

Техническое руководство

Гражданское строительство и сооружение туннелей

Dörken – более 100 лет нас ведет вперед техническая компетенция и инновации.

Данное техническое руководство предназначено для проектировщиков, конструкторов и строителей, которые смогут найти широкий спектр применения профилированных мембран DELTA®.

Наши защитные и дренажные мембраны разработаны на инновационных идеях и выпускаются на производственных линиях, представляющих собой произведение искусства: высококачественные продукты, произведенные Dörken GmbH & Co. KG для использования при строительстве туннелей, а также для защиты стен фундамента, дренажа и гидроизоляции, задают стандарты надежности, долговечности и энергосбережения. Компания расположена в городе Хердеке (земля Северная Вестфалия), и нашей целью является каждодневное обеспечение своих клиентов профессиональными решениями и продуктами выдающегося качества. Соответствуя этим честливым стандартам на протяжении вот уже более 100 лет, компания Dörken является и остается партнером, пользующимся уважением среди проектировщиков, архитекторов, инвесторов и монтажников.



Свяжитесь с нами напрямую для получения технической поддержки:

+7 499 272-4803
cad@doerken.ru

Прямой контакт для вопросов по поставкам материалов:

+7 499 272-4803
logistic@doerken.ru
www.doerken.ru

Оглавление.

■ Вода - насущная проблема	4
■ Продукция для строительства туннелей и гражданского строительства	6
■ Методы испытаний в соответствии с EN 13 252	8
■ Гражданское строительство	10
■ Проницаемые ограждения котлованов	12
■ Частично проницаемые ограждения	15
■ Другие применения в гражданском строительстве	18
■ Решения с дренажными мембранами	20
■ Эксплуатационные характеристики профилированных мембран DELTA®	22
■ Туннельное строительство	24
■ Подземное строительство туннелей (закрытый метод)	26
■ Решения для строительства туннелей	30
■ Туннель Gotthard	31
■ Железнодорожный туннель Soumagne	36
■ Реставрация туннелей	40
■ Строительство туннелей открытым способом	42
■ Методы крепления мембран	43
■ Референц-лист туннелей	44

Вода - проблема

Вода, которая выпадает на землю, всегда находит свой путь. В идеальном случае вода быстро и беспрепятственно уходит, не оказывая негативного давления на здания. Если же вода будет проходить через грунты медленно, она будет оказывать влияние на сооружения. Так же бывают ситуации, когда вода легко просачивается через грунты и оказывает давление на подземные части зданий. Эти два варианта встречаются довольно часто.

Все становится еще хуже, когда осадки достигают водоупорного слоя и начинают оказывать гидростатическое давление на стены сооружений. Эти три вида воздействия воды на здание являются основополагающими для выбора системы гидроизоляции, дренажа и защиты сооружений.

Таким образом, в любом строительном проекте должна содержаться информация об исследовании грунтов: его физико-механические свойства, уровень грунтовых вод, конфигурация (рельеф) местности. В зависимости от местности, количество задействованной в процессах воды может очень сильно изменяться. Например, если здание стоит не на ровной площадке, а на склоне, вода может собираться до 0,3 л/с*м. DIN 4095 предусматривает, что для того, чтобы здание не было подвержено воздействию воды, требуется дренажный слой.





Эффективная защита от просачивающейся воды необходима также при производстве конструкций из водонепроницаемого бетона, качество которого зависит именно от водоцементного отношения. Каждый раз, когда это соотношение изменяется из-за вторжения грунтовой воды, бетон теряет проектные характеристики. Еще хуже, если вода проникнет в стены и образует локальные протечки. Так же гидростатическое давление воды оказывает негативное влияние на саму гидроизоляцию здания, угрожая ее функциональной надежности. Кроме того, водяной столб в нескольких метрах оказывает огромную нагрузку на заглубленные здания. Такое давление становится особенно опасным, когда нагрузка является асимметричной. В большинстве случаев хороший дренаж

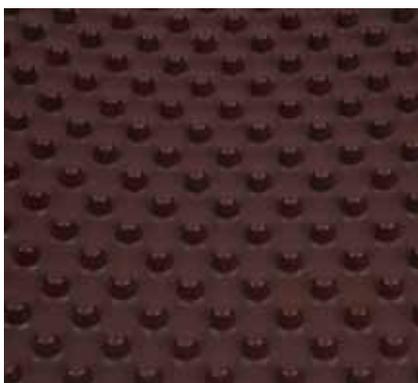
поможет избежать всех этих проблем и повысит надежность работы гидроизоляционного слоя. По указанным выше причинам, вода должна дренироваться по всей поверхности подземной части сооружения. Для решения таких задач были разработаны профилированные мембраны из полиэтилена высокой плотности, выдерживающие значительные нагрузки, которые позволяют дренировать большое количество воды на протяжении многих лет. Профилированные мембраны DELTA® имеют широкое применение благодаря легкому монтажу, снижению затрат и времени на строительство.



Продукция DELTA® для строительства туннелей и гражданского строительства.



DELTA®-AT 1200



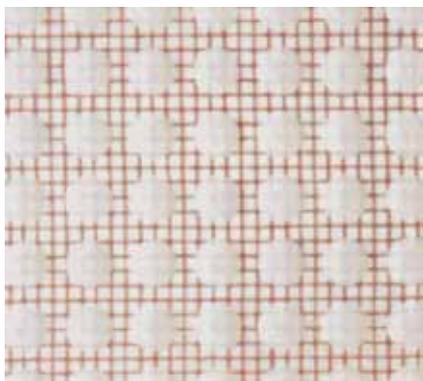
DELTA®-AT 800



DELTA®-MS 20



DELTA®-MS



DELTA®-PT

Продукция компании DÖRKEN для фундаментов – это защита, дренаж и гидроизоляция. Наши материалы используется как для нового строительства, так и для восстановительных работ. Применение профилированных мембран с большим количеством системных аксессуаров позволяет подобрать и реализовать оптимальное решение для каждой индивидуальной проблемы. Использование системных решений DELTA® позволяет повысить качество производимых работ и значительно сократить срок их реализации.

Дренажные мембраны DELTA®, изготовленные из специального полиэтилена высокой плотности и хорошо подобранного геотекстиля, позволяют снимать гидростатическое давление даже при высоких нагрузках. Нетканый геотекстиль из термоскрепленного полипропилена приварен к выступам мембран термическим способом, что позволяет не пропускать частички грунта и не допускает кольматации дренажных каналов. На всех мембранах геотекстиль выходит за габариты профилированного основания для гарантированной защиты дренажных каналов от заиливания, поэтому срок работы дренажной системы гарантированно высокий.

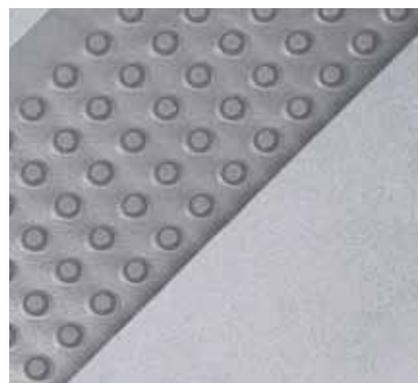
Профилированные мембраны с приваренной штукатурной сеткой могут быть использованы для нанесения раствора и торкретбетона, особенно при восстановлении и реконструкции старых туннелей.



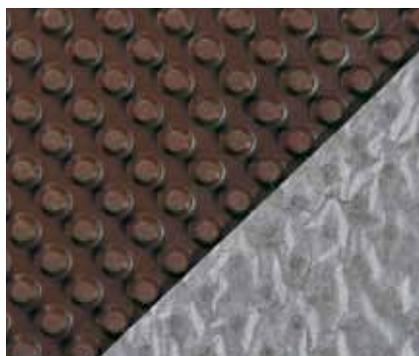
Профилированные мембраны DELTA® имеют высокое сопротивление к гниению, воздействию соляных растворов, неорганических кислот и щелочи. Соответственно мембраны DELTA® не подвержены воздействию образующихся в грунте бактерий и микроорганизмов, они являются стойкими к прорастанию корней растений. Реакция всех мембран на разные типы грунтов и подземных вод нейтральна, следовательно, из них не будут выщелачиваться вредные вещества. Все мембраны имеют специальные добавки – пластификаторы, стабилизаторы и особые пигменты, что обеспечивает продолжительный срок службы. Следует отметить, что профилированные мембраны нельзя долгое время хранить под воздействием ультрафиолетового излучения (под воздействием солнца). В случае длительного перерыва в работах их необходимо закрыть защитным материалом.



DELTA®-GEO-DRAIN TP 800



DELTA®-TERRAXX



DELTA®-NP DRAIN



Наши дренажные мембраны DELTA®-NP DRAIN, DELTA®-TERRAXX и DELTA®-GEO-DRAIN 800 TP имеют подтверждение соответствия требованиям европейского стандарта EN 13252 (Сертификат № 0799-CPD-13).



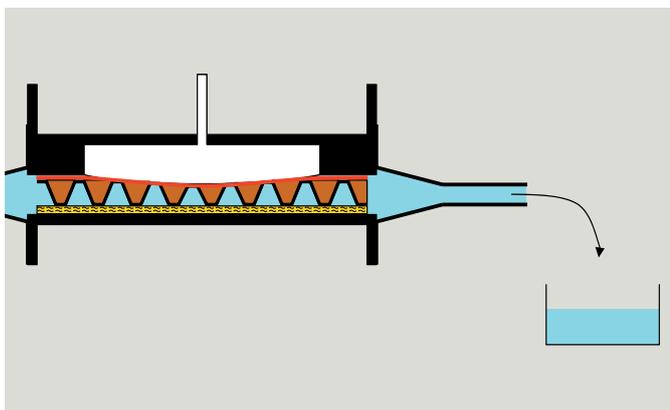
Методы испытаний в соответствии со стандартом EN 13 252

DIN 13 252 определяет свойства, которыми должен обладать геотекстиль для осуществления правильного дренажа и фильтрации.

В эти свойства входят такие параметры,

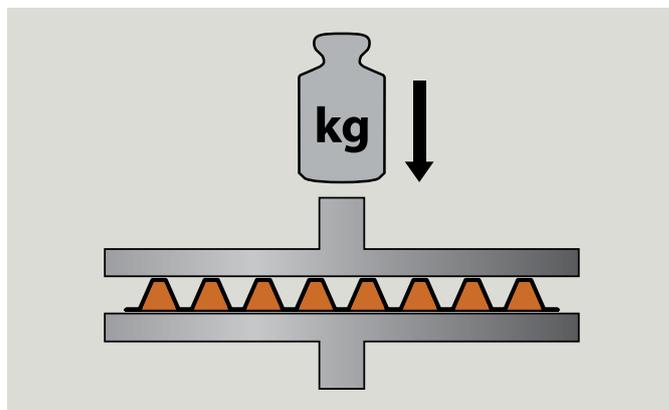
как: стойкость материала, поверхностная водопроницаемость, прочность на растяжение, сопротивление динамической перфорации и характеристики размера отверстий. Стандарт не определяет мини-

мальных требований к материалам, но описывает методы испытаний профилированных мембран действующих на всей территории Европейского Союза.



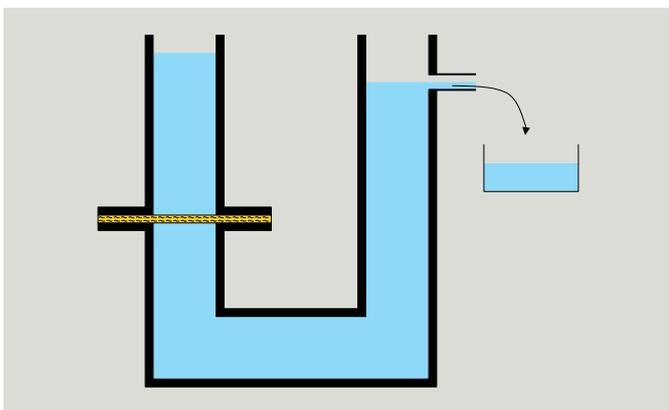
Потенциально возможный расход воды (в плоскости), EN ISO 12958.

Измерения дренажной способности через геокомпозит включают в себя испытания под воздействием различных сжимающих нагрузок и типичных гидравлических градиентов.



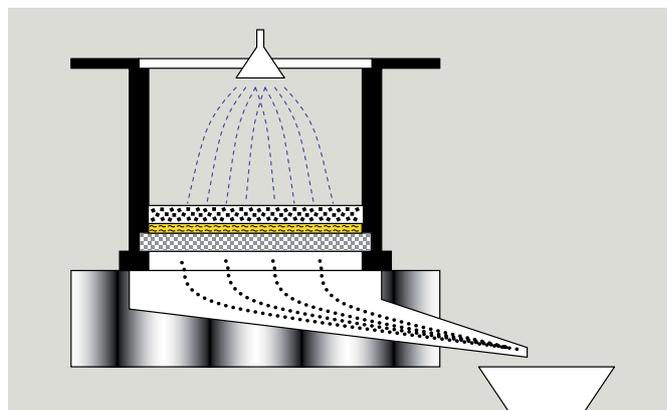
Прочность на сжатие, DIN EN ISO 604.

Испытываемый образец сжимается вдоль главной оси с постоянной скоростью до разрушения или достижения заданного размера. Нагрузка, воздействующая на образец, замеряется на протяжении всего времени испытания.



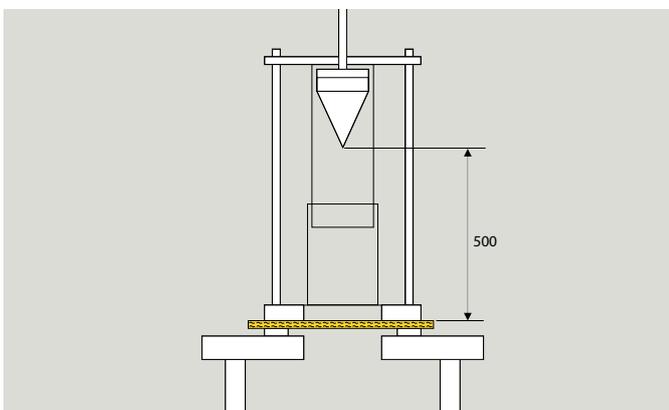
Расход воды, действующей по нормали к испытываемому образцу, EN ISO 11058 (GT).

Вода проходит по нормали через геотекстиль или не нагруженное изделие с геотекстилем. Измеряется количество воды, проникающей через испытуемый образец.



Размер отверстий O90, DIN EN ISO 12956 (GT)

Это Европейский стандарт определяет метод измерения характерного размера отверстий одного слоя геотекстиля или геокомпозита путем мокрого просеивания. Градуированный гранулированный материал (как правило, грунт) промывают водой через не растянутый (не напряженный) образец геотекстиля или геокомпозита, который действует как фильтр. После этого измеряется распределение размеров зёрен грунта. Характерный размер открытых отверстий соответствует размеру профильтрованного грунта.



Сопротивление динамической перфорации (тест падающим конусом), EN 918 (EN ISO 13433) (GT).

Образец геотекстиля зажимается между двух колец. Подобранный конус из нержавеющей стали падает в центр растянутого образца с высоты 500 мм. Степень проникновения определяется замером диаметра образовавшегося отверстия.

Испытание прочности на разрыв, EN ISO 10319 (GT)

Этот стандарт описывает метод определения прочности на разрыв полосы геотекстиля (шириной 200 мм и длиной 100 мм). Кривые напряжения и деформации записываются при постоянном увеличении нагрузки.

Гражданское строительство. Ограждение котлована.

Когда новые сооружения возводятся в центре городов, обычно не хватает места для возведения котлована классическим методом с откосами. Наибольшую сложность представляет точечная застройка между двумя соседними домами.

