

Приложение на пасивни микро пилоти за поемане на земен натиск

Елена Демирева-Милушева

Минно геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Строителството на подземни съоръжения в градската среда все по често налага изпълнение на дълбоки изкопи с цел оползотворяване на подземните нива за паркинги, гаражи, трезори и др.

Това налага изпълнение на дълбоки изкопи и коти на фундиране до -5,00 и -7,00 м от терена. Укрепването на подобни строителни изкопи, често поддържащи стабилитета и на околните съществуващи сгради, може да се изпълни като самостоятелен технологичен етап, а може да бъде и неразделна част на подземната част на сградата.

Статията разглежда възможността навлизащите нови строителни методи за изпълнение на пасивни "микро" анкери да поемат усилията от земен натиск. Под понятието "пасивен микро анкер" в случая се разглеждат анкери с диаметър 30-50 мм и дължини до 30-35 м. Сравняват се икономическите показатели (на база носимоспособност) на основните прилагани системи на укрепване на дълбоки изкопи.

Сравнението е дадено на база укрепване на конкретен изкоп в гъсто застроена градска среда с дълбочина 7 м и площ 3000 кв.м.

APPLICATION OF PASSIVE MICRO-ANCHORS TO RECEIPT THE EARTH PRESSURE

ABSTRACT. Underground construction in cities more and more often involves the construction of deep pits with the aim of utilizing the underground room for parking area, garages, treasure depositories.

That involves deep pits and levels of foundation -5,00 and 7,00 m below the surface. Reinforcement of similar construction pits, often supporting the stability of neighbor buildings, may be performed either as an individual technological stage or as an indivisible part of the underground portion of the building.

The paper discusses the new construction approaches for performing of passive "micro-anchors" to receipt the earth pressure. The concept "passive micro-anchor" is used for anchors of diameter 30 – 50 mm and length not more than 30 – 35 m. The economical characteristics (based on bearing capacity) of the major systems for reinforcement of deep pits are compared. Comparison is presented on the basis of reinforcement of a specific pit of depth 7m and area of 3000 m² within an intensively constructed urban area.

Въведение

Съвременните технологии доказват, че няма терен, върху който да не може да се построи сграда, въпросът е на каква цена. Целта ни е да се докажат предимствата и недостатъците на възможните варианти за дълбоко фундиране и специфичните им предимства при всеки конкретен случай.

Архитектурните проекти, през последните години по-често включват поне един напълно вкопан етаж, а нерядко и два. Предвид конструктивните височини на сградите това означава, че кота на фундиране е на дълбочина от 4 до 7 метра под терена. Едно не винаги оправдано конструктивно решение е и фундиране на обща фундаментна плоча, върху която се изпълнява обратна засипка от баласта с дебелина средно 40 см и върху нея 20 см двойно армирана "настилка". Презумцията е в обратния насип да преминат тръбите на ВиК. Така котата на фундиране спада още по-ниско, а моментите от земетръс нарастват, но нали фундаментната плоча и без това е преоразмерена и/или не винаги необходима.

Едно примерно решение на укрепени откоси на масов изкоп с дълбочина от терена 7 метра е показано на сн.1 и сн. 2. При сравнение с други подобни изпълнения, особено калкани и пломби в гъсто застроената градска част, разликата е, че в този случай съседното застрояване е ново, проектирано по съвременните норми за земетръс, начина на фундиране и котите са ясни. Отпада и проблема

за осигуряване на минимално необходимата фуга, чрез оставащ кофраж като стиропор, твърда вата и др.

Инженерно геоложки характеристики

Инженерно-геоложките проучвания при дълбоко фундиране (фундиране на сгради с подземни нива) трябва да е зададено на инженер-геолога предварително като дълбочини – а те не могат да бъдат по-малко от 5 метра под котата на фундиране. Това се налага от необходимостта да се определи активната зона под фундаментна (когато е необходима проверка за слягане) от една страна и от друга – за да се изчислят пасивния и активен натиск на укрепването.

