

ВПЛИВ НЕ ВРАХОВАНИХ ФАКТОРІВ ДЕФОРМАЦІЇ ШПУНТОВИХ ОГОРОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОТЛОВАНІВ

Чернухін О.М., Хоменко В.М.

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті розглянуто фактори деформації шпунтових огорожень будівельних котлованів, які можуть бути не враховані в проекті, на прикладі реконструкції НСК «Олімпійський». Показано необхідність додаткового розрахунку дощатої забірки з урахуванням тиску на неї перезволоженого ґрунту.

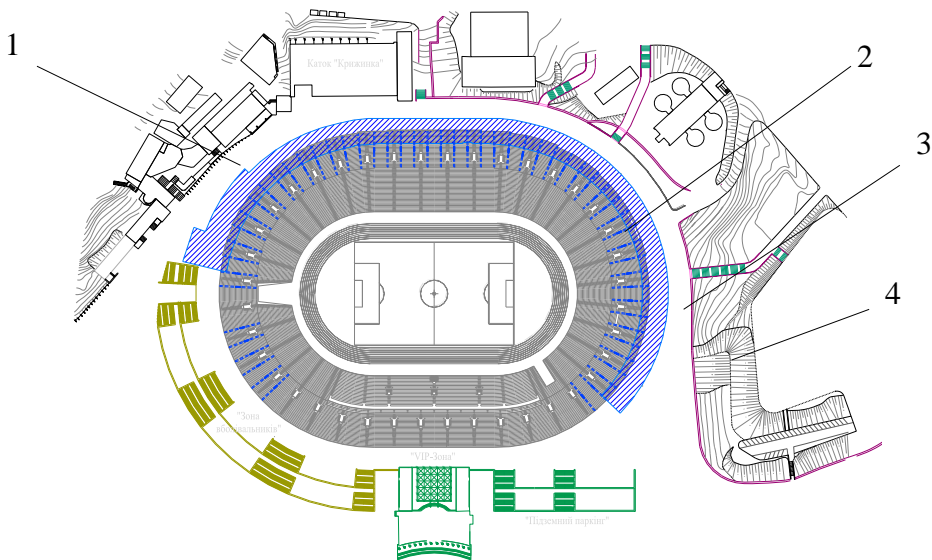
АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены факторы деформации шпунтовых ограждений строительных котлованов, которые могут быть не учтены в проекте на примере реконструкции НСК «Олимпийский». Показана необходимость дополнительного расчета дощатой заборки с учетом давления на нее водонасыщенного грунта.

ABSTRACT: The article describes the factors of deformation of sheet piling pits, which may not considered in the project, on the example of the reconstruction of NSK "Olympic". The necessity of additional calculation of wooden board with considering of pressure on it water-saturated soil is shown

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НСК «Олімпійський», «холодна зона», котлован, тимчасове огороження, стійка, дощата забірка, розрахунок.

Шпунтові стінки являють собою суцільні конструкції, утворені забитими в ґрунт дерев'яними, залізобетонними, сталевими або пластиковими шпунтовими палями. Така стінка утримує від обвалення ґрунт при зведенні конструкцій тимчасових огорож котлованів і траншей в період проведення будівельних робіт коли за умовами місцевості не представляється можливим влаштувати укоси нормальної крутизни.

Під час реконструкції НСК «Олімпійський» до Євро-2012 на його території проводилося будівництво підземних споруд різного призначення у тому числі споруда, що розташована навколо стадіону під назвою «холодна зона» (надалі ХЗ). Для будівництва ХЗ було розроблено будівельний котлован шириною 15,7-19,9 м глибиною 5-6 м, який не замкнутим кільцем по периметру охоплював чашу стадіону з боку Черепанової гори (рис. 1). За даними інженерно-геологічних вишукувань інституту «КиївГео» ґрунти основи ХЗ представлені супісками та мілководними пісками. Котлован ХЗ розроблювався на відстані 1-2 м від фундаментів пілонів трибуни верхнього ярусу. З боку Черепанової гори до котловану примикала об'їзна дорога для проїзду будівельної техніки. При влаштуванні котловану ХЗ перш за все потрібно було уникнути будь якого зміщення фундаментів пілонів трибуни верхнього ярусу.