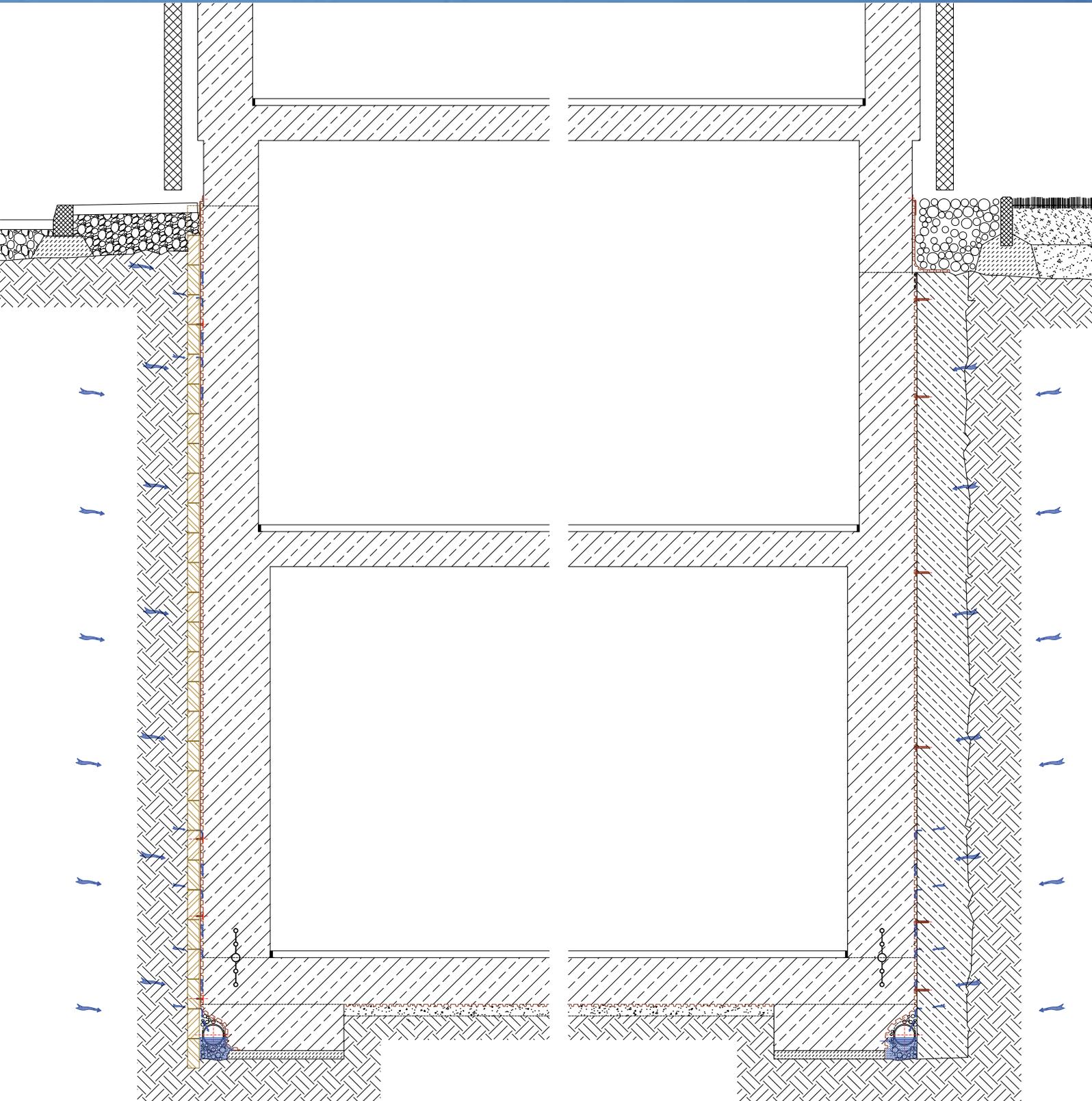
Поэтому возникает необходимость использовать технологии для удержания грунта, к примеру, «стена в грунте», чтобы максимально снизить передаваемые нагрузки на стоящие рядом сооружения. Материалы, используемые в таких видах ограждающих конструкций котлованов, должны быть лёгкими и экономичными в применении, а также по возможности водонепроницаемыми.

Какой тип ограждения при этом использовать, зависит от большого числа факторов, таких как состояние почвы, давление грунта, уровень грунтовых вод, действующие на соседние здания нагрузки, транспортные потоки и климатические условия.

Следующие критерии, влияющие на

выбор материалов - какие повреждения могут возникать в ходе их эксплуатации, и, конечно же, стоимость строительства и эксплуатации, а также управление потоками воды.

Стены в грунте могут быть временными или постоянными, а они, в свою очередь, могут быть водонепроницаемыми, частично проницаемыми (с учётом отфильтрованной воды) и полностью водопроницаемыми (вся проходящая вода остаётся не фильтрованной). В большинстве конструкций ограждений необходим хороший дренаж для отвода от стен просачивающейся под давлением воды. Такой слой будет положительно влиять на работу всей гидроизоляционной системы и предотвратит тяжёлые повреждения подземной части здания во время эксплуатации. Даже при использовании водонепроницаемого бетона необходимо максимально качественно сделать дренаж, чтобы вода не попадала в бетон во время его заливки и твердения.



Проницаемое ограждение.

Частично проницаемое ограждение.

Наборная стена/«Берлинская» стена

Один из наиболее распространенных методов возведения котлованов в плотной застройке – это метод с использованием наборного ограждения.

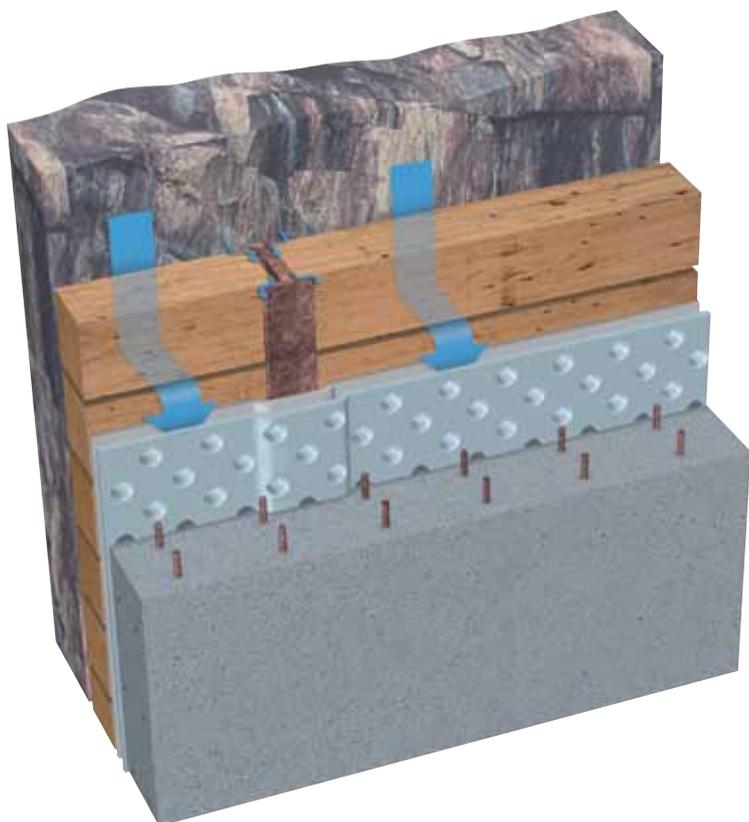
Ограждение выполняется наборными элементами (доски, брусья, брёвна или бетонные плиты), которые устанавливаются между вертикальными направляющими, забитыми в грунт с необходимым шагом. В качестве направляющих используют металлопрокат (швеллеры, двутавры) или железобетонные сваи.

Своё название «Берлинская стена» приобрела потому, что впервые была применена при строительстве Берлинского

метро в 1930-х годах. Другими разновидностями наборных ограждений являются «Эссенская» и «Гамбургская» стены. Такие конструкции подходят для большинства видов грунтов, их удобно и экономично применять при небольшой глубине котлована и легко адаптировать при наличии различных препятствий (трубы, шахты, старые фундаменты). Однако уровень грунтовых вод должен быть ниже минимальной отметки котлована.

Так как наборные ограждения не являются водонепроницаемыми, через них постоянно просачивается вода.

Особенно это касается «Берлинской» стены из деревянных брусьев, которые в последствии полностью разлагаются в земле. Вся просачивающаяся вода должна отводиться пристенным дренажным слоем, имеющим фильтрующий геотекстиль, который будет защищать линейный дренаж от кальматации (засорения) частицами грунта. Идеальной дренажной системой в данной конструкции является мембрана DELTA®-TERRAXX.

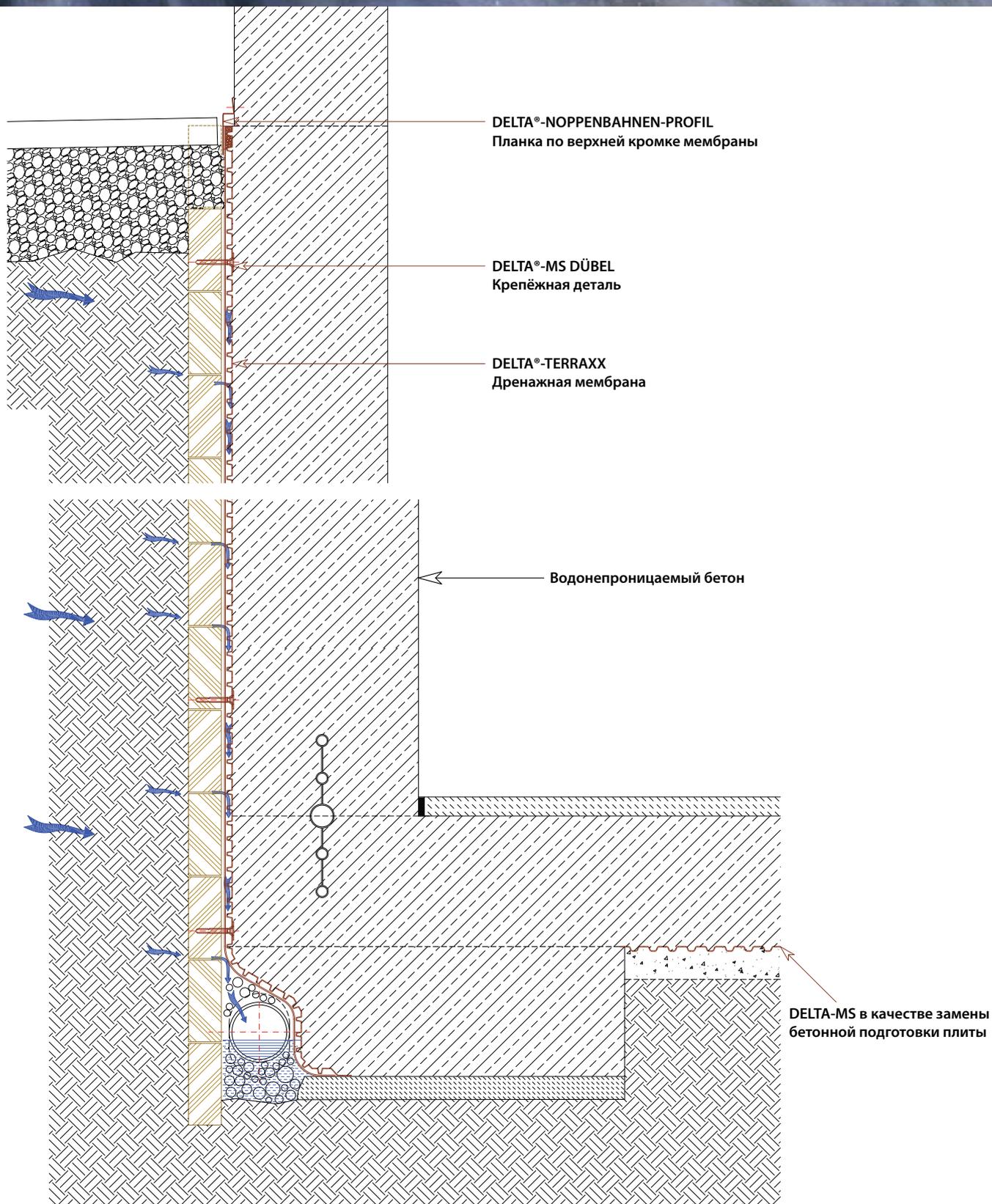


Конструкция проницаемого ограждения.



«Берлинская» стена: здание Volkswahlbund в Дортмунде.

ограждения



Разрез проницаемого ограждения.

Проницаемые ограждения

Буронабивные сваи как надежная опора

Применение буронабивных свай является основным методом возведения зданий в условиях городской застройки. Сваи в отличие от наборных элементов обладают большими прочностными характеристиками, их применяют при необходимости обеспечить высокую несущую способность фундамента, а также при наличии сложных грунтов на месте строительства. Так же к преимуществам этого метода можно отнести низкие вибрационные и шумовые нагрузки, что позволяет возводить новые здания в максимальной близости к уже эксплуатируемым строениям. Метод состоит в том, что в вертикально пробуренные вплотную друг к другу скважины опускают металлический армирующий каркас и заливают бетоном. Если сваи не пересекаются между собой, то через зону примыканий может просачиваться большое количество воды, которое необходимо собирать по всей поверхности и отводить в линейные дренажи. Именно эту функцию успешно выполняет дренажная мембрана DELTA®-TERRAXX, которая монтируется геотекстилем к «стене в грунте».



DELTA®-TERRAXX, конструкция стены в грунте.



Стена из буронабивных свай перед укладкой дренажной мембраны.

Частично проницаемые ограждения

Деревянные стены с торкретированием

Специальный вариант наборного ограждения, называемый «Эссенским», используется при малом наклоне свай в сторону грунта и закреплению ограждения грунтовыми анкерами. Сваи расположены друг от друга на расстоянии 1,5 - 2 м, а пространство между сваями (направляющими) сначала заполняется арматурой, сеткой и т.д., а затем покрывается торкрет бетоном для защиты от эрозии.

В «Берлинской стене» также иногда используется торкрет бетон для выравнивания поверхности и для придания стене фильтрационные свойства. Это позволяет не применять геотекстиль и осуществлять дренаж любой просачивающейся воды с помощью профилированных мембран DELTA®-MS и DELTA®-MS 20.

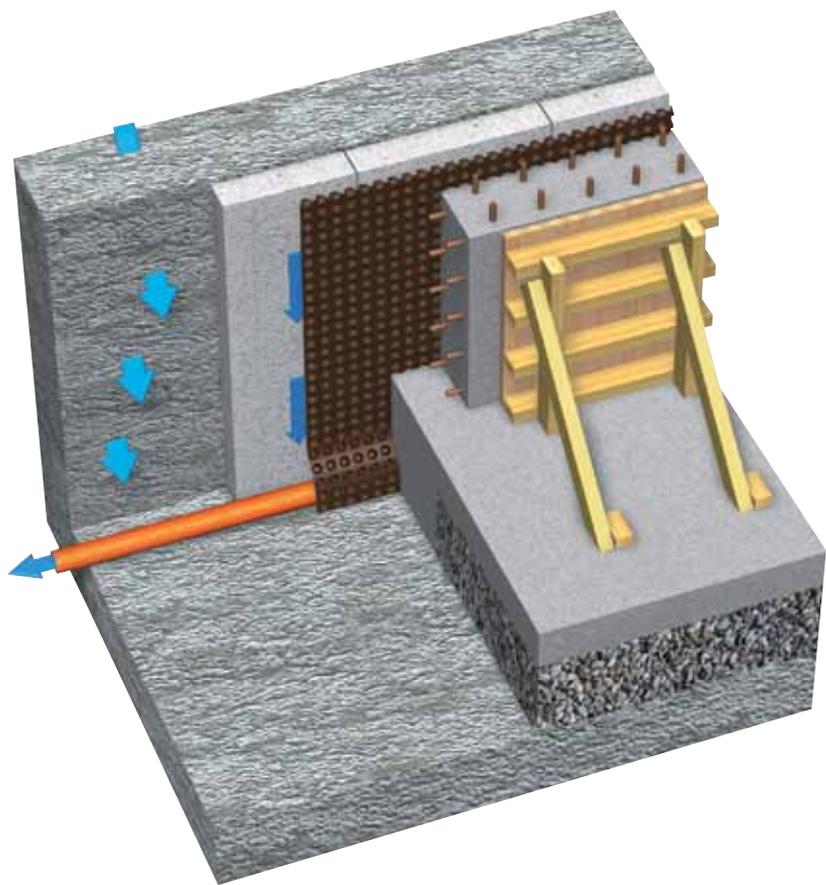


«Эссенская» стена с DELTA®-MS.