Тук, обаче, е необходимо да поставим едно условие – 5 м може да са достатъчни при подпрени с анкери, разпонки или контрафорсни укрепителни огради, но при конзолно стоящи укрепления емпиричната формула е 1,5 пъти откопаната височина на оградата, което за 7 м изкоп прави 10,5 м забита дълбочина. Или това изисква проучване на дълбочина 18 м. Въпрос на икономическа преценка е кое е по-удачното решение – изпълнение на опора или по-голяма дълбочина на оградата. От гледна точка на сигурността на съоръжението като цяло, ако оградата е част от фундамента на сградата, а не само технологичен етап на строителство, конзолния вариант е за предпочитане.



Сн.1. Технологично четиристранно укрепване на изкоп с дълбочина 7 м. 500 000 лв се прибавят само към перо изкопни работи, без да имат отношение към сигурността на бъдещата сграда.



Сн. 2. 170 броя пилоти с диаметър 30 см и дължина 10,5, подпрени през два метра с къси микро пилоти на обединителна греда

Защо се спираме толкова подробно на този въпрос? Подземни етажи, паркинги гаражи се строят в големите градове, където геологията е най-подробно проучвана и често има архивни данни от стари сондажи, но до каква дълбочина. "Икономия" от предварителни инженерно-геоложки проучвания може да се окаже с обратен знак в цената и сигурността на съоръжението. Могат да ни изненадат подпочвени или напорни води, равнотърнести пясъци и др.

За конкретния пример в публикацията инженерно-геоложките данни са усреднени, като пластове до

Статическа схема и натоварване

Проследявайки етапите на строителство могат да се определят няколко изчислителни схеми;

1. Строителен изкоп с достатъчни отстояния от границите на парцела така че да се развият откоси, подпорни стени, берми или "английски" двор. Този случай не е предмет на разглеждане в статията.

2. Недостатъчни отстояния – при което укрепването се изпълнява при ненарушен терен. И тук могат да се разгледат два случая;

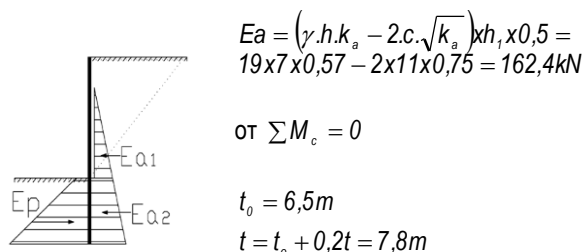
2.1. Укрепване на изкопа само в строителен стадий и

2.2. Укрепване на изкопа, върху което ще се "стъпят" оградящите стени на горното строене.

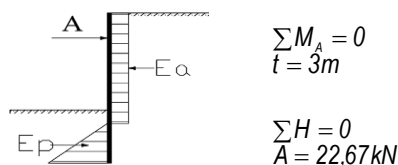
При първия случай укрепителните огради не се предвижда да поемат натоварване от земетръс – нито от земен натиск нито от полезни товари от сградата, защото се смята че това са временни съоръжения – т.е. приема се основно съчетание на натоварванията.(1). При втория случай се проверяват всички най-неблагоприятни комбинации от натоварвания, почвени характеристики, природни и строителни условия, при които може да настъпи гранично състояние от I или II група. Като проверките по I група - носеща способност и устойчивост - се извършват с изчислителни, а по II група - по деформации – с нормативни стойности на почвените характеристики.

При особено съчетание на товарите, даже и при IX степен на земетръс, натоварването от горно строене не утежнява работата на укрепителната ограда, а я облекчава.

Конкретния пример на укрепване е укрепване в строителен стадий, като ще бъдат сравнени два варианта на статическа схема – конзола фиг.1 и един път подпрана ограда. фиг.2.



Фиг. 1. Схема и статическо изчисление на конзолна ограда



Фиг. 2. Схема и статическо изчисление на подпрана ограда

Статическите изчисления се провеждат за натоварване на един линеен метър. При непрекъснати системи на укрепване оразмеряването се извършва на база на получените усилия. При дискретните системи, въпреки естественото засвояване между пилотите се приема, че всеки пилот е натоварен с припадащата му се част от земния натиск.

