

РОЗРАХУНОК АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ БОРТІВ КОТЛОВАНУ

*Іванов О.В. ДМ-41-18, Кравченко А.Р. ДМ-51-21
Науковий керівник: к.т.н., доцент Смолянчук Н.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Розкриття та кріплення котловану являється відповідальним етапом возведення заглибленої споруди. Якщо ґрунт за своїми механічними властивостями не може зберігати рівновагу при розробці, може виникнути аварійна ситуація, особливо небезпечна ця ситуація, коли поблизу котловану розташовані будівлі та споруди.

Задачу кріплення котловану можна вирішити двома методами [1]. Перший метод – це зведення огорожувальної споруди, що сприймає тиск від власної ваги ґрунту, зовнішніх навантажень, гідростатичної дії води, що утримується за допомогою допоміжного опорного розпірного кріплення або анкерами. Огорожувальна стінка може бути виконана по методу «стіна в ґрунті», з занурених паль-балок, шпунта, буронабивних паль та ін. Другий метод полягає в укріпленні ґрунту по периметру котловану і передачі функції огороження самому ґрунтовому масиву, що має підвищену несучу здатність (заморожування, ін'єкція в'язучого, армування ґрунту).

Вибір того чи іншого виду кріплення залежить від конкретних геологічних та гідрогеологічних умов будівельного майданчика, розміру котловану в плані та профілі, допустимих деформацій, наявності необхідного обладнання, економічної доцільності та інших факторів [2].

Як показує практика, у більшості випадків конструкції огорожень котлованів глибше 4 метрів не здатні самостійно забезпечити стійкість відкосів та допустимі осадки прилеглих будівель, що визиває необхідність їх посилення за допомогою спеціальних конструкцій. Якщо у розрахункову схему огорожень ввести додаткову опору, схема змінюється з консольної на

балочну, і максимальний момент миттєво зменшується [3]. Це рішення лежить в основі всіх конструкцій посилення кріплення котлованів.

До внутрішніх конструкцій підсилення огорожень котлованів відносять ґрунтові анкери. Анкери представляють собою конструктивні елементи, які передають навантаження у глибокі шари ґрунту за межі призми обвалення та які забезпечують зв'язок огорожуючих конструкцій та ґрунту.[4]. Надійність анкерного кріплення залежить від конструкції та технології виготовлення анкерів. Найчастіше влаштовують ін'єкційні попередньо напружені ґрунтові анкери, в яких закріплення в ґрунті утворюється за допомогою нагнітання в ґрунт під тиском твердіючих розчинів, як правило на основі портландцементів.