Частично проницаемые

Стена в грунте как часть здания

Еще один вид стены в грунте – «Диафрагменная» или «траншейная» стена – является частично проницаемым для воды ограждением. Принцип сооружения диафрагменной стены заключается в образовании под защитой бентонитового раствора траншеи (выработки) с вертикальными стенками и последующим заполнением траншеи армирующим каркасом и бетоном. Ширина траншеи может быть, как правило, от 0,4 до 1,2 метра и глубиной до 40 м. После заполнения выработки железобетоном стена в грунте выполняет роль ограждающей или несущей конструкции самого здания. Как в любых бетонных стенах, отливаемых на месте, в местах соединения захваток (строительных швов) могут быть протечки. Такое просачивание воды может быть надёжно отсечено профилированной мембраной DELTA®-MS или DELTA®-MS 20. Геотекстиль в такой конструкции не требуется, так как сама стена выполняет функцию фильтрационного слоя. Важно отметить, что стену необходимо очистить от остатков бентонитовой суспензии перед укладкой мембраны, так как остатки могут засорить дренажную трубу.



Диафрагменная стена в грунте с профилированной мембраной.

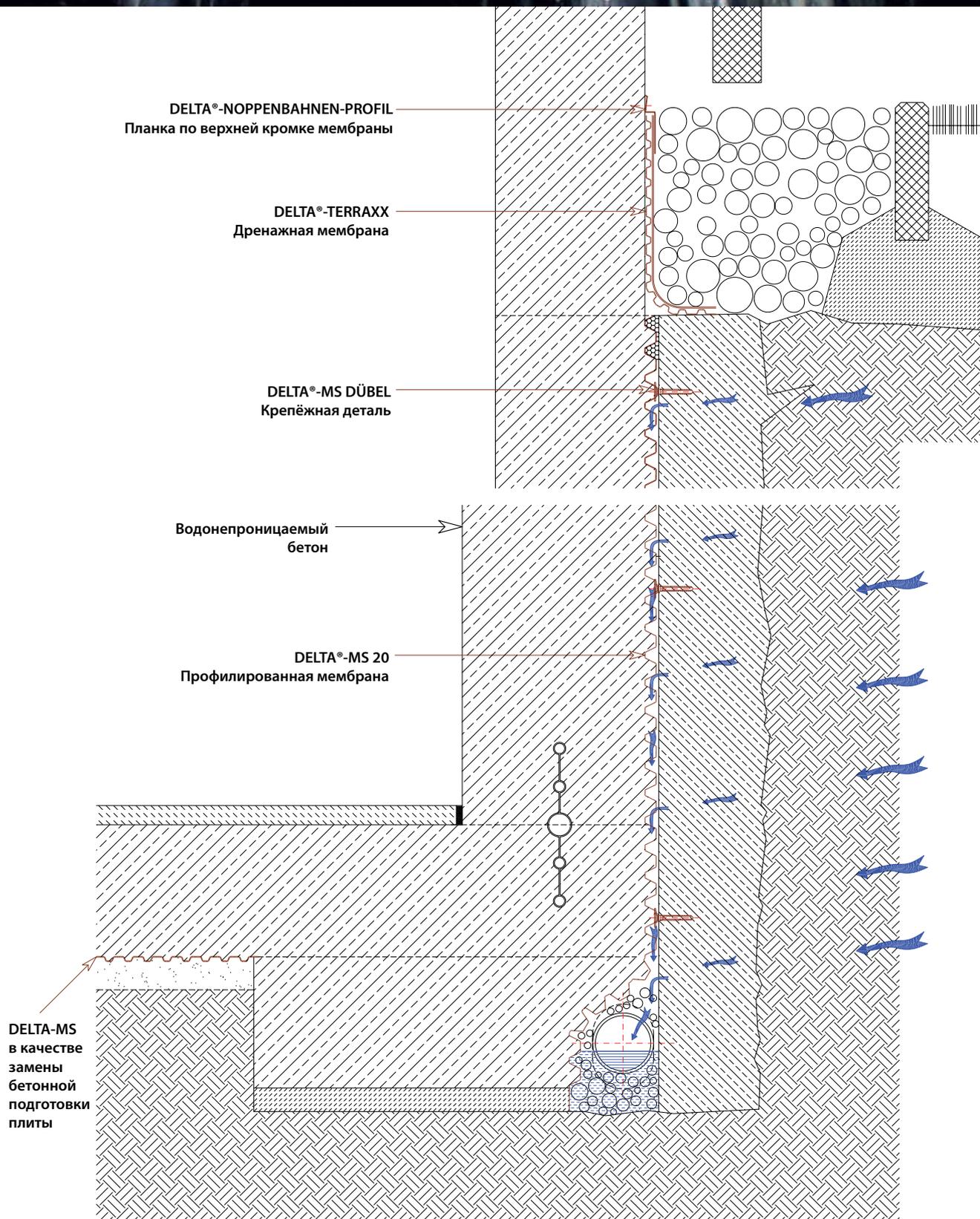


Пример: применение диафрагменной стены при строительстве станции метро в Дуйсбурге.



Пример: строительство подземного комплекса около р. Дунай.

ограждения



Поперечное сечение частично проницаемой стены в грунте.

Другие применения в гражданском строительстве

Надёжная защита подпорных стен

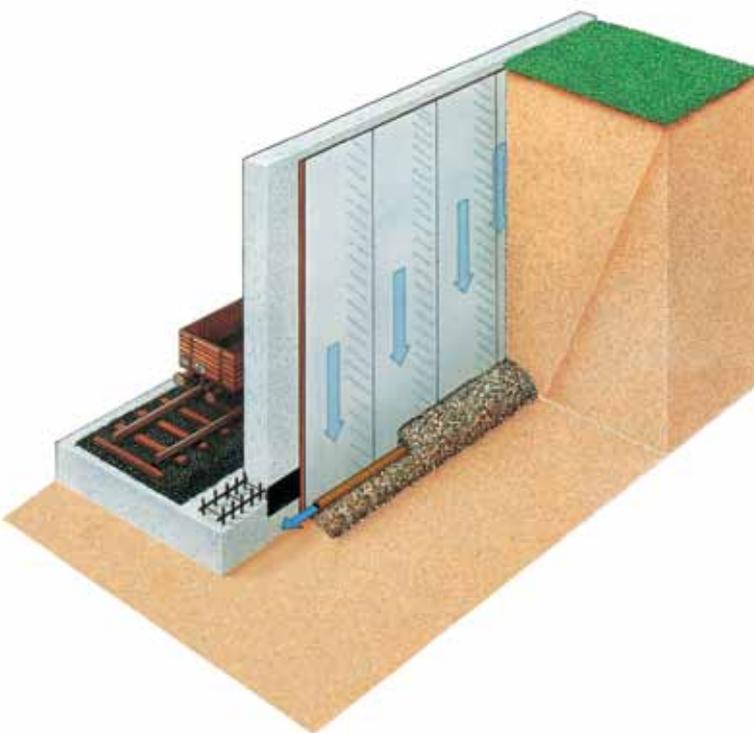
Подпорные стены возводятся в случаях, когда необходимо сохранить и безопасно удержать от сползания естественные откосы. Такие конструкции повсеместно встречаются в железнодорожных и автомобильных туннелях, эстакадах, мостах, дорогах вдоль берега рек и морей, в рамках подземных гаражей и т.д. Подпорные стены, как правило, подвергаются односторонним нагрузкам изгиба. Даже низкие подпорные стены могут потерять устойчивость под воздействием гидростатического давления воды.

Эта угроза может быть эффективно снята благодаря использованию дренажной мембраны DELTA®-TERRAXX. Геотекстиль, приваренный к выступам мембраны термическим способом, не позволит грунту засорить дренажные каналы, что обеспечит надёжную и долговечную работу дренажа и всей подпорной стенки.

Дренажные мембраны DELTA® позволяют выполнить защитный и водоотводящий слой с минимальными затратами времени и материалов. Поскольку они имеют фильтрующий слой из геотекстиля, отпадает необходимость применять в качестве обратной засыпки большое количество песка или щебня.

Вертикальный пристенный дренаж из мембран DELTA® будет быстро направлять грунтовую и просочившуюся воду к системе линейного дренажа из перфорированных труб в основании подпорной стены, по которым вода будет выведена во внешние водоприёмные лотки.

Благодаря такому комплексному решению будет устранено гидростатическое давление на стену и одновременно будет обеспечена надёжная защита гидроизоляционного материала подпорной стены от механических повреждений во время засыпки и утрамбовки грунта.



Принципиальная конструкция подпорной стены.



DELTA®-TERRAXX обеспечивает стабильность подпорной стены.

анском строительстве

Сохранение опор моста

Функция опор состоит в передаче всех нагрузок, действующих на мост, в грунт. К таким нагрузкам относятся: вибрационные нагрузки от движущегося транспорта, ветровые нагрузки. Мост состоит из основания, опорных стен, покрытия и шарнира, воспринимающего нагрузки кручения, возникающие в результате дорожно-транспортного, температурного и сейсмического воздействия, усадки и ползучести. Безусловно, воздействие дополнительной нагрузки от воды на столь ответ-

ственную конструкцию не допустимо, поэтому необходимо осуществить дренаж мостовых опор. В Германии действует стандарт, разработанный Федеральным дорожным научно-исследовательским институтом, который предписывает обязательное устройство дренажа.

Для таких целей давно и успешно применяются дренажные мембраны DELTA®-TERRAXX и DELTA®-NP DRAIN, которые не позволяют воде оказывать негативное влияние на конструкцию и обеспечивают

долгий срок службы мостов. Эти мембраны отличаются прочностью на сжатие и дренажной способностью, но изготовлены из высококачественного первичного полиэтилена, что гарантирует длительную работу в системе гидроизоляции опор мостов.

Если требуется обеспечить только механическую защиту гидроизоляционного слоя, то достаточно использовать профилированную мембрану DELTA®-MS, которая успешно применяется по всему миру с 1979 года.



Опоры моста: надёжная защита от воздействия воды.

Решение

Проницаемые ограждения и грунты

Подпорные стены, опоры мостов, стены в грунте и особенно наборные ограждения котлованов (Берлинские стены) должны иметь хороший дренажный слой в соответствии с требованиями DIN 4095, касающихся поверхностей, граничащих с почвой.

Это означает, что должен быть фильтрующий слой, защищающий дренаж от засорения, и дренажный слой, через который уходила бы просачивающаяся вода без частичек грунта.

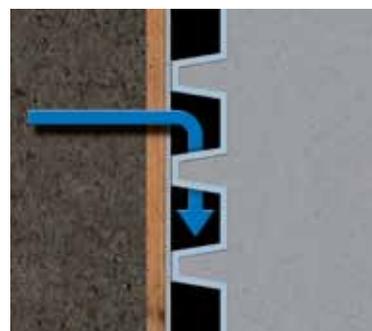
Оптимальным решением является дренажная мембрана DELTA®-TERRAXX, которая выполняет сразу две функции - удержи-

вает частички грунта и беспрепятственно отводит очищенную воду.

Самоклеющийся край не позволяет цементному шламу проникать с внутренней стороны и засорять дренажный канал во время заливки бетонной стены. Диагональная структура выступов позволяет монтировать DELTA®-TERRAXX на сложных поверхностях, благодаря своей пластичности мембрана может максимально близко принять форму таких поверхностей, как свайные стены.

Так же можно использовать аналоги DELTA®-TERRAXX - мембрана DELTA®-GEO-Drain TP 800 используется при макси-

мальных нагрузках, а DELTA®-NP Drain является экономичным решением. Все эти мембраны произведены из первичного сырья в соответствии с требованиями Европейского союза.



Характеристики	DELTA®-GEO-Drain TP 800	DELTA®-TERRAXX	DELTA®-NP Drain
Материал мембраны	HDPE, коричн.	HDPE, серый	HDPE, коричн.
Материал геотекстиля	Полипропилен	Полипропилен	Полипропилен
Высота профиля	9 мм	9 мм	8 мм
Прочность на сжатие (временные нагрузки)	650 кН/м ²	400 кН/м ²	150 кН/м ²
Прочность на сжатие (постоянные нагрузки)	200 кН/м ²	90 кН/м ²	70 кН/м ²
Разрывная нагрузка	6,0 кН/м	6,0 кН/м	6,0 кН/м
Размер отверстий O90	150 мкм	150 мкм	110 мкм
Сопrotивление динамической перфорации	40 мм	40 мм	40 мм
Макс. глубина установки	20 м	10 м	7 м
Дренажная способность л/с*м при градиенте i=1			
Без нагрузки	3,5	3,5	2,25
Под нагрузкой 20 кН/м ²	3,2	3,1	2,06

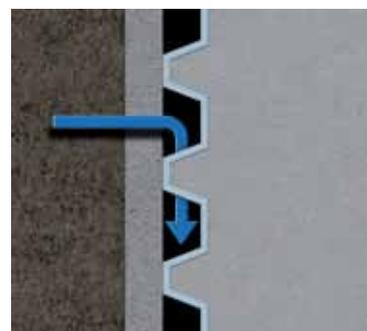


Частично проницаемые ограждения

В диафрагменных стенах в грунте или ограждениях из торкретбетона функцию дренажного слоя будут отлично выполнять профилированные мембраны DELTA®-MS или DELTA®-MS 20, не имеющие фильтрующий слой из геотекстиля. Рулоны DELTA®-MS и DELTA®-MS 20 можно устанавливать в качестве постоянной опалубки либо горизонтально, либо вертикально – между частично проницаемой ограждающей стеной и несущей стеной сооружения, которая заливается из водонепроницаемого бетона. В этом случае торкретбетон работает в качестве фильтрующего слоя, предохраняя дренажные

каналы от заиливания частицами грунта и постепенного вымывания грунта. Этот метод позволяет уже на этапе строительства отводить или изменять направление поступающих вод, чтобы не препятствовать процессу твердения водонепроницаемого бетона. В готовых сооружениях просачивающаяся вода отводится от подземной части сооружения, не создавая при этом нагрузки, или уровень грунтовых вод вокруг здания приводится к одному уровню, чем достигается равномерное распределение гидростатической нагрузки на гидроизоляцию и стены.

Выбор марки мембраны зависит от прогнозируемого водопритока: дренажная способность DELTA®-MS 20 в четыре раза выше, чем у DELTA®-MS.



Характеристики	DELTA®-MS 20	DELTA®-MS
Материал мембраны	HDPE, коричн.	HDPE, коричн.
Высота профиля	20 мм	8 мм
Прочность на сжатие (временные нагрузки)	9 мм 200 кН/м ²	9 мм 250 кН/м ²
Прочность на сжатие (постоянные нагрузки)	70 кН/м ²	90 кН/м ²
Дренажная способность л/с*м при градиенте i=1		
Без нагрузки	10,0	2,25
Под нагрузкой 20 кН/м ²	8,40	2,06

Характеристики

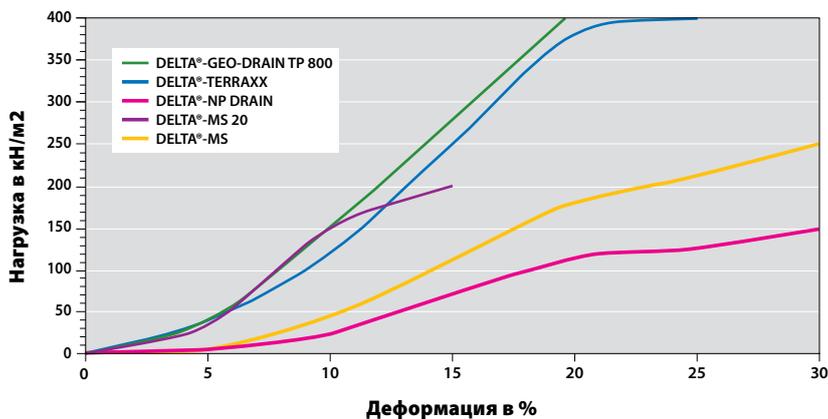
Прочность на сжатие при кратковременных нагрузках

Как и во всех современных системах дренажа, способность пропускать воду напрямую зависит от компрессионных нагрузок. Нагрузки сжатия действуют на любой дренажный материал в большей или меньшей степени. На объекте профилированные мембраны подвергаются как кратковременным нагрузкам, вызванным, например, свежее залитым бетоном, так и постоянным нагрузкам (давление грунта).

