

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035418**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.06.10**

**(21)** Номер заявки  
**201890501**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2016.11.23**

**(51)** Int. Cl. *E21D 9/00* (2006.01)  
*E21D 11/00* (2006.01)  
*E21D 11/10* (2006.01)  
*E21D 20/02* (2006.01)  
*E21D 13/00* (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ СООРУЖЕНИЯ ТУННЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТА  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КРЕПИ И ЭЛЕМЕНТА ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КРЕПИ**

---

**(31)** 10-2015-0165207

**(32)** 2015.11.25

**(33)** KR

**(43)** 2018.10.31

**(86)** PCT/KR2016/013542

**(87)** WO 2017/090975 2017.06.01

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ХЮН ИНЖИНИРИНГ ЭНД  
КОНСТРАКШН КО., ЛТД.; СЕО  
ДОНГ-ХЮН; СЕО МИН-КЮ (KR)**

**(72)** Изобретатель:  
**Сео Донг-хюн, Сео Мин-кю (KR)**

**(74)** Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

**(56)** KR-A-1020060059833  
JP-A-08170484  
JP-A-09096194  
KR-B1-101247702  
KR-B1-101066641

---

**(57)** Изобретение относится к способу прокладки туннеля, в частности к способу прокладки туннеля с установкой как элемента внутренней предварительной крепи или элемента внешней предварительной крепи, так и элемента последующей крепи, и к устройству для этого. Способ прокладки туннеля включает в себя проходку пилотного туннеля 3 в сооружаемом основном туннеле 2; образование по радиусу пробуренного шпура от поверхности выработки пилотного туннеля 3 к торцу конца элемента 4 внутренней предварительной крепи основного туннеля 2 во множестве мест в пилотном туннеле 3 для установки элемента 4 предварительной крепи; введение элемента 4 предварительной крепи в пробуренный шпур, проведение заливки раствором и выполнение отверждения для фиксации элемента внутренней предварительной крепи; поэтапную проходку туннеля в продольном направлении по линии проходки основного туннеля 2 и первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки основного туннеля; установку элемента 5 последующей крепи между множеством элементов 4 внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон; и соединение элемента 4 внутренней предварительной крепи и элемента 5 последующей крепи с элементом пластинчатой крепи.

---

**035418 B1**

**035418 B1**

## Уровень техники

### 1. Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу прокладки туннеля, а более конкретно, к способу прокладки туннеля с установкой как элемента внутренней предварительной крепи или элемента внешней предварительной крепи, так и элемента последующей крепи, и к устройству для этого.

### 2. Описание уровня техники

Обычно туннель является конструктивно некрепким, если естественный грунт является мягким или ширина туннеля является большой. В существующей новоавстрийской технологии прокладки туннелей (NATM, NATPT), как в одной из разнообразных технологий, предназначенных для разрешения этой проблемы, выполняют многоэтапную последовательную выемку грунта, а установку крепи выполняют на каждом этапе последовательной выемки грунта.

Поскольку в таком способе процесс является сложным и туннель находится в незакрепленном состоянии с началом проходки, существует опасность обрушения туннеля, и поэтому, исходя из безопасности, можно сказать, что это очень опасный способ.

Чтобы повысить площадь свода в туннеле большого сечения, имеющем очень большое поперечное сечение, устанавливают как анкерный болт, выполненный из длинной стальной проволоки, так и короткую штангу, но поскольку отсутствует концепция предварительной крепи, необходим вспомогательный способ для исключения незакрепленного состояния во время проходки.

В качестве способа разрешения проблемы в способе, относящемся к туннелю с внешней предварительной крепью, в котором, когда толща почвенного покрова является небольшой, прежде всего элемент внешней предварительной крепи устанавливают по направлению к туннелю с поверхности грунта и проходят основной туннель, а пилотный туннель сначала проходят в основном туннеле, элементы внутренней предварительной крепи устанавливают во множестве мест в пилотном туннеле и затем основной туннель проходят по линии выработки, завершая разработку.

Преимущество способа заключается в том, что туннель не находится в незакрепленном состоянии, и после установки предварительной крепи проходку можно выполнять так, чтобы протяженность одно-разовой проходки была большой в оголовке туннеля. Однако в случае внешней предварительной крепи, когда толща почвенного покрова является большой, протяженность бурения становится большой и в результате затраты на сооружение возрастают и трудно надлежащим образом выполнять упрочнение с поверхности грунта в ответ на изменение слоя грунта в соответствии с толщиной почвенного покрова. В случае способа с внутренней предварительной крепью шпур пробуривают в естественном грунте пилотного туннеля сквозь планируемую поверхность выработки основного туннеля по направлению к поверхности выработки туннеля на длину, необходимую для стабилизации туннеля, используя буровой инструмент, способный пробуривать длинный шпур в поверхности выработки пилотного туннеля, а элемент предварительной крепи приходится продавливать в шпур, пробуренный в естественном грунте основного туннеля, чтобы зафиксировать и установить элемент. Поэтому в туннеле сверхбольшого сечения длина шпура для установки элемента предварительной крепи является большой, количество шпуров большое и шпур при бурении необходимо плотно располагать в поверхности выработки пилотного туннеля, поэтому естественный грунт пилотного туннеля вблизи поверхности выработки пилотного туннеля чрезмерно повреждается, так что устойчивость пилотного туннеля ухудшается, и это неэкономично с точки зрения затрат.

