G. Ilov. Earth pressure using parabolic sliding surface Anuaire Ins.Superior Arh.Genie Civ., SofiaVol.IV, 2004.

Г. Илов[1]. ЗЕМЕН НАТИСК ПРИ ПАРАБОЛИЧНИ ПЛЪЗГАТЕЛНИ ПОВЪРХНИНИ

Key words: *Earth pressure, of earth pressure coefficient, sliding surface*

Р е з ю м е

Съществуват решения за големина и разпределение на напреженията от земен натиск, основаващи се на приети плъзгателни повърхнини. Тук се разглежда още една възможност. Предпоставките са свързани с хоризонтален терен и вертикална стена с отчитане на триенето между стената и почвата. Изследването е по полиномна (от втора степен) цилиндрична плъзгателна повърхнина, като са получени резултати за силата на земния натиск и за коефициента на активен и пасивен земен натиск.

Представени са таблични резултати и са направени сравнения с тези на Соколовский.

ВЪВЕДЕНИЕ

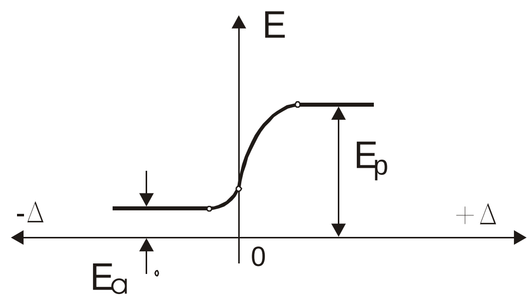
Сложният характер на почвата като материал практически изключвата възможността за създаване на теории, които точно да описват нейното поведение при натоварване или нейното гранично състояние. Казаното важи в много висока степен и за граничното състояние - наречено “земен натиск”.

Земният натиск е въздействие на почвен масив върху конструкция или нейни елементи, като това въздействие най-кратко казано зависи от деформациите (вкл. преместване) на конструкцията следствие това въздействие. Тази зависимост между преместванията и големината на въздействието принципно е известна, но само едромащабни опити могат да дадат достоверни количествени резултати за това предвид конкретната почва от опита и нейното състояние. Независимо от това и днес все още

[1] Доц. д-р инж. Георги Костадинов Илов, катедра “Геотехника” , УАСГ, бул. Хр. Смирненски 1.

известната зависимост от фиг. 1 се "вкарва" в изчислителните програми за определяне на големината на натиска във функция на преместването и никой не знае това още колко ще продължава.

Целта на статията е не да се предложи идея, която генерално да реши въпроса за земния натиск, а да представи още една възможност (както и Голушкевич, Соколовски и пр.) за определяне на класическите форми на земния натиск, предсътавени ни още от Кулон.



Фиг.1. Активен и пасивен земен натиск

Известно е, че земният натиск се свързва с повърхнини на разрушение. Когато се изследват тези повърхнини се установява, че те, за равнинната задача за земния натиск, могат да бъдат приблизително описани с подходящи участъци от цилиндрични, очертани по парабола или синусоида повърхнини. Тези параболично-цилиндрични повърхнини, чрез своите геометрични параметри могат да описват плъзгателни повърхнини от почти равнин до почти кръгово-цилиндрична повърхнина. Оказа се, че едно решение на тази база е възможно.

Основната предпоставка на решението е, че разрушението е по полиномна плъзгателна повърхнина от втора степен, пренебрегва се триенето (като уравновесяващо се) при разглеждане на равновесието на диференциалният почвен елемент от фиг. 2 и фиг.3 и като трето - че големината на земния натиск е интегрална функция на диференциални резултати.

1. РЕШЕНИЕ ЗА АКТИВЕН ЗЕМЕН НАТИСК

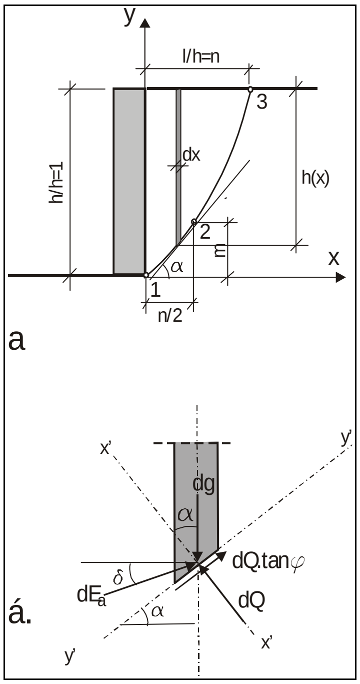
Полиномната плъзгателна повърхнина е с уравнвние (фиг.2)

$$y = a.x^2 + b.x + c \qquad (1)$$

с наклон на тангираща права (в равнината на чертежа)

$$\tan\alpha = 2.a.x + b\,. \qquad (2)$$

За геометрични граничните условия в точки 1,2 и 3 (фиг.2) са получени свободни членове



Фиг.2. Активен земен натиск – изчислителна схема.

$$a = \frac{2-4.m}{n^2} \quad \text{и} \quad b = \frac{4.m-1}{n} \qquad (3).$$

Ще се търси земен натиск върху вертикална стена с контактното триене (изразено чрез ъгъла δ), чиято големина се получава от равновесното условие показано на фиг 2,а.