Пример:

При нагрузке в 250 кН/м² (соответствует давлению 25 т/м²), мембрана DELTA®-TERRAXX будет сжата на 15%.

Прочность на сжатие, кратковременная нагрузка



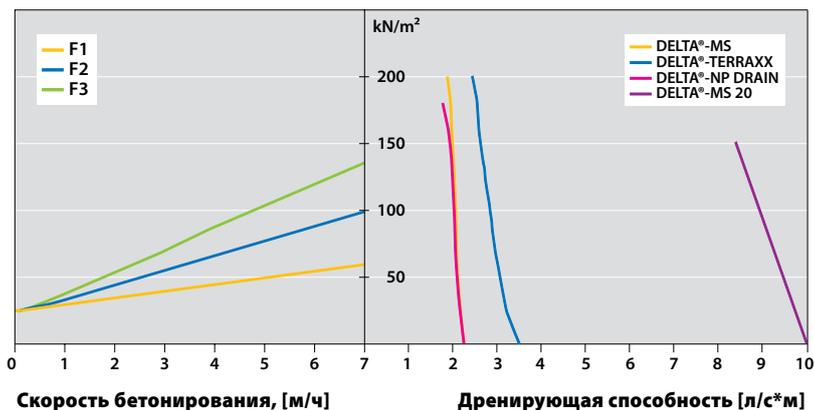
Прижимная опалубка / Профилированная мембрана, как несъемная опалубка

Профилированные мембраны часто используют как несъемную опалубку, это значит, что бетон заливают непосредственно в них. Воздействие, оказываемое свежее залитым бетоном, во многом зависит от его консистенции и от скорости, с которой бетон поднимается во время заливки. Давление свежее залитого бетона исчезает, как только материал застывает.

Пример:

Бетон класса прочности F2, залитый со скоростью 5 м/ч, будет оказывать давление на опалубку, равное 60 кН/м². При этих условиях дренажная способность мембраны DELTA®-MS 20 составит примерно 9,4 л/с*м.

Давление от опалубки (t=5 час)



мембран DELTA®

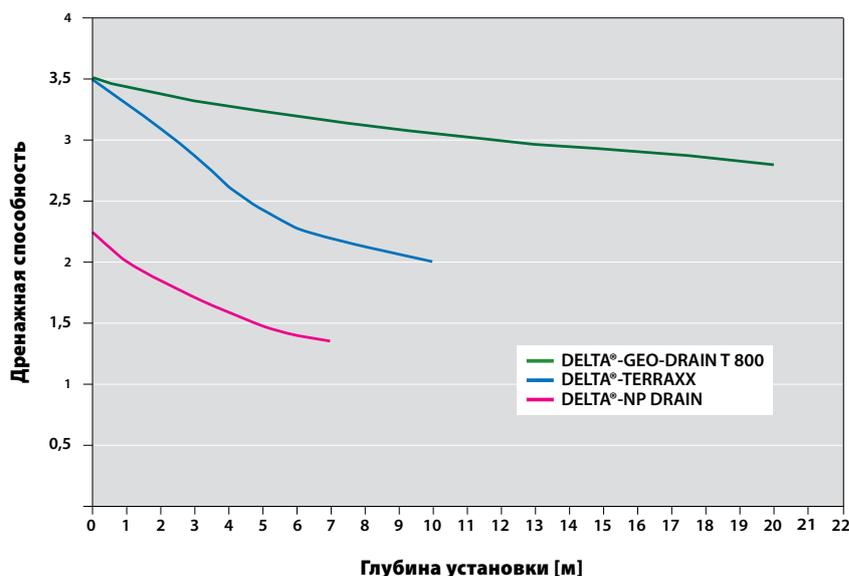
Прочность на сжатие при постоянной нагрузке

Постоянные нагрузки и глубина заложения

К постоянным нагрузкам относятся нагрузки от грунта. Давление грунта на мембрану возрастает прямо пропорционально глубине её установки. В таблице приведены значения дренажной способности мембран под постоянной нагрузкой, полученные в результате долговременных испытаний и экстраполированные на 50 лет эксплуатации.

Пример:

При монтаже DELTA®-TERRAXX на глубине трёх метров её дренажная способность составит 2,8 л/с*м. Такая же пропускная способность будет у DELTA®-GEO-Drain TP 800 при глубине установки 20 м.

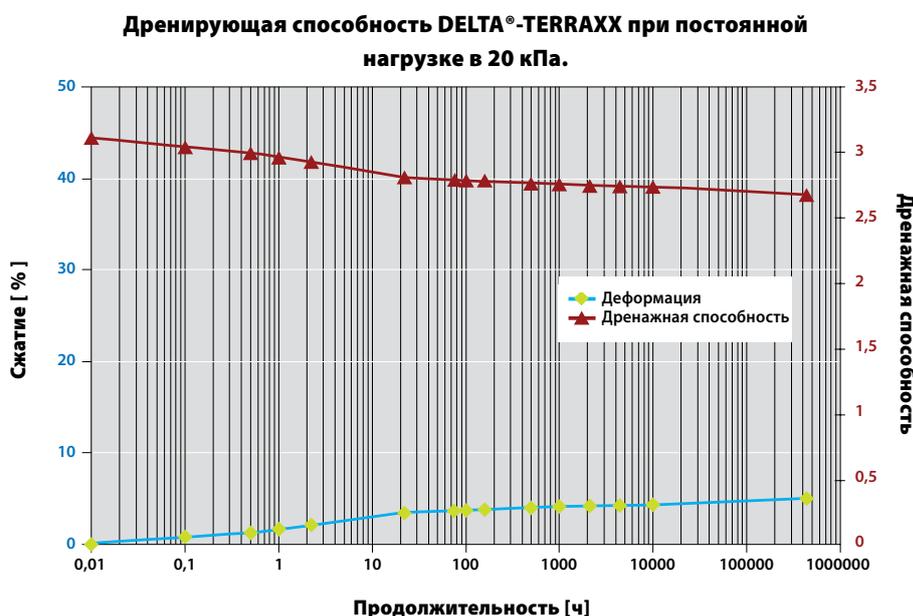


Пропускная способность под постоянными нагрузками

Исследования, проведенные независимым институтом, показали, каким образом изменяется дренажная способность DELTA®-TERRAXX при воздействии постоянной нагрузки. Испытания проводились 1 год, после чего результаты экстраполировались на 50 лет (1 000 000 часов).

Результат:

DELTA®-TERRAXX обеспечивает максимальную безопасность. Коричневая и синяя кривая показывают соответственно дренажную способность и деформацию в зависимости от времени нахождения под постоянной нагрузкой.





Туннельное строительство

При строительстве туннелей использовались тысячелетние технологии из горнодобывающей отрасли, когда в галереях устанавливалось огромное количество подпорных и опалубочных элементов.

Кроме этого, применялся метод сооружения арочного свода туннеля.

Любой проект строительства туннеля должен содержать в себе наиболее точную информацию о геологии: мощность пород, конфигурацию, слои залегания пород, давление пород, водный режим скальных пород, анализ механики грунтов.

Конструктивное сечение описывает границы и мощность несущих элементов, слои гидроизоляции, дренажа и систему вентиляции. Как правило, туннель состоит из двух оболочек, расположенных одна в другой. В зависимости от состояния пород, водной ситуации и конфигурации внешней оболочки свод туннеля, как и его подошва, могут подвергаться воздействию просачивающейся воды.

В слабых и водонасыщенных грунтах дренаж имеет первостепенное значение как

при строительстве, так и в период эксплуатации. Будет ли туннель оставаться надежным в долгосрочной перспективе, в решающей степени зависит от того, насколько надежно защищена его внутренняя оболочка и основание от проникающей воды и повреждения из-за промерзания. Химически агрессивная вода, проникающая из породы, может разрушить бетон и находящуюся в нем стальную арматуру.

Вода, которая просочилась через поверхность или трещины во внешней оболочке, должна быть беспрепятственно перехвачена и отведена по дренажной системе до попадания во внутреннюю оболочку. Особенно это важно при использовании экономичных систем гидроизоляции, которые не могут надежно защитить конструкцию без эффективной системы водоотвода – дренажа.

В случае, когда туннель расположен выше уровня грунтовых вод, а сама вода не содержит агрессивных веществ, то достаточно просачивающуюся воду отвести от боковых стен к основанию. В этом

случае нет необходимости устанавливать гидроизоляционный и дренажный слой в основании туннеля. Именно поэтому такая схема называется зонтичной.

Если свод расположен в водонасыщенной породе или ниже уровня грунтовых вод, необходимо использовать гидроизоляционную и дренажную системы, которые позволят защитить туннель от проникновения воды с любой стороны. При такой схеме, как правило, гидроизоляция укладывается в два слоя.

Дренажные и защитные мембраны часто разрабатываются для конкретного туннеля. К примеру, DELTA®-MS и DELTA®-MS 20 являются стандартными материалами для применения в туннелях, а мембраны экстремально высокой прочности DELTA®-AT 800 и DELTA®-AT 1200 были специально разработаны для строительства Gotthard Base tunnel.

Если в строительстве туннеля применяется водонепроницаемый бетон, настоятельно рекомендуется использовать дренажные мембраны, чтобы не допустить попадания воды в бетон даже на этапе строительства. Профилированная мембрана при монтаже будет обязательно перфорирована в местах крепления, но отверстия не являются недостатком, поскольку функция такой мембраны заключается в перехвате и отводе воды. Герметичность же обеспечивает гидротехнический бетон или дополнительный гидроизоляционный слой из рулонной мембраны.



Подземное туннельное

Водонепроницаемая конструкция с тьюбингами

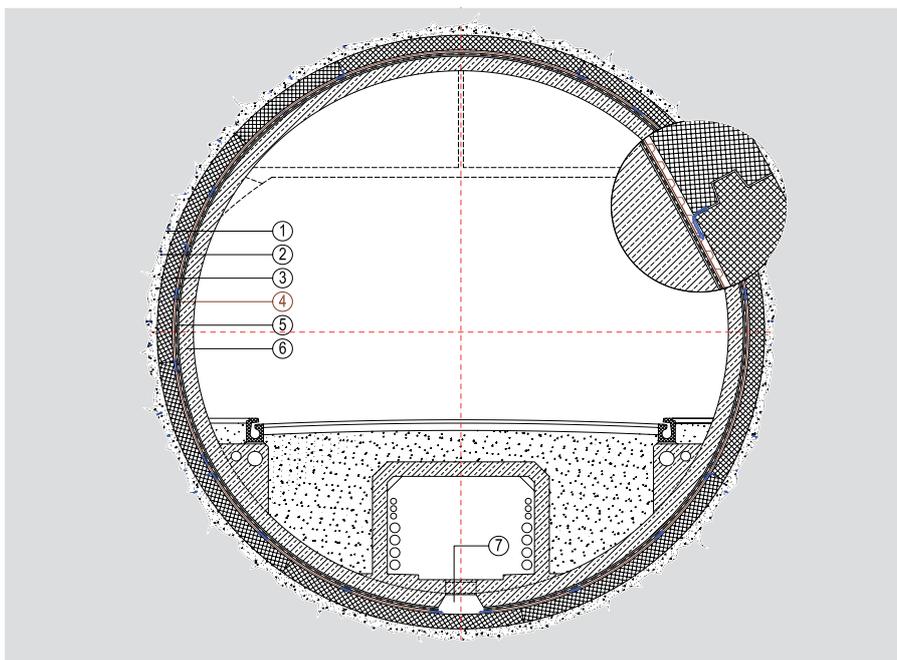
Одним из способов закрытого строительства туннеля является применение туннелепроходческого щита (ТВМ – Tunnel Boring Machine). Туннель такого типа получается только круглого сечения. Благодаря выработке грунта на всё поперечное сечение туннеля ускоряется процесс строительства в отличие от поэтапной проходки, и скальные породы предохраняются от дополнительных повреждений, как происходит, например, при использовании буровзрывных работ. Тем не менее, проходческий метод строительства является достаточно трудоёмким, и его не всегда можно применить из-за состояния грунтов.

Тьюбинги

Тьюбинги представляют собой сегменты сборного крепления подземных сооружений (шахтных стволов, туннелей) и выполняют функцию элементов жёсткости. Как правило, полное кольцо туннеля состоит из семи таких тьюбингов. Тьюбинги изготавливают из железобетона или металла (чугуна, стали) и монтируют сразу за туннелепроходческой машиной, скрепляя их шпильками.

Швы между тьюбингами уплотняют гидроизоляционными лентами/профилями, изготовленными из неопрена и других полимерных материалов. В России для чугунных тьюбингов используют в качестве чеканного

материала свинцовую проволоку эллиптического сечения. Чеканку швов железобетонной обделки производят расширяющимся цементом. Несмотря на выполняемую герметизацию швов, как правило, на практике не получается обеспечить их полную водонепроницаемость. Обычно вода просачивается через места соединения сегментов или через трещины, которые могут появляться на краях тьюбингов после их монтажа. Поэтому рекомендуется применять дренажные мембраны по всей поверхности или в местах, где их применение необходимо.



Поперечное сечение туннеля из тьюбингов: 1 – теоретическая проходка, 2 – торкретирование (выравнивание), 3 – тьюбинги, 4 – дренажная мембрана, 5 – гидроизоляция, 6 – внутренняя оболочка, 7 – линейный дренаж.



Комплект из 7 тьюбингов, образующих одно кольцо.



Протечки тьюбингов без применения дренажной мембраны.

строительство

Пример строительства

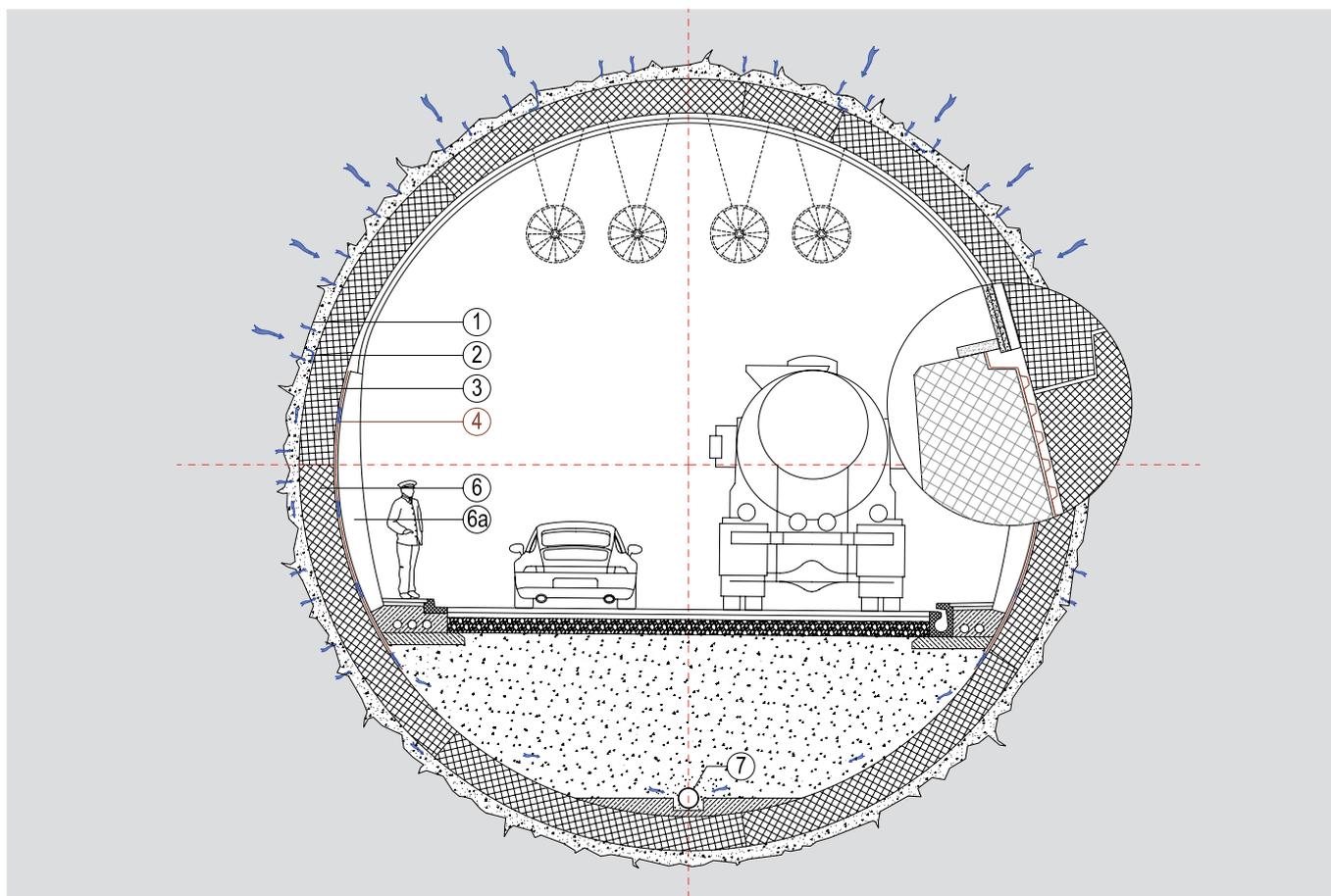
Туннель под рекой Weser был завершен в 2004 году. Он связывает города Bremerhaven и Nordenham и имеет протяженность 1,6 км. Обе трубы туннеля были построены из тюбингов с применением проходческого щита. Для дополнительной безопасности в Weser были погружены 100 000 тонн породы, чтобы укрепить слой почвы между

туннелем и рекой. Самая низкая отметка туннеля составляет 40 м ниже уровня моря и 20 м ниже реки Weser.

