

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

МРНТИ 67.11.29

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail.ru: baur.bazarov@mail.ru)

Зертханалық эксперимент жағдайында үш қадалы бұталардың СЭӘ сандық талдауы

Бұл мақалада көлденең созылу деформациялары кезінде көмір кен орындарын толық емес өңдеу жағдайында үш қабатты Іргетастардың СЭӘ жұмысын математикалық модельдеу қарастырылады. Зертханалық жағдайда зерттелетін іргетастың жалдамалы негізмен өзара іс-қимылын анықтау үшін "PLAXIS 3d Foundation" бағдарламасы бойынша СЭӘ пайдалана отырып сандық талдау жүргізілді.

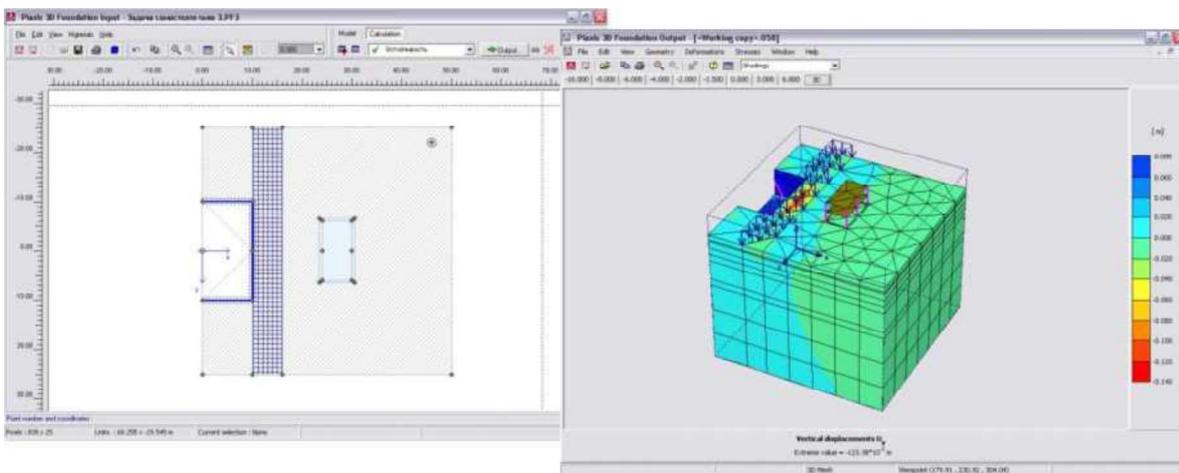
Кілт сөздер: математикалық модельдеу, СЭӘ сандық талдауы, PLAXIS бағдарламалық жасақтамасы, ақырлы элементтік тор, есептеу әдісі, шөгінділерді есептеу, қадалық-топырақ массиві.

Тәжірибе көрсеткендей, геотехникадағы сандық талдаудың ең тиімді әдісі-ақырлы элементтер әдісі. Бүгінгі таңда қазіргі геотехникалық құрылыста қойылған мақсатқа байланысты әртүрлі міндеттерді шешуге арналған көптеген бағдарламалар бар, олардың негізінде СЭӘ жатыр [1, 2, 3, 4]

Осы жұмыста қойылған міндеттерді шешу үшін Дельфт (Нидерланды) қалалық университетінде әзірленген PLAXIS кәсіби бағдарламалық құралы [5] үш өлшемді қойылымда қолданылды, ол бүгінгі күнге дейін іргетас құрылымдарының топырақпен өзара әрекеттесуін сандық зерттеуге арналған ең сәтті қолданбалы бағдарламалар пакетінің бірі болып табылады (1-сурет). PLAXIS пакеті элементтердің екі түрін қолдана отырып, соңғы элементтер әдісін қолданады: он бес (олардың саны 200-ге дейін болуы мүмкін) және алты (800-ге дейін) түйіндік үшбұрышты элементтер. Олар серпімді пластикалық деформация кезінде мәселелерді шешуге арналған.

Бағдарламалық жасақтама кешенінде бірнеше топырақ модельдері қолданылады:

- сызықтық деформацияланатын орта (нөлдік ретті модель - берік негізгі топырақтар үшін);
- Мора-Кулон моделі (бірінші ретті модель - көптеген инженерлік-геологиялық жағдайлар үшін);
- "Кем-клей" моделі (екінші ретті модель - жұмсақ топырақтарға арналған)



Сурет 1. "Plaxis 3d Foundation" ПК-де СЭӘ сандық модельдеу

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

Өте ыңғайлы қызмет көрсету және графикалық функциялардың арқасында бұл бағдарлама әлемге танымал болды және 1988 жылы алғаш рет шығарылған PLAXIS жүйесінің кәсіби нұсқасын қолданатын әлемдегі бірнеше жүздеген танымал геотехникалық мекемелер бар.