1- «Холодна зона»; 2- пілон трибуни верхнього ярусу,

2- 3- об'їзна дорога, 4- схили Черепанової гори

Рис. 1. План розташування "холодної зони" на території НСК «Олімпійський»

При стислих термінах, що були відведені для влаштування ХЗ, перевагу було надано технології металево-дерев'яного шпунтового огороження завдяки простоті виконання, можливості прийняття навантажень від ґрунту відразу після влаштування та порівняно невисокій вартості.

За проектом інституту ВАТ ПТІ «Київоргбуд» огороження котловану складалося з металевих стояків із двотаврів № 36М довжиною 10-11,8 м, дерев'яної забірки з соснових дощок товщиною 50 мм довжиною 900 мм та металевого об'язувального поясу із двох металевих двотаврів № 36М (рис. 2). Крок стояків з боку пілонів був прийнятий рівним 1,0 м, а з боку Черепанової гори - 1,2 м. Стійкість стінки забезпечувалася зануренням стояків нижче дна котловану на 4-6 м та розпірками з сталевих труб Ø630, які встановлювалися на рівні майбутнього перекриття споруди ХЗ у створі з пілонами через 20 м, а потім через 10 м.



1- шпунтове огороження котловану, 2- розпірка, 3- пілон трибуни верхнього ярусу, 4- об'їздна дорога

Рис. 2. Загальний вигляд котловану «холодної зони»

Буріння свердловин під трибунами верхнього ярусу для встановлення в них стояків виконувалося малогабаритними пересувними установками РБУ-2М. Бурова колона складалася з окремих шнеків довжиною до 1,5 м (рис 3). По мірі розробки котловану між стояками зверху донизу встановлювалися дощата забірка.



1-пілон трибуни верхнього ярусу, 2- шнекова колона,
3- бурова установка РБУ-2М

Рис. 3. Буріння свердловин для встановлення стояків

Протягом виконання робіт виникали ускладнення, які необхідно окреслити для їх попередження на майбутніх будівництвах.

1. Відсутність необхідної кількості розпірок спричинило прогин стінки, утворення заколів, тріщин та мульд просідання в ґрунті вздовж підпірної стіни. У зв'язку з цим крок розпірок було зменшено з 20 до 10 м.

2. В місцях де крок між стояками перевищував дозволений за проектом 1,0-1,2 м та досягав 1,6-1,8 м спостерігалось руйнування дощок забірки та вивали ґрунту (рис. 4).

3. Під час буріння шнекові секції бурової установки РБУ-2М з'єднувались шарнірно через втулку внаслідок чого певна кількість свердловин і відповідно стояків на етапі будівництва виконувалась з відхиленням в бік котловану на величину до 15-30 см. Це створювало перешкоди при опусканні в свердловини стояків. Тому було запропоновано використання жорсткого різьбового з'єднання між шнеками бурової колони.

4. Під час робіт виносні опори важкої будівельної техніки знаходилися біля краю котловану (рис. 5), коли по проекту розташування машин і механізмів не дозволялося ближче 3,5 м від краю котловану.

5. В період інтенсивного таяння снігу висотою до 1,5 м відбувалося накопичення талої води біля кромки котловану ХЗ. Внаслідок перенасичення ґрунту за підпірною стіною стався зсув ґрунту, що призвело спочатку до руйнування дощок нижнього ряду забірки з вивалом ґрунту

(рис. 6). Цьому сприяло відсутність тимчасового відведення дощової та талої води.



Рис. 4. Вивали ґрунту між стояками зовнішньої підпірної стіни в котлован



Рис. 5. Розміщених виносних опор крану біля краю котловану



1- місця замокання дощок забірки, 2- випирання ґрунту
 Рис. 6. Замокання та випадіння дощок забірки з вивалом ґрунту

Найбільш слабким місцем в конструкції підпірної стінки виявились дошки забірки, товщина яких прийнята за ДБН А.3.2-2-2009 [2] мінімальною - 50 мм. Було виконано повірочний розрахунок дощатої забірки при умові тиску на неї водонасиченого ґрунту. Дошки забірки перерізом 400x50 мм довжиною 900 мм з сосни з допустимим напруженням $[\sigma]=100 \text{ кг/см}^2$, що розташована на рівні дна котловану на глибині $h=6 \text{ м}$ де на неї діє максимальне навантаження. Ґрунт - пісок пилуватий середньої щільності $\gamma=17,9 \text{ кН/м}^3$, у водонасиченому стані з урахуванням зважуючої дії води $\gamma=20 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 27^\circ$, $C = 0 \text{ кПа}$, $e=0,65$.

