УДК 622.831

Тултуков Б.Т.
Ж.А. Алышбаев атындагы Ысык-Көл кооперация институту

ТОО-КЕН ИШТЕРИНИН ТУРУКТУУЛУГУН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА БААЛОО ТУУРАЛУУ

Макалада казууга жакын жерде тоо-кен иштеринин туруктуулугунун изилдениши каралат.

Жер астындагы жана ачык тоо-кен иштеринин жанында тектүү массивдин тең салмактуулугунун туруктуу абалы жөнүндө маселе долборлоо практикасы үчүн чоң кызыгууну туудурат. Туруктуулук маселесин үйрөнүү массивде болуп жаткан процесстерди түшүнүүгө жана тоо-кен иштеринин тегерегиндеги тоо-техникалык жагдайды туура баалоого мүмкүндүк берет.

Серпилгичтүү телолордун туруктуулугу жөнүндө маселени эң алгачкы Эйлер караган, андан кийин аны Лагранж өнүктүргөн. Эйлер-Лагранждын ыкмасынын маңызы төмөнкүдөй: туруктуулукту жоготуу тең салмактуулуктун жаңы формаларынын бар болушу менен теңдештирилет, ал баштапкыга жакын, башкача айтканда, статистикалык маселенин чыгарылышынын бифуркациясы. Серпилгичтүү жана серпилгичтүү эмес системалардын тең салмактуулугунун туруктуулугу жөнүндө изилдөөлөрдү кароо [2] иште камтылган.

Тоо-кен иштеринин туруктуулугун талдоо үчүн мейкиндиктүү серпилгичтүү телолордун тең салмактуулугунун туруктуулугу үчүн Лейбензон-Ишлинскийдин салыштырмалуулары Л.В.Ершовдун эмгектеринде [3, 4] эң алгач пайдаланылган. Тектин пластикалык абалга өтүү шарты катары чубурма чөйрө үчүн пластикалуулук шарты кабыл алынган. Кийинчерээк горизонталдык тоо-кен иштеринин туруктуулугун Лейбензон-Ишлинскийдин маселе коюлушунда үйрөнүү көпчүлүк иштерде өткөрүлгөн. Бул учурда тоо-кен теги даражалуу бышыктоодо кичине серпилгич пластикалык теориясына баш иет деп божомолдонот [5]. Мында белгилеп кетүү керек, мындай божомолдоодо серпилгичтүү жана серпилгичсиз деформациялар аймагында ортосунда бөлүү тегиздиги жок болот.

Тоо-кен тектердин массивин серпилгичтүү, серпилгич пластикалык жана илээшкек серпилгичтүү моделдеринин үч өлчөмдүү линеаризацияланган теориянын негизинде А.Н.Гузьдун [6] эмгегинде тоо-кен иштеринин туруктуулугунун жалпы салыштырмалуулары келтирилген. Бул моделдер үчүн маселени чыгаруунун жалпы методу вариациялык принциптердин негизинде иштелип чыккан. Мында белгилеп кетиш керек, жогоруда келтирилген эмгектердин жалпысы болуп, аларда серпилгичтүү, чубурма, серпилгич пластикалык жана серпилгич-илешкек пластикалык чөйрөлөрдүн традициялык моделдердин алкагында негизделиши жок болгон кандайдыр бир жакындатылган ыкманы колдонгону эсептелет. Буга байланыштуу, [7] эмгекте жер астындагы иштеринин туруктуулугун баалоодо башка (энергетикалык) «чыңалуу-деформация» пределден кийинки диаграммалардын теориясына неизделген ыкма болжолдонот.

Азыркы убакта табигый эңкейиштердин жана жантаймалардын туруктуулугун баалоонун көптөгөн методдору иштелип чыккан. Эсептөөлөрдү жеңилдетүүчү графиктер, таблицалар жана номограммалар түзүлгөн. Потенциалдуу сыйгалануунун бетинин капталдуу зонасында жайланышууга жана формасына карата ар кандай ыкмалар бар. Жантаймалардын туруктуулугун баалоо адаттагыдай сыйгалануунун потенциалдык бети үчүн камдалган туруктуулуктун коэффициентин аныктоого келтирилет. Мында камдалгандын коэффициенти кармап калуучу жана жылыштыруучу күчтөрдүн (чыңалуулардын) ортосундагы катыш түрүндө аныкталат. Эгер гравитация менен келтирилген жылыштыруу күчөнүү (чыңалуу) тектердин жылышууга болгон бышыктуулуктун эсебинен аныкталган кармап калуучу күчкө барабар же андан чоң болсо, анда туруксуздук пайда болот. Сыйгалануунун беттеринин формасы жалпак, тегерек

цилиндрлүү болушу мүмкүн. Кээ бир учурларда жалпак жана тегерек-цилиндрдик бөлүктөрдүн комбинациясы, же башка сыйгалануу беттер пайда болушу мүмкүн.

