

ТЕМА 7. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ НА СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Мета вивчення: Засвоїти особливості проектування основ і фундаментів на сейсмонебезпечних територіях.

Питання для вивчення:

- 7.1. Загальне уявлення про сейсмонебезпечні території.*
- 7.2. Особливості проектування сейсмо фундаментів.*
- 7.3. Особливості роботи основ при дії сейсмічних впливів*
- 7.4. Особливості розрахунків основ і фундаментів при дії сейсмічних впливів .*
- 7.5. Доцільність застосування фундаментів у сейсмічно небезпечних районах.*

7.1. Окремі ділянки земної кори зазнають сильних струсів, які називають землетрусами. Сила землетрусів в епіцентрі оцінюється у балах за 12-бальною шкалою MSK-64. В гіпоцентрі землетруси класифікують за 9-бальною шкалою Ч. Ріхтера залежно від магнітуди. Співвідношення даних цих шкал залежить від глибини розташування гіпоцентру.

Найбільш сейсмічними районами в Україні є Прикарпаття, Одещина та Крим. У цих районах проживає кожен десятий громадянин України. Коли врахувати збільшення населення в курортних районах за сезон, то набагато більше.

Спостереження за наслідками численних землетрусів показали, що в різних частинах одного сейсмічного району вони значно відрізняються за інтенсивністю. Так, інтенсивність струсу на поверхні землі на ділянках із сипкими ґрунтами у 15 разів більша, ніж на ділянках із скельними. Тому будівельними нормами введено поняття уточненої сейсмічності, за якою складають карти мікросейсморайонування. Сейсмічність конкретного будівельного майданчика залежно від ґрунтових умов установлюють за даними таблиці 7.1.

До першої (I) категорії відносять: скельні ґрунти всіх видів, невивітрілі та слабковивітрілі; великоуламкові ґрунти малого ступеня

водонасичення з магматичних порід, що містять до 30% піщано-глинистого заповнювача.

До другої (II) категорії відносять: скельні ґрунти, вивітрілі та дуже вивітрілі; великоуламкові ґрунти, крім тих, що віднесені до I категорії; піски гравелисті, крупні та середньої крупності, щільні й середньої щільності, малого і середнього ступеня водонасичення; піски дрібні та пилюваті, щільні й середньої щільності, малого ступеня водонасичення; глинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0,5$ і коефіцієнтом пористості $e < 0,9$ для глин та суглинків і $e < 0,7$ для супісків.

До третьої (III) категорії відносять: піски пухкі незалежно від вологості й крупності; піски гравелисті, крупні та середньої крупності, щільні і середньої щільності, водонасичені; піски дрібні та пилюваті, щільні й середньої щільності, середнього ступеня водонасичення та насичені водою; глинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; глинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0,5$ з коефіцієнтом пористості $e > 0,9$ для глин та суглинків і $e > 0,7$ для супіску.

Таблиця 7.1.

Оцінка сейсмічності ділянки будівництва залежно від ґрунтових умов

Категорія ґрунтів	Сейсмічність будівельного майданчика		
	6	7	8
I	6	7	8
II	7	8	9
III	8	9	>9

Слід мати на увазі, що при неоднорідному нашаруванні ґрунтів ділянки будівництва належить до більш несприятливої категорії за сейсмічними властивостями, якщо в межах 10-метрового шару ґрунту (рахуючи від позначки планування) шар, віднесений до цієї категорії, має загальну товщину понад 5 м. Категорію ґрунтів та показники їх

властивостей визначають з урахуванням прогнозу змін рівня ґрунтової води, а також можливості зволоження основи.

Крім викладеного вище, враховують і те, що будівлі й споруди залежно від , призначення та капітальності поділено на три категорії. Для кожної категорії встановлюється розрахункова сейсмічність, яка теж може бути нижчою, дорівнювати або перевищувати сейсмічність будівельного майданчика.

Будівельними нормами встановлено, що спеціальних заходів щодо пристосування будівель та споруд до сейсмічного впливу вживають, якщо інтенсивність сейсмічності району 7 і більше балів за шкалою MSK-64. Тільки для таких районів уточнюють сейсмічність й уживають відповідних заходів. Винятком із цього правила можуть бути лише унікальні споруди. Наприклад, телевізійна вежа в Останкіно (Москва) побудована з урахуванням сейсмічності 8 балів.

