

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. - М.: Недра, 1994. - 382 с.
2. Фотиева Н.Н. Расчет обделок тоннелей некругового поперечного сечения.- М.: Стройиздат, 1974.-240 с.
3. Ионов В.Н., Огибалов П.М Прочность пространственных элементов конструкций. 4.1. Основы механики сплошной среды: Учеб. Пособие для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 1979.- 384 с.
4. Амусин Б.З., Фадеев А.Б. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. - М.: Недра, 1975. - 144 с.

УДК 624.192:624.042.7

А.П. Букань, В.Д. Петренко, А.Л. Тютюкин

СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «КРЕПЬ-МАССИВ» ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

У статті наведено спосіб комплексної оцінки фізичного стану системи «кріплення-масив» на основі стандартних даних розрахунків за допомогою комп'ютерних комплексів. Надані три критерії комплексної оцінки дають змогу отримати більш повну інформацію про досліджений об'єкт.

WAY OF A COMPLEX ESTIMATION OF A PHYSICAL CONDITION OF SYSTEM «SUPPORT-MASSIVE» AT SEISMIC INTERACTIONS

In the article, the way of a complex estimation of a physical condition of system «support-massif» based on standard given accounts with the help of computer complexes is given. The submitted three criteria of a complex estimation enable to receive information that is more complete until researched object.

Основной тенденцией в области практических расчетов, которая прослеживается в исследованиях отечественных и зарубежных авторов, является тенденция получения всесторонних и точных знаний реальной ситуации на основе знания небольшого комплекса расчетных параметров. Всецело эта тенденция отражена в области расчетов подземных сооружений при действии сейсмических нагрузок. Также известно, что фактически развитие комплексных оценок физического состояния системы «крепь-массив» в данном случае развито неполно, что объясняется спецификой решаемых задач, отсутствием систематики исследованных случаев и недостаточной разработкой самих способов комплексных оценок.

Анализируя опыт последних двадцати лет исследований подземных сооружений при сейсмических взаимодействиях, легко видеть, что сложность этих задач привела к постепенному сдвигу от аналитических методов расчета к численным [1-3]. Данный переход целесообразен, так как помимо удобства и наглядности численных методов, они не уступают аналитическим в точности, в то же время снимая проблему применения пространственных схем, схем со сложной конфигурацией и нерегулярной структурой и, что наиболее важно, приложения комплексов и групп нагрузок на исследуемое сооружение. Последнее достоинство численных методов (например, метода конечных элементов) имеет огромное значение при расчетах на сейсмические взаимодействия, так как из-

вестно, что наиболее полный анализ напряженно-деформированного состояния системы «крепь-массив» возможно получить лишь после исследования этой системы с приложением к ней комплекса нагрузок с различным их расположением и сочетанием волн сдвига и сжатия [4]. Но при таких исследованиях важность анализа результатов расчета увеличивается, при том, что количество анализируемых данных возрастает в десятки, а то и в сотни, раз. При этом качество результатов, то есть их информативность, подчас довольно низка, что определяется стандартностью применяемых расчетных комплексов на ПЭВМ, основой которых является метод конечных элементов. Например, наиболее распространенные комплексы ANSYS, SCAD, Lira и др. помимо табличных данных тензоров главных напряжений и перемещений, анализ которых сложен в силу количества информации (сотни тысяч основных параметров напряженно-деформированного состояния для модели с количеством конечных элементов $n=10000$ штук), также дают исследователю картины тех же факторов в визуальной среде постпроцессора – в виде изолиний и изополей. Применение данных постпроцессора достаточно наглядно, но информативность картин напряженно-деформированного состояния недостаточна, чтобы исследователь мог дать четкие и верные рекомендации после их анализа. Поэтому требуются комплексные оценки физического состояния системы на основе имеющихся массивов данных, полученных с помощью профессионального расчетного комплекса.

Следует также отметить тот факт, что получение напряженно-деформированного состояния (тензоры напряжений и деформаций в узловых точках конечно-элементной модели) хоть и не является достаточно информативным, но требуется как фундамент для комплексной оценки. Прежде чем перейти к критериям комплексной оценки, следует сказать, что возможна их реализация как в уже имеющихся расчетных комплексах, так и с помощью дополнительных программ.

Нами предложен алгоритм расчета и дальнейшей комплексной оценки подземного сооружения, например перегонного тоннеля. Стоит заметить, что авторами принимается гипотеза о замене действия сейсмического взаимодействия квазистатической нагрузкой, которая прилагается к модели [4], причем ее приложение производится не на бесконечности, а исходя из гипотезы Динника [5]. Эта гипотеза говорит о том, что весомую полуплоскость можно заменить невесомой полуплоскостью, ограниченной пятью радиусами сооружения. Применение данной гипотезы не сказывается отрицательно на результатах расчета, а в плане дискретизации расчетной области играет весьма положительную роль, так как количество конечных элементов остается в пределах достаточных для точного расчета. Нагрузки на модель выражаются в зависимости от параметров волн как [4]:

$$P=(1/2 \pi) \cdot k_c \cdot \gamma \cdot c_1 \cdot T_0; \quad \xi=v_0/1-v_0; \quad Q=(1/2 \pi) \cdot k_c \cdot \gamma \cdot c_2 \cdot T_0$$

где T_0 – период колебаний, соответствующий баллу землетрясения; k_c – коэффициент сейсмичности, соответствующий баллу землетрясения; γ – удельный

вес породы; c_1 и c_2 – скорости распространения упругих волн сжатия и сдвига соответственно; ν_0 – коэффициент Пуассона породы.

