

Г. И. Тер-Степанян

Комфильметр — прибор для компрессионных и фильтрационных испытаний грунтов

Описание комфильметра

Работая в течение ряда лет над усовершенствованием компрессионно-фильтрационного прибора, автор пришел к конструкции, названной им комфильметром. Этот прибор принят в лаборатории механики грунтов Института геологических наук АН Армянской ССР и применяется также в ряде других лабораторий Ленинграда, Москвы, Еревана и Тбилиси.

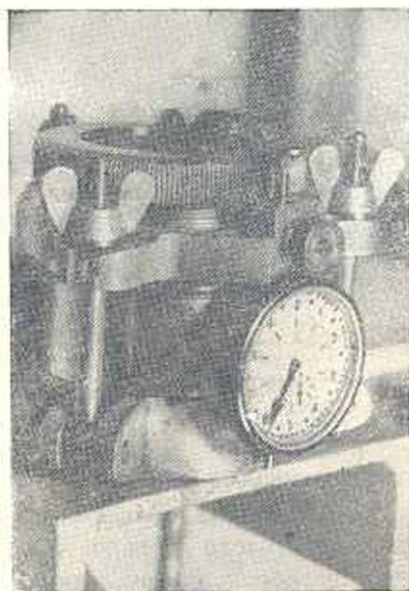
Фигуры 1—3 дают представление о комфильметре: фотография (фиг. 1), схема его (фиг. 2) и общий вид компрессионно-фильтрационной установки (фиг. 3).

Основные технические данные прибора следующие: диаметр образца грунта 70 мм, высота его 10—15 мм, измерение деформации производится с точностью до 0,01 мм по прямым отсчетам, наибольшее вертикальное давление составляет 10 кг/см², измерение фильтрации производится при переменном напоре, движение воды может осуществляться в обоих направлениях. Эти данные соответствуют принятым рекомендациям [1].

Комфильметр состоит из следующих частей (фиг. 2):

Днище 1 — массивный бронзовый диск с выточкой сверху, глубиной 1 мм, для помещения в ней нижнего фильтра. Днище имеет три лапки, в которых на осях посажены откидные болты. Последние имеют шайбы и барашки.

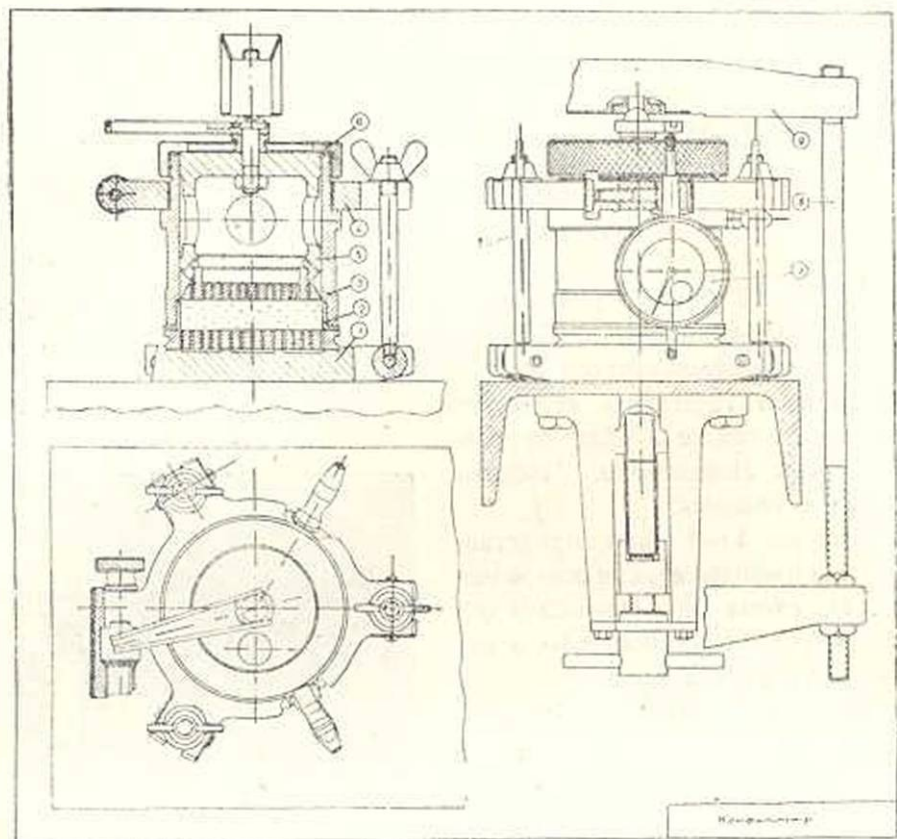
В днище устроено два отверстия, снабженных патрубками; один из них служит для выпуска воды из днища, а второй присоединяется к пьезо-