Бұл жұмыста біз көптеген практикалық жағдайларда белгілі топырақ параметрлеріне негізделген Мора-Кулон моделін қолдандық.

Жоғарыда айтылғандай, жаппай көп қабатты ғимараттардың бұталы қадаларының іргетастарының деформациялары бойынша есептеулер сандық СЭЭ модельдеуді қолдана отырып параллель жүргізілуі керек.

"Ғимарат-іргетас-негіз" үш өлшемді моделінің СЭЭ-ні есептеу көптеген қадалары бар және геологиялық жағдайларды сипаттайтын жаппай биіктіктегі құрылыстар бүгінгі күні жалпыға белгілі және қол жетімді геотехникалық бағдарламаларда қиын. Алайда, тәжірибе көрсеткендей, мұндай есептеулер ғимаратты салу және пайдалану кезінде туындауы мүмкін барлық факторларды ескеру үшін қажет. Мұндай есепті үш өлшемді шешудің күрделілігі көптеген қадаларды енгізу үшін көптеген түйіндермен және өте аз қашықтықта ақырлы элементті торды модельдеуге мүмкіндік беретін бағдарламаның математикалық ядросы қажет болатындығына байланысты. Алайда, жалпыға белгілі бағдарламаларда мұндай шешім әлі іске асырылған жоқ, сондықтан қадалар массивінің қаттылық сипаттамаларын бір параметрмен ауыстыру арқылы ақырлы элементтік торды жеңілдету қажет.

Қарастырылып отырған жұмыста біз бір қаданың жұмысын сандық модельдеуді қажет етпейтін және топырақтың деформациясы модульдерінің және қадалардың серпімділік Модулінің бұрыннан белгілі мәндеріне негізделген ЕПР анықтау әдісін ұсынамыз. Осы әдістеме бойынша алынған ЕПР мәнін қадалар мен топырақ массивінің қаттылық сипаттамаларын ауыстыру кезінде тек СЭЭ модельдеу кезінде ғана емес, сонымен қатар қабатты қосу әдісімен есептеулерде және т.б. қолдануға болады, егер қадалар мен топырақ массивінің жұмысымен бірге топырақтың пайда болатын деформациялары мен кернеулерін бағалау қажет болса.

Мұны істеу үшін алдымен топырақтың әр қабатының шөгіндісін есептеу керек s , қаданың ұзындығында, әр қабаттың белгілі қалыңдығымен L , деформация модулі E және оған қысым F . топырақтың бір қабатының шөгіндісін келесідей көрсетуге болады (2-сурет):

Осылайша, L қаданың ұзындығындағы әрбір қабат үшін s мәнін есептеу арқылы (1) формула бойынша қаданың ұзындығындағы E топырақ деформациясы модулінің орташа мәнін анықтауға болады:

$$E_{IP} = \frac{F \cdot L}{s_1 + s_2 + \dots + s_i}, \quad (1)$$

мұндағы s , E және s тиісінше, 1-ші, 2-ші және i -ші қабаттың шөгінділері, қаданың ұзындығы L шегінде.

Әрі қарай, (2) формулаға қаданың ұзындығындағы топырақ қабаттарының n шөгінділерін ауыстырып, F параметрлерін азайта отырып, біз (4) формуласын аламыз, ол қадалық топырақ массивіне жүктемеге тәуелді емес.

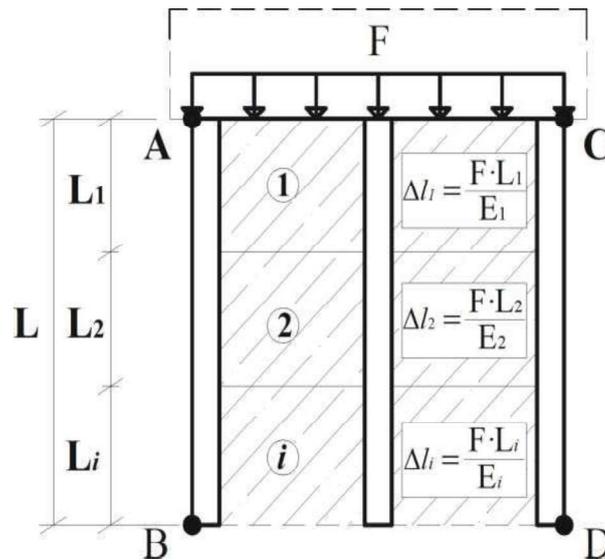
$$E_{IP} = \frac{L}{\frac{L_1}{E_1} + \frac{L_2}{E_2} + \dots + \frac{L_i}{E_i}}, \quad (2)$$

мұндағы L_1, L_2, \dots, L_i - қадалық-топырақ массивінің биіктігі шегінде орналасқан топырақ қабаттарының қалыңдығы;

L - қадалық-топырақ массивінің биіктігі $L = L_1 + L_2 + \dots + L_i$, м;

E_1, E_2, \dots, E_i - топырақ-қадалар массивінің биіктігі бойынша қадалар аралық кеңістіктің әр қабаты үшін деформация модулінің мәні кН/м².

