

УДК 624.137.5

В.В. Морозов, Национальная академия
природоохранного и курортного строительства, г. Симферополь

РАБОТА ЛИЦЕВОЙ МЕМБРАНЫ МЕМБРАННОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ

Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций в области подпорных стен является применение мембранных подпорных стен. Несмотря на целый ряд преимуществ в использовании подпорных стен такой конструкции, массового их применения не происходит. Одной из причин этого является отсутствие надежных, проверенных, имеющих нормативную подоснову, методик расчета. Автором предложено несколько конструктивных решений мембранных подпорных стен. Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований по выявлению их действительной работы. Представлены результаты численного эксперимента по изучению изменения напряженно-деформированного состояния, в зависимости от угла наклона лицевой мембраны. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: подпорная стенка; лицевая мембрана

Введение. Постановка проблемы. Известно множество конструктивных решений подпорных стен, которые непрерывно совершенствуются и развиваются. Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций в данной области является применение мембранных подпорных стен, основным конструктивным элементом которых, являются гибкие мембраны в виде тканых полотнищ, пленок, сеток из синтетических материалов, а так же нетканых геотекстильных материалов, чему способствует быстрое развитие производства химических волокон.

Применение синтетических материалов в качестве конструкционных для подпорных стен имеет целый ряд преимуществ:

- появляется возможность проектирования подпорных стен значительной высоты и практически любой конфигурации, стены данной конструкции обладают оптимальным соотношением веса и несущей способности;
- обеспечивается быстрая и экономичная транспортировка основных конструктивных элементов подпорной стены,
- сокращается продолжительность строительства вследствие простоты технологического процесса, исключая использование тяжелых

строительных механизмов (сваебойного, подъемного), исключаются мокрые процессы на строительной площадке;

- обеспечивается снижение материалоемкости, появляется возможность использования местных грунтов в качестве основного строительного материала;

- не требуется значительное заглубление фундаментов, что облегчает строительство и позволяет в минимальной степени нарушать геологическую структуру нижележащих слоев грунта;

- стены данной конструкции долговечны и экологичны, удобны при строительстве в стесненных условиях, кроме этого они обладают повышенной сейсмической устойчивостью и пониженной чувствительностью к неравномерным осадкам, что позволяет использовать их при грунтах с низкой несущей способностью.

Несмотря на очевидные преимущества, массовое применение мембранных подпорных стен в нашей стране не происходит. Одной из причин этого является отсутствие надежных, проверенных, имеющих нормативную подоснову, методик расчета.

Анализ последних достижений и публикаций. Области применения, конструктивные решения, основы расчета сооружений из армированного грунта подробно представлены в работе [2]. Исследования характеристик грунтового массива армированного геоматериалами отражены в работе [3]. Методики расчета массивных и тонкостенных конструкций подпорных сооружений рассмотрены в работах [1;7]. В Национальной академии природоохранного и курортного строительства на кафедре Железобетонных конструкций в течении многих лет ведутся научные исследования в области конструкций подпорных стен [8]. Совершенствовались как традиционные конструкции, так и разрабатывались новые конструктивные решения. Автором предложены несколько конструктивных решений мембранных подпорных стен [5]. В подпорных стенах первого типа вертикально расположенные гибкие лицевые мембраны, воспринимают давление грунта и передают усилия на контрфорсы, которые в свою очередь закреплены посредством горизонтальных анкеров, армирующих грунт. Анкера могут быть выполнены из металлических полос, тросов или из того же материала, что и сами мембраны. В подпорных стенах второго типа лицевые мембраны расположены под углом и опираются на контрфорсы рамной конструкции. Одним из недостатков таких подпорных стен, в случае выполнения лицевой мембраны из тканых синтетических материалов, является возможность её механического повреждения. С целью защиты лицевой мембраны могут выполняться защитные железобетонные

экраны, одновременно выполняющие функции придания подпорной стене биопозитивных свойств.

Автором проводились теоретические и экспериментальные исследования подпорной стенки первого типа с вертикальным расположением лицевой мембраны [7]. Лицевые мембраны и анкера, армирующие грунт, выполнены из стеклоткани. Лицевая мембрана деформируется под воздействием давления грунта и внешней нагрузки, вследствие чего ее напряженно деформированное состояние изменяется в процессе нагружения.