Технологични варианти за поемане на получените усилия

Технологиите в строителството са един от най-бързо развиващите се отрасли на стопанството. В подземното градско строителство също навлизат нови строителни способности. В настоящата работа ще бъдат разгледани някои от най-често прилаганите в последните години строителни методи.

Торкрет бетон и пасивни къси анкери

Методът се прилага основно при стръмни откоси като противоерозиционно мероприятие. В последните години могат да се наблюдават опити и за укрепване на изкопи чрез торкрет бетон и къси анкери. Като се има предвид, че торкрет бетона сам по себе си не може да носи земен натиск. Нека видим каква би била носимоспособността на 1 метър къс анкер с диаметър 30 мм и как нараства в дълбочина при примера на геологията посочена по-горе.

При околната повърхнина

$$p = \pi \cdot d \cdot 1 = 3,14 \cdot 0,03 \cdot 1 = 0,0942 \text{ m}^2, \quad (1)$$

носимоспособността за 1 м е около 2 kN и не се променя съществено в дълбочина. При неуравновесена сила от земен натиск 162 kN това прави 80 линейни метра къси анкери за всеки метър укрепване. Примерът е показателен, че метода може да се прилага при почви с висока кохезия, която държи стръмен откос и намалява земния натиск до минимални граници.

Сондажни пилоти с голям диаметър

Сондажни пилоти с диаметър ф60, 80, 100 см през разстояние b м, се изпълняват под обсадна тръба и на сухо. Проверки на срязване за пилотите в границите на допустимите напрежения се изчисляват от товари на земен натиск и полезни товари, но без воден натиск. При наличие на подземни води този начин на укрепване не се препоръчва, поради опасността от суфозия.

Практиката показва, че конзолно стоящи укрепления реализират хоризонтални премествания много бързо – до 45 дни. Проектите трябва да придвиждат наблюдение и

замерване на преместванията, както и бързи аварийни мерки.

При укрепването на изкопа с пилоти се разчита обикновено на приподпиране в зоната на общата фундаментна плоча. Такова подпиране, за да не компрометира хидро-изолацията изисква специален детайл на връзка.

Сондажни пилоти с малък диаметър

Изпълненото укрепване е със сондажни пилоти с диаметър 30 см. Изпълняват се без обсадна тръба, на сухо през 1,25 м.

Поради малката си коравина изпълнението им като конзолни е неудачно – хоризонталните премествания надвишават значително допустимите (1см), а схемата на изчисление по Blum е некоректна. Така че, анкерването им през обща обединителна греда ще увеличи относителната им коравина $\frac{\alpha I}{h_a} \leq 0.8$, където

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{k \cdot b}{4EJ}}, \quad (2)$$

k - коефициента на леглото, b - разстоянието между пилотите, EJ - коравината на пилота, h_a – междуподпорното разстояние, I – дължината на пилота.

Относителното преместване в мястото на опората е

$$\Delta x = \frac{h_a}{k_a} = x_o + \varphi_o \cdot I - \frac{h_a I^3}{3EJ} + \frac{E_I I^3}{15E_I J} \quad (3)$$

преместването x_o и завъртането φ_o се определят по формулите

$$\begin{aligned} x_o &= \delta_{oQ} \cdot Q_o + \delta_{oM} \cdot M_o \\ \varphi_o &= \delta_{MQ} \cdot Q_o + \delta_{MM} \cdot M_o \end{aligned} \quad (4)$$

където: δ_{oQ}, δ_{oM} са хоризонталните премествания на разглежданото сечение от сила $Q_o=1$.

δ_{MQ}, δ_{MM} - са ъглите на завъртане в същото сечение от $M_o=1$.

Тези виртуални премествания се определят по формулите

$$\delta_{oQ} = \frac{A_o}{\alpha^3 \cdot EJ} \quad (5)$$

$$\delta_{MQ} = \delta_{oM} = \frac{B_o}{\alpha^2 \cdot EJ} \quad (6)$$

$$\delta_{MM} = \frac{C_o}{\alpha \cdot EJ}, \quad (7)$$

където A_o, B_o и C_o са безразмерни коефициенти зависещи от относителната коравина. Формулите са изведени от добре познатия "силов" метод.