Для защиты тюбингов боковые стены были усилены бетонными элементами, предотвращающими повреждение тюбингов в случае столкновения автомобилей. Между конструктивной защитой и тюбингами была использована

мембрана DELTA®-MS, выполнявшая функцию дренажа и несъемной опалубки. При этом свод туннеля был отделан строительными панелями без дренажного слоя.

По такому же принципу построен новый туннель U4 Elbe tunnel в Гамбурге.



Поперечное сечение туннеля из тюбингов: 1 – теоретическая проходка, 2 – торкретирование (выравнивание), 3, 6 – тюбинги, 4 – дренажная мембрана, 5 – внутренняя отделка, 6а – защитная конструкция из бетона, 7 – линейный дренаж.

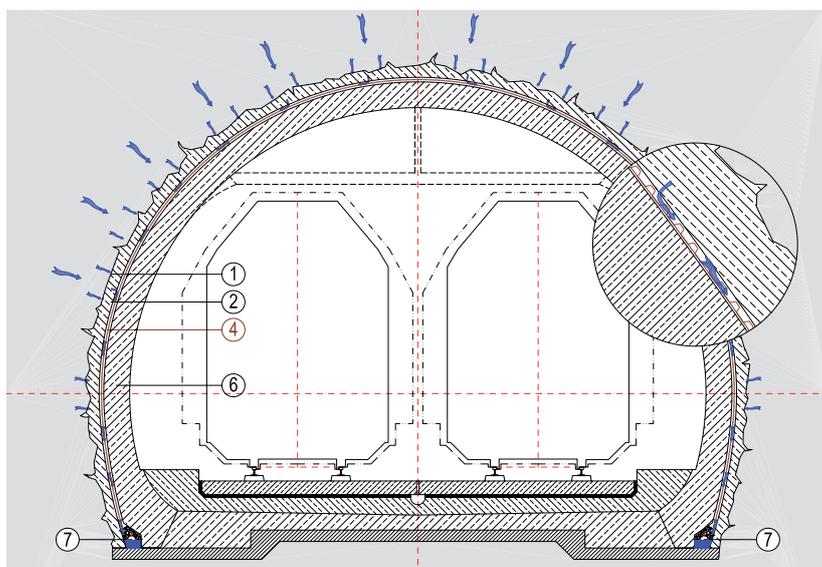
Подземное туннельное

Торкретирование – метод строительства в горах

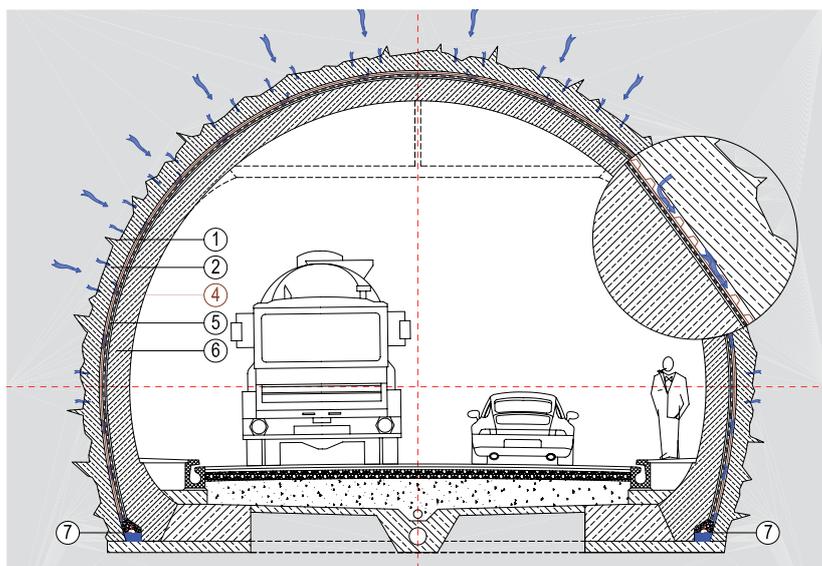
Разработка горной породы ведется или традиционным способом – взрывным, или проходческим щитом. Разработанные щитом грунты передаются по транспортерам погрузчикам для дальнейшей транспортировки наружу.

Своды современных туннелей для обеспечения безопасности укрепляют стальными анкерами, поддерживают стальными арками, после чего крепят стальную армирующую сетку и наносят слой торкретбетона необходимой толщины. Такой метод формирования свода туннелей, называемый торкретированием, обеспечивает высокую однородность свода и отсутствие пустот и полостей в несущей конструкции. Выбор круглого или овального сечения позволяет максимально снизить горное давление на свод туннеля, передавая его на стены, а также избежать концентрации локальных напряжений.

Одной из главных предпосылок долговечности и надёжности туннеля является защита его конструкции от воздействия агрессивных вод, которые поступают из трещин горных пород. Именно поэтому необходимо осуществить качественный дренаж и использовать для этого материалы, способные отводить воды на протяжении всего срока эксплуатации туннеля. Известный в туннельном строительстве термин «спекание» означает формирование кристаллических отложений карбоната кальция CaCO_3 в сочетании с оксидами металлов. Всякий раз, когда это вещество не будет оставаться в растворе из-за испарения воды, перемены температур и давления, оно будет оседать в дренажном слое. Это условие необходимо учитывать при проектировании и изготовлении дренажа. Профилированные мембраны DELTA® могут быть отличным решением для данного случая. Их дренажная способность составляет от 2,25 л/с*м до 10 л/с*м, что дает возможность управлять водными потоками с высокой надёжностью.



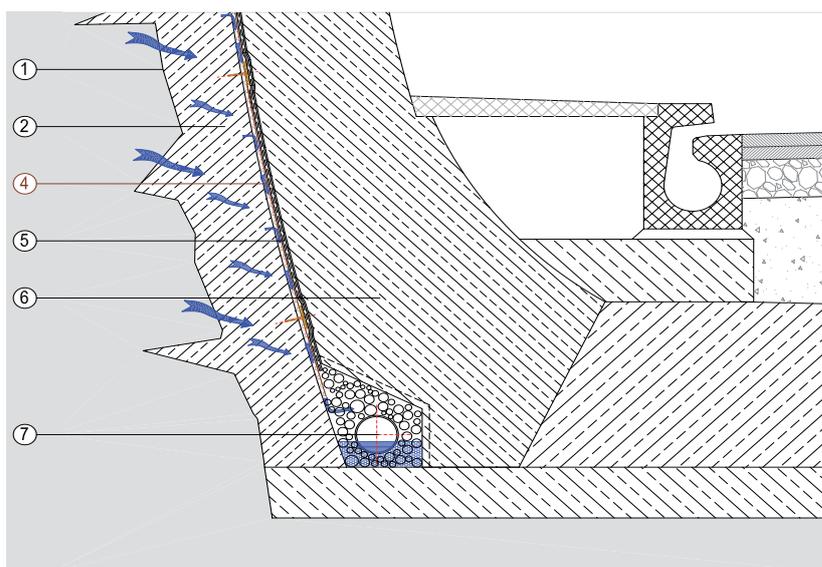
Пример 1. Железнодорожный туннель, профилированная мембрана DELTA® выступает в качестве несъемной опалубки и защищает гидрофобный бетон на стадии твердения от попадания воды. 1 – теоретическая проходка, 2 – внешняя оболочка, 4 – мембрана DELTA®, 6 – внутренняя оболочка, гидрофобный бетон, 7 – линейный дренаж.



Пример 2. Автомобильный туннель с гидроизоляционной мембраной, защиту которой и дренаж выполняет профилированная мембрана DELTA®. 1 – теоретическая проходка, 2 – внешняя оболочка, 4 – мембрана DELTA®, 5 – гидроизоляционный слой, 6 – внутренняя оболочка, 7 – линейный дренаж

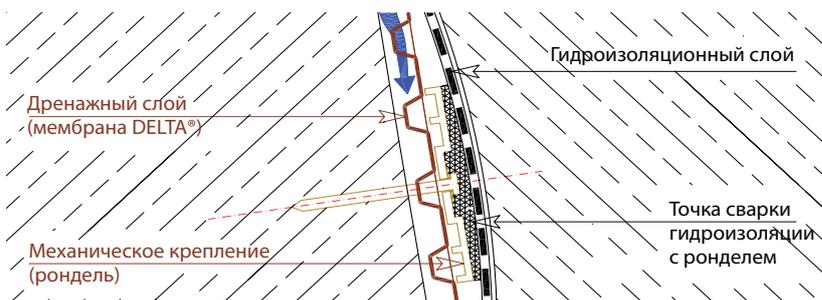
строительство

Профилированная мембрана DELTA® устанавливается выступами к поверхности свода, обработанной торкретбетоном, и выполняет функцию дренажного слоя, беспрепятственно отводящего воду. Тип мембраны выбирается в зависимости от прогнозируемого водопоступления.



Основные детали: 1 – теоретическая проходка, 2 – внешняя оболочка, 4 – профилированная мембрана, 5 – гидроизоляционный слой, 6 – внутренняя оболочка, 7 – линейный дренаж.

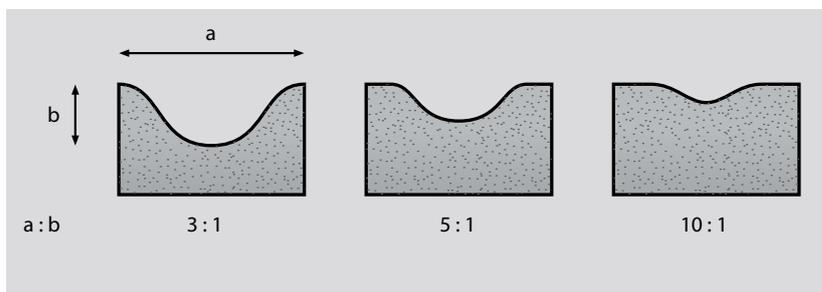
Рулонная гидроизоляция устанавливается непосредственно на профилированную мембрану DELTA® и приваривается к ронделям, которыми крепится профилированная мембрана к породе (см. узел крепления). При этом гидроизоляционный слой с самого начала не подвергается гидростатическому воздействию и работает в благоприятных условиях.



Узел крепления.

Требования к поверхности после торкретирования

Основание должно быть таким, чтобы профилированная мембрана или гидроизоляция не подвергались чрезмерным сосредоточенным нагрузкам. Все острые края должны быть удалены, а выбоины и впадины должны быть диаметром не более 20 см и иметь соотношение диаметра с глубиной не более чем 10:1.



Требования к основанию.

Профилированные мембраны в горных туннелях

Профилированные мембраны DELTA®-MS 20 и DELTA®-MS являются стандартным решением для организации дренажа в конструкциях туннелей. Две другие мембраны, DELTA®-AT 800 и DELTA®-AT 1200, специально разработаны для дренажных систем, работающих под большими нагрузками, и применяются, например, при строительстве Gotthard base tunnel.

DELTA®-AT 800 и DELTA®-AT 1200

Благодаря высокой дренажной способности 3,5 л/с*м при $i=1$, а также высокой прочности на сжатие, эти мембраны идеально подходят для устройства дренажа в условиях больших

нагрузок. Они рассчитаны на срок службы 100 лет, что характеризует их крайне высокую химическую стойкость при повышенных температурных нагрузках от подземных вод (см. стр. 32-33).

Дренажная способность мембран 3 л/с*м сохраняется даже при постоянных высоких нагрузках 20 т/м².

DELTA®-MS 20

Мембрана DELTA®-MS 20, имеющая особенно высокий профиль, дает возможность дренировать до 10 л/с*м при $i=1$, что в несколько раз превышает дренажную способность мембран стандартного профиля (8 мм). DELTA®-MS 20 благодаря воздушному зазору 20 мм

обеспечивает отличный дренаж даже в условиях его частичной кольматации, что позволяет сохранить высокую надёжность туннеля на протяжении всего срока эксплуатации.

DELTA®-MS

Стандартная профилированная мембрана DELTA®-MS тоже используется в туннельном строительстве при условии малого притока воды, ее 8-мм воздушный зазор обеспечивает дренажную способность до 2,25 л/с*м при градиенте $i=1$.



Характеристики	DELTA®-AT 1200	DELTA®-AT 800	DELTA®-MS 20	DELTA®-MS
Материал	HDPE, коричн.	HDPE, коричн.	HDPE, коричн.	HDPE, коричн.
Высота профиля	9 мм	9 мм	20 мм	8 мм
Прочность на сжатие (временные нагрузки)	950 кН/м ²	650 кН/м ²	200 кН/м ²	250 кН/м ²
Прочность на сжатие (постоянные нагрузки)	>200 кН/м ²	>200 кН/м ²	70 кН/м ²	90 кН/м ²

Дренажная способность л/с*м при градиенте $i=1$				
Без нагрузки	3,5	3,5	10,0	2,25
Под нагрузкой 20 кН/м ²	3,5	3,5	8,40	2,06
Под нагрузкой 200 кН/м ²	3,2	3,1	--	--

Gotthard

base tunnel



Пример крупного проекта Gotthard base tunnel

Новая железнодорожная линия, пролегающая через Альпы (NEAT), является одним из самых грандиозных и зрелищных проектов в области туннелестроения. Длина самого длинного в мире туннеля составит 57 км. Он соединит город Erstfeld в швейцарском кантоне Uri с городом Vodio, кантон Ticino. Туннель состоит из 2 проходок, проложенных в скалах на расстоянии 40 м друг от друга, и имеет 2 аварийных выхода (Sedrun и Faido), которые позволят пассажирам покинуть туннель в случае необходимости.

На данный момент это самая длинная строительная площадка, на которой работают 4 туннелепроходческие машины по 440 метров в длину (с учетом прицепов) и 9,58 м в диаметре. За один день щиты продвигались на 20-25 метров. В тех местах, где нельзя было применять

проходческие машины, приходилось использовать взрывной метод, который позволял двигаться со скоростью от 6 до 10 м в день. Готтардский туннель построен методом торкретирования, который позволил создать конструкцию без полостей и пустот между горной породой и телом туннеля. Толщина внутренней оболочки туннеля составляет 30 см. Туннель, вероятно, будет завершен в декабре 2017 года.

К проекту предъявляются самые строгие требования и стандарты в вопросах безопасности. Это касается всех применяемых на объекте материалов, включая гидроизоляцию и профилированные мембраны. Когда было разработано и принято системное решение, Döerker начал работу с производителем гидроизоляционной

мембраны. Совместное решение было сертифицировано и утверждено в качестве гидроизоляционной системы для туннеля Gotthard по стандарту AlpTransit Gotthard AG.

Мембраны, применяемые в Gotthard tunnel, должны иметь срок эксплуатации не менее 100 лет в неблагоприятных условиях. Вода, просачивающаяся с поверхности или поступающая из трещин, местами имеет большое содержание щелочи и температуру до +45 °C из-за геотермальных эффектов.