В ходе исследования получены: деформированная схема мембранной подпорной стенки; картины распределения нормальных напряжений в лицевой мембране в вертикальном и горизонтальном направлениях от активного давления грунта и внешней нагрузки [8]. Деформация лицевой мембраны имеет каплевидную форму. В лицевой мембране возникают растягивающие напряжения, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении практически по всей площади, что отвечает оптимальной работе материала мембраны. Негативно на работе лицевой мембраны сказываются незначительные сжимающие напряжения, возникающие в верхней части мембраны, которые могут вызвать её нежелательное деформирование.

Цель работы. Целью работы является изучение изменения напряженно-деформированного состояния элементов мембранной подпорной стены в зависимости от угла наклона лицевой мембраны.

Основная часть. Для исследуемой подпорной стены принято следующее конструктивное решение (рис.1). Лицевые мембраны толщиной 1мм из стеклоткани опираются на металлические контрфорсы рамной конструкции. Контрфорсы установлены на фундаменты. Предусмотрена возможность изменения угла наклона одной из стоек контрфорса, на которую опирается лицевая мембрана. Исследовались подпорные стены с углом наклона лицевой мембраны к вертикальной плоскости в направлении от грунта $\varphi = 22^\circ; 28^\circ; 34^\circ$, где угол наклона $\varphi = 28^\circ$ соответствует углу внутреннего трения грунта засыпки. Высота стенки 1.2 м, шаг контрфорсов 0.6м.

Для исследований напряженно деформированного состояние лицевой мембраны и характера его изменения был принят программный комплекс «Лира-Windows» версия 9.4. Была создана расчетная схема трех секций подпорной стены рассматриваемой конструкции. На рис.2 представлена расчетная схема стенки с вертикальным расположением лицевой мембраны (углом наклона лицевой мембраны к вертикальной плоскости в направлении от грунта $\varphi = 0^\circ$). Лицевая мембрана моделировалась плоскими конечными элементами КЭ 341, являющимися геометрически нелинейными элементами, что позволило прикладывать нагрузку поэтапно к уже деформированной схеме.

Контрфорс моделювався стержневими кінцевими елементами КЭ 10 прийнятого сечення. Из библиотеки КЭ был выбран элемент одноузловой КЭ 51 и назначен в узлы крепления анкеров и стенки со связью по оси X, моделюючи вплив сусідніх секцій мембрани.