На рис. 1 показана часть пространственной модели перегонного тоннеля, нагруженная нагрузками от землетрясения, причем возможно их изменение относительно оси X и Y, что ведет к соответственному увеличению сдвиговой или сжимающей составляющей.

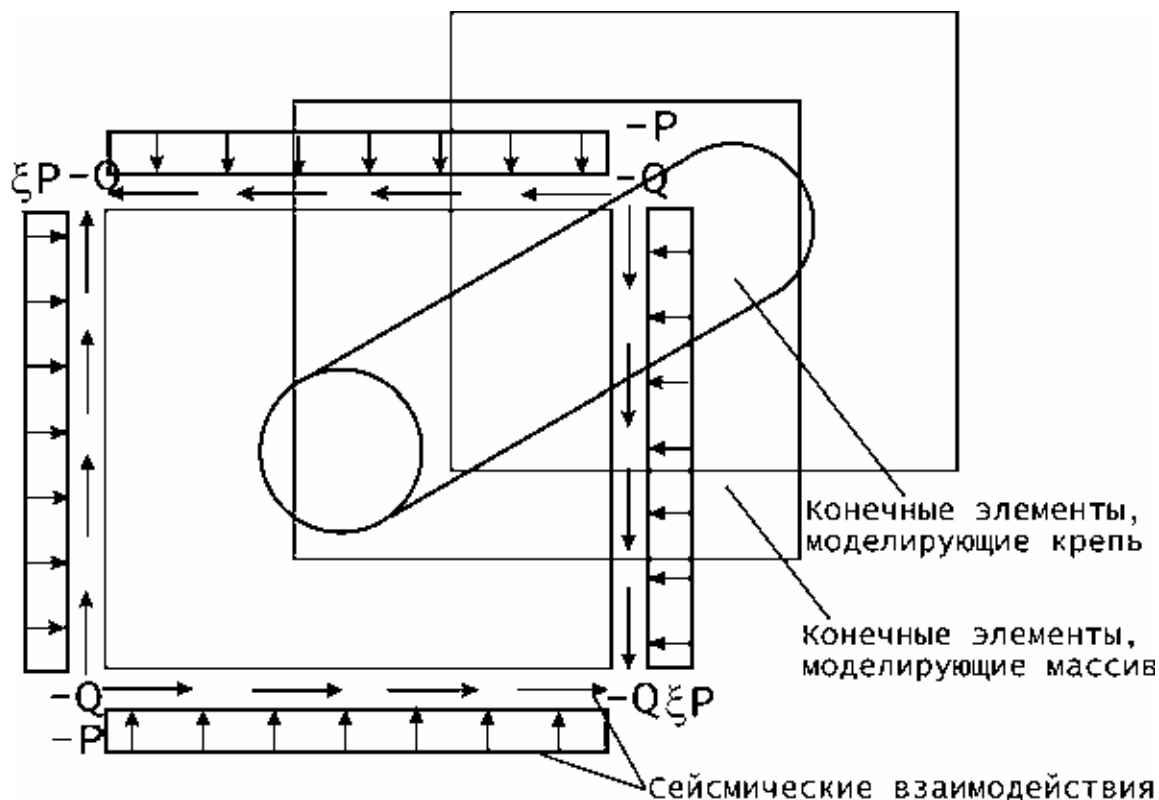


Рис. 1 – Пространственная модель перегонного тоннеля при сейсмических взаимодействиях

После проведения ряда расчетов с нагрузками P и Q, которые перемещаются вокруг оси Z с целью отыскания наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок. Авторами для комплексной оценки предлагается проверка физического состояния системы «крепь-массив» с использованием трех критериев, дающих достаточно полное представление о нем, причем эти критерии базируются на полученных с помощью расчетного комплекса тензорах напряжений и деформаций в точках сетки конечных элементов.

1 критерий – показатель Надаи-Лоде.

$$\mu_\sigma = (2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) \text{ или} \quad (1)$$

$$\mu_\varepsilon = (2\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3) / (\varepsilon_1 - \varepsilon_3), \text{ причем} \quad (2)$$

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3, \varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3, \quad (3)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные напряжения; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – главные деформации.

В соответствии со значениями показателя Надаи-Лоде [6] различаются следующие виды поведения системы: $1 > \mu > 0,5$ – сжатие; $0,5 > \mu > 0$ – сжатие со

сдвигом; $\mu = 0$ – сдвиг; $0 > \mu > -0,5$ – сдвиг с растяжением; $-1 > \mu > -0,5$ – растяжение.