Фиг. 1.

зометру. К патрубку выпускного отверстия присоединяется резиновая трубка с зажимом Гофмана. Присоединение пьезометра также осуществляется с помощью резиновой трубки.

Грунтовое кольцо 2 внутренним диаметром 70 мм и высотой от 10 до 15 мм, имеет уголкового профиля и снабжено режущим краем.



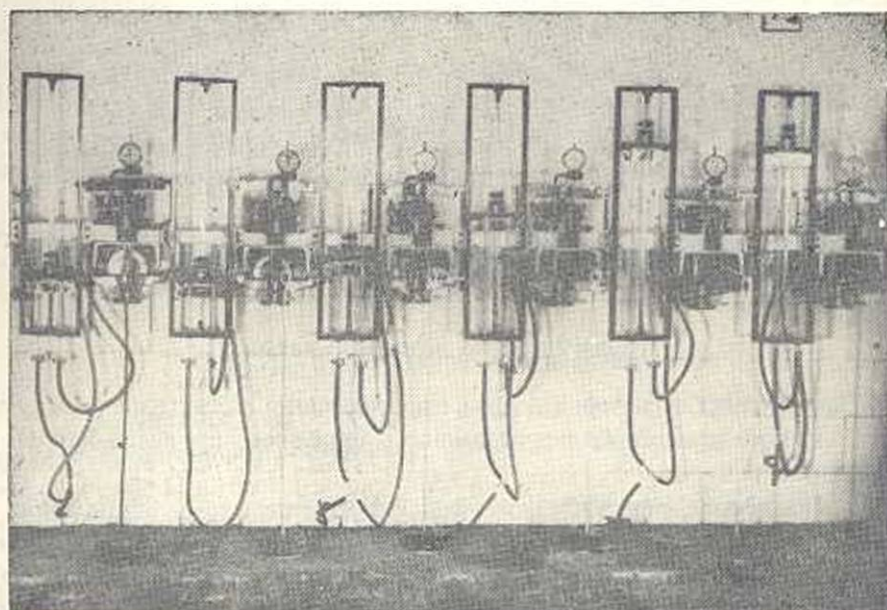
Фиг. 2.

При вырезывании образца грунта кольцо 2 зажимается в оправку специального пресса, обеспечивающего строгое поступательное перемещение грунтового кольца. Кольцо 2, заправленное грунтом, покрывается с обеих сторон листками фильтровальной бумаги и помещается на нижний фильтр компильметра.

Цилиндр 3 внутренним диаметром 70 мм и высотой 80 мм. В нижней части цилиндра сделана внутренняя выточка для помещения грунтового кольца.

В стенке цилиндра имеется патрубок, имеющий тройное назначение: он служит указателем нижнего бьефа (схема испытаний № 7, см. ниже), присоединяется к регулятору напора (схемы №№ 8 и 10) или к одной из трубок микроманометра (схема № 9).

Опорное кольцо 4 — массивное кольцо, снабженное тремя лапками с прорезями. В прорези проходят откидные болты днища комфилметра. С помощью этих болтов цилиндр притягивается к днищу и, таким образом, жестко связывает все перечисленные выше детали. На опорном кольце имеется прилив, в котором устроен захват. Последний служит для закрепления индикатора (фиг. 1) или струбцины с индикатором (фиг. 3, см. ниже).



