

Структурно-механичен модел на просядането на лъсовете

Петко Гечев

Гечев, П. 1975. Структурно-механическа модель просадки лессов. — *Инж. геол. и хидрогеол.* 1, 27—32.

Предлагается модель, деформационное поведение которой достаточно полно описывает просадку лессов. Сделанный анализ показывает, что основной причиной просадки является понижение или уничтожение существующего капиллярного давления в недоуплотненных лессах при дополнительном увлажнении.

Адрес: Болгарская академия наук, Геологический институт, София 1113.

Gechev, P. 1975. Structural-Mechanical Model of the Subsidence of Loesses. — *Engineering Geology and Hydrogeology*, 1, 27—32.

A model is suggested whose deformational behaviour describes sufficiently well the subsidence of loesses. The analysis made indicates that the main cause for the subsidence of loesses is the reduction or the elimination of the existing capillary pressure in the underconsolidated loesses under additional moistening.

Address: Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, Sofia 1113.

В инженерната практика са познати много скали, които при изменение на влажността им при естествени или по-големи от тях напрежения проявяват допълнителни деформации, свързани с изменение на пористостта им. Типичен представител на този вид скали е лъсът, намиращ се в трифазно състояние. Основните фактори, влияещи върху величината на просядането на лъса, са съотношението на фракциите, минералогичният им състав, пористостта, степента на водонасищане на порите и характерът на структурните връзки (Денисов, 1953, 1972; Стефанов и др., 1960; Минков, 1968). С нарастване на напреженията ролята на степента на водонасищане (влажността) намалява и при напрежения, по-големи от 50 kg/cm², в компресионна касетка явлението просядане не се проявява (Стефанов и др., 1960).

Просядането, което е свързано с разрушаване, диспергиране и намаляване на пористостта при допълнително въздействие на водата върху скалите, обладаващи определена съвкупност от физикохимични и преди всичко структурно-механични свойства, единствено пълно и изчерпващо

¹ От редакционната колегия статията се предлага като дискуссионна. В списанието ще бъдат помествани и мненията на други специалисти по този въпрос.

може да бъде изучено от позициите на физикохимичната механика на пористите дисперсни структури (Ребиндер, 1966, 1967).

От гледището на физикохимичната механика на пористите дисперсни структури просадъчните льосове представляват дисперсни структури с неравномерна пористост, обусловена от праховите, колоидните и в малка степен от песъчливите частици със смесени структурни връзки, съотношението на които зависи от физикохимичните свойства на фазите, условията на образуване и съществуване и степента на водонасищане.

При уплътняване на дисперсни структури в съответствие с разпределението на порите по размери и форма възникват нееднородности в устойчивостта им, предопределящи се от възникването на срязващи напрежения по микроплощадки даже при всестранно напрегнато състояние (Casagrande, 1936). Срязващите междучастични деформации предизвикват размествания на частиците и намаляване на обема на порите. Този процес при дадено напрегнато състояние спира в момента, когато в резултат на новото по-равномерно разпределение на порите и увеличаване броя на контактите се изпълни условието на равновесие на срязващите напрежения и съпротивленията на контактите между частиците. При увеличаване на външните напрежения, при същата влажност процесът се възобновява до настъпване на ново равновесно състояние.

Характерът на кривата напрежения — деформации за един и същ льос зависи от началната влажност (Денисов, 1953, 1972; Стефанов и др., 1960; Минков, 1968). При напрежения, по-големи от характерното за даден льос, деформациите не зависят от якостта на структурните връзки и се определят изключително от еластичността на частиците и от тяхната якост. Ако при някое промеждутъчно напрежение бъде увеличена влажността, настъпва допълнителна обемна деформация — просядане (Денисов, 1953, 1972; Стефанов и др., 1960; Минков, 1968). Величината на просядането зависи силно от приложеното напрежение, като достига максимум при напрежение, по-малко от критическото за даден льос.