В качестве способа разрешения описанной выше проблемы при установке элементов внешней предварительной крепи можно использовать способ установки минимального количества элементов внешней предварительной крепи и соответственно установки элементов крепи после контроля грунта поверхности выработки в туннеле в качестве частичного укрепления и при установке элементов внутренней предварительной крепи можно использовать способ минимизации количества элементов внутренней предварительной крепи и дополнительной установки элементов крепи на поверхности выработки основного туннеля, и поскольку шпур, пробуриваемые из пилотного туннеля к основному туннелю, исключаются при таких способах, надежность пилотного туннеля может быть обеспечена, количество процессов может быть уменьшено и может быть сооружен экономически выгодный туннель.

### Раскрытие изобретения

Задача настоящего изобретения заключается в создании способа прокладки туннеля с использованием элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи, способного обеспечить экономическую эффективность конструкции за счет установки элементов крепи наряду с эффективным распределением напряжения, возрастающего по мере приближения к поверхности выработки основного туннеля, путем установки множества элементов предварительной крепи после проходки основного туннеля и дополнительной установки элементов последующей крепи между множеством элементов предварительной крепи, и способного обеспечить экономические эффекты за счет уменьшения количества элементов предварительной крепи, затраты на установку которых являются большими, и устройства для этого.

Согласно аспекту настоящего изобретения способ прокладки туннеля с использованием элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи включает в себя проходку пилотного туннеля в

сооружаемом основном туннеле; образование по радиусу пробуренного шпура от поверхности выработки пилотного туннеля к торцу конца элемента внутренней предварительной крепи основного туннеля во множестве мест в пилотном туннеле для установки элемента предварительной крепи; введение элемента внутренней предварительной крепи в пробуренный шпур, проведение заливки раствором и выполнение отверждения для фиксации элемента внутренней предварительной крепи; поэтапную проходку туннеля в продольном направлении по линии проходки основного туннеля и первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки основного туннеля в основном туннеле; установку элемента последующей крепи между множеством элементов внутренней крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон; и соединение элемента внутренней предварительной крепи и элемента последующей крепи с элементом пластинчатой крепи.

При установке элемента последующей крепи между множеством элементов внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон, элемент последующей крепи может быть установлен между элементами предварительной крепи в потолочной части 17 основного туннеля, а на участках 18 боковых стенок основного туннеля может быть установлен только элемент последующей крепи.

Способ прокладки туннеля может также включать в себя внецентренное расположение и прокладку пилотного туннеля в основном туннеле так, чтобы планируемая поверхность выработки основного туннеля и поверхность выработки пилотного туннеля отстояли друг от друга как можно дальше и выполнение процесса крепления для обеспечения надежности конструкции, когда имеется препятствие рядом с естественным грунтом, вблизи поверхности выработки основного туннеля; установку элемента внутренней предварительной крепи в естественный грунт основного туннеля из пилотного туннеля, который расположен внецентренно; и установку элемента последующей крепи между множеством элементов внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на который первично набрызган набрызг-бетон после проходки основного туннеля.

При введении и установке элемента внутренней предварительной крепи в пробуренный шпур элемент внутренней предварительной крепи может быть установлен вместе со стопором для предотвращения скольжения в пробуренном шпуре, выпускной шланг и нагнетательный шланг могут быть присоединены к боковой поверхности элемента внутренней предварительной крепи, пакер для заливки раствором под давлением может быть установлен на торце конца элемента внутренней предварительной крепи с внутренней стороны туннеля, элемент внутренней предварительной крепи может быть введен в шпур, пробуренный для элемента внутренней предварительной крепи в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля, при соединении соединительной трубы с элементом внутренней предварительной крепи так, чтобы концевой участок элемента внутренней предварительной крепи был частично открыт к присоединяемому элементу пластинчатой крепи на планируемой поверхности выработки основного туннеля, и затем соединительная труба может быть удалена, а пакер может быть расширен для проведения заливки раствором и выполнено отверждение, чтобы тем самым элемент внутренней предварительной крепи был соединен с элементом пластинчатой крепи.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения способ прокладки туннеля с использованием элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи включает в себя установку элементов внешней предварительной крепи путем бурения шпуров от поверхности грунта по направлению к поперечному сечению и внешним боковым участкам боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 во множестве мест заблаговременно до проходки туннеля, введения элементов предварительной крепи и проведения заливки раствором, если элемент предварительной крепи может быть установлен по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля снаружи туннеля при доступности поверхности грунта; поэтапную проходку туннеля в продольном направлении по планируемой линии проходки основного туннеля 3 и первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки основного туннеля; и установку элемента последующей крепи между множеством элементов внешней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон в основном туннеле; и соединение элемента внешней предварительной крепи и элемента последующей крепи с элементом пластинчатой крепи.