Фиг. 3.

Поршень 5 диаметром 70 мм, свободно перемещающийся в цилиндре (широко-ходовая посадка). Направляющей для поршня служит цилиндр.

Внизу к поршню привинчивается дырчатый диск, служащий верхним фильтром для образца грунта. Сверху в центре поршня устроена стальная опорная пластинка с шаровой выточкой, на которую ставится стальной шарик. Под пластинкой крепится хобот — стержень, нажимающий на ножку индикатора.

Зажимное кольцо 6 — гайка с накаткой, навинчивающаяся на внешнюю боковую поверхность цилиндра; она упирается в верхнюю поверхность поршня и служит для арретирования образца грунта. Кольцо 6 препятствует набуханию грунта при насыщении образца водой и позволяет ему свободно уплотняться. Благодаря зажимному кольцу имеется возможность вести испытание связных грунтов на фильтрацию без приложения внешней нагрузки.

Индикатор 7 часового типа, закрепляемый в захвате, устроенном в опорном кольце. Конструкция захвата обеспечивает жесткое

соединение индикатора с прибором. Ножка индикатора опирается на хобот, находящийся над поршнем комфилметра (фиг. 1); при другом способе крепления индикатор захватывается коленчатой струбчинкой и помещается над поршнем комфилметра (фиг. 3).

Пьезометр — микроманометр с зеркальным отсчетным устройством (фиг. 3), с точностью отсчетов 0,1 мм.

Рычажное устройство расположено под столиком комфилметра (фиг. 3). Усилие от рычага передается через тяги 8 коромыслу 9, опирающемуся на шарик комфилметра. Соотношение плеч рычага принято равным 1:9,615; при этом соотношении плеч груз в 1 кг, помещенный на платформе рычага, оказывает на образец грунта давление 0,25 кг/см². В неподвижной опорной части рычага устроен регулятор, служащий для приведения рычага прибора в горизонтальное положение. Комфилметр может работать и с рычажными устройствами, расположенными сверху.

Противовес, присоединенный к коромыслу рычажного устройства с помощью троса, перекинутого через блок.

Преимущества комфилметра

Преимущества комфилметра по сравнению с другими конструкциями компрессионно-фильтрационных приборов представляются в следующем:

1. Полное устранение застенной фильтрации, т. е. фильтрации в обход образца грунта через просвет между кольцом и внутренней поверхностью цилиндра. Эта фильтрация делается невозможной вследствие обнажения обоих стыков выступа уголкового грунтового кольца с днищем и цилиндром; поэтому при неплотном соединении уголкового кольца происходит высачивание воды в стыке кольца, что сразу указывает на дефектность сборки.

2. Возможность быстрой разгрузки прибора и моментального извлечения образца грунта из прибора; это осуществляется следующим образом. Комфилметр, еще находящийся под нагрузкой, арретируется, затем разгружается и извлекается из-под рычага. Убирается индикатор; вода из полости под нижним фильтром выпускается через выпускное отверстие; из внутренней полости поршня вода сливается через отверстие в верхней поверхности поршня. В течение всего этого процесса образец грунта зажат, и поэтому его набухание невозможно. После этих предварительных действий производится извлечение образца из прибора. Отвинчивают откидные болты, берут комфилметр за верхнюю часть, снимают его с днища и немедленно переворачивают, а затем извлекают грунтовое кольцо с образцом грунта. Этот последний этап работы отнимает всего несколько секунд. Обе обнаженные поверхности грунта свободны от воды; остатки ее могут быть удалены с помощью фильтровальной бумаги.

3. Полное удаление воздуха из области, расположенной под грунтом, что особенно важно при испытании на фильтрацию при движении воды снизу вверх.

4. Легкость извлечения нижнего фильтра из днища комфилметра и чистки прибора.

