

УДК 622.27

О МОДУЛЕ ДЕФОРМАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОПОРНЫХ СИСТЕМ

С.Н. СУГЛОВ

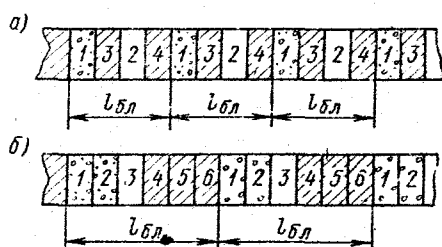


Рис. 1. Выемка и закладка камер в блоках:
а - многостадийная; б - сплошная

Разработка пологих и протяженных залежей камерными системами с твердеющей закладкой во многих случаях производится посредством одновременной выемки одноименных камер в группе блоков, включающих две, четыре, шесть и более камер (рис. 1). Кровля камер покоится на повторяющей в каждом блоке опорной системе, состоящей из рудных и искусственных целиков, причем их соотношение изменяется на каждом этапе разработки.

По мере замены руды закладкой, прочностные и деформационные свойства которой в большинстве случаев резко отличаются от свойств руды, характеристика жесткости опорной системы будет меняться. Взаимодействие пород кровли и основания, составляющего столь разнородный и переменчивый набор опор, становится весьма сложным и делает невозможным применение для инженерных расчетов аппарата механики сплошной среды и теории оснований сооружений.

Использование этих методов станет возможным, если заменить комбинацию рудных и искусственных целиков эквивалентной однородной сплошной средой, модуль деформации которой был бы равен общему модулю деформации комбинированной опорной системы. Если предположить, что соотношение рудных и искусственных целиков во всех блоках в пределах пролета отработки или отдельного участка в каждый момент времени одинаково, то динамику очистных работ можно ограничить рассмотрением одного блока. Тогда модуль деформации эквивалентного сплошного основания с некоторым допущением можно подбирать так, чтобы до начала отработки он был равен модулю деформации руд-

ного массива в пределах длины блока E_p (например, по схеме рис.1,а), затем – модулю комбинации одного искусственного и трех рудных целиков и т.д. до модуля сплошного закладочного массива E_0 .

Известные исследования деформационных свойств комбинированных систем в основном касаются определения модуля деформации слоистого массива при сжатии его параллельно слоистости. Так, Г.Н.Кузнецов [2], рассматривая упругое деформирование поликристалла, состоящего из трех слоев двух разномодульных материалов и нагруженного параллельно слоям, показал, что если модули упругости материала слоев E_1 и E_2 , а доля их в общем объеме тела соответственно m и n , то приведенный модуль упругости его $E_{пр} = mE_1 + nE_2$, т.е. при равных размерах всех элементов $E_{пр}$ можно определить через их количество в теле:

$$E'_{расч} = E_{пр} = (aE_1 + bE_2)/(a + b), \quad (1)$$

где a и b – количество соответственно искусственных и рудных целиков.

К аналогичному результату при незначительных допущениях приводят выкладки, помещенные в работах [1, 4].

В теории каменных конструкций имеются задачи о деформационных свойствах комплексных сечений, представляющих собой центральную-сжатую колонну из кирпичной кладки с бетонным сердечником. На основе экспериментальных данных получена следующая формула для определения модуля деформации комплексного сечения [3]:

$$E''_{расч} = E_{к.с} = (E_б I_б + E_{кл} I_{кл}) / (I_б + I_{кл}), \quad (2)$$

где $E_б$, $E_{кл}$ – модули деформации соответственно бетона и кладки; $I_б$, $I_{кл}$ – моменты инерции сечений бетона и кладки относительно центра тяжести сечения.

Ограниченность и противоречивость имеющихся данных предопределили необходимость постановки эксперимента, построенного с учетом возможной комбинации разномодульных опор при камерных системах разработки с твердеющей закладкой.

На моделях проводились две серии опытов. Размеры одинарного целика в первой серии составили 4 x 7 x 10 см при соотношении модулей упругости моделируемых руды и закладки $E_p : E_0 \approx 2$, во второй серии – соответственно 5 x 10 x 20 см и $E_p : E_0 \approx 6$. В качестве эквивалентного материала использовалась песчано-парафиновая смесь, а для рудных целиков во второй серии – смесь песка и тиосульфата натрия. Модели испытывались посредством сжатия на прессе при сохранении параллельности опорных плит. Деформации сжатия моделей измерялись системой индикаторов часового типа. По каждой схеме испытывалось 3-4 модели. Модули деформации рассчитывались как средние $E_{эклп}$, т.е. по отношению полных приращений нормальных напряжений к соответствующим полным относительным деформациям сжатия, взятым по всей высоте моделей. Величины и характер изменения приведенного модуля деформации представлены в таблице и на рис.2.