При установке элементов внешней предварительной крепи от поверхности грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних сторон боковых стенок поперечного сечения основного туннеля, при выполнении последовательной выемки грунта в соответствии с расчетной протяженностью проходки, вертикальные элементы внешней предварительной крепи, усиливающие боковые стенки, устанавливаемые на внешних сторонах участков левой и правой боковых стенок туннеля, могут быть установлены глубже уровня дна туннеля с тем, чтобы предотвратить подъем дна.

При установке элемента последующей крепи между элементами внешней предварительной крепи в поверхность выработки туннеля элемент последующей крепи может быть установлен с частичным закреплением вследствие наличия препятствия в случае, когда элементы внешней предварительной крепи устанавливаются в недостаточном количестве в верхний грунт поперечного сечения основного туннеля вследствие наличия препятствия.

Способ прокладки туннеля может также включать в себя при установке элемента последующей крепи между множеством элементов предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон в основном туннеле, непрерывную установку армированного стального каркаса, образованного из стального прутка, на элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи и наложение опорной плиты на элемент предварительной крепи, проходящий сквозь арматурный стальной каркас, и затягивание анкерного болта для прижатия и фиксации арматурного стального каркаса; и набрызгивание набрызг-бетона на арматурный стальной каркас.

Способ прокладки туннеля может также включать в себя выемку грунта по линии проходки сооружаемого основного туннеля и установку дренажного элемента на поверхность выработки; и первичное набрызгивание набрызгбетона на поверхность выработки после установки дренажного элемента.

Элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи можно фиксировать в естественном грунте основного туннеля путем введения элемента предварительной крепи после бурения шпура и затем проведения заливки раствором под давлением для одновременного создания эффекта закрепления естественного грунта и эффекта водонепроницаемости.

Толща почвенного покрова может быть заменена искусственным упрочняющим материалом и элемент внешней предварительной крепи может быть установлен от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению основного туннеля и внешней стороне поперечного сечения основного туннеля в случае, когда толщина почвенного покрова основного туннеля является тонкой и грунт основного туннеля является мягким.

Можно использовать элемент последующей крепи, имеющий меньшую длину или меньший диаметр, чем длина или диаметр элемента предварительной крепи.

Арматурный стальной каркас может быть изготовлен в виде сетки или промежутков между верхними и нижними стальными стержнями образован по форме фермы.

Элемент внутренней предварительной крепи и элемент последующей крепи могут быть установлены в туннеле или элемент внешней предварительной крепи и элемент последующей крепи могут быть установлены в туннеле.

#### **Краткое описание чертежей**

Изложенные выше и другие аспекты, признаки и преимущества настоящего изобретения станут более понятными из нижеследующего подробного описания в сочетании с сопровождающими чертежами, на которых

фиг. 1 - поперечное сечение, иллюстрирующее пилотный туннель 3, расположенный в естественном грунте 1, и основной туннель 2 при реализации способа прокладки туннеля;

фиг. 2 - поперечное сечение, иллюстрирующее, что элемент 4 внутренней предварительной крепи установлен в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля;

фиг. 3 - поперечное сечение, иллюстрирующее потолочную часть 17, в которой элемент 5 последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи, и участки 18 боковых стенок на поверхности выработки основного туннеля после выполнения выемки грунта между поверхностью выработки пилотного туннеля и поверхностью выработки основного туннеля, согласно настоящему изобретению;

фиг. 4 - продольное сечение, иллюстрирующее, что пилотный туннель проходит в естественном грунте;

фиг. 5 - продольное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором элемент предварительной крепи установлен в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля так, что элемент предварительной крепи открыт к поверхности выработки основного туннеля;

фиг. 6 - продольное сечение, иллюстрирующее, что основной туннель проходят и элемент последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи в продольном направлении после установки элементов предварительной крепи из пилотного туннеля;

фиг. 7 - вид, иллюстрирующий состояние, в котором установка элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи и установка обделки завершены;

фиг. 8 - вид, иллюстрирующий состояние, в котором имеется критическое препятствие, такое как здание или основание моста, снаружи туннеля, поэтому смещение необходимо минимизировать, вследствие чего пилотный туннель расположен внецентренно в основном туннеле, чтобы планируемая поверхность выработки основного туннеля, вблизи которой находится препятствие, и поверхность выработки пилотного туннеля были отнесены друг от друга как можно дальше;