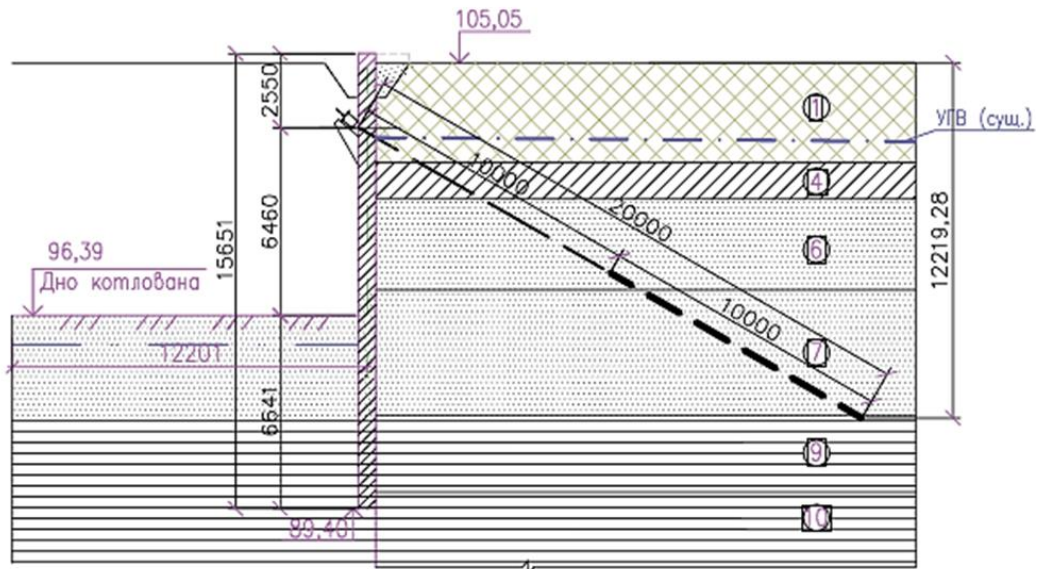


Рисунок 1 – Геометричні параметри розрахункової схеми

Для розрахунку в якості огорожувальної конструкції прийнята «стіна в ґрунті», глибина занурення по гідрогеологічним умовам повинна бути не менше, ніж 10,0 м. Центр закладення анкера повинен лежати на глибокій лінії ковзання, яка проходить через нижній кінець огороження під кутом 20° до горизонту. Кут нахилу анкера до горизонту приймаємо 35° , для максимального занурення закладення в несучій шар ґрунту. В результаті графічних побудов на перетинанні осі анкера та лінії глибокого ковзання

визначаємо положення центру закладення. Довжину закладення приймаємо 10 м, отримуємо довжину анкера 20 м, Таким чином, глибина занурення закладення складає 12,219 м (рис. 1), що допустимо.

Одним з найбільш поширених наближених методів розрахунку стійкості системи «огородження-анкер-грунт» є методика, основана на методі Кранца [3]. Оптимальне положення анкера в ґрунті підбирають в процесі стійкості системи «огородження-анкер-грунт» на перекидання навкруги низу стінки, що анкетується, з умови, що міцність ґрунтів на зсув подолана та утворюється глибока лінія ковзання. За цю лінію приймають пряму між точкою повороту d стінки і точкою C , розташованій посередині довжини закладення анкера (рис. 2).

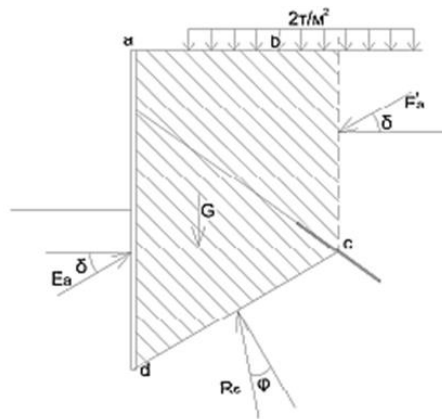


Рисунок 2 – Розрахункова схема при розрахунку по методу Кранца

Коефіцієнт стійкості K_y системи "стіна-грунт-анкер" на перекидання визначають з відношення:

$$K_y = P_{ax}/P_{wx} \geq \gamma_g, \quad (1)$$

де P_{ax} - розрахункова граничне навантаження на анкер, що визначається з розрахунку стійкості системи "споруда - анкер - ґрунт";

P_{wx} - розрахункове робоче навантаження на анкер - найбільш несприятлива комбінація зовнішніх навантажень на закріплену конструкцію с урахуванням попереднього напруження анкера.

Розрахунок активного тиску на стінку, що армується виконано в табличній формі (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахунок сумарного активного тиску на стінку

z	γ	φ	c	λ	σ_a	h	σ_w	σ_q	σ_{ha}
3.43	19.5	26	2	0.390462	23.61655	0.72	7.2	7.809234	38.62579
4.69	19.6	23	6	0.438092	32.32859	1.98	12.6	8.76185	53.69044
7.82	20	20	11	0.490291	61.27688	5.11	31.3	9.805812	102.3827
12.14	19	32	2	0.307259	68.65502	9.43	43.2	6.14517	118.0002
14.76	20.2	30	5	0.333333	93.6105	12.05	26.2	6.66667	126.4772
17.36	20.8	24	36	0.42173	105.5244	14.65	26	8.434604	139.959

Епюра активного тиску наведена на рисунку 3, та з неї отримано рівнодіючу.