Значення бічного тиску ґрунту на дошку знаходимо за формулою наведеною в [1]:

$$\sigma = \left[h \cdot \gamma \cdot \lambda - C \cdot \left(\frac{1 - \lambda}{\tan \varphi} \right) \right] \cdot \gamma_f, \quad (1)$$

де h – глибина котловану, м, γ - питома вага ґрунту, кН/м^3 , φ - кут внутрішнього тертя, град, λ - коефіцієнт бічного тиску, який залежить від φ , що дорівнює 0,38, C – зчеплення, кПа , γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням, приймаємий 1,1.

Після підстановки в формулу (1) прийнятих значить отримаємо значення бічного тиску ґрунту на дошку $\sigma = 82,8 \text{ кН/м}^2$.

Знаходимо момент опору дошки з формули:

$$W_u = \frac{b \cdot t^2}{6} = \frac{0,4 \cdot 0,05^2}{6} = 0,00017 \text{ м}^3. \quad (2)$$

Лінійне рівномірно розподілене навантаження від ґрунту на дошку
 $q = \sigma \cdot b = 82,8 \cdot 0,4 = 33,1 \text{ кН / м},$

Максимальний згинальний момент, що виникає посередині дошки:

$$M_{\text{max}} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{33,1 \cdot 0,9^2}{8} = 3,35 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3)$$

Міцність перерізу дошки за нормальним напруженням:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_u} = \frac{3,35}{0,00017} = 19706 \text{ кН / м}^3 = 197,1 \text{ кг / см}^2 > [\sigma] = 100 \text{ кг / см}^2. \quad (4)$$

$\sigma_{\text{max}} > [\sigma]$, тобто умова не виконується. Прийняті в проєкті розміри дошки заїрки не відповідали фактичним навантаженням.

Для вищезгаданих ґрунтових умов побудовано графік (рис. 7) залежності товщини дошок заїрки від кроку стояків L та глибини їх розташування h за формулою $t = 0,03 \cdot l \cdot \sqrt{h}$. З графіку також слідує, що товщина дошки на глибині 6 м повинна бути не меншою 75 мм.

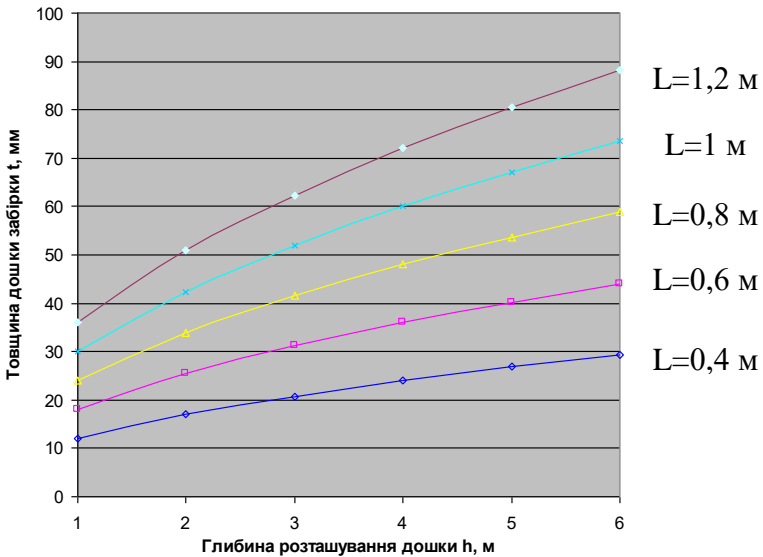


Рис. 7. Графік залежності товщини дошок заїрки від кроку стояків та глибини її розташування коли ґрунт знаходиться в водонасиченому стані

ВИСНОВКИ

1. Для забезпечення вертикальності свердловини, шнекові секції бурової установки з'єднувати жорстко через різьбове з'єднання.
2. При розрахунку елементів шпунтової стінки враховувати додаткове навантаження від важкої будівельної техніки, що працює біля краю котловану, накопичення снігу та тиску ґрунту в водонасиченому стані.
3. На місці будівництва встановити попереджувальні знаки про можливі небезпеки.
4. Застосовувати тимчасове відведення дощової та талої води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сорочан Е.А. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Е.А. Сорочан Ю.Г. Трофименков. - М.: Стройиздат, 1985.
2. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: ДБН А.3.2-2-2009. - [Чинний від 2010-04-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – (Будівельні норми України).

Стаття надійшла до редакції 14.09.2016 р.