фиг. 9 - поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором элемент предварительной крепи установлен в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля, который расположен внецентренно и при этом отстоит от места нахождения препятствия;

фиг. 10 - поперечное сечение, иллюстрирующее состояние проходки основного туннеля;

фиг. 11 - поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором набрызг-бетон первично набрызган в состоянии выемки грунта к поверхности выработки основного туннеля, элемент последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи, выполнена установка опорной плиты или

арматурного стального каркаса и опорной плиты и в завершение набрызган набрызг-бетон;

фиг. 12 - поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором установка обделки из фиг. 11 завершена;

фиг. 13 - поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором элемент предварительной крепи вставляют в пробуренный шпур основного туннеля;

фиг. 14 - диаграмма напряжений в естественном грунте, показывающая, что при проходке основного туннеля напряжение, прикладываемое к естественному грунту, является наибольшим на поверхности выработки и постепенно уменьшается по направлению к внешней стороне от поверхности выработки;

фиг. 15 - поперечное сечение, иллюстрирующее, что элемент внешней предварительной крепи установлен, основной туннель пройден и затем элемент последующей крепи установлен в поверхность выработки туннеля;

фиг. 16 - продольное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором элемент внешней предварительной крепи установлен, основной туннель пройден и затем элемент последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи в туннеле, и состояние в, котором элемент последующей крепи не установлен сразу после проходки в оголовье 40 туннеля перед проходкой оголовья 6 туннеля;

фиг. 17 - вид, иллюстрирующий, что вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, установлен глубже, чем находится дно туннеля, для создания нагрузки толщи почвенного покрова туннеля на участки боковой стенки и предотвращения смещения вверх дна туннеля, при этом позицией 30 обозначен элемент 30 внешней предварительной крепи, показанный очерченной пунктирной линией зоной, а позицией 33 обозначен вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, который является одним из элементов внешней предварительной крепи;

фиг. 18 - поперечное сечение, иллюстрирующее, что в случае, когда имеется препятствие выше туннеля, внешняя предварительная крепь не может быть выполнена такой же, как ширина препятствия, элемент 5 последующей крепи дополнительно установлен для упрочнения на не упрочненном участке в туннеле;

фиг. 19 - поперечное сечение, иллюстрирующее, что радиально направленные элементы 34 внешней предварительной крепи установлены по радиусам по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля от поверхности 31 грунта и установлен вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку;

фиг. 20 - поперечное сечение, иллюстрирующее, что радиально направленные элементы 34 внешней предварительной крепи установлены по радиусам по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля от поверхности 31 грунта и установлен наклонный элемент 32 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку;

фиг. 21 - перспективный вид, иллюстрирующий состояние, в котором ленточный дренажный элемент установлен позади набрызг-бетона;

фиг. 22 - вид, иллюстрирующий арматурный стальной каркас, который представляет собой стальной каркас по форме фермы для усиления набрызг-бетона и изготавливается надлежащего размера в зависимости от интервала между элементами предварительной крепи и состояния грунта, в который должны устанавливаться элементы; и

фиг. 23 - вид, иллюстрирующий, что в случае, когда толщина почвенного покрова является тонкой и грунт является мягким, как на фиг. 15, толщина почвенного покрова заменена искусственным упрочняющим материалом, а элемент внешней предварительной крепи установлен от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению туннеля и внешней стороне поперечного сечения туннеля, при этом позицией 30 обозначена вся обозначенная пунктирной линией овальная зона, то есть элемент 30 внешней предварительной крепи, а позицией 33 обозначен вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, который установлен вертикально на боковой стенке туннеля в числе других элементов внешней предварительной крепи.

#### **Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения**

Варианты осуществления настоящего изобретения будут подробно описаны с обращением к сопровождающим чертежам. Если на одной из фиг. 1-23 какая-либо деталь не обозначена позицией, то она обозначена позициями на других чертежах.

Настоящее изобретение относится прежде всего к способу проходки пилотного туннеля в поперечном сечении сооружаемого основного туннеля путем бурения шпуров в радиальных направлениях во множестве мест в пилотном туннеле, продавливания элемента внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля для фиксации и установки, выемки грунта по линии проходки основного туннеля, первичного набрызгивания набрызг-бетона и установки элемента последующей крепи и к способу прокладки туннеля прежде всего путем бурения шпуров по направлению к туннелю от поверхности грунта для установки элемента внешней предварительной крепи, проходки туннеля и первичного набрызгивания набрызг-бетона на поверхность выработки и установки элемента последующей крепи, и это в случае, когда возможно бурение на поверхности грунта.