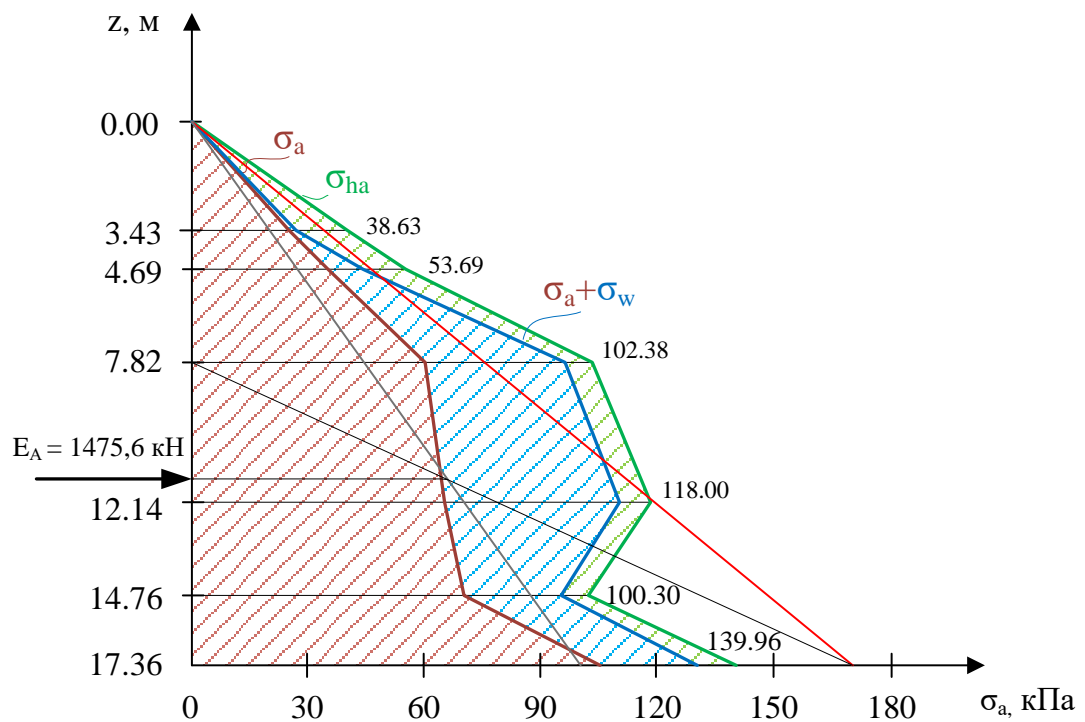


Рисунок 3 – Епюра активного тиску на кріплення

Розрахунок сумарного активного тиску на фіктивну анкерну стінку виконано в таблиці 2 та за допомогою графічних побудов (рис. 4).

Таблиця 2 – Розрахунок сумарного активного тиску на фіктивну стінку

z	γ	φ	c	λ	σ_a	h	σ_w	σ_q	σ_{ha}
3.43	19.5	26	2	0.390462	23.61655	0.72	7.2	7.809234	38.62579
4.69	19.6	23	6	0.438092	32.32859	1.98	12.6	8.76185	53.69044
7.82	20	20	11	0.490291	61.27688	5.11	31.3	9.805812	102.3827