5. Применение всего одного индикатора для измерения деформации, что имеет несомненные преимущества по сравнению с приборами, обладающими двумя индикаторами; последние неудобны не только вследствие необходимости вычислять среднее из двух отсчетов, но и невозможности одновременного отсчета, что имеет особенно большое значение для работы в течение первой минуты после приложения очередной ступени нагрузки, когда деформации нарастают быстро.

6. Легкость сборки и разборки; отсутствие деталей, требующих применения гаечных ключей или отверток.

7. Простота и легкость конструкции, облегчающие изготовление прибора; почти все детали могут быть сделаны на токарном станке.

8. Универсальность прибора, позволяющая проводить различные виды испытания грунтов (см. ниже).

Схемы испытаний на комфилметре

В настоящей статье не описываются методы различных видов компрессионно-фильтрационных испытаний, поскольку они имеются в литературе. Поэтому мы ограничимся кратким указанием схем испытаний, которые могут быть осуществлены на комфилметре.

1. *Набухание* образца грунта с естественной структурой при свободном доступе воды. Зажимное кольцо убирается или вывинчивается настолько, чтобы дать возможность беспрепятственному набуханию образца. Вода поступает обычно снизу. Наблюдения за набуханием ведутся по индикатору. Устанавливается величина полного набухания после стабилизации процесса, в процентах от первоначального объема.

2. *Капиллярное или бытовое давление* при свободном доступе воды. Зажимное кольцо завинчивается до полного соприкосновения с поршнем, что устанавливается по началу смещения стрелки индикатора. Вода подается в одном направлении, обычно снизу вверх. Окончание проникания воды устанавливается по выходу ее с другой стороны образца. По окончании насыщения начинается компрессионный опыт. Давление, при котором образец начинает сжиматься, отвечает капиллярному давлению. Вместо рекомендуемого иногда постепенного увеличения давления для определения давления, при котором индикатор начинает показывать смещение, можно вести обычный компрессионный опыт с принятыми значениями ступеней нагрузки и отмечать точку перелома компрессионной кривой; для этого удобен полугарифмический график. Из опыта устанавливается величина капиллярного давления в кг/см^2 .

3. *Компрессионное испытание* после предварительного насыщения водой, производимого для снятия капиллярного давления. Иногда рекомендуют испытывать грунты со свободным доступом воды только в тех случаях, когда образец грунта взят с глубины ниже уровня грунтовых вод. Наблюдения за деформацией ведутся по индикатору. Испытания могут вестись как по главной ветви компрессионной кривой, так и по обратной и повторной (петли гистерезиса). Устанавливаются параметры компрессионной кривой уплотнения и набухания, коэффициенты уплотнения и стабилизации, эквивалент капиллярного давления и модуль осадки.

4. *Просадочность* грунта под давлением при насыщении водой. Подача воды совершается при заранее заданном давлении, после стабилизации под нагрузкой. Наблюдения за просадкой, вызванной насыщением водой, ведутся по индикатору. Устанавливаются коэффициенты макропористости и относительной просадочности.

5. *Оптимальная влажность* грунта с нарушенной структурой при данном давлении. Зажимное кольцо и индикатор убираются. Образец нарушенного грунта с заданной влажностью помещается в комфилметр слоями, легко утрамбовывается, пригружается весом поршня и ставится под пресс, который осуществляет требуемое давление на грунт. По истечении установленного времени выдержки под нагрузкой комфилметр извлекается из прессы и замеряется высота образца по положению поршня, с помощью штангенглубомера. По этим данным вычисляется объемный вес грунта. Устанавливаются: (1) кривая сухого веса в зависимости от влажности и (2) оптимальная влажность, соответствующая данному давлению и обеспечивающая наиболее плотное сложение грунта.

6. *Набухание грунта при оптимальной влажности* для образца с нарушенной структурой. Зажимное кольцо убирается, на поршне закрепляется хобот и устанавливается индикатор. По окончании уплотнения грунта под прессом, как это было описано выше (схема № 5), в комфилметр подается вода и определяется величина набухания грунта после стабилизации процесса в процентах от объема, который имел грунт по подаче воды.