Из числа основных описательных терминов прежде всего термин "внутренняя предварительная крепь" означает, что шпур пробуривают в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля сквозь поверхность выработки основного туннеля на длину, необходимую для стабилизации туннеля, при использовании бурового инструмента, который может пробуривать длинный шпур из пилотного туннеля, имеющего поверхность выработки, отстоящую от поверхности выработки основного туннеля, по направлению к поверхности выработки основного туннеля, и гвоздь забивают в естественный грунт основного туннеля и фиксируют смолой, заливкой раствором или созданием механической расширяющей силы, а термин "внешняя предварительная крепь" означает, что элемент внешней предварительной крепи устанавливают вертикально на внешней стороне поперечного сечения выработки туннеля от поверхности грунта по направлению к туннелю и устанавливают так, чтобы он был открыт к поверхности выработки внутренней стороны, чтобы он был как неотъемлемая часть связан с элементом пластинчатой крепи, установленным на поверхности выработки туннеля, а способ встраивания в естественный грунт является таким же, как способ встраивания внутренней предварительной крепи.

Элемент 30 внешней предварительной крепи устанавливают по-разному, например вертикально или по радиусу от поверхности грунта по направлению к поверхности выработки на участке поперечного сечения туннеля, и его располагают вертикально или наклонно на участках боковых стенок поперечного сечения туннеля, и подразделяют на вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, который устанавливают вертикально на внешних сторонах боковых стенок туннеля, и наклонный элемент 32 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, который устанавливают наклонно в тангенциальном направлении на боковых стенках туннеля.

Элемент внутренней предварительной крепи и элемент внешней предварительной крепи различаются в зависимости от места бурения шпура для установки и собирательно называются "элементом предварительной крепи", и могут быть линейным элементом крепи, таким как гвоздь.

В техническом описании гвоздь, который устанавливают заблаговременно до проходки основного туннеля, когда имеется небольшое или отсутствует смещение или повышение напряжения в естественном грунте основного туннеля, определяется как "элемент предварительной крепи".

Элемент предварительной крепи, который устанавливают заблаговременно, проявляет поддерживающую силу с момента выемки грунта из оголовка основного туннеля. Исходя из безопасности, предпочтительно, чтобы материал элемента предварительной крепи имел высокую прочность и более высокий коэффициент удлинения, чем коэффициент удлинения естественного грунта до обрушения. Можно использовать материалы линейного типа, такие как стальной прут, стальная труба, армированный стеклом пластик (АСП).

Элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи, вставляют в шпур, пробуренные буровым инструментом, и фиксируют заливкой раствором. В качестве материала для заливки можно использовать капсулу со смолой или цементы, которые являются неорганическими материалами с небольшим химическим превращением в течение длительного времени, а когда основной задачей является водонепроницаемость, можно использовать раствор, вид которого зависит от состояния грунта.

Диаметр (поперечная длина) пробуренного шпура для элемента предварительной крепи является большим, то есть от 105 до 200 мм в мягком грунте, и меньше, то есть от 35 до 105 мм в коренной породе, выбираемым с учетом прочности на сдвиг нагнетаемого материала и естественного грунта.

В частности, в способе механического расширения трубу, гофрированную по длине в продольном направлении, расширяют подобно разбухающему болту для осуществления фиксации.

"Элемент последующей крепи" представляет собой линейный элемент крепи, устанавливаемый в поверхность выработки после проходки основного туннеля, и имеет функцию, подобную функции гвоздя. Один элемент последующей крепи или множество элементов последующей крепи устанавливают между элементами предварительной крепи или устанавливают на участках 18 боковых стенок. Исходя из экономической эффективности, предпочтительно, чтобы элемент последующей крепи имел меньшую жесткость и меньшую длину, чем жесткость и длина элемента предварительной крепи.

В качестве материала элемента последующей крепи можно использовать стальной стержень, полую штангу, стальную трубу, перфорированную стальную трубу, болт из армированного стеклом пластика, разбухающий болт и т.п. и можно использовать такой же заливочный материал, как для элемента предварительной крепи, такой как смола.

Способ установки элемента последующей крепи между элементами предварительной крепи, отнесенными друг от друга в продольном направлении туннеля, как на фиг. 6 и 16, также является таким же, как описанный выше.

Элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи в совокупности называются "линейным элементом крепи".

Причина, по которой элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи устанавливают совместно, заключается в следующем.

Во-первых, напряжение, создаваемое в естественном грунте вследствие проходки туннеля, является наибольшим напряжением на поверхности проходки, а на расстоянии от поверхности выработки напря-

жение меньше. В соответствии с этим предпочтительно, чтобы упрочнение, создаваемое элементом крепи, осуществлялось интенсивно на поверхности выработки и упрочнение было меньше на участке, отстоящем от поверхности выработки.