Именно поэтому для проекта Gotthard мы разработали профилированные мембраны DELTA® с максимально высокой химической и термической стойкостью.



Вид туннеля с мембраной DELTA®-AT 1200.



Дренажная мембрана на торкретбетоне.



Изначально мембрана крепится только в зоне нахлёста.

строительство

DELTA®-AT 1200 является чрезвычайно надёжной и стабильной мембраной, имеющей вес 1200 г/м² и экстремально высокую прочность на сжатие 950 кН/м².

В течение всего периода разработки, улучшения и согласования профилированные мембраны DELTA® подвергались строгому процессу сертификации и экспертизы. Были проведены тесты на ускоренное старение, в ходе которого в течении 24 месяцев образцы погружали в горячую воду 70 °С, в 0,5% раствор серной кислоты при температуре 50 °С, в обогащенную кислородом воду при 70 °С, и после таких испытаний образцы были протестированы снова.

Производство профилированных мембран для этого проекта так же подвергается жесткому контролю. Регулярно с производственной линии отбираются образцы и проходят испытания на соответствие требованиям качества в ходе ОИТ-теста (период индукции окисления). Кроме этого, мембраны постоянно проверяются аккредитованной швейцарской лабораторией в соответствии с требованиями Строительного надзора Швейцарии. Только сертифицированная продукция может быть использована при строительстве Gotthard base tunnel.

Начиная с 2009 года, началось использование другой профилированной

мембраны DELTA®-AT 800, специально разработанной для участков с меньшими нагрузками. DELTA®-AT 800 производится в соответствии с теми же жёсткими требованиями по долговечности, обладает плотностью 800 г/м² и прочностью на сжатие 650 кН/м². Таким образом, ее производительность и эксплуатационные характеристики остаются выше, чем у стандартных мембран, применяемых в гражданском строительстве.

На данный момент более 500 000 м² DELTA®-AT 1200 и 350 000 м² DELTA®-AT 800 были использованы при строительстве Gotthard base tunnel.



Дополнительное крепление ронделей, на которые потом будет приварена гидроизоляционная мембрана.



Крепление ПВХ-ронделей.



Монтаж гидроизоляционной мембраны.

Пример крупного проекта Gotthard base tunnel



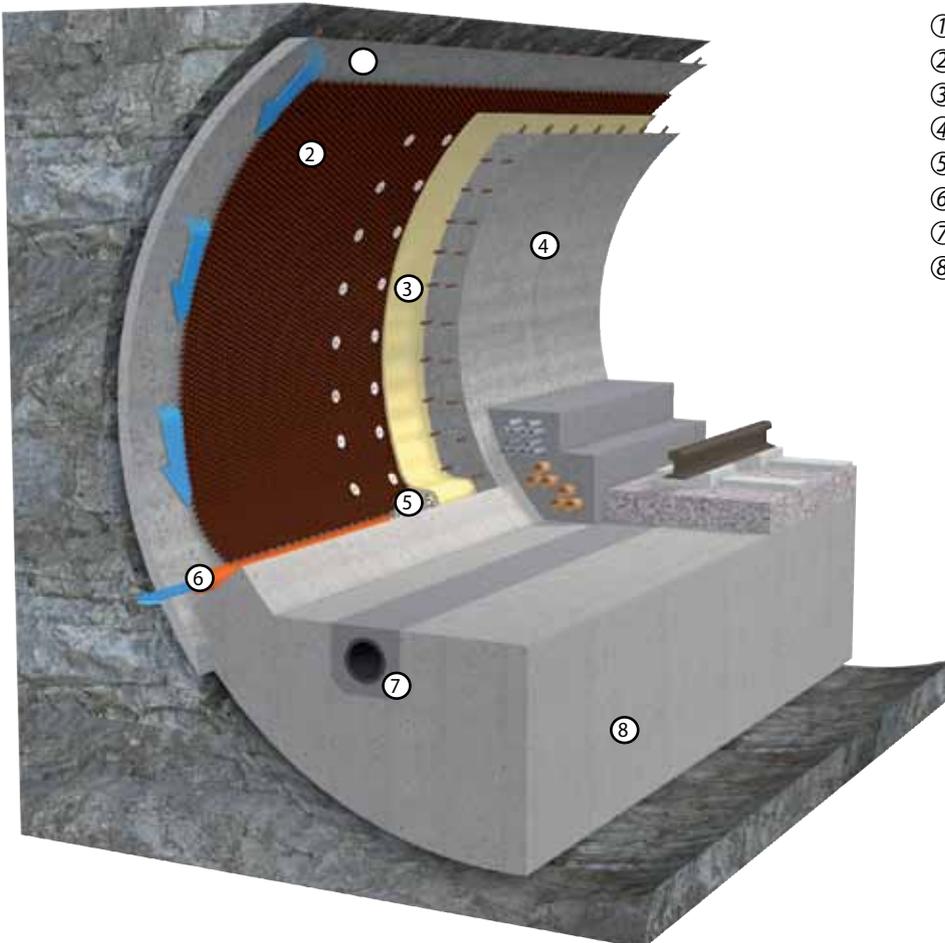
Сварка гидроизоляции с ронделем.



Крепление рулонов с подвижной платформы.

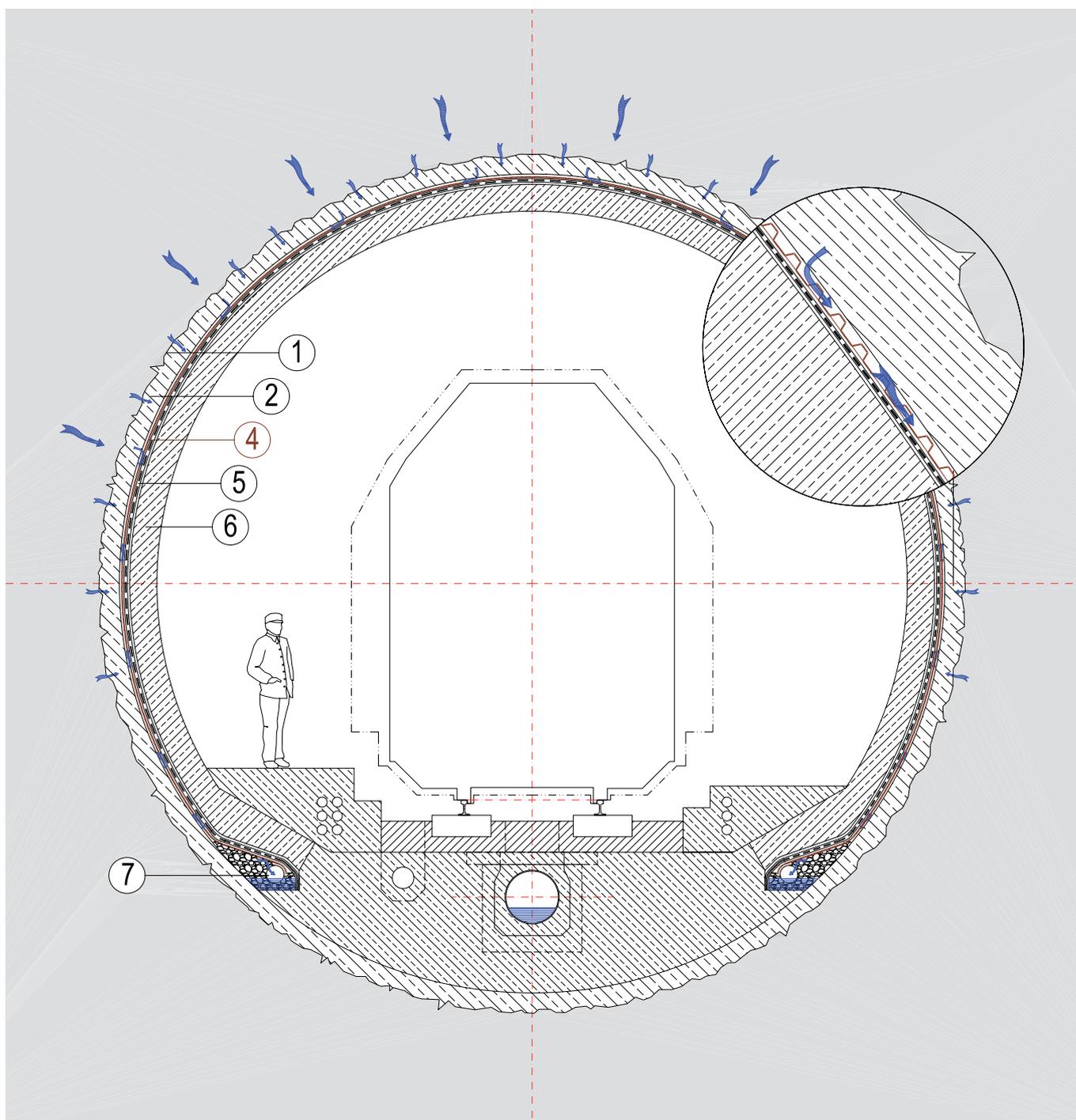


Установка гидроизоляционного слоя.



- ① Торкретбетон
- ② Дренажная мембрана DELTA®-AT 1200
- ③ Гидроизоляционная мембрана
- ④ Свод туннеля (внутренняя оболочка)
- ⑤ Дренажный слой гравия
- ⑥ Линейный дренаж
- ⑦ Нижняя труба коллектора
- ⑧ Бетонный пол

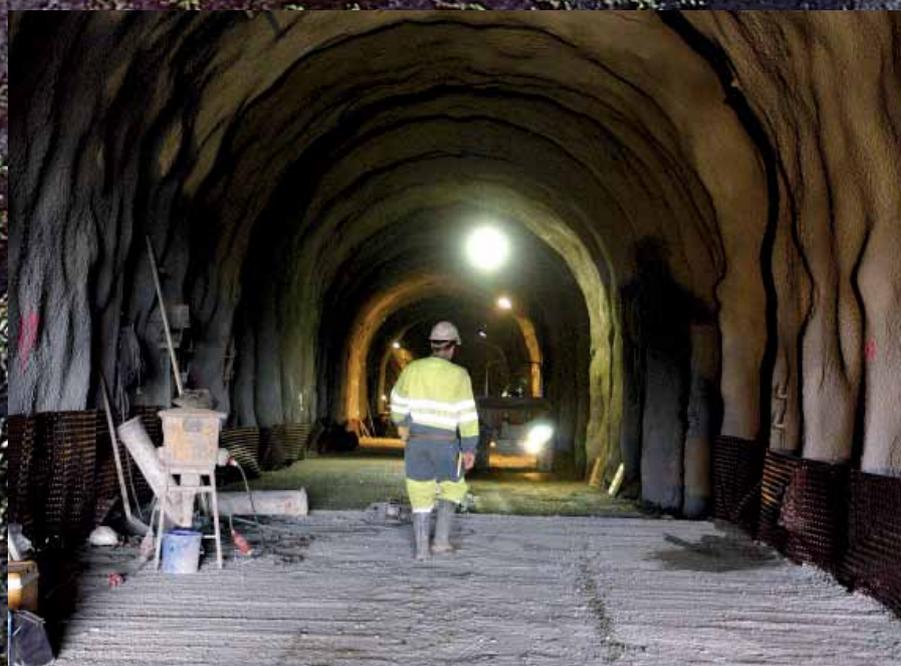
строительство



Поперечное сечение Gotthard base tunnel с дренажными слоями.

- ① Теоретическая проходка
- ② Внешняя оболочка
- ④ Дренажная мембрана
- ⑤ Гидроизоляционный слой
- ⑥ Внутренняя оболочка
- ⑦ Линейный дренаж

Соммагне Железнодорожный туннель



Пример железнодорожного туннеля Soumagne

В период с мая 2001 года по август 2005 года к востоку от Льеж был построен самый длинный железнодорожный туннель Бельгии, общей длиной 6,4 км. Был использован взрывной метод проходки. Работы велись в 3 этапа: сначала возводили свод, на втором этапе строили боковые стены туннеля, и в завершении заливали бетонный пол туннеля. После экскавации породы было выполнено усиление свода. Готовая конструкция туннеля состоит из внешней оболочки из торкретбетона с добавлением фибры. Оболочка была усилена металлическими арками, на некоторых участках были установлены особенно массивные арки, закреплённые

анкерами в породе. Далее расположены дренажный слой из профилированной мембраны, гидроизоляционная мембрана, и внутренняя оболочка туннеля. Пол был сделан из армированного бетона, длина каждой секции составляла 22 м. Для того чтобы перехватить и направить просачивающуюся из скалы воду в линейный дренаж, мембрана DELTA®-MS была размещена выступами к торкретбетону. Благодаря воздушному зазору между мембраной и торкретбетоном вода не оказывает гидростатическое давление на гидроизоляционный слой, который работает в щадящем режиме. Кроме

этого, профилированная мембрана защищает гидроизоляцию от механических повреждений из-за точечных нагрузок, так как неровность поверхности набрызг-бетона доходила до соотношения 5:1.

Чтобы сгладить неровности поверхности и при этом уменьшить расход торкретбетона, использовали профилированные мембраны в качестве выравнивающего слоя. Гидроизоляционный материал крепился непосредственно на мембрану DELTA®-MS.



DELTA®-MS 20 для защиты пола туннеля.



Крепление DELTA®-MS к своду.



Проклейка нахлёстов лентой DELTA®-THENE BAND T 300.

Пример железнодорожного туннеля Soumagne

Для защиты основания туннеля от действия воды, поднимающейся снизу, профилированная мембрана DELTA®-MS 20 с высотой профиля 20 мм была заложена под небольшим градиентом между внешней оболочкой и основанием туннеля из монолитного бетона. Пропускная способность этой мембраны составляет до 36 000 л воды в час, благодаря чему основание оставалось сухим и не подвергалось гидростатическому давлению, что позволило без проблем заливать плиты

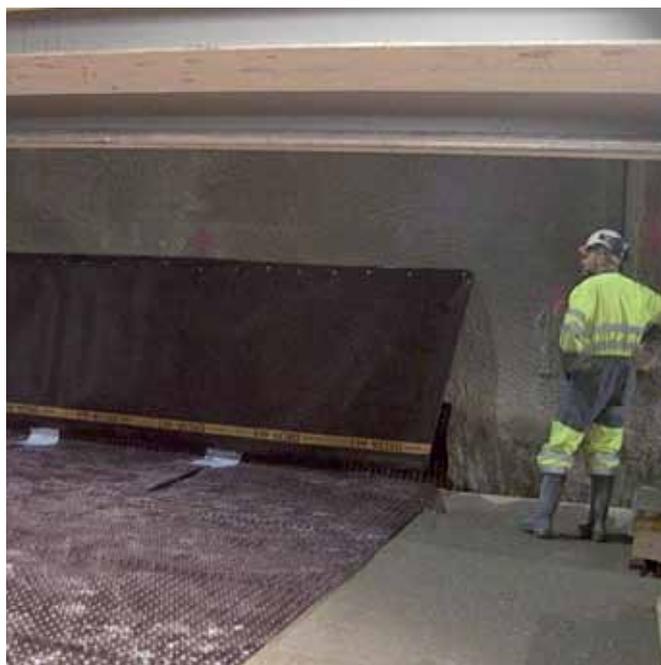
перекрытия внутри туннеля. Переход горизонтальной части туннеля на свод являлся критической зоной, поскольку необходимо было соединить вертикальный и горизонтальный дренажные слои для беспрепятственного отвода воды, просачивающейся с любой стороны, в линейный дренажный канал. В месте примыкания дренажные мембраны были уложены в два слоя. Горизонтальный слой из дренажной мембраны DELTA®-MS 20 заводился на стену, а вертикальный слой из DELTA®-MS

укладывался на неё нахлест. Между собой рулоны соединялись самоклеящейся лентой DELTA®-THENE BAND T300 из полимерно-битумной гидроизоляции DELTA®-THENE. Этой же лентой были герметично проклеены нахлесты мембраны DELTA®-MS 20, уложенной горизонтально под основанием туннеля.

При строительстве туннеля Soumagne были использованы 180 000 м² DELTA®-MS 1200 и 70 000 м² DELTA®-MS 20.

