

А Д К 624.191.8 : 531.482

Е. Г. ЗАВРИЯН, А. А. САНАГЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК
НА УЧАСТКАХ СО СЛОЖНЫМИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

При строительстве тоннелей в сложных геологических условиях является весьма важным точно выявить напряжения в тоннельной обделке. Это позволит уже в начале строительства определить величину горного давления, установить наличие резервов в работе тоннельных конструкций и выяснить в натурных условиях коэффициент запаса тоннельной обделки.

В качестве динамометров, измеряющих усилия или напряжения в обделке, нами предлагаются приборы со взятием отсчетов механизмами. Электронная измерительная аппаратура подвержена в условиях тоннелей повреждениям под влиянием электрических и магнитных полей, имеющих в тоннеле, показания приборов искажаются. Оборудование со взятием отсчетов механизмами не имеет недостатков, приборы просты по конструкции и надежны при длительной эксплуатации.

На основе испытаний приборов различных типов в качестве основного прибора нами сконструирован динамометр в виде стального двутавра с поперечинами-траверсами (рис. 1). Нагрузка, воспринимаемая стенкой двутавра, вызывает перемещение траверсов с закрепленными на концах шариками. Винты служат для начальной регулировки длины измерительного створа.

Для взятия отсчетов применяется наиболее простая конструкция механического измерителя, которым служила мессура (индикатор) с точностью один микрометр. Описанный измерительный створ (рис. 1) образован двумя шариками диаметром 4 мм. При взятии отсчета на нижний шарик опирается металлическая трубочка внутренним диаметром 3,5 мм, которая неподвижно закреплена на корпусе мессуры.

В верхний шарик створа опирается штифт мессуры, снабженный на конце трубочкой. Отсчет на циферблате мессуры отличается высокой стабильностью.

Важно отметить, что приращение длины створа фиксируется мессурой как изменение расстояния между центрами шариков. Это обстоятельство обеспечивает высокую точность измерений.

В случае закладки во время бетонирования обделки траверсный динамометр снабжается кожухом из металлического листа, который препятствует проникновению свежей бетонной массы внутрь прибора.

На рис. 2 показаны результаты тарировки траверсных динамометров под прессом. По горизонтали отложены усилия пресса в *тс*, по вертикали—деформации створов, измеренные мессурой, выраженные в тысячных долях *мм*. Отсчеты брались в двух измерительных сечениях динамометров: створы 1 и 3 располагались в первом сечении, а створы 2 и 4—во втором.

На первый взгляд графики 1, 2, 3, 4 не дают закономерной картины. Оба сечения имеют не одинаковые по величине и даже по знаку деформации створов, что свидетельствует о внецентренном приложении нагрузки. Графики имеют резкий перелом после начальной стадии загрузки. Совсем иная картина получается если взять среднее арифметическое по створам данного сечения, т. е. определить деформацию сжатия оси стенки двутавра. Полученные графики 1—3 и 2—4 весьма близки к прямолинейным. Характерно также, что определенная теоретическим расчетом величина деформации сжатия стенки двутавра при нагрузке 20 *тс* отклоняется от данных эксперимента всего лишь на 7%.