Раздел 3. «Технические науки и технологии»



ABCD – қадалы топырақты массиві

Осы жерден A_{CB} жоспарындағы қадалардың жалпы ауданын және қадалар аралық кеңістігін A_{GP} бөлек есептей отырып, (3) формула бойынша қадалар массивінің $E_{пр}$ орташа, келтірілген мәнін алуға болады:

$$E_{пр} = \frac{E_{GP} \cdot A_{GP} + E_{CB} \cdot A_{CB}}{A_{ОБЩ}}$$

где E_{CB} - модуль упругости свай;

$A_{ОБЩ}$ - площадь свайно-грунтового массива в плане ($A_{ОБЩ} = A_{CB} + A_{GP}$).

(3)

Жоғарыда сипатталған әдістеме бойынша есептелген E параметрімен осы жұмыста қадалық топырақ массивінің қаттылық сипаттамаларын СЭӨ қадалықбұта іргетастарының жұмысын модельдеу кезінде ауыстыру ұсынылады.

Бұл жұмыста СЭӨ есептеулері "Plaxis 3D Foundation" ПК-де Мора - - Кулонның серпімді-пластикалық моделін қолдана отырып жүзеге асырылды. Қадалардың ұшынан төмен топырақтың деформациясы инженерлік-геологиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша топырақ параметрлері салынатын бағдарламада ескеріледі. Алынған нәтижелер жүктемені қолдану тереңдігін және оның жоспардағы өлшемдерін ескере отырып, біз ұсынған әдістеме бойынша шөгінділерді есептеу нәтижелерімен объектілердің нақты шөгінділерімен жақсы жинақталғандығын көрсетті.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1999. – с.240.
- 2 Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 2007. 224 с.
- 3 Фадеев А.Б., Жусупбеков А.Ж., Базаров Б.А. Численный анализ МКЭ работы конусообразных свайных фундаментов на подрабатываемых территориях.- В кн.: Проблемы свайного фундаментостроения: Сб.тр. III международной конференции. - Пермь, 1992. -С. 179-181.
- 4 Фадеев А.Б., Репина П И. Абдылдаев З.Х. Метод конечных элементов при решении геотехнических задач и программа "Геомеханика", -Л., ЛИСИ, 1982. с.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

5 Brinkgreve R.B.J., Vermeer P.A.. Plaxis. Version 7 // General information. - A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1998. - P.120.

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

Численный анализ МКЭ трехсвайных кустов в условиях лабораторного эксперимента

В данной статье рассматривается математическое моделирование МКЭ работы трехсвайных фундаментов в условиях подработки угольных месторождений при горизонтальных деформациях растяжения. Для определения взаимодействия исследуемого фундамента с подрабатываемым основанием в лабораторных условиях был проведен численный анализ с использованием МКЭ по программе «PLAXIS 3d Foundation».

Ключевые слова: математическое моделирование, численный анализ МКЭ, программное средство PLAXIS, конечно-элементная сетка, метод расчёта, расчета осадки, свайно-грунтовый массив.

B.A. Bazarov, A.N. Konakbaeva, A.N. Kasenova

Numerical analysis of the FEM of three-pile bushes in a laboratory experiment

This article discusses the mathematical modeling of the FEM of the operation of three-layer foundations in the conditions of mining coal deposits with horizontal tensile deformations. To determine the interaction of the foundation under study with the foundation being worked on in the laboratory, a numerical analysis was carried out using the FEM according to the "PLAXIS 3d Foundation" program.

Keywords: mathematical modeling, numerical analysis of FEM, PLAXIS software tool, finite element grid, calculation method, precipitation calculation, pile-ground array.

References

- 1 Segerlind L. Application of the finite element method. – M.: Mir, 1999. – p.240.
- 2 Fadeev A.B. The finite element method in geomechanics. - M.: Nedra, 2007. 224 p.
- 3 Fadeev A.B., Zhusupbekov A.Zh., Bazarov B.A. Numerical analysis of the FEM of the work of cone-shaped pile foundations in the moonlit territories.- In the book: Problems of pile foundation construction: Sat.tr. III International Conference. - Perm, 1992. -pp. 179-181.
- 4 Fadeev A.B., Repina P. I. Abdyldaev Z.H. The finite element method for solving geotechnical problems and the program "Geomechanics", -L., LISI, 1982. p.
- 5 Brinkgreve R.B.J., Vermeer P.A.. Plaxis. Version 7 // General information. - A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1998. - P.120.