В двете проекционни уравнения:

$$\Sigma Пр.xx' = 0 \quad \rightarrow \quad dE_a.\cos(\alpha-\delta) + dQ.\tan\varphi - dg.\sin\alpha = 0$$

$$\Sigma Пр.yy' = 0 \quad \rightarrow \quad dE_a.\sin(\alpha-\delta) + dQ. + dg.\cos\alpha = 0$$

с dE е отбелязана диференциалната стойност на силата на земния натиск, с dg – силата на теглото на диференциалния елемент, а с dQ – реакцията в почвата.

Решението на горната система по отношение на диференциалната сила на земния натиск е

$$dE_a = dg.\frac{\sin\alpha - \cos\alpha.\tan\varphi}{\cos(\alpha-\delta)+\sin(\alpha-\delta).\tan\varphi}$$

След подходящо преобразуване може да се запише израза:

$$dE_a = \frac{dg}{\cos\delta.(\tan\varphi + \tan\delta)}.[1 - \frac{1+\tan(\varphi+\delta).\tan\varphi}{1+\tan(\varphi+\delta).\tan\alpha}].$$

След заместване на диференциалната сила на теглото

$$dg = (1 - a.x^2 - b.x).\gamma.dx$$

и наклона на тангентата

$$\tan\alpha = 2.a.x + b$$

силата на земния натиск се получава от интегралния израз:

$$E_a = \int_0^n \frac{\gamma.(1-ax^2-b.x)}{\cos\delta.(\tan\varphi+\tan\delta)}.[1-\frac{1+\tan(\varphi+\delta).\tan\varphi}{1+\tan(\varphi+\delta).(2.a.x+b)}]dx. \qquad (4)$$

След заместване на изразите за свободните членове **a** и **b** решението на интеграла, като израз за “единичната” сила на земен натиск, се представя с групата изрази:

$$E^1{}_a = \frac{\gamma}{\cos\delta.(\tan\varphi+\tan\delta)}.\{n.(\frac{5}{6}-\frac{2}{3}.m)-\frac{T.n^2}{2.(2-4.m)}.[\ln\frac{B+n}{B}.(1+\frac{4m-1}{n}.B-\frac{2-4.m}{n^2}B^2)-$$
$$-\frac{2-4.m}{n^2}.(\frac{n^2}{2}-B.n)-(4.m-1)]\},$$

където (5)

$$T = \frac{1+\tan(\varphi+\delta).\tan\varphi}{\tan(\varphi+\delta)};$$

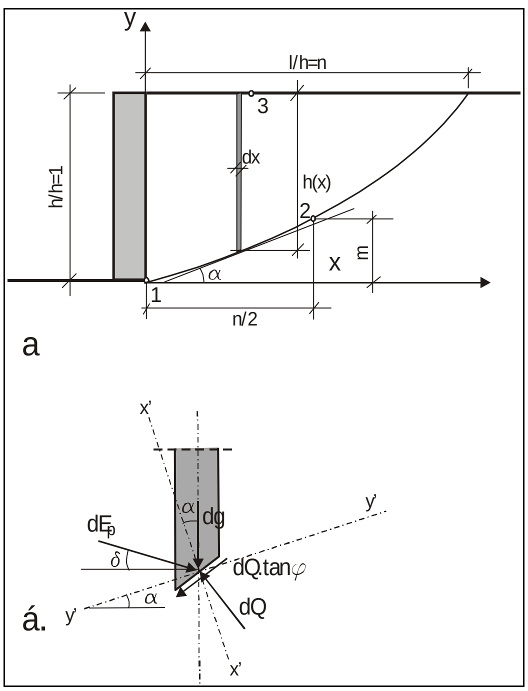
$$B = \frac{n^2}{2.(2-4.m).\tan(\varphi+\delta)} + \frac{n.(4.m-1)}{2.(2-4.m)},$$ а

$$a = \frac{2 - 4.m}{n^2} \quad \text{и} \quad b = \frac{(4.m - 1)}{n}.$$

Тази група формули представлява крайният “израз” за сила на активен земен натиск върху вертикална стена, хоризонтален терен и с отчитане на триенето между стената и почвта зад нея. При това резултатът $E^1{}_a$ е за “частния случай на стена с височина h=1-ца и за почва с γ=1 kN/m^3.