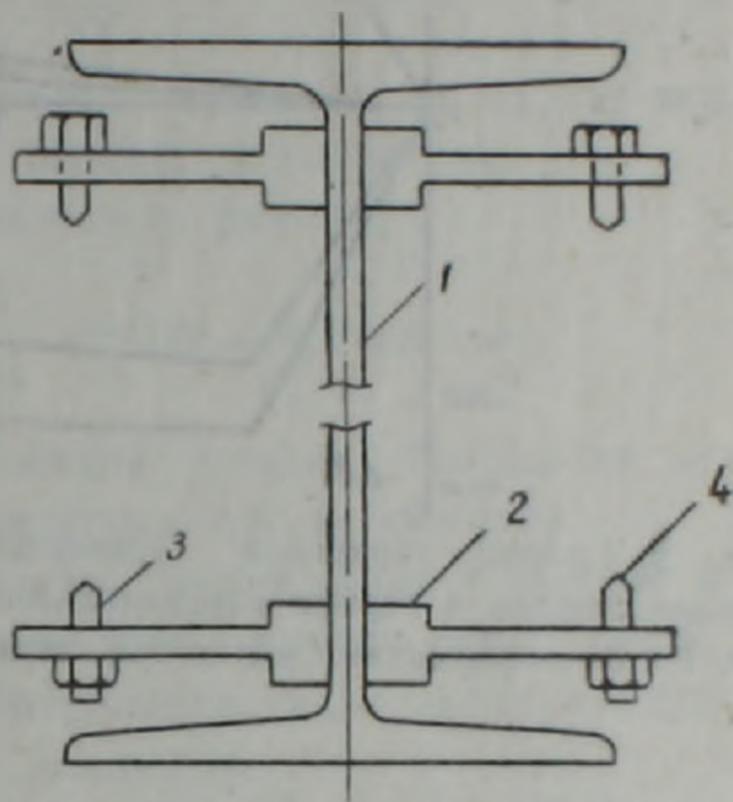


Рис. 1. Траверсный динамометр. 1—стечка двутавра, 2—поперечина (траверс), 3—винт для регулировки длины измерительного створа, 4—стальной шарик диаметром 4 *мм*.

При закладке траверсных динамометров следует учитывать, что прибор имеет сравнительно значительную высоту, порядка 16 *см*. В связи с этим предусматривается устройство в обделке специального отсека. На рис. 3а показано поперечное сечение стены тоннеля с динамометром, пересекающим всю толщину стены до горной породы. Отсек образован специальными швами, обеспечивающими свободную деформацию выделенных из тела обделки бетонных блоков. На рис. 3б показаны два динамометра, загруженные этими блоками.

Устройство опытного отсека позволяет резко снизить влияние усадочных деформаций бетона на показаниях динамометров.

Действительно, рассмотрим работу жесткого динамометра целиком окруженного бетоном без наличия деформационных швов. Принимаем, что деформация усадки бетона равняется 0,02 *см* на 1 *м* длины.

Тогда в бетоне, вблизи жесткого динамометра, возникнут напряжения, равные:

$$\sigma = \frac{0,02}{100} \times 2 \times 10^5 = 40 \text{ кгс/см}^2.$$

Переходим теперь к схеме работы динамометров. Согласно рис. 36, принимаем высоту динамометра, высоту и ширину отсека соответственно равными 16, 100 и 70 см.

