ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XX, № 4, 1967 Серия технических наук

ГИДРОТЕХНИКА

С. С. АРАКЕЛЯН

ВЛИЯНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ШВОВ-НАДРЕЗОВ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВНО-КОНТРФОРСНОЙ ПЛОТИНЫ*

Жесткое основание оказывает неблагоприятное влияние на напряженное состояние бетонных плотин. С увеличением жесткости увеличиваются растягивающие напряжения на напорной грани плотины, вызванные действием гидростатической нагрузки. Неблагоприятное сочетание нормальных и касательных напряжений может привести к разрушению контактного шва. Возникновение трещин нарушает монолитность бетонной кладки, вследствие чего может увеличиться фильтрация воды через сооружения и фильтрационное давление. Продолжительная сосредоточенная фильтрация воды через трещины будет ухудшать качество бетона. Наибольшую опасность представляют трещины вблизи напорной грани плотины, где градиенты фильтрационного потока достигают наибольшей величины.

Результаты наблюдения на ряде плотин подтверждают реальную опасность появления трещин на напорной грани плотины. Для предотвращения возникновения трещин в практике строительства гравитационных плотин применяют различные конструктивные мероприятия.

В настоящей работе анализируется напряженное состояние массивно-контрфорсной плотины, расположенной на жестком основании с горизонтальными швами на напорной грани и без них. Исследования проводились на хрупких моделях методом электротензометрии. Рассматривалась плотина без горизонтального шва (модель I) и с горизонтальным швом по контакту плотины с основанием (модели II, III, IV). Глубина шва для модели II, III и IV соответственно составила 0,03 H, 0,06 H и 0,09 H (H — высота плотины). Была исследована также плотина с двумя швами по контакту и на отм. 0,2 H (модели V, VI). Здесь контактный шов имел глубину 0,09 H, а шов находящийся на отметке 0,2 H для модели V и VI имел глубину соответственно 0,03 H и 0,07 H.

Тело модели плотины изготавливалось из гипсопесчаного раствора с модулем упругости 1000 $кГ/см^2$, при весовом соотношении гипса, песка и воды 1:0,50:0,875. Модель основания выполнялась из бетона с модулем упругости 160000 $кГ/см^2$.

* Научный руководитель проф. Н. П. Розанов.

На моделях в масштабе 1:200 воспроизводилась секция массивно-контрфорсной плотины высотой 110 *м* совместно с основанием. Воспроизводились основные нагрузки, действующие на сооружение. Гидростатическая нагрузка осуществлялась системой гидравлических домкратов, собственный вес контрфорса воспроизводился приближенно — в виде сосредоточенной нагрузки, приложенной на гребне плотины.

Горизонтальный шов между плотиной и основанием выполнялся следующим образом. В контактном сечении устраивался пропил шириной 1,5 *мм*, который уплотнялся двумя слоями картона с прокладкой между ними листа металлической жести. При этом коэффициент трения в шве составил 0,65÷0,7. Растягивающие напряжения швом не воспринимались. При проведении опытов деформации замерялись на поверхности модели электрическими тензометрами сопротивления с базой 10 *мм*.

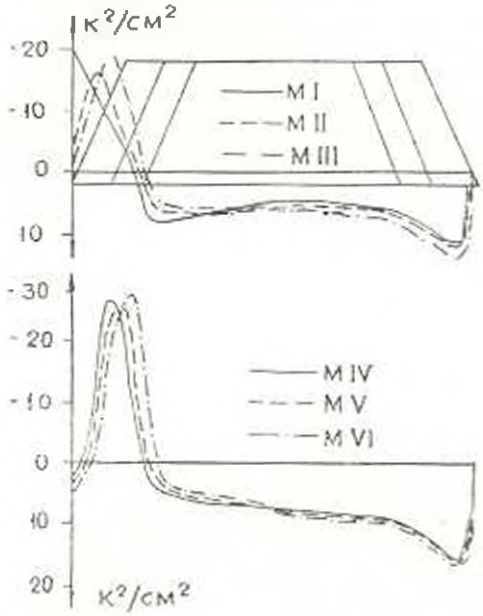

Рис. 1. Напряжения σ_y от действия гидростатической нагрузки (модели I—VI)