7.2. Проектування сейсмостійких фундаментів полягає у наданні їм властивостей не руйнуватися, не втрачати стійкості форми і не перекидатися при дії, крім звичайних навантажень, інерційних (сейсмічних) сил, які виникають при землетрусах. Відповідно до цих положень, проектування основ та фундаментів з урахуванням сейсмічних навантажень виконується на основі розрахунків за несучою здатністю на особливе поєднання навантажень. Попередній розрахунок основ і фундаментів виконують за деформаціями. На цьому етапі сейсмічні навантаження не беруть до уваги. Розрахунок за несучою здатністю основи проводиться для забезпечення міцності скельних і стійкості нескельних ґрунтів, а також виключення зсуву фундаменту по підшві і його перекидання. Цей розрахунок забезпечує збереження будівельних конструкцій, вихід яких із ладу загрожує руйнуванням будівлі чи окремих її частин. У той же час допускається пошкодження елементів конструкцій, руйнування котрих не загрожує безпеці людей і збереженню обладнання.

Тому деформації основи можуть перевищувати граничні значення і на особливе поєднання навантажень вони не розраховуються.

Глибина закладення фундаментів для ґрунтів I та II категорій за сейсмічними властивостями приймається як для несейсмічних районів. При ґрунтах III категорії рекомендовано збільшувати глибину закладення за рахунок влаштування підвалів і підземних поверхів будинку для визначення сейсмічного навантаження верхів

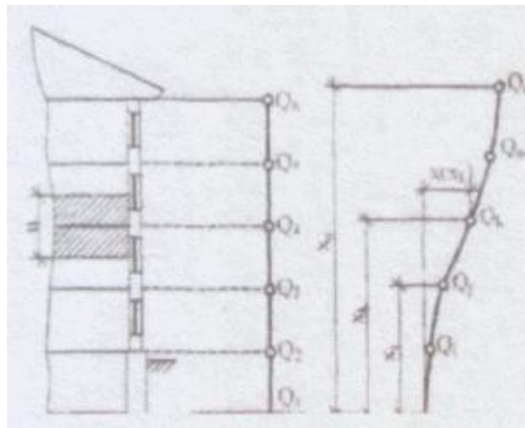


Рис. 7.2. Розрахункова схема чотириповерхового будинку для визначення сейсмічного навантаження

Доречно розташовувати підвали під усією будовою чи відсіком. Майданчики, де діють складні процеси (зсуви, обвали, карсти тощо) й особливими ґрунтами (просадочними, слабкими, надто стисливими та ін.) є не сприятливішими у сейсмічному відношенні. За необхідності будівництва на таких майданчиках необхідно виконати додаткові заходи для закріплення основ та посилення конструкцій будівель і споруд.

Велике значення має правильний вибір розрахункової схеми будівлі або споруди на дію інерційного навантаження. Вона повинна відтворювати не лише властивості самої будівлі, але і її взаємодію з основою. Разом із тим розрахункову схему треба приймати досить простою (рис.7.2). Найчастіше розрахункову схему приймають у вигляді консольного стрижня, який жорстко або пружно закладено в основу й до якого прикладено зосереджені чи розподілені маси (А. І. Мартем'янов, 1985). Особливості будівель і споруд у

розрахунковій схемі відтворюють розподілом мас та жорсткостей за довжиною стрижня.

Для розрахунку зусиль у споруді на рівні землі або напружень під подошвою фундаменту сейсмічна сила приймається зосередженою в центрі ваги споруди. Будови, які мають складну просторову схему, поділяються на прості елементи без зміни принципу їх роботи в цілому.

Сейсмічні зусилля можуть мати будь-який напрям у просторі. Очевидно, напрям розрахункових сейсмічних навантажень слід приймати найнесприятливішим. Таким буде горизонтальне навантаження в напрямі поздовжньої та поперечної осей.

7.3. Робота основи при сейсмічних впливах має наступні особливості:

1. Одночасний вплив на основу статичних і динамічних навантажень.
2. Утворення зон пластичних деформацій із можливим формуванням поверхні ковзання, що призводить у цілому до зменшення несучої здатності основи. Врахування зменшення несучої здатності враховується зниженням розрахункового значення кута внутрішнього тертя φ на 2° при $7,4^\circ$ при 7 балах, на 4° при 8 балах і на 7° при 9 балах..

3. Унаслідок пружної податливості ґрунту основа повинна мати достатню несучу здатність, забезпечуючи сприйняття навантажень при коливаннях, а також припустиму для будинків і споруд деформативність. Пружна податливість основи впливає на періоди й форми коливань будинків та споруд і позначається на величинах сейсмічних навантажень.