7. *Фильтрация связанных грунтов при переменном напоре и движении воды в образце снизу вверх; положении нижнего бьефа неизменно* (обычная схема испытаний). Испытание может вестись как в процессе компрессионного опыта, после стабилизации под заданной нагрузкой, так и независимо, т. е. с образцом грунта, не находящимся под давлением. В последнем случае поршень устанавливается на образец грунта и затем арретируется с помощью зажимного кольца во избежание набухания грунта. Пьезометр присоединяется к патрубку в днище комфилметра; уровень воды в пьезометре располагается выше образца грунта. Нижний бьеф определяется положением патрубка, находящегося на цилиндре комфилметра. Вода проникает через образец снизу вверх, за счет понижения ее уровня в пьезометре. Ус-

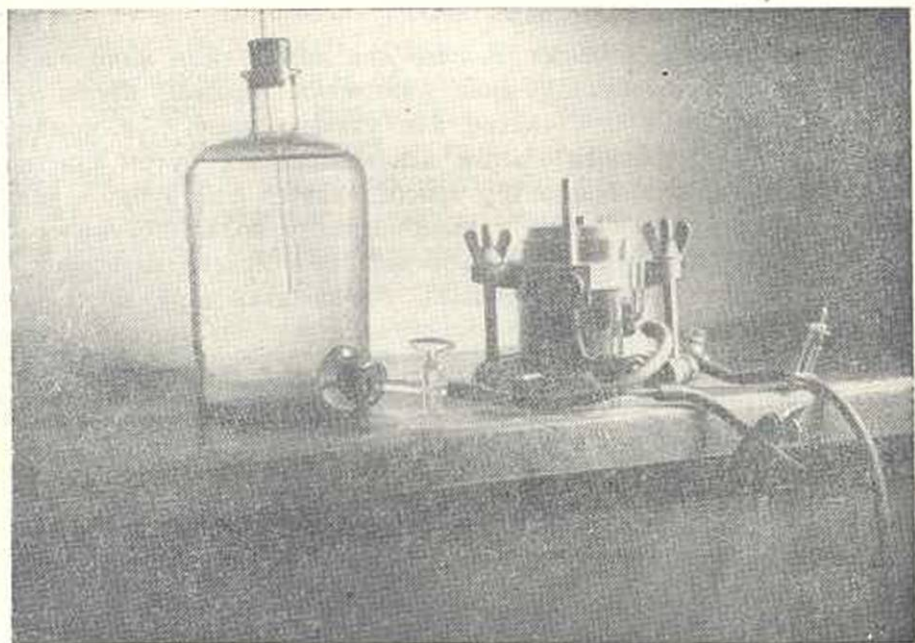
танавливается коэффициент фильтрации грунта при движении воды вверх.

8. *Фильтрация связных грунтов при переменном напоре и движении воды в образце сверху вниз; положение верхнего бьефа неизменно.* Испытание ведется так же, как указано выше, т. е. комбинированно с компрессионным опытом или независимо, путем арретирования образца грунта. Пьезометр присоединяется к патрубку в днище комфилметра, уровень воды в пьезометре располагается ниже образца грунта. Патрубок цилиндра комфилметра присоединяется к регулятору напора (сосуду Мариотта), обеспечивающему постоянный уровень воды в верхней полости комфилметра; этот уровень отвечает верхнему бьефу. Вода проникает через образец сверху вниз; в процессе опыта уровень воды в пьезометре повышается. Устанавливается коэффициент фильтрации грунта при движении воды вниз.

9. *Фильтрация связных грунтов при переменном напоре и движении воды в любом направлении (т. е. вверх или вниз); изменяется положение обоих бьефов* (фиг. 3). Испытание ведется также, как указано выше (схемы №№ 7 и 8). Патрубок днища комфилметра присоединяется к одной трубке микроманометра, а патрубок цилиндра — к другой. В зависимости от соотношения уровней воды в трубках микроманометра движение воды в образце происходит снизу вверх или сверху вниз [3].