Эгер чөйрө изотроптуу деп болжолдонсо, анда башында сыйгалануунун потенциалдык бетинин жайланышы аныкталат, андан кийин ал боюнча жантайманын туруктуулугу текшерилет. Анизотроптуу жана бузулган чөйрөдө сыйгалануунун бети бекитилген (массивдин тоо-геологиялык түзүлүшү менен алдын-ала аныкталган), ошондуктан эсептөөлөр жантайманын туруктуулугунун коэффициентин аныктоого гана чыгарылат. Азыркы убакытта биздин өлкөдө жана чет мамлекеттерде жантаймалардын туруктуулугу маселесин чечүү ыкмасы эки багытта жүргүзүлүп жатат.

Биринчи багыт өзүнүн чоң маанилүүлүгүн сактап, тегерек цилиндрдик жана сыйгалануу беттердин эсептөө инженердик ыкмаларды андан аркы негиздөө жана жакшыртуу менен байланышкан.

Экинчи багыт перспективдүү экендиги күмөн жок - чөйрөлөрдүн ар кандай математикалык моделдерин колдонгон массивдин чыңалган-деформацияланган абалын аныктоого негизделген туруктуулуктун эсептөө ыкмаларын иштеп чыгуу. Мында бардык аракет кылган күчтөрдү, тоо-тектердин касиеттерин эске алуу менен, ошондой эле вариациалык принциптердин негизинде сыйгалануунун ыктымалдуу беттеринин жайланышын жана формаларын табыш керек.

Туруктуулуктун бардык эсептөөлөрү практика жүзүндө пределдик пластикалык тең салмактуулуктун концепциясына негизделген жана көпчүлүк ыкмаларда жалаң статистикалык ыкма колдонулат. Өкүнүчтүүсү, жантаюулардын тең салмактуулугун баалоо боюнча маселелердин көпчүлүгү эң жөнөкөй учурлардан башкалары статистикалык ал жеткис болуп эсептелинет. Ошондуктан чыгаруунун жалгыздыгын камсыз кылыш үчүн кээ бир жөнөкөйлөтүүчү жол берүүлөр болжолдонот жана анын негизинде көп ыкмалар иштелип чыгылган.

Жол берүүлөрдүн бири бул сыйгалануу бетинин формасын берүү. Эгер массив бир тектүү болсо, анда олуттуу өлчөмдөрдөгү айлана калыптанышы мүмкүн, анын ичинде сыйгалануунун бетинин эң кооптуусу тегерек-цилиндрдүүсү болот, себеби бирдик массага айлана бетинин аянты эң кичине мааниге ээ болот. Узундугуна караганда тереңдиги кыйла кичине чексиз жантаюу учурунда болгондой айлананы пайда кылыш үчүн шарттар жок болсо, анда эң кооптуу бет болуп тегиздик эсептелет. Алсыздануу беттер бар болсо эң кооптуу бет алсыз катмарда өткөн бет менен дал келет.

Бир тектүү чөйрөнүн жантаюу туруктуусун эсептөө инженердик ыкмалардын ичинен сыйгалануунун тегерек-цилиндрдик бетине мүмкүн болгон уратуунун призмасынын пределдик тең салмактуулугун эсептөө ыкмасы кеңири тараган. Бул методдун өнүгүүсү сыйгалануу бетине уратуу призмасынын пределдик тең салмактуулук теңдемесин өркүндөтүү багытында жүргүзүлгөн. Алгачкыда ал теңдеме статиканын бир канча шартында - моменттердин нөлгө барабардыгын каанаттандырган (В.Феллениус, К.Терцаги, А.И.Иванов) жана статиканын бардык үч шартын канааттандырган пределдик тең салмактуулуктун теңдемелерин издөөгө багытталган (Д.Тейлор, Р.Р.Чугаев, Н.В.Федоров).

Бир тектүү чөйрөнүн жалпак жантаюусунда эң эле чыңалган бетти түзүүнүн теориялык жагынан негизделген методун биринчи болуп Г.Л.Фисенко [8] сунуштаган. Бул метод менен эң эле чыңалган бетти түзүү чубурма чөйрөнүн теориясынын белгилүү жоболоруна негизделген жана төмөнкүлөрдү караштырат.

Пределдик тең салмактуулуктун шартын камсыздандырууга жана тоо-тектердин бир тектүү массивинде сыйгалануунун элементардык аянтчаларын пайда кылууга керек болгон эң чоң башкы чыңалуунун минималдуу чоңдугу тоо-тектердин кысылууга болгон убактылуу каршылыгына барабар:

$$\sigma_1 = 2 \cdot C \cdot ctg(45^0 - \varphi/2);$$

мында С – тоо-тектин чиркештирүүсү, φ - ички сүрүлүү бурчу.