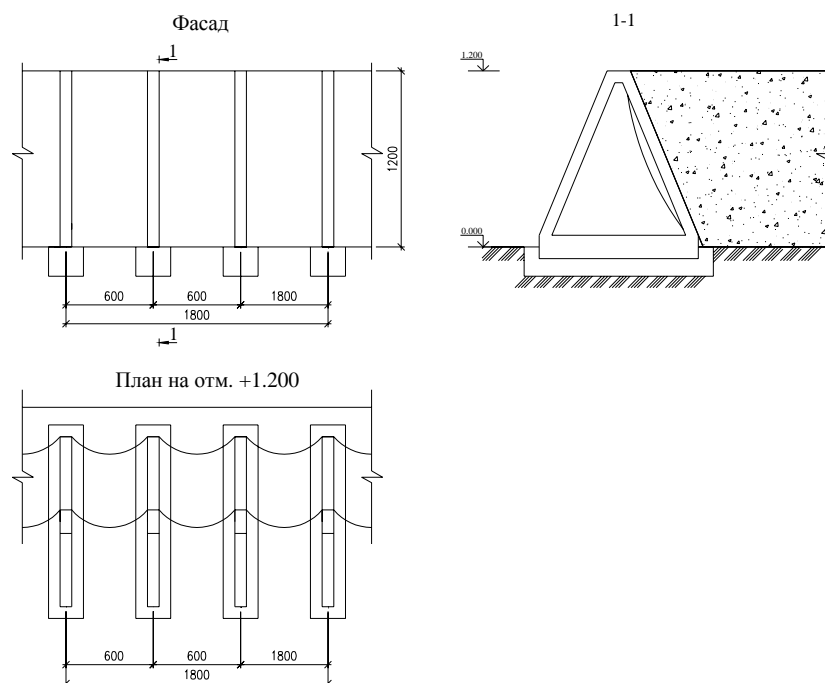


Рис. 1. Конструктивное решение подпорной стенки

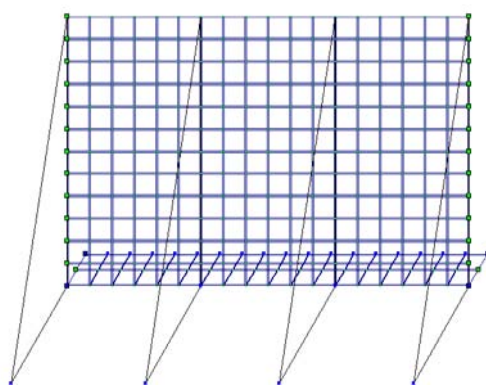
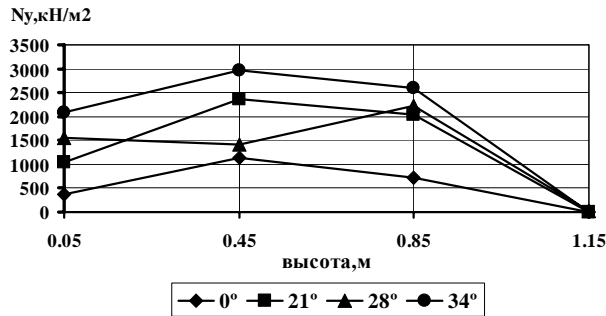


Рис. 2. Расчетная схема подпорной стенки

В ходе исследования анализировался характер распределения нормальных напряжений в лицевой мембране стенки в вертикальном и горизонтальном направлениях от активного давления грунта при различных углах наклона лицевой мембраны. Напряжения анализировались в центральной секции лицевой мембраны. На рис.3а представлены нормальные напряжения N_y в

вертикальном направлении (вдоль местной оси Y плоских конечных элементов мембраны) у опоры лицевой мембраны. На рис.3б представлены нормальные напряжения N_y в вертикальном направлении центре лицевой мембраны. На рис.4 представлены нормальные напряжения N_x в горизонтальном направлении (вдоль местной оси X плоских конечных элементов мембраны) в характерных сечениях на расстоянии 0.05; 0.45; 0.85 и 1.150 м по высоте.

а



б

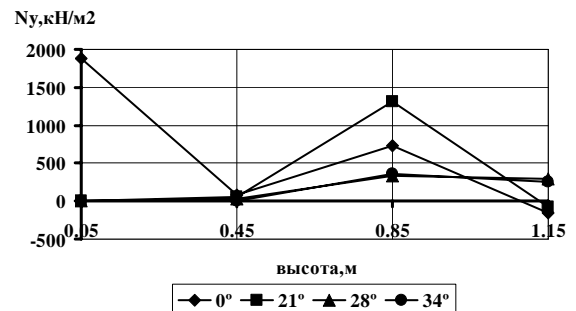
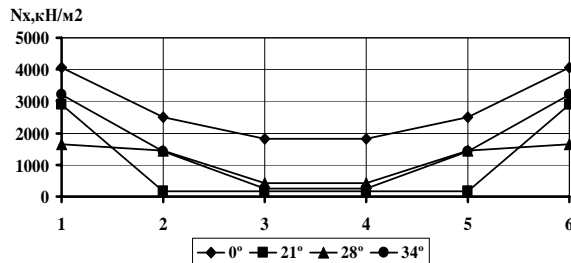
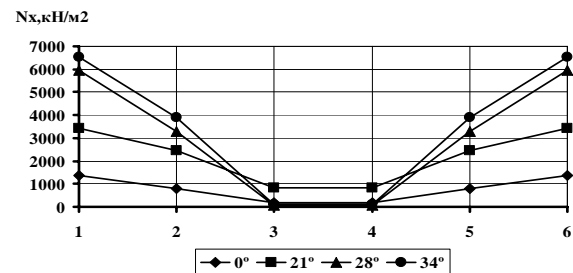


Рис. 3. Вертикальные нормальные напряжения в лицевой мембране при различных углах наклона: а - в сечении у опоры; б- в сечении по центру лицевой мембраны

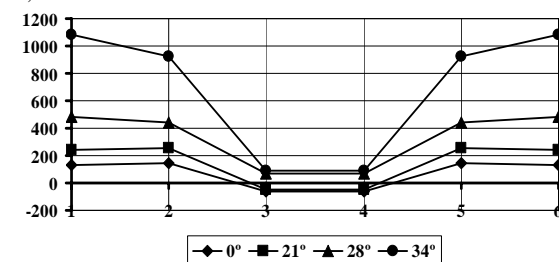
а



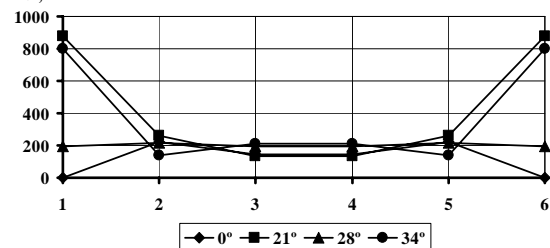
б



в



г



в

г

Рис. 4. Горизонтальные нормальные напряжения в лицевой мембране при различных углах наклона: а - в сечении на высоте 0.05 м от основания ; б - в сечении на высоте 0.45 м от основания; в - в сечении на высоте 0.85 м от основания; г - в сечении на высоте 1.150 м от основания