Предимство на подпирането върху обединителни греди е усредняването на натоварването върху един сравнително голям фронт на крепеж. Следствие на това, е удачно да се работи с усреднени якостни, физико-механични и деформационни характеристики (4).

Шлицови стени

Най-често шлицовите стени се проектират да бъдат неразделна част от подземната конструкция. Т.е. те ще представляват подземната част на сградата. Като предимство на метода могат да се посочат: автономност на строителството без ограничения в движението; възможност за създаване на водоплътност на стените и прекъсване на приток на вода в изкопа от подпочвени води; повишават устойчивостта на съоръжението на динамични товари и земетръс.

Кръглото напречно сечение на пилотите може да се приведе към квадратно сечение със страна

$$b_{np} = D \sqrt{\frac{\pi}{4}}, \quad (8)$$

но при еднаква ширина $b_{np} = D$, кръглото сечение поема по-малък хоризонтален товар (почвата по-лесно го оптича).

По отношение на анкерването

Положителните страни на анкерването са – намаляване на дълбочината на закотвяне в здравия пласт, намаляване на огъващите моменти в оградата и по-добро използване на конструктивно необходимата й армировка.

Мястото на анкера също е от значение. Най-голяма сила поема анкер разположен в горната една трета на подпорното разстояние. Понякога усилията в него са значителни, особено при корави шлицови стени с дължина на кампадата 3 - 3,6 м, които се използват за поемане на по-голям земен натиск. Всяко изместване на анкера към дъното на строителния изкоп или към върха намалява усилията в него.

Пасивните анкери не могат да поемат само с околното си триене големи опънни сили, затова приложението им е свързано и с избор на място или с въвеждане на няколко нива на опирание.

Предварително напрегнатите анкери са тежки и скъпи. Изискват опитна специализирана организация за направа на анкерите – сондиране, полагане, инжектиране, налягане, изпитване, контрол – в различни типове почви: глинести, алувиални и скални.

Строителния опит с предварително напрегнати анкери показва и у нас и в чужбина, че паразитното влагане на опънни сили при налягането води до промяна в напрегнатото и деформирано състояние на масива.

Наблюдават се явления, особено при укрепване с предварително напрегнати анкери на масирани свлачища с големи неуравновесени сили, когато свлачището "изтича" в съседния, устойчив до момента участък. Сн.3 и 4.

Не случайно на Шестата европейска конференция по земна механика бе препоръчано тежките предварително

напрегнати анкери да се натягат до 40% от проектната им носимоспособност.

В сравнение с предварително напрегнатите анкери, пасивните са по-технологични: сондеране, полагане,

инжектиране. Изпълнението им не е свързано непременно с опитен участък, при свързани почви, а и не води до промяна в напрегнатото състояние на масива.



Сн. 3. "Новоизтекло" свлачище в съседен, устойчив домомента участък



Сн. 4. Укрепената част от свлачището с опорна стена анкеризирана с тежки (800kN), предварително напрегнати анкери

Заклучение

Съвременното строителство у нас налага използването на професионалисти на всеки отделен етап на проектиране и строителство. В малките екипи, укрепването на дълбоки строителни изкопи, често поддържащи стабилитета и на околните съществуващи сгради, се търси като самостоятелен технологичен етап, възложен и изпълнен от професионалисти.

Статията разглежда възможността навлизащите нови строителни способности за изпълнение на пасивни "микро" анкери да поемат усилията от земен натиск. Под понятието "пасивен микро анкер" в случая се разглеждат анкери с

диаметър 30-50 мм и дължини до 30-35 м. Сравняват се икономическите показатели (на база носимоспособност) на основните прилагани системи на укрепване на дълбоки изкопи.

Литература

Норми за проектиране на плоско фундиране, БСА, 1987.
С, Сборник стандарти за строителни почви, 1976.
Еврокод "Геотехника", ЕС-7, ред. 1995.
Демирева Ел. *Проектиране на укрепителни огради*,
Издателска къща "Св.Иван Рилски", 2000.