Результаты исследовании при действии одной гидростатической нагрузки показывают следующее. Нормальные напряжения σ_y в случае отсутствия горизонтального шва (модель I) в подошвенном сечении (отм. +2,0 *м*) у напорной грани являются растягивающими и составляют −18,7 *кГ/см²* (рис. 1). Наличие горизонтального шва по контакту плотины с основанием привело к резкому уменьшению этих напряжений и переходу от растягивающих к сжимающим. Для модели II, III, IV они соответственно составили −3,3 *кГ/см²*, −0,7 *кГ/см²*, +3,7 *кГ/см²*.

Максимальные растягивающие напряжения с углублением шва переместились вглубь подошвы плотины. Причем, при шве с глубиной 0,03 *H* они были на 18% меньше значений максимальных напряжений при отсутствии шва (рис. 1). Дальнейшее углубление шва привело к увеличению этих напряжений. Для модели IV, когда глубина шва составляла 0,09 *H*, эти напряжения получились на 43% больше, чем в плотине без горизонтального шва. Устройство горизонтального шва и его углубление привело к увеличению сжимающих напряжений σ_y на низовой грани плотины (от 4,1 *кГ/см²* до 7,7 *кГ/см²*).

Уменьшение растягивающих напряжений на напорной грани плотины с углублением шва распространяется по высоте плотины. На

ПА-8428

основе проведенных исследований (рис. 2) расстояние между горизонтальными швами приближенно можно определить по формуле:

$$h \approx 3d, \tag{1}$$

где d — глубина шва.

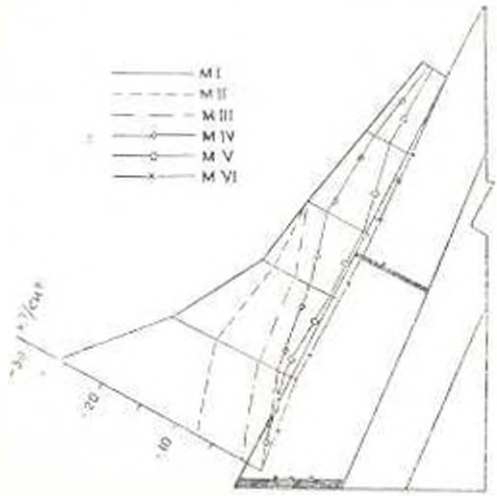

Рис. 2. Главные напряжения σ_1 ($кГ/см^2$) на напорной грани плотины от действия гидростатической нагрузки (модели I—VI).

Устройство шва на отм. 0,2 H привело к тому, что по всей напорной грани плотины напряжения σ_1 от растягивающих перешли к сжимающим (рис. 2). Этот шов вызвал также перераспределение напряжений в подошве плотины. В частности, наблюдалось уменьшение значений растягивающих напряжений на конце подошвенного шва-надреза и их увеличение за швом.

На рис. 3 показаны эпюры касательных напряжений τ_{xy}. Для плотины без горизонтального шва максимальные значения этих напряжений получились на напорной грани (14,6 $кГ/см^2$). При глубине шва на 0,03 H (модель II) максимальные значения напряжений τ_{xy} несколько уменьшились, но переместились от напорной грани в область за оголовок. Углубление шва на 0,06 H и 0,09 H привело к возрастанию максимальных значений напряжений τ_{xy}. Например, в последнем случае (модель IV) они увеличились на 38%, по сравнению с напряжениями при отсутствии горизонтального шва.