Во-вторых, при расположении толстого и длинного упрочняющего материала в пробуренном шпуре во время установки элемента предварительной крепи можно обеспечивать устойчивость всего туннеля путем установки только небольшого количества элементов предварительной крепи, и это предпочтительно в количественном отношении. Однако, если интервал установки является большим, то вследствие характеристик гвоздя область пластической деформации и мелкомасштабного обрушения может возникнуть между гвоздями, и поэтому невозможно уменьшать интервал между гвоздями предварительной крепи. Для разрешения такой проблемы в настоящем изобретении упрочнение исходного грунта в основном туннеле выполняют при использовании минимального количества элементов предварительной крепи, имеющих высокую жесткость и большую длину, затем первично набрызгивают набрызг-бетон и дополнительно устанавливают элемент последующей крепи между элементами предварительной крепи во время поддержания поверхности выработки, вследствие чего дополнительно выполняют упрочнение в широком пространстве между элементами предварительной крепи.

В-третьих, затраты на бурение шпуров намного выше, чем затраты на гвоздевые материалы, и требуется продолжительное время на процесс бурения, поэтому во время установки элемента предварительной крепи устанавливают толстый и длинный гвоздь, имеющий высокую жесткость, для минимизации количества устанавливаемых элементов предварительной крепи и устанавливают множество элементов последующей крепи, которые можно легко устанавливать и которые являются недорогими, и тем самым осуществляют экономичную и легкую установку.

Термин "основной туннель" означает туннель как конечный объект и относится к туннелю, используемому после завершения процесса проходки и крепления. Процесс предварительного крепления, выполняемый при расположении пилотного туннеля в поперечном сечении основного туннеля, является экономически выгодным в случае туннеля большого сечения с 3 или большим количеством железнодорожных путей.

Поскольку на механическую конструкцию туннеля, имеющего меньшее поперечное сечение, накладываются ограничивающие условия, затраты на сооружение и продолжительность сооружения возрастают. В настоящем изобретении основным туннелем называется туннель как конечный объект.

Термин "пилотный туннель" относится к туннелю, имеющему небольшое поперечное сечение, который образуют существующим способом прокладки туннеля в основном туннеле, и надежность конструкции которого можно легко обеспечивать. Пилотный туннель представляет собой туннель, располагаемый так, что планируемая поверхность выработки основного туннеля и поверхность выработки пилотного туннеля, в которой должен быть установлен элемент предварительной крепи, отстоят друг от друга, так что смещение, вызываемое проходкой пилотного туннеля, не оказывает влияния на конструкцию основного туннеля, или смещение является небольшим.

Когда имеется критическое препятствие, такое как основание моста снаружи туннеля, это смещение необходимо минимизировать, поэтому пилотный туннель располагает внецентренно в основном туннеле, чтобы поверхность выработки основного туннеля, вблизи которого находится препятствие, и поверхность выработки пилотного туннеля были по возможности дальше отнесены друг от друга.

Выемку грунта из пилотного туннеля выполняют до выемки грунта из основного туннеля, а пилотный туннель используют для исследования грунта основного туннеля и используют как рабочее пространство для установки элемента предварительной крепи в естественный грунт основного туннеля.

Термин "естественный грунт" означает грунт, в котором сооружают туннель, а более конкретно, наружный грунт основного туннеля называют естественным грунтом основного туннеля и наружный грунт пилотного туннеля называют естественным грунтом пилотного туннеля.

Термин "пластинчатая крепь" в собирательном значении относится к виду прикрепления к поверхности выработки туннеля пластинчатого элемента, устанавливаемого на поверхность выработки, и включает в себя сочетание набрызг-бетона, армированного стальной фиброй, или набрызгбетона, проволочной сетки, упрочняющей внутреннюю часть поверхности, и арматурного стального каркаса, и к креплению сборной сегментированной плиты в качестве опорной плиты к элементу предварительной крепи, и к заливке строительного раствора или цементного молока между поверхностью выработки и сборной сегментированной плитой.

Согласно варианту осуществления настоящего изобретения в способе соединения элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи с элементом пластинчатой крепи первично набрызгивают набрызг-бетон на поверхность выработки, арматурный стальной каркас прикладывают к элементу предварительной крепи и элементу последующей крепи, которые выступают от поверхности набрызг-бетона, и на него накладывают и прикрепляют опорную плиту, и повторно набрызгивают набрызг-бетон.

На фиг. 1 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее способ прокладки туннеля, при этом показаны основной туннель 2, расположенный в естественном грунте 1, и пилотный туннель 3. Как показано на фиг. 1, основной туннель 2 расположен в естественном грунте, а пилотный туннель 3 меньшего

размера, чем основной туннель 2, расположен в основном туннеле 2. В зависимости от местоположения поверхность естественного грунта 1 может быть ровной поверхностью или наклонной поверхностью, подобной горе.