2. РЕШЕНИЕ ЗА ПАСИВЕН ЗЕМЕН НАТИСК

По напълно аналогични съображения и предпоставки – с оглед на фиг. 3 и дефиницията за пасивен земен натиск е получена друга група формули:



Фиг.3. Пасивен земен натиск – изчислителна схема.

$$E^1{}_p = \frac{\gamma}{\cos\delta.(\tan\varphi + \tan\delta)}.\{n.(\frac{2}{3}.m - \frac{5}{6}) - \frac{T.n^2}{2.(2-4.m)}.[\ln\frac{B+n}{B}.(1+\frac{4m-1}{n}.B - \frac{2-4.m}{n^2}B^2) -$$
$$-\frac{2-4.m}{n^2}.(\frac{n^2}{2} - B.n) - (4.m-1)]\},$$

$$T = \frac{1+\tan(\varphi+\delta).\tan\varphi}{\tan(\varphi+\delta)}, \qquad (6).$$

$$B = \frac{n.(4.m-1)}{2.(2-4.m)} - \frac{n^2}{2.(2-4.m).\tan(\varphi+\delta)}, \text{ а}$$

а и b са същите изрази, както и по-горе.

Получените формули лесно могат да бъдат програмирани и числено да се намери минималната (максималната) стойност на силите на земния натиск. Това може да се извърши с комбинация на двете променливи n и m.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отбелязваме отново, че получените резултати за $E^1{}_a$ и $E^1{}_p$ са за случаите на стена висока 1-ца (1 m) и за обемно тегло на почва γ=1-ца (1 kN/m^3). На второ място отбелязваме, че подобно очертание на плъзгателните повърхнини предполагат и нелинейно разпределение на наптежениета от земен натиск, което от своя страна изисква нелинейна зависимост за коефициента на актиен/пасивен земен натиск, при условие, че се спазва класическата зависимост за тях

$$P_{a(p)} = z.\gamma.k_{a(p)}(z). \qquad (7)$$

Това би усложнило задачата. По тази причина се приема константен коефициент на земния натиск, като с оглед на (7) силата на земния натиск

$E_{a(p)}{}^1 = ½ .\gamma.h^2.k_{a(p)}$, което за h=1 и γ=1 се получава:

$$k_{a(p)} = 2.\ E_{a(p)}{}^1. \qquad (8)$$

Ако се търси само силата на земния натиск, то тя следва да се определи по:

$$E_{a(p)} = \gamma . h^2 . E_{a(p)}{}^1 . \tag{9}$$

Решението на тази задача, както бе отбелязано и по-горе, целеше да се получи сила на земния натиск в условията на известна или предположена плъзгателна повърхнина, която може да бъде апроксимирана с полинома повърхнина. От гледна точка на практиката случаят може да бъде подходящо наслояване или когато пластичните зони в едно изследване са също подходящо подредени, или когато е установено с програмен анализ такова разпределение на максималните тангенциални напрежения, което може да бъдат апроксимирани с разглежданите полиномни повърхнини.

Направено беше числено изследване за резултатите от тези функции (за активен и пасивен земен натиск – (5) и (6)). За прието класическо линейно разпределение на напреженията от активен и пасивен земен натиск и при константен коефициент на земен натиск се получиха резултатите, показани в таблица 1.

Таблица 1. Стойности за коефициентите на активен/пасивен земен натиск съгласно решението

	δ=0	δ=1/2φ	δ=φ
$\varphi=20^0$	0,490/2,039	0,446/2,636	0,427/3,523
$\varphi=25^0$	0,406/2,464	0,367/3,553	0,355/5,599
$\varphi=30^0$	0,333/3,000	0,301/4,997	0,297/10,092
$\varphi=35^0$	0,271/3,689	0,246/7,357	0,250/28,968

За сравнение показваме и таблицата със същите величини, получени от Соколовский [1].

	δ=0	δ=1/2φ	δ=φ
$\varphi=20^0$	0,49/2,04	0,45/2,55	0,44/3,04
$\varphi=30^0$	0,33/3,00	0,30/4,62	0,31/6,55

Отбелязваме също, че за частния случай на нулево триене от горните формули за вертикална стена и хоризонтален терен се изчислени резултати, съвпадащи с тези, получени чрез известните формули на Ранкин за коефициентите на земен натиск

$$k_a = \tan^2(45^0 - \frac{\varphi}{2}) \quad \text{и} \quad k_p = \tan^2(45^0 + \frac{\varphi}{2}),$$

което в същност се получава и от Соколовский, видно от втората таблица.

Литература:

[1]. Т.Германов и колектив. Земна механика, УАСГ 1999 г.

Earth pressure using parabolic sliding surface

G. Ilov

S u m m a r y

They are possible solution about earth pressure using sutable sliding surfaces. It is consider another one possibility for that. The solution is for horizontal terrene, vertical wall with friction between wall and soil.

The investigation is by using cylindrical parabolic surface and are obtained results about earth pressure lake forces and lake coefficient of earth pressure.

It is represented result from that investigation in table form.