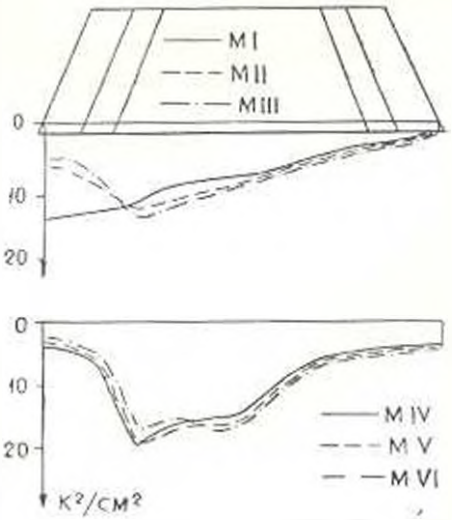

Рис. 3. Напряжения τ_{xy} ($кГ/см^2$) от действия гидростатической нагрузки (модели I—VI).

Результаты исследований при одновременном действии собственного веса контрфорса и гидростатической нагрузки показывают, что устройство горизонтального шва с небольшой глубиной (0,03 ÷ 0,04) H значительно улучшает напряженное состояние плотины.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Горизонтальный шов-надрез значительно улучшает напряженное

состояние на поверхности напорной грани плотины, причем чем глубже шов, тем больше уменьшаются растягивающие напряжения σ_y, вызванные действием гидростатической нагрузки.

Углубление шва больше, чем на (0,03÷0,04) *H* приведет к тому, что за швом возрастут нормальные растягивающие напряжения σ_y и касательные напряжения τ_{xy}, вызванные действием гидростатической нагрузки. Следовательно, глубину горизонтального шва-надреза не следует делать больше (0,03÷0,04) *H*.

Устройство второго шва на отм. 0,2 *H* привело к уменьшению величин растягивающих напряжений σ_y на конце контактного шва-надреза и их продвижение вглубь подошвы плотины и таким образом уменьшило опасность возникновения трещины в конце шва-надреза.

По высоте плотины можно рекомендовать делать 2 или 3 шва в зависимости от того, какую область занимают бо́льшие растягивающие напряжения на напорной грани.

Нижний шов нужно делать или на отм. (0,02÷0,03) *H* или по контакту плотины с основанием. В последнем случае рекомендуется делать бетонную подушку под швом и на некотором участке под подошвой плотины. Тем самым растягивающие напряжения в конце шва будут восприниматься не контактом плотины с основанием, а бетоном, прочность которого на растяжении больше прочности контакта.

МИСИ им. В. Куйбышева

Поступило 21.XII.1966.

Ս. Ս. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ

ՀՈՐԻԶՈՆԱԿԱՆ ԿԱՐԱՆ-ԿՏՐՎԱԾՔՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՐԱՆՍԻՎ ԿՈՆՏՐՖՈՐՍԱՅԻՆ ՊԱՏՎԱՐԻ ԼԱՐՎԱԾ ՎԻՃԱԿԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Հոդվածում ուսումնասիրված է կոշտ հիմնատակով մասիվ կոնտրֆորսային պատվարի լարված վիճակը ճնշումային նիստի վրա հորիզոնական կարան-կտրվածքների առկայության դեպքում և առանց դրանց։ Հետազոտությունները կատարված են բեկուն մոդելների վրա՝ էլեկտրատենզոմետրիայի մեթոդով։

Պարզվել է, որ պատվարի ճնշումային նիստի մակերևույթի լարված վիճակը զգալիորեն նվազում է, երբ կարանը նախատեսված է պատվարի ու հիմնատակի կոնտակտում և ունի 0,03 ÷ 0,04 H խորություն (որտեղ H-ը պատվարի բարձրությունն է)։ Կարանի խորությունը մեծացնելիս առաջացվում է բացասական արդյունք։ 0,2 բարձրության վրա երկրորդ կարանի առկայությունը նվազեցնում է ճաքազոյացման վտանգը կոնտակտային կարան-կտրվածքի վերջում։