Жантаюунун өйдөкү бөлүгүндө максималдуу башкы чыңалуу тоо-тектердин серпилгичтүү катмары менен пайда болот, анын кубаттуулугу

$$H_{90} = (2 \cdot C / \gamma) ctg(45^0 - \varphi / 2);$$

мында γ - тоо-тектердин көлөмдүү салмагы.

Сыйгалануунун аянтчалары эң чоң башкы чыңалуунун багытына карата 45^0-φ/2 бурч астында жайланышат. Сыйгалануу бетин түзгөндөн кийин сыйгалануу бетинин ичинде камтылган массивдин бөлүгү блокторго бөлүнөт жана көп бурчтук методунун же күчтөрдү алгебралык кошуу методунун негизинде жантаюулардын туруктуулугунун баалоо жүргүзүлөт. Жантаюулардын туруктуулугун эсептөө методдорунун толук талдоолору [8] ишинде жалпыланган.

Акыркы жылдары туруктуулукту баалоонун экинчи багыты кеңири таркатылып келе жатат. Бул жолдордун кемчилиги болуп, биринчиден сыйгалануу бети белгилүү инженердик методдордун бири менен алдын ала берилет, же оптикалык активдүү материалдарда моделдештирүү менен аныкталат; экинчиден туруктуулуктун запасынын коэффициентин эсептөөгө пайдаланылган чыңалуулар серпилгичтүү маселелерди чыгаруу жолу менен алынат.

Тоо иштердин туруктуулугунун жогоруда келтирилген талдоосу туруктуулукту баалоонун критерийлерин андан ары жакшыртуу керектигин белгилөөгө мүмкүнчүлүк берет. Мында туруктуулуктун критерийлерин тандоодо жана түзүүдө төмөнкү табигый талаптар коюлат: пайдалануунун жөнөкөйлүгү; колдонуунун кеңири аймагы; негизги тоо-геологиялык жана тоо-техникалык факторлордун көбүрөөк сандарын эске алуу; аягында сунушталган параметрлердин ишенимдүүлүгү жана эффективдүүлүгү.

Жогоруда жасалган талдоо жана адабияттык, эксперименттик маалыматтардын кароо төмөнкүлөрдү тастыктаганга мүмкүндүк берди. Пайдалуу кендерди иштеткенде тоо иштеринде тектик массивдин абалынын чыңалган - деформацияланган татаал сүрөттөлүштүн пайда болуусу серпилгичсиз деформациялануга, талкалоого жана чыңалууларды кайра бөлүштүрүүгө алып келет. Ушуга байланыштуу, бул иштин максаты: тектердин пределден кийинки деформациялануулукту эске алуу менен тоо иштердин жанында бир тектүү эмес тоо массивдин чыңалган-деформацияланган абалын эсептөө методун иштеп чыгуу.

Коюлган максатка жетүү үчүн төмөндөгү негизги маселелерди чыгарыш керек:

1. Пределден кийинки деформациялануунун эксперименттик диаграммаларынын өзгөчөлүктөрүнө талдоо жүргүзүү.
2. Тоо кендеринин тектеринин пределден кийинки мүнөздөмөлөрүн эске алуу менен реалдуу тектүү массивдин геомеханикалык моделин иштеп чыгуу.
3. Чектүү элементтер методунун негизинде геомеханикалык моделди ишке киргизүүчү процедураларды иштеп чыгуу.
4. Машиналык графиканын каражаттарын пайдалануу менен заманбап компьютерлер үчүн алгоритмдерди жана программаларды иштеп чыгуу.
5. Геомеханиканын практикалык маселелерин чыгарылыштарын алуу жана жыйынтыктарын талдоо.

Коюлган маселелерди ырааттуу чыгаруу бул иштин структурасын аныктайт.

Адабияттар:

1. Абдылдаев Э.К. Напряженно деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок. – Фрунзе: Илим, 1990.
2. Болотин В.В., Григолюк Э.И. Устойчивость упругих и неупругих систем. В кн.: Механика в СССР за 50 лет. Механика деформируемого твердого тела. Т.3. - М.: Наука, 1972.
3. Ершов Л.В. О постановке задачи устойчивости горных выработок.- М.: Докл. АН СССР, 1962, т.143, № 2.
4. Ершов Л.В. К вопросу проявления горного давления в вертикальном шахматном

стволе. – М.: Изд-во: АН СССР. ОТН. Мех. и маш. 962, № 6.

5. Насонов Л.Н. Применение быстродействующих электронных шифровых машин к решению задач горного давления в одиночных штрихообразных выработках. В кн.: Аналитические методы исследования и математическое моделирование горных процессов. - М.: Гостехиздат, 1963.

6. Гузь А.Н. Основы теории устойчивости горных выработок. - Киев: Наукова думка, 1977.

7. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбрасов. -М.: Недра, 1983.

8. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. - М.: Недра, 1965.

9. Тултуков Б.Т. Исследование напряженного состояния массива с учетом неупругой деформации горных пород: Автореф. дисс. канд. техн. н., - Бишкек, 2006.