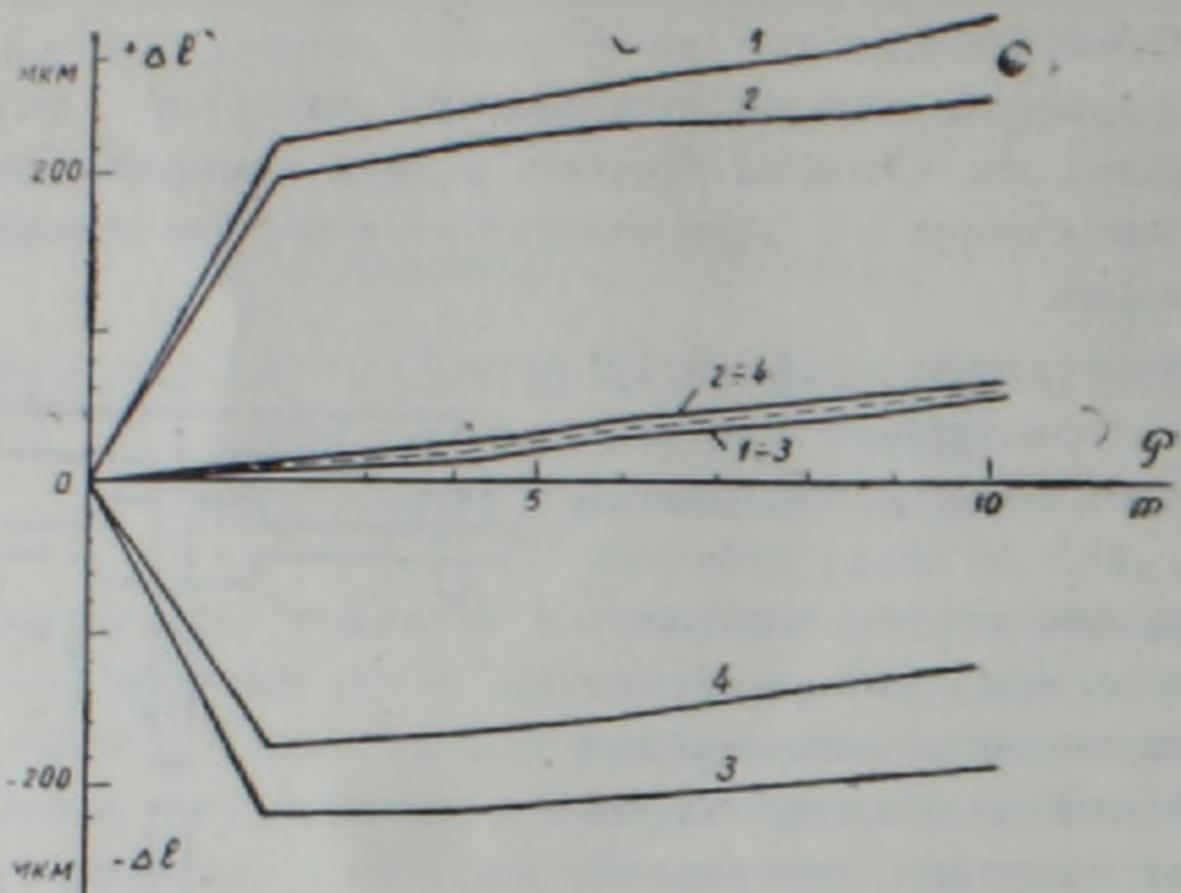


Рис. 2. График тарировки траверсного динамометра. 1 и 3—деформации по длинным створам в первом измерительном сечении двутавра, 2 и 4—для второго сечения, 1 и 3—деформации сжатия оси стенки в первом сечении, 2 и 4—то же для второго сечения