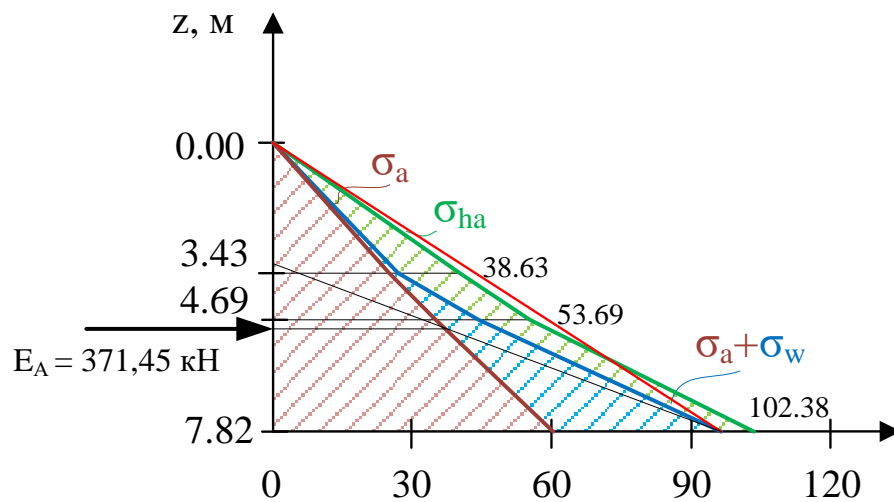


Рисунок 4 – Епюра активного тиску на фіктивну анкерну стінку

Силу реакції маси ґрунту R_s над глибокою лінією ковзання вирахуємо за формулою:

$$R_s = G / \cos \varphi \quad (2)$$

$$R_s = \frac{3187.91}{\cos 10^\circ} = 3237 \text{ кН}$$

В результаті побудови силового багатокутника (рис. 5) знаходимо горизонтальну складову зусилля в анкерній тязі, яка приводить заштриховану призму в стан граничної стійкості.

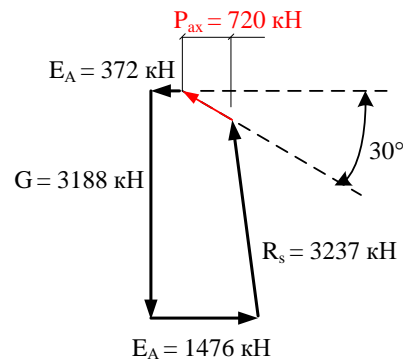


Рисунок 5 – Побудова силового багатокутника

Знаходимо значення горизонтальної складової зусилля в анкерній тязі, яка приводить заштриховану призму в стан граничної стійкості з урахуванням кроку анкерів $d=2\text{м}$: $P_{ax} = 720 \cdot 2,0 = 1440 \text{ кН}$

Задаємося коефіцієнтом запасу стійкості, для тимчасових анкерів $K_y = 2$, і обчислюємо горизонтальну складову розрахункового робочого навантаження на анкер (з урахуванням кроку 2,0 м):

$$P_{wx} = \frac{P_{ax}}{K_y} = \frac{1440}{2} = 720 \text{ кН} \quad (3)$$

В результаті отримано:

- горизонтальна складова розрахункового граничного навантаження на анкер, яку знайдено з розрахунку стійкості системи "споруда - анкер - ґрунт" з урахуванням кроку анкерів $P_{ax} = 1440 \text{ кН}$;
- рекомендований кут нахилу до горизонту - 30° ;
- розрахункове робоче навантаження на анкер (при початково прийнятому куті нахилу 35° за геологічними обставинами)

$$P_w = 720 / \cos 30^\circ = 879 \text{ кН.}$$

Таким чином, метод Кранца дозволив розрахувати довжину тяги ґрунтового анкеру, його нахил та довжину закладення, а також вибрати оптимальні параметри для проектування.

Література:

1. Донченко П.А. Дослідження технологій влаштування підземних і заглиблених споруд в котлованах / П. А. Донченко к.т.н., професор, С.В. Коновал асистент, І. О. Пономаренко аспірант – Черкаси : Черкаський державний технологічний університет, 2016. – 3 с.
2. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки: ДБН В.1.2-12 - 2008. - [Чинний від 2009-01-01 року]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Державний стандарт України)
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник проектировщика / [М. І. Горбунов-Посадов, В. О. Ільичев, В. І. Крутов и др.]; под ред. Є. О. Сорочана та Ю. Г. Трофименкова. – Москва: Стройиздат, 1985. – 480 с.
4. Sabatini, P.J., Pass, D.G., and Bachus, R.C. (1999). Ground Anchors and Anchored Systems. FHWA-IF-99-015, Federal Highway Administration, Washington, DC.