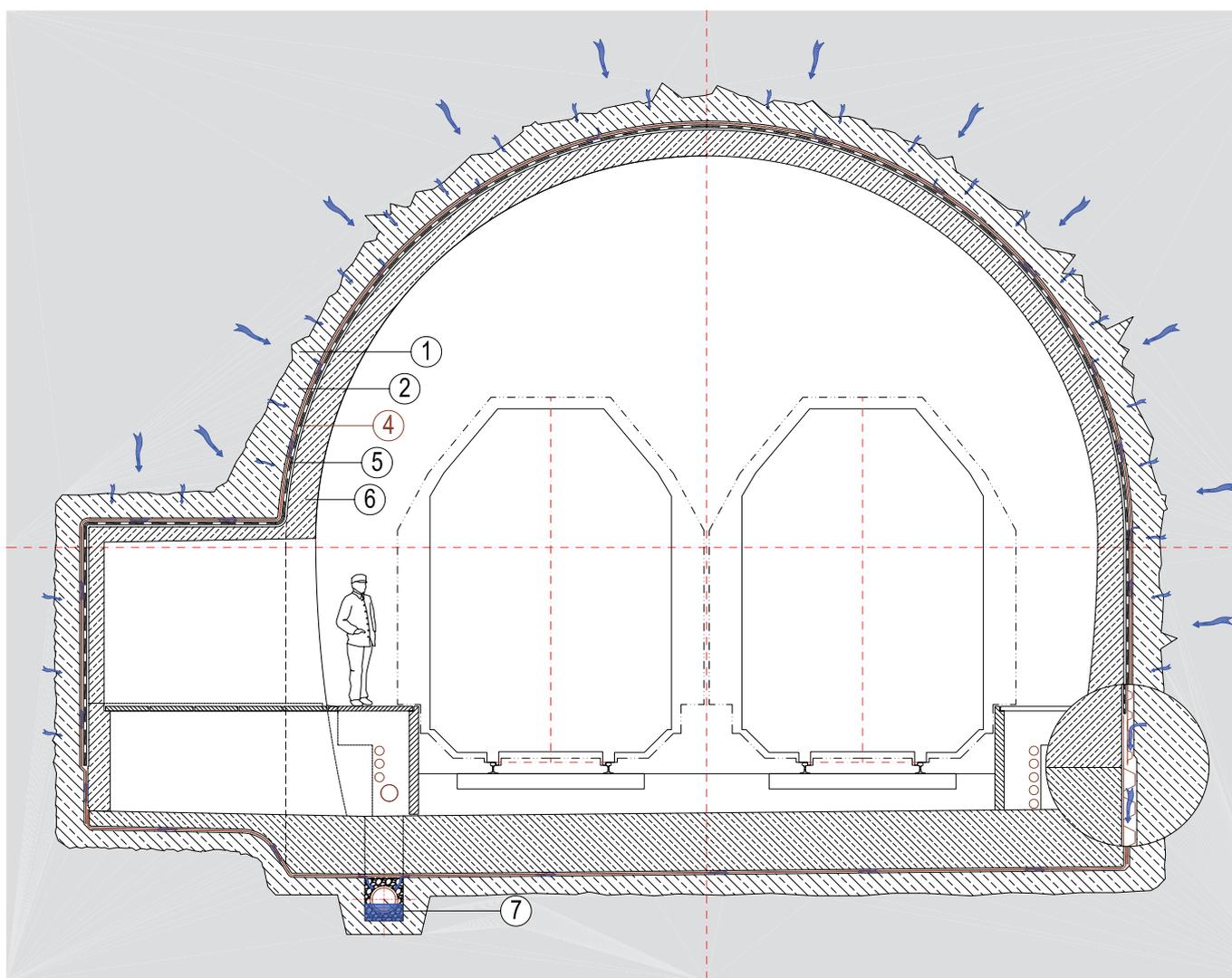


DELTA®-MS 20 заведена на стену туннеля.



DELTA®-MS 20 на полу, DELTA®-MS на стене туннеля.

СТРОИТЕЛЬСТВО



Поперечное сечение железнодорожного туннеля Soultz

- ① Теоретическая проходка ② Внешняя оболочка ④ Дренажная мембрана ⑤ Гидроизоляционный слой ⑥ Внутренняя оболочка
⑦ Линейный дренаж

Пример железнодорожного туннеля Nové Hamry

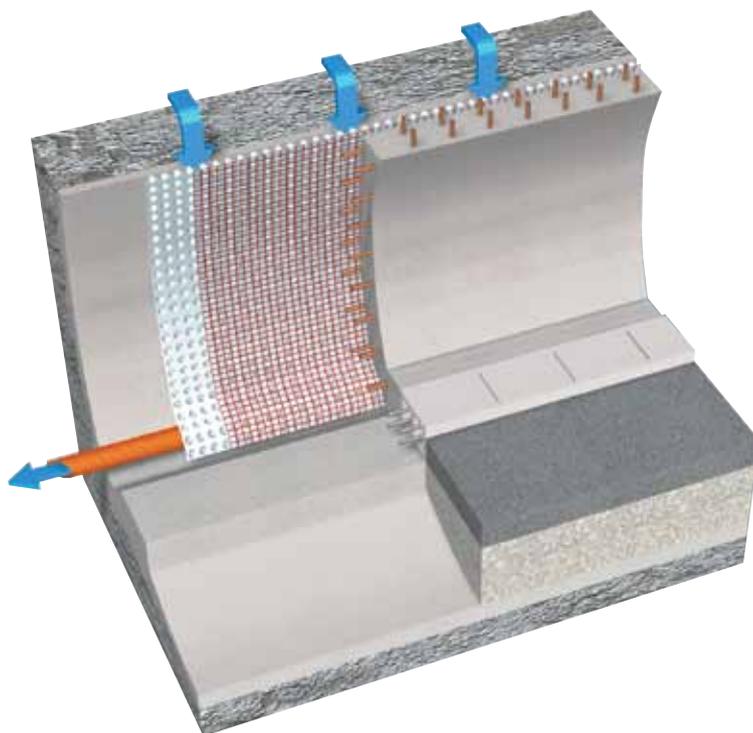
Многие старые туннели имеют протечки, так как они построены из кирпичной кладки, их гидроизоляция является недостаточной, либо просто из-за старения. В зимний период внутри таких туннелей могут образовываться длинные и массивные сосульки, представляющие опасность для подвижного состава и пассажиров. Мокрые своды также теряют свою стабильность из-за выщелачивания раствора в швах кладки.

В условиях крупных и плотных транспортных сетей невозможно закрыть туннель для его реконструкции. В таких случаях туннель должен быть демонтирован последовательно секция за секцией и восстановлен методом торкретирования, который, однако, не позволяет произвести гидроизоляцию в полном объеме.

Решение по восстановлению

Решения по санации туннеля зачастую можно решать только путем модернизации дренажной системы. Для этого мы производим профилированную мембрану DELTA®-PT, к которой наплавлена штукатурная сетка. Мембрана, механически закреплённая выступами к старому своду, создает каналы, по которым вода может беспрепятственно дренироваться в линейный дренаж. Сетка позволяет надёжно нанести как тонкий слой торкрет бетона, так и оштукатурить новый свод туннеля.

По такой технологии выполняется и ремонт подземных станций метро.

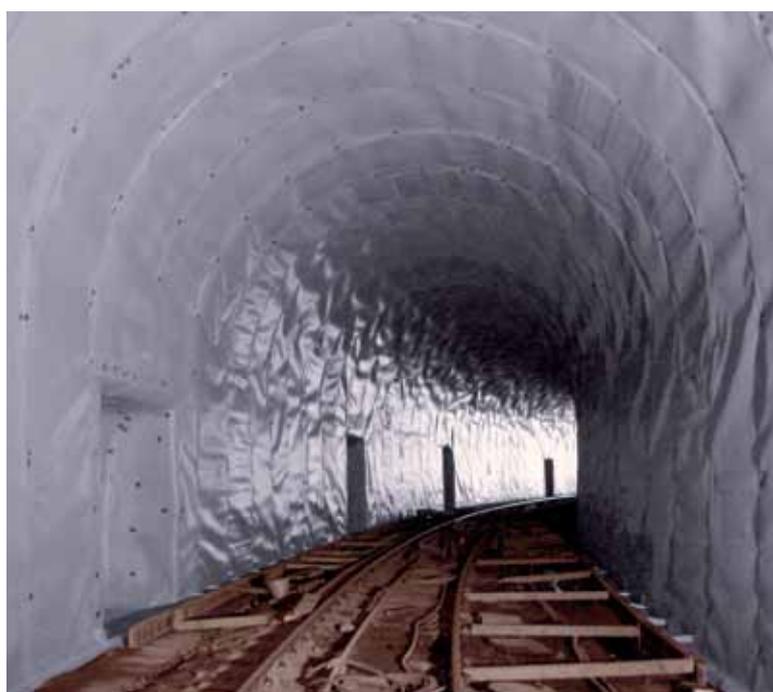


Восстановление туннеля с мембраной DELTA®-PT.

Характеристики	DELTA®-PT
Материал мембраны	Прозрачный полиэтилен высокой плотности
Высота выступов	8 мм
Прочность на сжатие (при постоянной нагрузке)	70 кН/м ²
Дренажная способность [л/с] при i=1	
Без нагрузки	4,39
Под нагрузкой 20 кН/м ²	3,60



туннелей

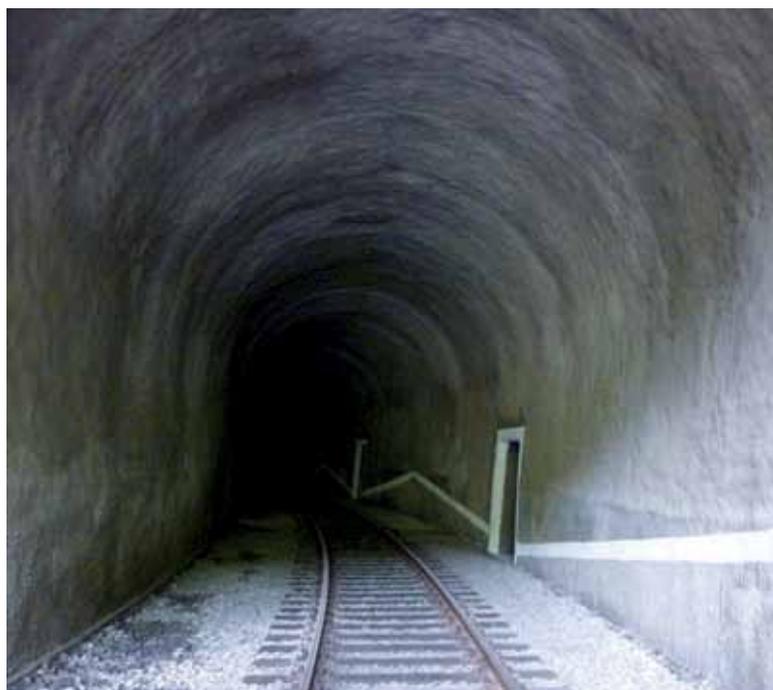


Свод туннеля после монтажа мембраны DELTA®-PT.

Железнодорожный туннель Nové Hamry в Чехии

Nové Hamry – старый железнодорожный туннель, расположенный в Карловых Варах. В туннеле из-за протечек кирпичного свода зимой образовывались многочисленные сосульки, что создавало проблемы для движения и безопасности.

Для решения этой проблемы было принято решение осуществить дренаж свода при помощи DELTA®-PT. Рулоны профилированной мембраны были сварены между собой, все проходки были герметизированы. Сетка, приваренная к мембране, позволила нанести торкрет бетон на двух наиболее повреждённых участках туннеля. Общее количество мембраны, использованной для восстановления туннеля, составило 2100 м².



Новый внутренний свод туннеля после торкретирования.



Обустройство ниши.

Открытая конструкция тоннеля

Открыто-закрытый способ

Открыто-закрытый метод (cut-and-cover) используется при строительстве туннелей неглубокого заложения, при этом свод покрывается тонким слоем грунта. Котлован остается открытым в течение длительного срока строительства. Для ограждения котлована часто используют различные ограждающие конструкции (см. стр. 10-17), которые всегда подвергаются воздействию просачивающихся или грунтовых вод. Зачастую в районе строительной площадки не находятся материалы с достаточной дренажной способностью, поэтому приходится прибегать к использованию дренажной мембраны. Решением для открыто-закрытого метода выступает дренажная мембрана из полиэтилена высокой прочности DELTA®-TERRAXX, способная обеспечить как защиту гидроизоляции, так и отличный дренаж. Такая система гарантирует снятие гидростатического давления и подходит даже для случаев, когда постоянная нагрузка от почвы составляет до 90 кН/м².



Железнодорожный туннель KemaIpaşa в Турции недалеко от города Измир

Новый железнодорожный туннель протяжённостью 27 км в настоящее время строится вблизи г.Измир. Туннель KemaIpaşa возводится открыто-закрытым способом, он представляет собой монолитный железобетонный свод. Мембрана DELTA®-TERRAXX применена для защиты гидроизоляции и обеспечения мощного дренажа. Большая ширина рулонов 2,4 м позволяет осуществить быстрый монтаж, а высокая прочность на сжатие обеспечивает высокий уровень защиты, даже под большой толщиной грунта. В проекте использовано 12 000 м² DELTA®-TERRAXX

Туннель Föhrlibuck tunnel

Двухсотметровый туннель в Швейцарии связывает виадуки Neugut и Weidenholz в Wallisellen. Для реализации этого проекта, реализованного в 1986 году, было использовано более 6000 м² дренажных мембран DELTA®. Благодаря высокой прочности на сжатие и дренажной способности наши мембраны надёжно работают уже почти 30 лет под весом более 150 000 т сыпучих пород толщиной от 2 до 3.5 м.

Характеристики	DELTA®-TERRAXX
Материал мембраны	Первичный HDPE, серый
Материал геотекстиля	Первичный полипропилен, серый
Высота выступов	9 мм
Прочность на сжатие (при временной нагрузке)	400 кН/м²
Прочность на сжатие (при постоянной нагрузке)	90 кН/м²
Размер отверстий O90	150 мкм
Сопrotивление динамической перфорации	40 мм
Дренажная способность [л/с] при i=1	
Без нагрузки	3,50
Под нагрузкой 20 кН/м²	3,10



Методы крепления

Крепеж и методы крепления

Для крепления в мягкое основание, такое, как свежий торкрет бетон, могут быть использованы обычные стальные гвозди, которые следует забивать вручную. Чтобы избежать разрыва мембран, рекомендуется использовать шайбы DELTA®-MS KNOPF или новый универсальный крепеж DELTA®-MULTI FIXX. Допускается применять гвозди с металлическими шайбами или прибивать мембраны гвоздями через деревянный брусоч.

Для крепления мембран в твёрдое основание следует применять гвозди для бетона.

Подходящие модели пороховых монтажных пистолетов: производства HILTI (модель DX 36 M или DX A41) или производства SPIT (модель SPIT P 60).

Можно использовать следующие гвозди:

(см. рис. 1)
HILTI DNI 37 P8
SPIT CR 9/40

Для предотвращения разрыва листов при использовании пороховых монтажных пистолетов необходимо всегда применять металлические или пластиковые шайбы. Поскольку HILTI и SPIT предлагают уже готовые комбинации гвоздей и шайб, которые проще использовать, следует отдавать предпочтение именно им.