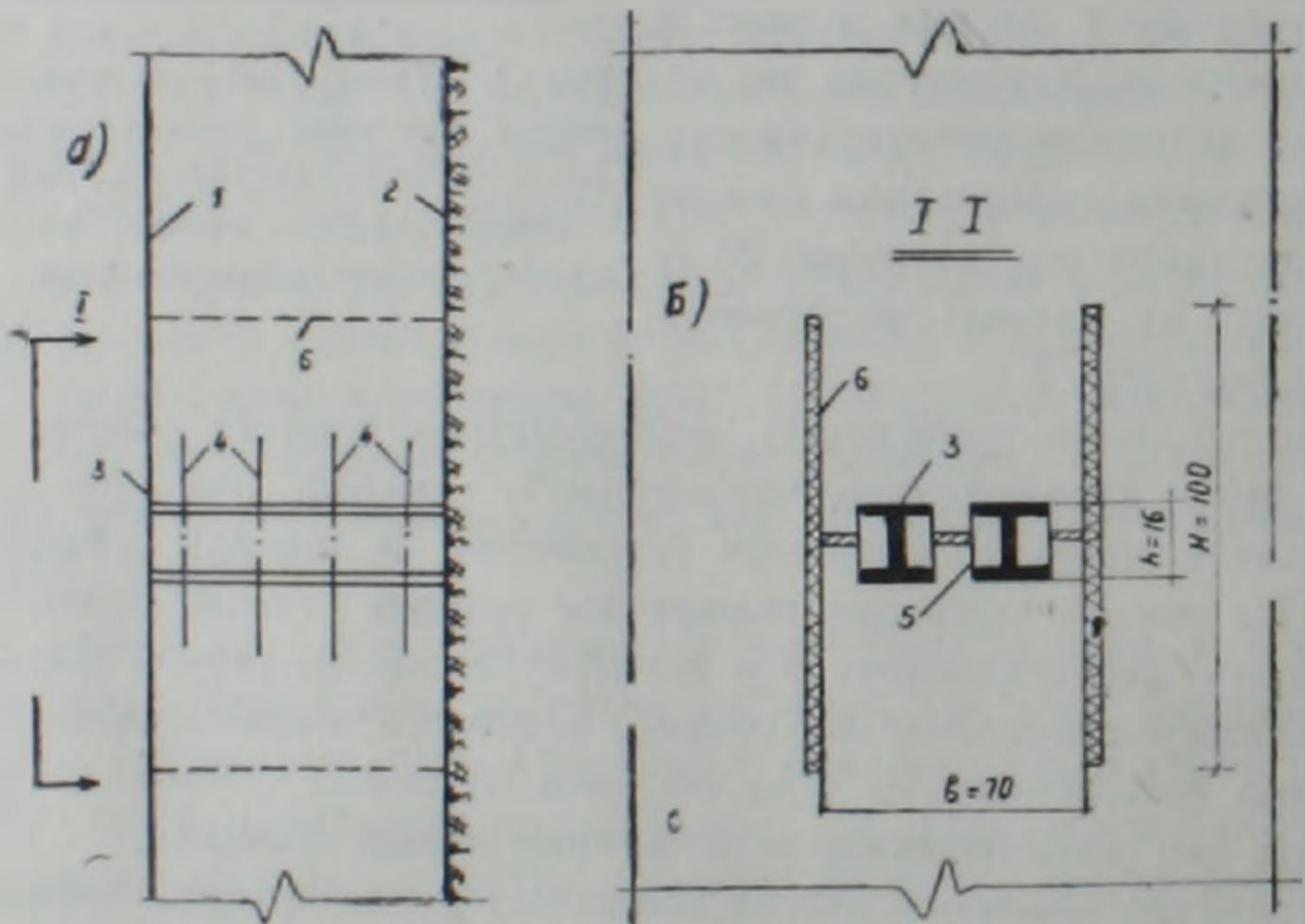


Рис. 3. Опытный отсек в обделке тоннеля. 1—стена тоннеля, 2—горная порода, 3—стальной двутавр, 4—измерительные створы динамометра, 5—защитный кожух, 6—деформационные швы, б—вид изнутри тоннеля.

Согласно исследованиям, проведенным в МИСИ под руководством проф. М. М. Гришина, на приборы, имеющие форму диска, действует с каждой стороны активная зона бетона высотой, равной 0,5 диамет-

ра прибора. Применяя это правило к опытному отсеку, получим полную высоту активной зоны бетона, действующей на динамометры (рис. 36):

$$H_1 = H + \frac{b}{2} \cdot 2 - h = 154 \text{ см.}$$

По высоте отсека усадочные деформации будут проходить беспрепятственно, кроме участка высотой 16 см, занятого динамометром.

Абсолютная величина деформации усадки этого участка составит:

$$\Delta h = \epsilon \cdot h = \frac{0,02}{100} \cdot h.$$

Деформация усадки бетона опытного отсека будет на эту величину меньше, чем деформация усадки соседней зоны бетона.

В бетоне отсека возникает напряжение, равное:

$$\sigma = \frac{\Delta h}{H_1} \cdot E = \frac{0,02}{100} \cdot \frac{16}{154} \cdot 2 \cdot 10^9 = 4,1 \text{ кгс см}^2.$$

Таким образом, поправка на влияние усадки бетона не велика, если динамометры расположены в опытном отсеке обделки.

Предложенная методика определения напряжений в натуре в горной породе имеет удовлетворительную для практических целей точность и может быть применена при строительстве и эксплуатации тоннелей для решения весьма сложных вопросов.