2 критерий – прочностной критерий Кулона-Мора.

$$S > \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (4)$$

где S – прочность породы; σ – напряжение в точке (узле конечного элемента); φ , C – угол внутреннего трения и сцепление породы.

3 критерий – критерий пластического деформирования в точке.

$$\sigma_T > \sigma_{\text{упр}}, \quad (5)$$

где σ_T – напряжение в точке (узле конечного элемента); $\sigma_{\text{упр}}$ – предел упругости для породы.

Исходя из предложенных критериев комплексной оценки, исследователь на базе первичной информации может получить такую дополнительную информацию: по 1 критерию – физическое состояние в точке модели, причем возможно построение изолиний показателя Надаи-Лоде, которые будут разделять зоны различного характера деформирования; по 2 критерию можно определить точки, в которых выполнилось условие (4), и они перешли в предельное состояние (стоит заметить, что в комплексе SCAD, например, возможно построение изополей эквивалентных напряжений по условию (4) и стоит лишь сравнить их значения с прочностью породы, чтобы выяснить напряженное состояние в точке). По третьему критерию возможно определение зон пластического деформирования, что очень важно при решении задач влияния землетрясений – когда выполняется условие (5), то есть общее напряжение в точке превысило предел упругости и наступило пластическое деформирование.

Применяя предложенный способ комплексной оценки с помощью некоторых критериев, которые можно применить к стандартному набору результатов расчета, полученных с помощью расчетных комплексов на ПЭВМ, исследователь получает дополнительную, очень важную информацию, которая позволяет более обстоятельно исследовать подземное сооружение, учитывая его специфику и нагрузки, которые на него действуют. В дальнейшем возможно создание расширенных расчетных комплексов, в которых применяются такие способы комплексных оценок, что даст возможность быстро и удобно производить расчеты, анализировать параметры системы «крепь-массив» и оперативно давать верные оценки и рекомендации существующей ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фотиева Н.Н. Расчет крепи подземных сооружений в сейсмически активных районах. – М.: Недра, 1980. – 222 с.
2. Дорман И., Кузьмин А. Определение напряженного состояния обделок тоннелей мелкого заложения от сейсмических взаимодействий. – Метрострой, 1990. – №3. – С. 18-20.
3. Айталиев Ш.М., Масанов Ж.К., Махметова Н.М. Устойчивость обделок станции метрополитена при землетрясении. – Транспортное строительство, 1991. – №11. – С. 27-29.
4. Фотиева Н.Н. Расчет обделок комплекса тоннелей на сейсмические взаимодействия. – Транспортное строительство, 1982. – №6. – С. 48-50.
5. Динник А.Н. Статьи по горному делу. – М.: Углетехиздат, 1957. – 224 с.

УДК 622.235.213

В.В. Баранник

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ПРОСТЕЙШИХ ВВ В ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОБОЛОЧКАХ С УЧЕТОМ ОБВОДЕННОСТИ МАССИВА

Наведено розрахунки маси заряду ВР найпростішого складу, що розміщена у поліетиленовій оболонці, яка забезпечує його повне занурення в обводнену свердловину, з урахуванням висоти стовпа води в ній та тріщинуватості масиву.

SPECIAL FEATURES OF FORMING THE AN-FO CHARGES IN POLYETHYLENE ENVELOPES WITH CONSIDERATION GROUND WATER INFLOW IN ROCK MASSIF

The calculation of AN-FO charge's mass in polyethylene envelopes that ensure their drowning in boreholes with ground water and account the water column's height in jointing rock massif is adduced.

Одним из направлений решения проблемы повышения эффективности взрывных работ является освоение технологий заряжания обводненных скважин неводоустойчивыми ВВ, в том числе бестротильовыми смесями простейшего состава.

Выбор технологии заряжания в основном зависит от степени обводненности массива горных пород. Обводненные скважины с непроточной водой перед заряжением неводоустойчивыми ВВ, как правило, осушают [1]. Скважины с проточной водой при скорости водопритока более 1 м/мин заряжают неводоустойчивыми ВВ, помещая их в полиэтиленовые оболочки (рукава), предварительно опущенные в скважины.

В США, например, на некоторых предприятиях, применяют специальные смесительно-зарядные машины, позволяющие готовить смесь АС-ДТ и вести их заряжение в полиэтиленовые оболочки. Некоторые конструкции машин снабжены насосами для удаления из скважин воды и устройствами для одновременного опускания рукавов в скважину [1]. Поскольку насыпная плотность ВВ простейшего состава меньше плотности воды, возникает проблема потопляемости заряда, зависящая от степени обводненности массива.

Рассмотрим размещение в скважине диаметром d_c и глубиной h , в которой находится столб воды высотой h_w , полиэтиленового рукава с ВВ. Диаметр полиэтиленового рукава меньше диаметра скважины. По мере увеличения массы ВВ в рукаве будет увеличиваться объем погруженной в воду части рукава и подниматься уровень воды в скважине. При достижении рукавом с ВВ забоя (дна) скважины масса воды, первоначально находившейся в скважине, распределится между стенками скважины и рукавом. При этом сила тяжести ВВ в полиэтиле-