На фиг. 2 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее, что элемент 4 внутренней предварительной крепи установлен в естественном грунте 1 основного туннеля 2 от потолочной части пилотного туннеля 3. Элемент 4 внутренней предварительной крепи представляет собой конструктивный элемент крепи основного туннеля 2, а длина и толщина его задаются в зависимости от ширины основного туннеля 2. Требуемое или большее количество элементов внутренней предварительной крепи для поддержания поверхности выработки основного туннеля 2 в течение рабочего времени, когда выполняют последовательную выемку грунта к поверхности выработки основного туннеля в соответствии с заданной протяженностью проходки, устанавливают при бурении и обычно проводят заливку раствором под давлением, используя цементное молоко, и выполняют отверждение. В данном случае рабочее время, в течение которого происходит поддержание выработки, означает время, в течение которого в туннеле выполняют процесс выемки грунта и закрепления.

Чтобы облегчить нагнетание и одновременно иметь высокую прочность и водонепроницаемость, нагнетают в качестве нагнетаемого материала особо мелкозернистый микроцемент в виде суспензии, нагнетаемый материал в виде раствора или смесь их.

В качестве материала в виде раствора можно использовать различные нагнетаемые материалы в виде раствора, такие как золь кремневой кислоты, уретан или что-либо подобное.

В качестве способа нагнетания можно выполнять многоэтапное нагнетание при установке в пробуренные шпур множества шлангов, имеющих различную длину, или в зависимости от требуемых эффектов два или большее количество пакеров можно устанавливать и жидкие химикаты различных видов можно нагнетать на многочисленных этапах.

Пилотный туннель 3 можно сооружать в соответствии с существующим способом проходки и крепления туннелей, а набрызг-бетон и штангу, которые являются обычными элементами крепи, располагать на поверхности выработки его.

В случае элемента 4 внутренней предварительной крепи шпур пробуривают в естественном грунте 1 основного туннеля 2 из пилотного туннеля 3 сквозь поверхность выработки основного туннеля 2 на длину, необходимую для стабилизации туннеля, при использовании в пилотном туннеле 3 бурового инструмента, способного пробуривать длинный шпур, элемент 4 предварительной крепи вставляют присоединенным к соединительной трубе и затем после удаления соединительной трубы проводят заливку раствором.

На фиг. 3 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее, что после выемки грунта между поверхностью выработки пилотного туннеля 3 и поверхностью выработки основного туннеля 2 элемент 5 последующей крепи установлен между элементами 4 предварительной крепи в потолочной части 17 поверхности выработки основного туннеля 2. В состоянии, в котором элемент 4 внутренней предварительной крепи установлен после проходки пилотного туннеля 3, производят выемку грунта из оголовья 6 основного туннеля 2 и затем удаляют пемзу, и первично набрызгивают набрызг-бетон на поверхность выработки основного туннеля 2.

Затем один или несколько шпуров пробуривают между элементами 4 внутренней предварительной крепи для установки элемента 5 последующей крепи, при этом элемент 5 последующей крепи вставляют в пробуренный шпур, и проводят заливку раствором. Можно использовать элемент 5 последующей крепи, имеющий меньшую длину и меньшую толщину, чем длина и толщина элемента 4 внутренней предварительной крепи, или элемент 5 последующей крепи, имеющий меньшую длину или меньшую толщину, чем длина или толщина элемента 4 внутренней предварительной крепи. Элемент 5 последующей крепи можно фиксировать, используя смолу или проводя заливку раствором, подобно заливке раствором элемента 4 внутренней предварительной крепи.

Затем упрочняющие материалы, такие как арматурный стальной каркас, стальной элемент крепи или решетчатый элемент крепи, устанавливают, прилаживая к элементу 4 внутренней предварительной крепи и элементу 5 последующей крепи, помещая опорную плиту и стопорные гайки, и повторно набрызгивают набрызг-бетон, при этом элемент пластинчатой крепи, способный выдерживать давление поверхности выработки туннеля, и линейный элемент крепи жестко соединяют друг с другом. С учетом анизотропной растягивающей силы и сжатия грунта участки 18 боковых стенок являются конструктивно надежными по сравнению с потолочной частью 17 и поэтому можно обеспечить безопасность даже в случае использования только элемента последующей крепи для поддержания выработки в туннеле, исключая случай мягкого грунта. Если нижний грунт туннеля представляет собой мягкий грунт, то в случае нижней части 19 элемент последующей крепи также можно использовать для упрочнения нижней части.

На фиг. 4 представлен продольный разрез, иллюстрирующий, что пилотный туннель 3 проходит в основном туннеле 2. Информация о грунте туннеля может быть собрана полностью из оголовья 7 туннеля путем съемки при проходке пилотного туннеля 3, так что проект можно проверять перед проходкой основного туннеля, благодаря чему обеспечивается возможность создания совершенной конструкции.



Однако в существующем способе сооружения исследуют грунт только на входе и выходе, а в случае центральной части туннеля, где толща почвенного покрова расположена на большой высоте, выполняют с относительно низкой точностью расчет, основанный на умозаключении и физическом наблюдении, и если во время проходки появляется неожиданная непрочная зона, сооружение основного туннеля приходится приостанавливать, а проект пересматривать, что является обременительным.