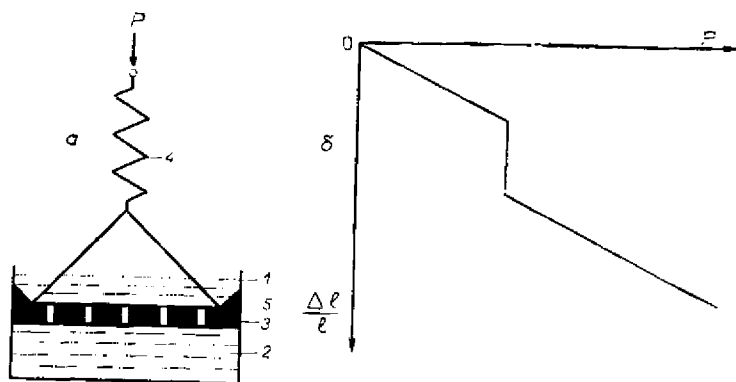
Явявайки се разновидност на дисперсните системи и притежавайки излишък на свободна повърхностна енергия, просядащите льосове представляват неравномерни, ненапълно устойчиви дисперсни структури. Запазването на тяхната високоразвита пористост и повърхност изискват наличието на стабилизиращи структурно-механични връзки (Ребиндер, 1967).

Неводонаситени дисперсни структури като пропадъчните льосове са неустойчиви, ако при дадено напрегнато състояние настъпи количествено изменение на дисперсната среда (водата), особено при нейното увеличение (Ребиндер, 1967). При това се изменя, в дадения случай намалява или изчезва, капилярното налягане в порите, което се явява външно по отношение на твърдата фаза и действа свиващо по отношение на структурата (Остриков и др., 1966, 1967). Това от своя страна довежда до изменение на якостта на срязване между контактите на частиците (Дерягин, 1963).

Първ опит за построяване на механичен модел на льоса за обясняване на деформационното му поведение в компресионна касета и за обясняване на явлението просядане е направен от Денисов (1953).

Моделът на Денисов (фиг. 1,а) се състои от цилиндъра 1, вискозна течност 2, в който се намира буталото 3, имащо отвърстия. Напреженията

върху буталото се предават посредством пружината 4. В началния момент буталото е запоено към цилиндъра 5. Авторът прави уговорка, че моделът е на лъс с неводонаситени пори. Фактически водонаситенето е пълно, което ясно се вижда и от фигурата. Освен това не е направен и



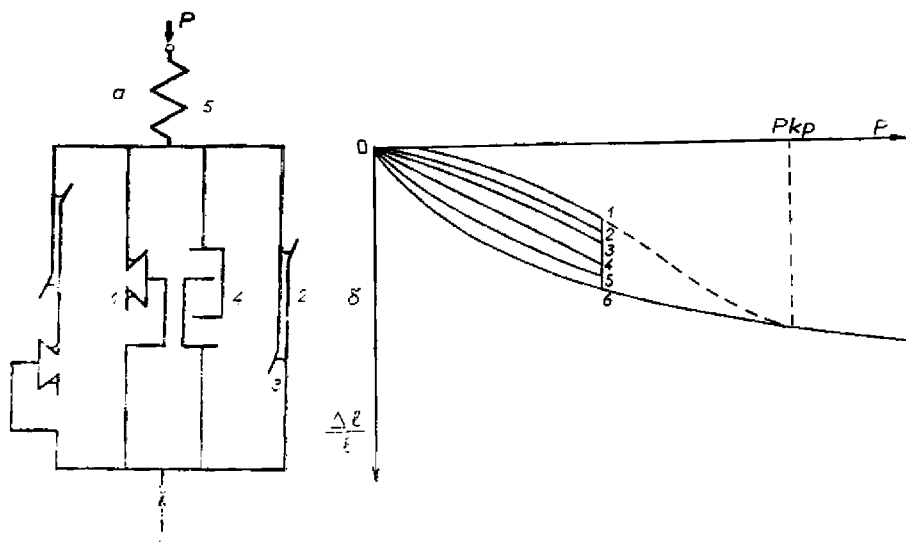
Фиг. 1
Fig. 1

анализ на деформациите на модела във вид на най-обща крива напрежения — деформации.