4. У розрахунках основ приймається особливе поєднання навантажень з урахуванням нахилів та ексцентриситетів зовнішнього навантаження, а також об'ємних сил інерції ґрунту.

5. Проектування основ виконується розрахунком за несучою здатністю. Попередні розміри фундаментів можуть визначатися розрахунком основи за деформаціями на основне поєднання навантажень без урахування сейсмічних впливів.

6. Розрахунок за несучою здатністю основи виконується для забезпечення

міцності скельних і стійкості нескельних ґрунтів, а також для виключення зрушення фундаменту по підшві та його перекидання.

7. Площадки будівництва з крутістю схилів більше ніж 15° , близькістю площин скидів, сильною порушеністю порід фізико-геологічними процесами, просадочністю ґрунтів, зсувами, карстом, гірничими виробками, пливунами є несприятливими в сейсмічному відношенні. За необхідності будівництва на таких площадках повинні вживатися додаткові заходи до зміцнення ґрунтів і посилення конструкцій будинків та споруд.

При будівництві в сейсмічних районах застосовують як фундаменти неглибокого закладення, що зводяться у відкритих котлованах, так і пальові. Варто мати на увазі, що фундаменти тут відіграють двояку роль. По-перше, вони передають на споруду (будинок) коливання ґрунтів, а виникаючі при цьому сили інерції створюють сейсмічне навантаження. По-друге, фундаменти, будучи частиною споруди, повинні без руйнування сприймати сейсмічне навантаження й передавати її основі, забезпечуючи загальну стійкість і міцність системи "споруда-основа".

7.4 Особливості розрахунків основ і фундаментів при дії сейсмічних впливів

Глибина закладення фундаментів, які споруджують із вийманням ґрунту, на основах I та II категорій за сейсмічними властивостями приймається такою ж, як і для несейсмічних районів. У ґрунтах III категорії варто вживати спеціальні заходи для поліпшення основ (водозниження, штучне зміцнення, влаштування розподільних подушок із крупного піску чи щебеню). Для будинків підвищеної поверховості (більше ніж 5 поверхів) збільшують глибину закладення фундаментів улаштуванням підвальних поверхів, при цьому підвали варто розташовувати під усіма відсіками. Приведена до підшви фундаменту рівнодіюча навантажень, включаючи сейсмічні, характеризується нахилом і ексцентриситетом. У цьому випадку розрахунок несучої здатності виконується, виходячи з умови

$$F \leq \frac{\gamma_{c.ed}}{\gamma_n} , \quad (7.1)$$

де F - вертикальна складова розрахункового позацентрового навантаження в особливому поєднанні;

$\gamma_{c.ed}$ - сейсмічний коефіцієнт умов роботи, прийнятий рівним 1,0, 0,8 і 0.6 для ґрунтів I, II та III категорії за сейсмічними властивостями;

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням споруди, прийнятий рівним 1,2, 1,15 і 1,10 для споруд I, II та III класів;

$F_{u.ed}$ - вертикальна складова сили граничного опору основи при сейсмічному впливі.

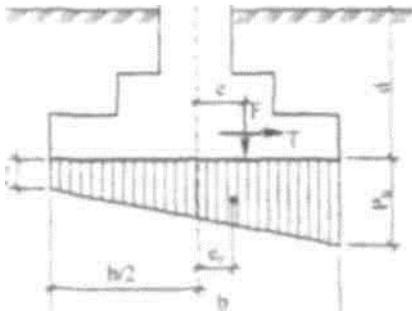


Рис. 7.3. Епюра граничного тиску під подошвою фундаменту при сейсмічному впливі

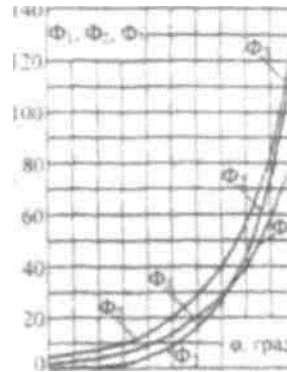


Рис. 7.4. Графіки для визначення коефіцієнтів несучої здатності основи при сейсмічному впливі

Вертикальну складову сили граничного опору основи $F_{u.ed}$ визначають з урахуванням ординат епюри граничного тиску по краях підшви прямокутного фундаменту (рис.7.3). що рівні:

$$P_0 = \xi_g \hat{O}_1 \gamma' d + \xi_c (\hat{O} - 1) \frac{\tilde{n}}{\text{tg } \varphi_1} , \quad (7.2)$$

$$P_0 = P_0 + \xi_r b (\hat{O}_2 - K_{ed} \hat{O}_\zeta) \frac{\tilde{n}}{\text{tg } \varphi_1} , \quad (7.3)$$

де - ξ_d, ξ_c, ξ_r - коефіцієнти форми підшви фундаменту в плані, що обчислюються як

$$\xi_d = 1 + 1.5b/l; \quad \xi_c = 1 + 1.33b/l, \quad \xi_y = 1 - 0.25b/l, \quad (7.4)$$

де l – довжина фундаменту в напрямкові, перпендикулярному розрахунковому.

