження будівель виникають скрізь на територіях, де є підземні виробки, особливо на Донбасі, в західній Україні та в інших місцях. Аналогічні деформації мають місце в стародавніх історичних містах України, там, де з давніх часів існують підземні виробки, а також у великих містах, де будують метрополітени.

Тривалість процесу зрушення залежить від орієнтації виробок у просторі, складу та міцності порід, глибини розробки. Спостереження показали, що розвиток деформацій земної поверхні відбувається протягом 2 - 16 місяців (М. С. Метелюк та ін., 1984). Швидкість осідання складає не менш як 3 — 5 см за місяць, залежно від кута нахилу пласта, що розробляється. Якщо глибина розробки такого пласта невелика, то на поверхні утворюються тріщини, провалля, воронки.

У межах ділянок, під якими є підземні виробки, поступово відбувається нерівномірне осідання земної поверхні, що зумовлює порушення роботи конструкцій будівель та споруд. Зміщення точок земної поверхні відбувається одночасно як по горизонталі, так і по вертикалі. Особливо активно процес іде на кінцевих ділянках мульди. В її центральній частині зростають вертикальні зміщення. Встановлено, що в різних вугільних басейнах країни відносні деформації зрушень неоднакові.

Залежно від таких особливостей і згідно з діючими нормами проектування території розподіляють на групи (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

Класифікація розроблених територій за розмірами деформації земної поверхні

	Групи територій

Деформація земної поверхні	I	II	III	IV
Відносні горизонтальні деформації розтягнення або стиснення ε мм/м, нахил і, мм/м радіус кривизни R, км	12> ε >8 20> i >10 1< R <3	8> ε >5 10> i >7 3< R <7	5> ε >3 7> i >5 7< R <12	3> ε >0 5> i >0 12< R <20

Найсприятливіші умови будівництва будуть на територіях IV групи. Якщо відносні горизонтальні деформації розтягнення або стиснення менші за 1 мм/м або радіус кривизни більший за 20 км, а уклон $i \approx 0$, то ніяких заходів для захисту будівель від шкідливого впливу гірничих виробок не передбачають. Якщо деформації земної поверхні за прогнозом більші, ніж у IV групі, то будівництво на таких територіях небажане.

Для забудови слід вибирати такі ділянки, де корисні копалини вже видобуті, а процес деформацій земної поверхні і формування мульди завершився або розроблення почнеться після закінчення строку амортизації запроектованих об'єктів.

8.6 Міцність, стійкість та експлуатаційна надійність будівель, які заплановано спорудити на території з підземними виробками, значною мірою залежать від розміщення об'єктів відносно мульди, а також захисту їх від впливу гірничих виробок.

Розрахункові параметри грунту визначають залежно від групи територій, величини деформацій, прогнозу змін інженерно-геологічних умов ділянок забудови.

Зусилля в елементах будівель залежать від конструктивних особливостей підземної частини будівлі,глибини закладення фундаментів, площі контакту фундаментів з грунтом, фізико-механічних властивостей грунту. Особливість розрахунку полягає в урахуванні зсувальних зусиль по підошві фундаменту, а також його бічних поверхнях, нормального тиску на лобові поверхні фундаменту.

Досвід проектування будівель, споруджуваних на ділянках, під якими є підземні виробки, показав, що найбільше поширення мають такі

різноманітні конструктивні заходи щодо пристосування до місцевого просідання:

- влаштування деформаційних швів зі спареними стінками;
- влаштування фундаментних, цокольних або міжповерхових поясів без розривів та переходу на інші позначки разом із зв'язуванням плит міжповерхових перекриттів;
- влаштування підвалу з жорсткістю, більшою за жорсткість поверху;
- використання монолітних, збірно-монолітних перехресних або плитних фундаментів (особливо при можливості провалів);
- влаштування фундаментів з паль-стояків, паль-колон, буронабивних паль, якщо, крім виробок, на ділянці залягають ґрунти з особливими властивостями; шарнірне поєднання паль з ростверком;
- влаштування ніш для встановлення домкратів і подальшого в разі необхідності вирівнювання будівель;
- влаштування ґрунтової або піщаної подушки.

Позакатегорійні умови зумовлюють необхідність у застосуванні фундаментів на суцільних залізобетонних плитах, потужних балках, балках-стінках. Розроблено нові вирішення фундаментів, які дозволяють виконувати рихтування, тобто змінювати висотну позицію надфундаментної конструкції, зменшувати зусилля в несучих конструкціях.

Наприклад, запроваджена в виробництво конструкція стрічкового фундаменту з термопластичним проміжком з асфальтобетону, поліетилену, полістиролу або іншого матеріалу, температура плавлення якого +50... 100 °С, а опір стиснення не менше 15 МПа. З допомогою нагрівальних елементів можна місце термопластичного проміжку довести до температури плавлення, завдяки чому виникає поступове рихтування конструкцій будівлі.

У Донецьку розроблено конструкцію окремого фундаменту під колони
каркаса, який дозволяє регулювати положення колон за вертикаллю(рис8.2) і в горизонтальному напрямку (рис 8.3).

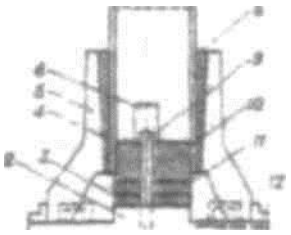


Рис. 8.2. Окремий фундамент для вирівнювання колон за методом опускання: 1 - фундаментна плита; 2 - опорний виступ; 3 - термоелемент; 4 - шар поліетилену; 5 -підколонник; 6 - трубка; 7 колона; 8 - бетон; 9 - напрямний стержень; 10 - термовкладиш; 11 -азбест; 12 - борозна для кабелю

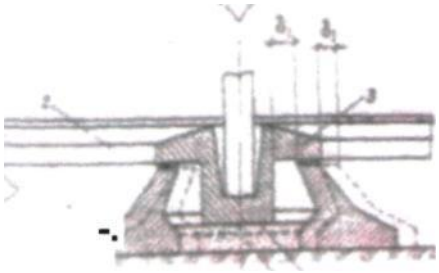


Рис. 8.3. Окремий фундамент, який зміщується в горизонтальному напрямі:

1 -фундаментний блок; 2 - зв'язки-розпірки; 5 - консольні виступи; 4 - підколінник; 5 -піщана подушка

Контрольні запитання

1. Які території відносять до закарстованих.

2. Причини, внаслідок яких утворюється карст.

3. Проаналізуйте суфозію грунтів при карстоутворенні.

4. Вкажіть прикметні особливості карбонатного карсту.

5. Охарактеризуйте відкритий та прихований карст.

6. Опишіть характер поверхневих форм карстових проявів.

7. Групи закарстованих територій залежно від діаметра і глибини провалів.

8. Групи закарстових територій залежно від параметрів осідання земної поверхні.

9. Засади розрахунків конструкцій будівель, споруджених на закарстованих

територіях.

10. Типи фундаментів, застосування яких підвищує надійність

будівель,споруджених на закарстованих територіях.

11. Заповнення карстових порожнин як запобіжний захід для підвищення надійності будівель.

12. Закріплення карстових порід, які служать основами будівель.

13. Водозахисні заходи при забудові на закарстованих територіях.

14. Конструктивні заходи для підвищення надійності будівель, що споруджуються на закарстованих територіях.

15. Які території відносять до підроблюваних.

16. Групи підроблюваних територій за розмірами деформацій земної поверхні.

17. Конструктивні заходи для підвищення надійності будівель, що споруджуються на підроблюваних територіях.

18. Типи фундаментів будівель, які споруджуються на підроблюваних територіях.