Направеният от нас анализ е показан на фиг. 1, б. До преодоляването на съпротивлението на запоя (моделиращ кристализационните връзки между частиците на лъса) на буталото 3 към цилиндъра 1 се деформира само пружината. След разрушаване на връзките 5 цялото напрежение посредством буталото, между което и цилиндъра отсъства триене, мигновено се предава на вискозната течност, запълваща цилиндъра. От този момент започва филтрация на вискозната течност през отворстията на буталото. Деформацията на системата продължава до достигане на буталото до дъното на цилиндъра, т. е. до максимално уплътняване на лъса без изменение на външното напрежение. При по-нататъшното увеличение на външното напрежение деформациите са еластични за сметка на по-нататъшното свиване на пружината. Добавянето на допълнително количество вода не довежда до изменение на кривата напрежения — деформации, тъй като цялата система още от началния момент се намира във водонаситено състояние. Вертикалният участък на кривата, с който се цели показване на просядането на лъса, не е предизвикан от увеличаване на влажността му. Цялата крива, състояща се от линейни участъци, не отговаря на характера на кривите на деформиране на лъса при различни и изменящи се влажности в процеса на деформиране на големи диапазони от напрежения. С модела не се доказва и основното твърдение, че причината за просядането на природно недоуплътнен лъс е адсорбционното понижаване на якостта на кристализационните връзки между структурните му елементи при увеличаване на влажността (Денисов, 1953, 1972).

Предлаганият от мен модел се базира на изследванията на физико-химичната механика на пористите дисперсни структури и материали във връзка с изучаването на капиларните ефекти в тях.

На фиг. 2,а е показан модел на структурните елементи и връзките между тях на просядаща трифазна строителна почва. Елементът 1 пред-



Фиг. 2
Fig. 2

ставява кристализационните структурни връзки; 2 — коагулационни структурни връзки, наличието и якостта на които зависи от степента на водонасищане на порите, респективно от капиларното налягане (Ребиндер, 1967; Остриков и др., 1967); 3 — капиларни менискуси; 4 — луфт, отразяващ недоуплътненост на структурата за определени условия; 5 — пружина, моделираща еластичната част на деформациите на структурата при силово въздействие върху нея.

Кривите напрежения — деформации при различни начални влажности, при тяхното изменение в процеса на деформиране и при пълно начално водонасищане са построени при анализ на модела с предположение, че деформациите перпендикулярно на въздействащите напрежения са ограничени, т. е. при условия, че деформациите се извършват, както в компресионна касетка.

При ниска начална влажност структурните връзки от тип 2 (фиг. 2,а) между контактите на частиците са здрави и съпротивлението на микроерязване, довеждащо до уплътняване на структурата, е голямо и затова кривата напрежения — деформации е от вида 1 (фиг. 2,б). При пълно водонасищане, където структурните връзки от тип 2 (фиг. 2,а) са много слаби, кривата има вид 6 (фиг. 2,б). При определено напрежение $P_{кр}$, което зависи от свойствата на структурата, кривите 1—6 (фиг. 2,б) се сливат в една независимо от началната влажност, тъй като това напрежение е до-

статъчно голямо, за да разруши връзките от всички типове до пълно ликвидиране на луфта 4 (фиг. 2,а). По-нататъшният ход на кривата се определя от еластичността на самите частици и уплътняването за сметка на тяхното разрушаване. При промеждутъчни увеличаващи се начални влажности кривите напрежения — деформации са съответно от вида 2, 3, 4, 5 (фиг. 2,б).

Ако при дадена начална влажност и уплътняващо напрежение, по-малко от критичното, се осъществи пълно водонасищане на структурата, тя дава допълнителна деформация — просядане — в резултат на унищожаване на връзките от тип 2 (фиг. 2, а) и по-нататъшният ход на кривата съвпада с кривата при пълно водонасищане б (фиг. 2,б).