Испытание может быть проведено при переменном напоре, в точном соответствии с требованиями, предъявляемыми к фильтрации газонасыщенной воды без газовыделения [2]. Для этого вода должна двигаться сверху вниз, причем уровень ее в обеих трубках микроманометра должен быть выше образца грунта, а разность этих уровней меньше толщины слоя грунта.

10. *Фильтрация несвязных грунтов при постоянном напоре; движение воды сверху вниз* (по принципиальной схеме Герсегова). Образец грунта с заданной плотностью укладки помещается в комфилметр и пригружается весом поршня. Зажимное кольцо и индикатор убираются. Патрубок цилиндра комфилметра присоединяется к регулятору напора с помощью тройника, третий конец которого соединен с одной из трубок микроманометра; по этой трубе отсчитывается положение верхнего бьефа. Патрубок днища комфилметра соединяется с другой трубкой микроманометра с помощью второго тройника, третий конец которого снабжен выпускной резиновой трубкой с зажимом Гофмана. При отсутствии микроманометра тройники закрепляются на патрубке цилиндра и на коленчатой струбчинке (фиг. 4). Для регулирования величины напора служит зажим Гофмана, присоединяемый к выходному отверстию тройника нижнего бьефа. Изменением закрытия этого отверстия достигается перераспределение общей потери напора между ее двумя компонентами: фильтрацией через образец грунта и прохождением через частично зажатое выходное отверстие трубки.



Фиг. 4.

Последняя схема испытаний на фильтрацию излагается впервые.

Описанная конструкция комфилметра изготовлена в экспериментальной мастерской сектора механики грунтов и инженерной геологии Института геологических наук АН Армянской ССР.

Автор пользуется возможностью выразить благодарность канд. техн. наук Т. Т. Аракеляну и точному механику А. Г. Экимяну за помощь в разработке конструкции и изготовления комфилметра.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 1 VIII 1953

Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան

ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ԿՈՄՊՐԵՍԻՈՆ ԵՎ ՖԻԼՏՐԱՑԻՈՆ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՐՄԱՐԱՆՔ—ԿՈՄՖԻԼՄԵՏՐ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատելով կոմպրեսիոն-փիլտրացիոն հարմարանքի կառուցելագործման վրա, հեղինակը մշակել է կամֆիլմետր կոչվող կոնստրուկցիա: Վերջինս կիրառում է դաել Հռչկական ՍՍՌ Գիտությունների ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գրունտների մեխանիկայի լաբորատորիայում, ինչպես նաև մի շարք լաբորատորիաներում, այլ սեպարելիաներում:

Հողվածում տրվում են հարմարանքի տեխնիկական բնութագրերը, նրա մանրամասն նկարագրերը և գործածման եղանակները:

Այլ կոնստրուկցիայի կոմպրեսիոն-ֆիլտրացիոն հարմարանքները համեմատությամբ կոմֆիլմետրն ունի հետևյալ առավելությունները.

1. Գրունտային օգակի և դրանի կոնստրուկցիոն մակերևույթով ֆիլտրացիայի լրիվ վերացումը:

2. Հարմարանքի արագ բեռնաթափվելու հնարավորությունը, որը մեծ նշանակություն ունի փորձարկումների ճիշտ արդյունքներ ստանալու համար:

3. Գրունտի նմուշից ներքև գտնվող տարածությունից օդի լրիվ հեռացումը:

4. Գրունտի փորձարկման ղեկավարման մի ինդիկատորի օգտագործումը:

5. Կոմֆիլմետրի հեշտությամբ քանդակելը, մաքրելը և հավաքելը:

6. Կոմֆիլմետրի ունիվերսալությունը — գրունտների նկատմամբ միշտ սխեմաներով փորձարկումներ կատարելու հնարավորությունը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Всегингео. Материалы по лабораторному исследованию грунтов. Госгеолиздат, 1952.
2. Герсеевков Н. М. Собр. соч., т. II, М., 1948, стр. 327—355.
3. Тер-Степанян Г. И. К вопросу о фильтрационных испытаниях глинистых грунтов, ДАН Армянской ССР, 1955, 20 (5), 185—192.