У формулах (7.2) і (7.3) Φ_1, Φ_2, Φ_3 – коефіцієнти несучої здатності, що залежать від розрахункового кута внутрішнього тертя φ , визначені за графіками рис.7.4; y, y' – відповідно розрахункові значення питомої ваги шарів ґрунту вище та нижче від подошви фундаменту; d – мінімальна глибина закладення фундаменту; c – розрахункове значення питомого зчеплення; K_{ed} – коефіцієнт, прийнятий рівним 0.1, 0.2 і 0.4 при сейсмічності площадки будівництва в 7, 8 та 9 балів відповідно. Якщо у формулі (7.3) $\Phi_2 < K_{ed} \Phi_3$, то приймають $P_b = P_0$.

Формули (7.4) застосовують за умови $l > b/l > 0.2$. Якщо $l > b/l > 0.2$ то фундамент розраховують як стрічковий, тоді $\xi_d = \xi_c = \xi_y = 1$. При $b/l < 0.2$

використовують наступні значення коефіцієнтів $\xi_d = 2.5; \xi_c = 1.3; \xi_y = 0.7$.

Однак при цьому необхідно зробити додаткову перевірку стійкості основи в поперечному напрямку.

Залежно від співвідношення величин ексцентриситетів розрахункового навантаження e й епюри граничного тиску e_u (див. рис.7.3) значення $F_{u,ed}$ визначають:

$$\text{при } e < e_u, F_{u,ed} = 0.5dl (P_0 + P_b), \quad (7.5)$$

$$\text{при } e > e_u, F_{ud} = \frac{blP_b}{6e}. \quad (7.6)$$

Значення відповідних ексцентриситетів розраховуються за формулами:

$$e = M/F; \quad e_u = \frac{b(P_b - P_0)}{6(P_b + P_0)}, \quad (7.7)$$

де F і M — вертикальна складова розрахункового навантаження і момент, приведені до подошви фундаменту при особливому поєднанні навантажень. Величини e і e_u розглядаються з однаковим знаком, тому що при цьому має місце найбільш не вигідне для несучої здатності основи поєднання діючих навантажень.

При розрахунках основ та фундаментів з урахуванням сейсмічних впливів допускається частковий відрив підшви фундаменту від ґрунту, тобто вихід рівнодіючої за межі ядра перетину ($e > b/6$). При цьому в площині дії моменту потрібно виконання наступних умов: ексцентриситет розрахункового навантаження не повинен перевищувати $1/3$ ширини фундаменту, тобто $e < b/3$; сила граничного опору основи $P_{u.ed}$ має визначатися для умовної ширини підшви фундаменту, рівної розміру стиснутої зони $b_c = 0,5(b - 2e)$.

Максимальний крайовий тиск під підшовою фундаменту з урахуванням його неповного опирання на основу повинен відповідати умові

$$P_{\max} = \frac{2F}{3l(b/2 - e)} \leq P_b, \quad (7.8)$$

де $b/6 < e < b/2$; P_b визначається за формулою (7.3) для фундаменту, що має умовну ширину b_c . За цих умов формула (7.6) матиме вигляд

$$F_{u.ed} = 0.5b_c l P_b \quad (7.9)$$

Горизонтальна складова навантаження T ураховується при перевірці стійкості будинків і споруд на перекидання й зрушення по підшві фундаменту, що в багатьох випадках задовольняється. Перевірка на зрушення по підшві є обов'язковою за наявності діючих горизонтальних навантажень в основному поєднанні (глибокі підвали, підпірні стіни і т.д.). У цьому випадку враховується тільки тертя підшви фундаменту об ґрунт, а коефіцієнт надійності γ_n у формулі (7.1) приймається рівним 1.5, тобто

$$T \leq \frac{\gamma_{c.ed}}{\gamma_n} F_{u.ed} \operatorname{tg} \varphi. \quad (7.10)$$

7.5. Доцільність застосування пальових фундаментів у сейсмічних районах в основному та ж, що й у несейсмічних, тобто пальові фундаменти при сейсміці застосовуються в аналогічних ґрунтових умовах. Як і в статичних умовах, для прийняття остаточного варіанта фундаменту в сейсмічних районах необхідно провести техніко-економічне порівняння

варіантів.