Деформационните криви на предлагания модел при различни структури, структурни връзки, начални влажности и тяхното изменение (определящи капилярното налягане и неговото изменение) при различни уплътняващи напрежения достатъчно пълно описват деформационното поведение на просядащите льосове. Освен това поведението на модела дава възможност за формулиране на необходимите и достатъчните условия за възникването на просядането, които могат да се сведат до следното:

1. Структурата трябва да бъде трифазна, т. е. да е налице капилярно налягане.

2. При определено напрегнато състояние структурата трябва да има по-висока пористост, отколкото при същото напрегнато състояние, но при по-високо или пълно водонасищане.

Последното условие е резултат на геологическите условия на образуване, формиране и съществуване на просядащите льосове.

Адсорбционното понижение на якостта на кристализационните връзки (Ребиндер, 1966) на льосовите като причина за просядането им при намокряне (Денисов, 1953, 1972) може да има място само при влажност, по-ниска от адсорбционната (Ребиндер, 1966; Остриков и др. 1966; Цилосани, 1950), която е 2—3% (Апдгеі, 1962). При естествените пропадъчни льосове влажността всякога е значително по-висока от адсорбционната.

От изложеното може да се направи изводът, че основната причина за просядането е премахването или понижението на съществуващото капилярно налягане при допълнително увлажняване на недоуплътнени льосове.

Литература

- Денисов, Н. Я. 1953. *Строительные свойства леса и лесовидных суглинков*. Изд. 2-ое. М., Гос. Изд. Лит. по строит. и архитект.
- Денисов, Н. Я. 1972. *Природа прочности и деформации грунтов*. М., Гос. Изд. лит по строит.
- Дерягин, Б. В. 1963. *Что такое трение*. Изд. 2-ое. М., АН СССР.
- Минков, М. 1968. *Льосът в Северна България*. С., БАН.
- Остриков, С. М., Г. Д. Дибров. 1966. *Сб. Физико-химическая механика дисперсных структур*. М., Наука.
- Остриков, С. М., Г. Д. Дибров. 1967. *Сб. Проблемы физико-химической механики волокнистых и пористых дисперсных структур и материалов*. Рига, Зинатне.

- Ребиндер, П. А. 1966. *Физико-химическая механика дисперсных структур*. М., Наука.
- Ребиндер, П. А., Н. Н. Влодавец. 1967. *Сб. Проблемы физико-химической механики волокнистых и пористых дисперсных структур и материалов*. Рига, Зинатне.
- Стефанов, Г. и Б. Кремакова. 1960. Строителни свойства на българските лъсове. С., Техника.
- Цилосани, З. Н. 1958. Доклады АН СССР, 122, № 4.
- Andreji, S., R. Cullita, Sbenghe, Hidrotehnica, vol. 7, București, 1962.
- Casagrande, A. J. of Boston Soc. of Civil Engineers, 1936.

Одобрена на 29. VI. 1974 г.

Accepted June 29, 1974.

Structural-Mechanical Model of the Subsidence of Loesses

Petko Gechev

Summary)

The subsidence of rocks, which have definite structural, mechanical, physical and chemical properties is connected with the reduction of porosity under additional influence of water.

The existing model (Denisov, 1953) and the ideas about the mechanism of subsidence do not reflect quite well the main cause and the necessary and sufficient conditions for the realization of that phenomenon.

A model is suggested, the deformational behaviour of which sufficiently well describes the subsidence of loess sediments and gives the opportunity to formulate the necessary and sufficient conditions and the main cause for the subsidence.

The necessary and sufficient conditions for the subsidence are: 1) existence of a triphase structure, i. e. structure, in which capillary pressure acts; 2) existence of a structure, which under definite state of stress has greater porosity than under the same state of stress, but for greater water content or complete saturation.

The main cause for the subsidence is the elimination or the reduction of the existing capillary pressure in underconsolidated soils under additional moistening.