Серия опы- тов	Характеристика комбиниро- вой опоры		Приведенный модуль деформации, МПа		
	a	b	$E_{\text{эксп}}$	$E'_{\text{расч}}$	$E''_{\text{расч}}$
I	0	3	220	220	-
	1	2	188	188	-
	2	1	165	152	-
	3	0	118	118	-
II	0	4	600	600	600
	1	3	491	476	420
	2	2	376	352	310
	3	1	313	228	305
	4	0	104	104	104

Установлено, что единичные отклонения опытных значений от расчетных достигают 17,5% для кривой 2 и 27 % для кривой I, причем на всех стадиях отработки блока, кроме предпоследней, когда в блоке остается последний рудный целик, опытные точки близки к кривой I. Указанная выпадающая точка лучше определяется по формуле (2).

Отклонение приведенного модуля деформации комбинированной опорной системы от кривой (I) на предпоследней стадии весьма логично, ибо деформационная способность сложной опоры будет определяться свойствами более

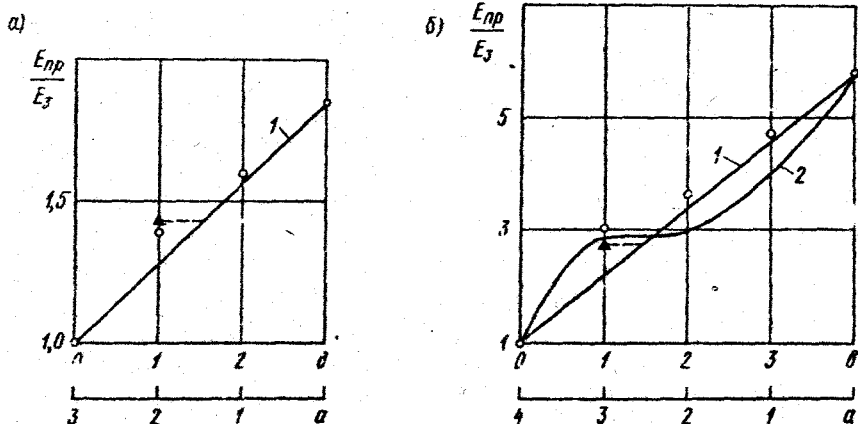


Рис.2. Зависимость относительного приведенного модуля деформации комбинированных опор от числа рудных и искусственных целиков в блоке для серий опытов: а - первой; б - второй
1 - по формуле (1); 2 - по формуле (2)
○ - экспериментальные данные; ▲ - значения по формуле (3)

жесткого элемента – рудного целлика, и после его извлечения резкий прирост деформации естественен. При этом скачок деформации тем сильнее, чем больше отношение $E_p : E_z$ и меньше камер в блоке. Считая допустимой погрешность при определении приведенного модуля деформации 15 %, пренебрегать столь существенным фактором в работе комбинированной опоры при соотношениях $E_p : E_z \geq 3$ нельзя. Поскольку для расчета значений приведенного модуля деформации использование двух различных методик для разных стадий отработки неудобно, можно воспользоваться простым правилом: если n – число единичных целиков в блоке или количество стадий отработки, то $E_{пр}$ следует рассчитывать по формуле (I) для всех стадий, кроме предпоследней, $(n-1)$ -й, стадии, для которой

$$E_{пр\,n-1} = (E'_{расч\,n-1} + E'_{расч\,n-2}) / 2. \quad (3)$$

Применение указанной методики расчета приведенного модуля деформации комбинированных опор дает отклонение от экспериментальных значений не более чем на 7 %.

Значительные различия экспериментальных и теоретических данных объясняются, по-видимому, недостаточной корректностью принятых допущений, поэтому эта задача требует более детального изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдфарб В.М., Степанов А.В. Об упругих механических свойствах слоистых неоднородных сред. – Журнал прикладной механики и технической физики, 1963, № 2.
2. Кузнецов Г.Н. Механические свойства горных пород. М., Углетехиздат, 1947.
3. Поляков С.В., Фалевич Б.Н. Каменные конструкции. М., Госстройиздат, 1960.
4. Тархов А.Г. К вопросу об анизотропии упругих свойств в горных породах. – В кн.: Материалы ВСЕГЕИ, Общая серия, 1940, сб. 5.