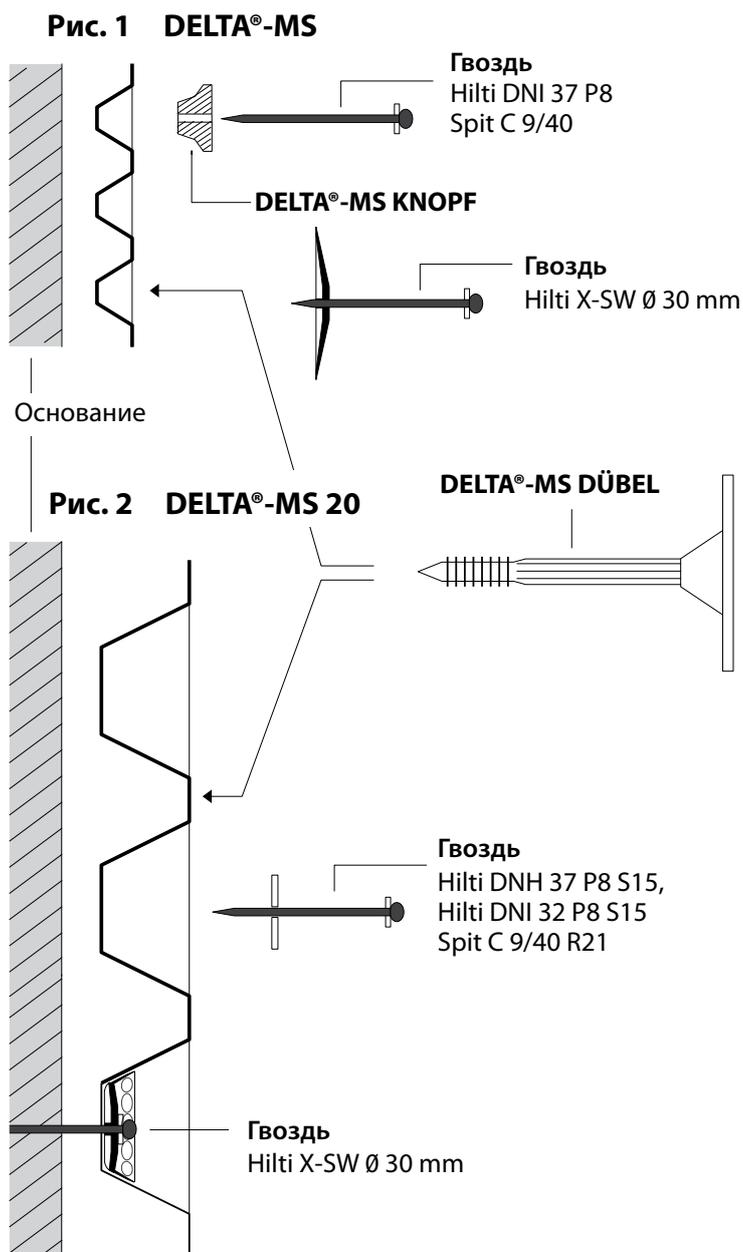
Рекомендованные типы гвоздей:

(см. рис. 2)
HILTI DNI 32 P8 S15
HILTI X-DNH 37 P8 S15
HILTI X-SW, диаметр 30 мм
SPIT C 9/40 R21

При работе с особо твердым материалом основания вместо гвоздей можно использовать пластиковые дюбели.

Рекомендованные типы дюбелей:

DELTA®-MS DUBEL
HILTI тип IDP O/2
SPIT тип DSH 40
FISCHER тип DHK 40
UPAT тип IMD 8/30-40



Референц-лист

Туннели, построенные с применением мембран DELTA®

Проект	Страна	Подрядчик	Кол-во [м²]	Года	Продукт
U-Bahn Bauabschnitt U3/9, Wien	A	Hofmann + Maculan	6 000	1985/1987	DELTA®-PT
Tunnel A 7 Fussen-Reute/ Tirol	A		4 000 / 3 000	1997/1998	DELTA®-PT, DELTA®-MS
Tunnel Soumagne	B	Tunnel Soumagne	89 000	2003/2004	DELTA®-MS 20
Tunnel Soumagne	B	Tunnel Soumagne	180 000	2003/2004	DELTA®-MS 580
Tunnel Soumagne	B	Tunnel Soumagne	8 300 п.м.	2003/2004	DELTA®-THENE T300
Hondrichtunnel, BE	CH	Gunimperm, Castione TI	13 000	1985	DELTA®-MS
Fohrlibuck-Tunnel, Wallisellen	CH	Lerch AG, Spaltenstein AG, SNZ Ing.-Buro	6 000	1986	DELTA®-DRAIN
Wipkingertunnel, ZH	CH	Zublin/Brunner	8 000	1989	DELTA®-MS
Zubringertunnel Sanierung Gotthard, UR	CH		5 000	1997	DELTA®-MS 20
Tunnel Gorgier Chez le Bart	CH		6 000	1999	DELTA®-MS 20
Tunnel Concise	CH	Gunimperm, Castione TI	13 800	1999	DELTA®-MS
Lusslingen, N 5	CH	ARGE Luthi, c/o Sarnafil	19 500	1999	DELTA®-MS
Eindeckung Spitalhof, N 5	CH		4 300	1999	DELTA®-MS 20
Tunnel Toira, TI	CH	Gunimperm, Castione TI	7 000	2000	DELTA®-MS
Tunnel Uznach	CH			2001	DELTA®-MS 20
Lotschberg Basistunnel	CH	Satco, Mitholz	1 000	2001	DELTA®-MS 20 спец.
Entlisberg-Tunnel, Zurich	CH	ISOTECH AG, Schlieren	2 000	2002	DELTA®-GEO-DRAIN TP
Sanierung Sunnegg-Bahn, Zermatt	CH	U. Imboden, Zermatt	2 000	2005	DELTA®-PT
Sicherheitsstollen, Gotschna	CH	ARGE ASGO	2 400	2005	DELTA-MS 20
Tunnel de la Perche et du Banne	CH	CITP TSA Rupp & Partner, Giffers FR	15 000	2001/2003	DELTA®-MS
Bahn 2000, Gishubel Tagbautunnel	CH	Arge Gishubel, Herzogenbuchsee	3 600	2002/2003	DELTA®-GEO-DRAIN TP
Uetliberg-Tunnel, Zurich	CH	Sika-Bau AG, Zurich	15 000	2002/2003	DELTA®-MS 1200
Metro Lausanne	CH	div. Unternehmen	6 500	2003-2006	DELTA®-MS 20
Lotschberg Basistunnel Sud	CH	Arge Ledit, Ferden, Goppenstein	8 000	2004/2005	DELTA®-MS 20
Tunnel du Mont Chomin A 114	CH			2005	DELTA®-MS
A4 Knonaeramt	CH	Tagbautunnel	8 000	2006	DELTA®-TERRAXX

A – Австрия, BE – Бельгия, CH – Швейцария, F – Франция, D – Германия, RU – Россия



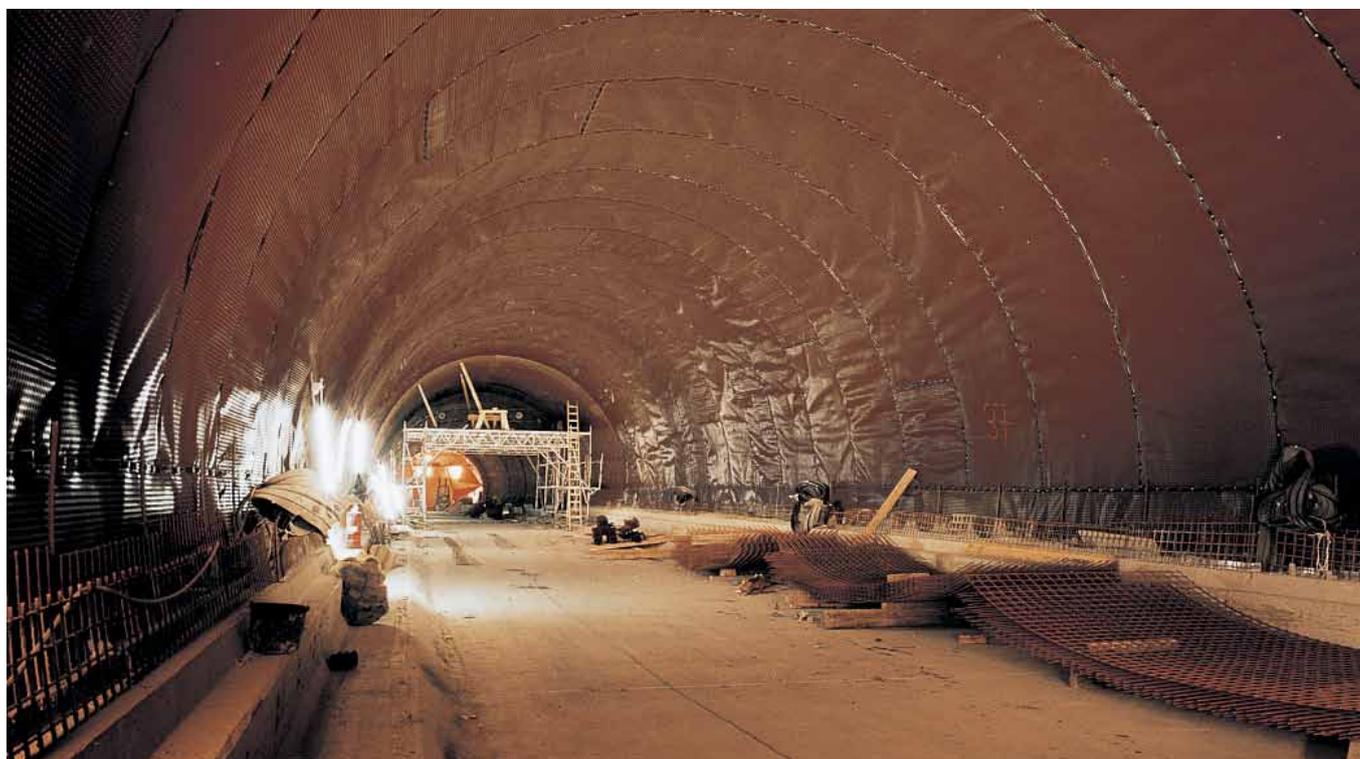
Проект	Страна	Подрядчик	Кол-во [м ²]	Года	Продукт
Tunnel Moutier	CH	Marti Tunnelbau	30 000	2008	DELTA®-MS 1200
Transjurane, N16	CH		30 000	2003	DELTA®-MS 20
Gotthard-Tunnel	CH	ATG Strabag	530 000	2006/2010	DELTA®-AT 1200
Gotthard-Tunnel	CH	ATG Strabag	350 000	2009/2010	DELTA®-AT 800
Tunnel Westtangente, Bochum	D	Philipp Holzmann AG	1 400	1980	DELTA®-MS
U-Bahn, Baulos10, Dortmund	D	Wiemer + Trachte		1984	DELTA®-MS
Neckarstollen, Heilbronn	D	Wix + Liesenhoff		1986	DELTA®-PT
Mundener-Tunnel, Hann. Munden	D	Bilfinger + Berger		1986	DELTA®-MS
Weltkugel-Tunnel, Melsungen	D	Hochtief AG		1986	DELTA®-MS
U-Bahn, Mulheim	D	Hochtief / Holzmann / Wayss + Freytag / Thyssen Schachtbau	3 000	1988	DELTA®-MS
ICE Strecke Munchen-Nurnberg	D	Hoch-Tief / Kunz	5 000	2002	DELTA®-MS, DELTA®-MS 20
Herrentunnel, Lubeck	D	ARGE Herrentunnel	15 000	2004	DELTA®-MS 1000 natur
U-Bahn, Baulos D 4, Dortmund	D	Bilfinger + Berger Leonh. Moll	1 000	1982/1984	DELTA®-MS
U-Bahn, Dusseldorf, Los 3.4 Kolner Str.; Los 3.5 Erkrather Str.	D	Heitkamp / Hochtief / Bilfinger / Wayss + Freytag		1990/1991	DELTA®-MS 20
Arge Nordrampe Elbtunnel	D	Wiemer + Trachte	3 000	1999/2000	DELTA®-MS 20
Arge Nordrampe Elbtunnel	D	Wiemer + Trachte	4 500	1999/2000	DELTA®-DRAIN
Elbtunnel Hauptrohre	D	Dyckerhoff + Widmann	22 000	2000/2001	DELTA®-MS natur
Autobahntunnel A 5, Alicante, Villafraquez	E	Dragados Y Construcciones	30 000	1988/1989	DELTA®-DRAIN
Tunnel (TGV Mediterranee) Tartaiguille	F	E.I.	4 000	1996/1997	DELTA®-MS
Finiculaire Lyon-station Les Minimes	F	E.I.	1 000	1988	DELTA®-PT
Tunnel des Chavants	F	E.I.	8 000	1989	DELTA®-MS
Tunnel de L'Epine	F	E.I.	10 000	1989	DELTA®-MS
Tunnel TGV de Meyssies	F	E.I.	11 000	1990	DELTA®-MS
Tunnel de Puymorens	F	Bauveg	12 000	1993	DELTA®-MS
Tunnel de Chamoise A 40	F	E.I.	13 000	1994	DELTA®-MS

A – Австрия, BE – Бельгия, CH – Швейцария, F – Франция, D – Германия, RU – Россия

Референц-лист

Туннели, построенные с применением мембран DELTA®

Проект	Страна	Подрядчик	Кол-во [м2]	Года	Продукт
Tunnel Pas de Lescalette A 75	F	E.I.	9 000	1994	DELTA®-MS
Tunnel Mesnil le Roy A 14	F	Sofrete	10 000	1994	DELTA®-MS
BPNL Lyon Tunnel de la Duchere et de Rochecardon	F	G.I.E. Lyon Nord	11 000	1995	DELTA®-MS
Puits ventilation-Tunnel Routier du Fréjus	F	Etandex	18 000	1996	DELTA®-MS
Baillet-en-France (95)	F	E.I. GCC	4 000	1999	DELTA®-NP DRAIN
Galerie du Pas de la Reyssolle (04)	F	E.I. GCC	300	1999	DELTA®-MS 20
Tunnel San Quil co-RN 193 (20)	F	E.I. GCC	1 300	1999	DELTA®-MS
Tunnel Saorge (06)	F	E.I. GCC	2 000	2000	DELTA®-MS
Traversée souterraine de Toulon (83)	F	SLEG	3 000	2000	DELTA®-MS, DELTA®-MS 20
Mont Blanc Tunnel	F	Freyssinet	4 000	2001	DELTA®-PT
Traversée souterraine de Toulon (83)	F	Europroof	5 500/5 000	1996/1997	DELTA®-MS, DELTA®-MS 20
Tunnel d'Orelle A 43	F	E.I.-Sofrete	19 000	1997/1998	DELTA®-MS
Tunnel de Foix	F	E.I.	20 000	1997/1998	DELTA®-MS
Galerie du Cern ref. ATIC (01)	F	E.I. GCC	30 000	2000/2001	DELTA®-MS
Galerie du Cern ref. T.W.A (01)	F	E.I. GCC	40 000	2000/2001	DELTA®-MS
Galleria Bozano	I	Mahlchnet	3 500	2000	DELTA®-NP DRAIN
Tunnel Gousselberg	Lux.	Iraco	140 000	2002/2004	DELTA®-MS
Cut & Cover Tunnel Izmir Devlet Demir Yollari	TR	Acilim Insaat	12 000	2009	DELTA®-TERRAXX
Queens Tunnel, New York, NY	US	Grow Perini Skanska	6 000	2000	DELTA®-MS
Chattahoochee Tunnel, Atlanta, GA Phase 1	US	Gilbert Healy	30 000	2002	DELTA®-MS
Chattahoochee Tunnel, Atlanta, GA Phase 2	US	Nancy Creek Construction	50 000	2004	DELTA®-MS
Chattahoochee Tunnel, Atlanta Phase 3	US	Nancy Creek Construction	40 000	2006	DELTA®-MS
3-ий автодорожный тоннель, Сочи	RU	БТС-Гидрострой		2011	DELTA®-MS
Станция метро Горьковская, ННовгород	RU		12 000	2011	DELTA®-TERRAXX



DELTA®-MS при сооружении автомобильного туннеля Vad Godesberg



DELTA®-MS 20, строительство станции метро в Дуйсбурге

DELTA® информационные материалы

по применению дренажных и защитных систем DELTA®

Техническое планирование

Подробное описание разнообразных применений профилированных и гидроизоляционных материалов DELTA® при строительстве подземных и заглубленных сооружений.



Зелёные и эксплуатируемые крыши

Информация для проектировщиков по применению мембран DELTA® при сооружении крыш с экстенсивным и интенсивным озеленением, а также эксплуатируемых крыш.



Горизонтальное применение DELTA®-TERRAXX

Дренажная мембрана в зелёных и эксплуатируемых крышах, а также при устройстве мощения площадей брусчаткой.



ООО Дёркен
141580, Московская область,
Солнечногорский район,
с.п. Луневское, д. Дубровки,
ул. Аэропортовская, стр. 2, корп. 2,
Бизнес-центр «Шерлэнд», офис 226.
Тел./факс: +7 499 272-48-03
delta@doerken.ru
www.doerken.ru

Предприятие группы Дёркен.