Выводы

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- при вертикальном расположении лицевой мембраны ($\varphi = 0^\circ$) максимальные напряжения в вертикальном направлении возникают в основании центральной части мембраны, максимальные напряжения в горизонтальном направлении возникают в основании центральной части мембраны в месте крепления к контрфорсам, в верхней части (сечения на высоте 1.150м от основания стенки) возникают незначительные сжимающие напряжения;

- с увеличением угла лицевой мембраны растягивающие напряжения в мембране в вертикальном направлении у опоры возрастают в основании стенки и практически не изменяются в верхней части;

- с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в вертикальном направлении в центральной части мембраны значительно снижаются в основании стенки и возрастают в верхней части, при угле наклона лицевой мембраны $\varphi = 28^\circ$ не возникают нежелательные сжимающие напряжения в верхней части мембраны;

- в основании стенки с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в мембране в горизонтальном направлении снижаются;

- в сечениях на высоте 0.45м. и 0.85м. с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в мембране в горизонтальном направлении возрастают в месте крепления мембраны к опорам, при угле наклона лицевой мембраны $\varphi = 28^\circ$ напряжения распределяются более равномерно с минимальной концентрацией;

- в верхней части стенки в сечении на высоте 1.150м. с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в мембране в горизонтальном направлении возрастают как в месте крепления мембраны к опорам, так и в центральной части, при угле наклона лицевой мембраны $\varphi = 28^\circ$ не возникают нежелательные сжимающие напряжения.

Таким образом, наиболее рациональным углом наклона лицевой мембраны является угол соответствующий углу внутреннего трения грунта засыпки (в нашем случае $\varphi = 28^\circ$).

Дальнейшие исследования планируется проводить в направлении разработки конструктивных решений крепления лицевой мембраны к контрфорсам и в основании, уменьшающих концентрацию напряжений.

Литература

1. Бугаева С.В. Обоснование методики расчета тонкостенных конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой с учетом упруго-пластических свойств их материалов.// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – ОГАСА, 1999 - 146с.

2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта./ Пер. с англ. В.С. Забавича; Под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989 – 280 с.
3. Друкований М.Ф., Матвеев С.В., Корчевский Б.Б и др. Горизонтально армовані основи під фундаменти будівель.// Монографія.
4. Морозов В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния лицевой мембраны мембранной подпорной стенки.// Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні наукові дослідження-2006”. Т.45. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006р - стор. 9-16.
5. Морозов В.В. Эффективные конструктивные решения мембранных подпорных стен.// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – стор. 330-333.
6. Патент на винахід № 12805А от23.12.1993 «Підпірна стінка» ЕО2D 29/02. Автори: Тетиор О.Н., Морозов В.В.
7. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1984 - 117 с.
8. Тетиор А.Н., РубельА.А., Лехно А.Н. Материало и природосберегающие конструкции зданий и сооружений для Крыма. - Киев: УМКВО, 1989 – 200 с.

Анотація

Одним з перспективних напрямків вдосконалення конструкцій в області підпірних стін є застосування мембранних підпірних стін. Не дивлячись на цілий ряд переваг підпірних стін такої конструкції, масове їх застосування не відбувається. Однією з причин цього є відсутність надійних, перевірених, таких, що мають нормативну підоснову, методик розрахунку. Автором запропоновано декілька конструктивних рішень мембранних підпірних стін, представлені результати експериментально-теоретичних досліджень по виявленню їх дійсної роботи. Представлені результати чисельного експерименту по вивченню зміни напружено-деформованого стану залежно від кута нахилу лицьової мембрани. Визначені напрямки подальших досліджень.

Annotation

One of perspective directions of perfection of constructions in area of retaining walls is application of membrane retaining walls. In spite of a number of advantages of retaining walls of such construction, their mass application does not take place. One of the reasons of it is absence of reliable, tested, having the normative real cause, methods of calculation. The author has offered several constructive solutions of membrane retaining walls. The results of experimental-theoretical investigations on the detection of their real behavior are presented. The results of numeral experiment on the study of change of the tense-deformed state depending on the angle of slope of obverse membrane are also presented. Directions of further researches have been determined.