При проектуванні пальових фундаментів у сейсмічних районах нижні кінці паль треба спирати на скельні й великоуламкові ґрунти ; щільні і середньої щільності піски; тверді, напівтверді та тугопластичні глинисті ґрунти. Опирання нижніх кінців паль на пухкі водонасичені піски, глинисті ґрунти з $I_L > 0.5$, тобто м'якопластичної, текучопластичної і текучої консистенції, не допускається.

Заглиблення паль у зазначенні ґрунти повинне бути не менше ніж 4 м, крім випадків їхнього опирання на скельні й великоуламкові ґрунти.

Набивні палі в сейсмічних районах улаштовують у маловологих глинистих ґрунтах при діаметрі паль не менше ніж 40 см і відношенні їхньої довжини до діаметра не більше ніж 25. При цьому необхідно вести надійний контроль за якістю виготовлення паль відповідно до проекту. Як виняток, допускається прорізання набивними палями шарів водонасичених ґрунтів із застосуванням обсадних труб, що витягаються, чи глинистого розчину. У структурно-нестійких ґрунтах набивні палі влаштовують з обсадними трубами, що залишаються в ґрунті. Армування набивних паль є обов'язковою умовою їхнього використання.

Пальові фундаменти розраховують за граничними станами першої групи на особливе поєднання навантажень (включаючи сейсмічний вплив), при цьому передбачають:

- визначення несучої здатності на вертикальне навантаження;
- перевірку паль за опором матеріалу стовбура на спільну дію позацентрово прикладеної нормальної сили, що згинає, моменту і поперечної сили;
- перевірку стійкості паль за умовою обмеження тиску, що робиться на ґрунт бічними поверхнями паль з урахуванням раніше зазначеного зниження розрахункового кута внутрішнього тертя.

При визначенні несучої здатності паль необхідно враховувати процеси, що виникають на контакті між палею і ґрунтом при впливі сейсмічного

імпульсу. Так, через збіг коливань ґрунту й споруди на деякій відстані від підосви ростверка між палею та ґрунтом виникає зазор, що знижує несучу здатність палі внаслідок проходження сейсмічних хвиль, відбувається зменшення сил тертя ґрунту по бічній поверхні; знижується також і лобовий опір ґрунту під вістрям палі. Тому несуча здатність пального фундаменту при урахуванні сейсмічного впливу може виявитися значно меншою, ніж при статичних навантаженнях.

Крім визначення несучої здатності на вертикальне навантаження, обов'язково виконується розрахунок палі на горизонтальну складову навантаження.

Розрахунок палових фундаментів з урахуванням сейсмічних впливів у просадкових ґрунтах в умовах неминучого зволоження основи повинен виконуватися для цілком зволоженого ґрунту.

Польові випробування з визначення несучої здатності палі на осьове навантаження, що вдавлює чи висмикує, повинні проводитися в сейсмічних районах шляхом імітування сейсмічного навантаження вибуховим впливом.

Контрольні запитання

- 1. Які території відносяться до сейсмонебезпечних.*
- 2. Визначте причини землетрусів тектонічного походження.*
- 3. Поширення сейсмічних хвиль від гіпоцентра.*
- 4. Оцінка сили землетрусу в гіпоцентрі та на земній поверхні.*
- 5. Визначення можливої сили землетрусу при проектуванні будівель на відведеній для забудови території.*
- 6. Категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями.*
- 7. Категорії будівель та споруд залежно від призначення та капітальності при, проектуванні їх на сейсмонебезпечних територіях.*
- 8. Сейсмічне районування територій залежно від категорії ґрунтів та*

будівель.

9. Рекомендації щодо вибору ділянок для забудови на сейсмонебезпечних територіях.

10. Рекомендації щодо форми та розмірів будівель, що проектуються для спорудження на сейсмонебезпечних територіях.

11. Порядок і засади розрахунків сейсмостійких основ фундаментів.

12. Головні вимоги до сейсмостійкості основи. 13. Головні вимоги до сейсмостійкості фундаментів.

14. Перевірка стійкості основи фундаментів неглибокого закладання з урахуванням дії сейсмічних сил.

15. Конструкції фундаментів, які підвищують надійність будівель при спорудженні їх на сейсмонебезпечних територіях.