На фиг. 5 представлен продольный разрез, иллюстрирующий, что в радиальных направлениях образованы пробуренные шпуровые элементы 4 в пилотном туннеле 3 для установки требуемого или большего количества элементов 4 внутренней предварительной крепи, чтобы осуществлялось поддержание поверхности выработки в течение рабочего времени при выполнении последовательной разработки поверхности выработки основного туннеля 2 в соответствии с расчетной протяженностью проходки, выполнены заливка раствором и отверждение для закрепления введенного и расположенного в пробуренном по радиусу шпуре элемента 4 внутренней предварительной крепи.

Более подробно на фиг. 5 представлен продольный разрез, иллюстрирующий, что элемент 4 предварительной крепи установлен в естественный грунт 1 основного туннеля 2 из пилотного туннеля 3, на который набрызган набрызг-бетон 8 таким образом, что элемент 4 предварительной крепи открыт к поверхности выработки основного туннеля 2. Пилотный туннель 3 пройден в основном туннеле 2, множество шпуров пробурены по радиусам в пилотном туннеле 3 и элемент 4 внутренней предварительной крепи вдавлен в шпур присоединенным к соединительной трубе. На данный момент элемент 4 внутренней предварительной крепи установлен так, что торец конца его открыт внутрь туннеля, чтобы элемент 4 внутренней предварительной крепи, соединенный с набрызг-бетоном, упрочнял поверхность выработки после проходки основного туннеля 2.

Для безопасности во время сооружения по меньшей мере два или большее количество стопоров прикрепляют к элементу 4 внутренней предварительной крепи с интервалом от 2 до 5 м таким образом, чтобы элемент 4 внутренней предварительной крепи располагался в центре пробуренного шпура без выпадения после введения. Кроме того, чтобы провести заливку раствором под давлением нагнетательный шланг 13 и выпускной шланг прикрепляют к торцу конца элемента 4 внутренней предварительной крепи при использовании скрепляющей проволоки. В случае, когда естественный грунт 1 является крепким, выпускной шланг дополнительно закрепляют так, чтобы выпускной шланг находился на более высоком уровне, чем нагнетательный шланг 13, мешочный пакер 11 прикрепляют к торцу конца элемента 4 внутренней предварительной крепи внутри туннеля, чтобы обеспечить возможность заливки раствором под давлением. Мешочный пакер 11 устанавливают так, чтобы он располагался на выработанной части поверхности выработки основного туннеля 2.

На фиг. 6 представлен продольный разрез, иллюстрирующий, что туннель пройден поэтапно в продольном направлении по линии проходки основного туннеля, набрызг-бетон набрызган первично, элемент 5 последующей крепи установлен между элементами 4 предварительной крепи в поверхности выработки, на которую набрызг-бетон набрызган первично, и элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи соединены с элементом пластинчатой крепи. На фиг. 6 представлен вид, иллюстрирующий, что после выемки грунта из пилотного туннеля 3 с расширением до поверхности выработки основного туннеля 2 элемент 5 последующей крепи установлен между элементами 4 внутренней предварительной крепи, установленными в пилотном туннеле 3, в поверхности выработки основного туннеля, на которую набрызган набрызг-бетон, и в качестве элемента 5 последующей крепи забит гвоздь, имеющий меньшую длину и меньшую толщину, чем длина и толщина элемента 4 внутренней предварительной крепи, опорная плита 15 прижата к торцам концов элемента последующей крепи и элемента внутренней предварительной крепи и во второй раз набрызган набрызг-бетон для завершения процесса поддержания выработки. Таким образом, конструктивно элемент 4 внутренней предварительной крепи и элемент последующей крепи могут использоваться для закрепления естественного грунта, и элемент 4 внутренней предварительной крепи и элемент последующей крепи могут быть скреплены с элементом 8 пластинчатой крепи, крепящим поверхность выработки.

На фиг. 7 представлен вид, иллюстрирующий состояние, в котором монтаж обделки 9 завершен после того, как элемент 4 предварительной крепи и элемент 5 последующей крепи установлены, соединены и скреплены с элементом 8 пластинчатой крепи.

На фиг. 8 показано состояние, в котором с наружной стороны туннеля имеется критическое препятствие 21, такое как здание или основание моста, при этом смещение пилотного туннеля 3 должно быть минимизировано, для чего пилотный туннель 3 располагают внецентренно в основном туннеле 2 таким образом, чтобы планируемая поверхность выработки основного туннеля 2, вблизи которого находится препятствие 21, и поверхность выработки пилотного туннеля 3 были отнесены друг от друга по возможности дальше. Для обеспечения требуемого угла бурения для буровой машины во время операции бурения дополнительно вынимают часть грунта из донной части 19.

На фиг. 9 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором элемент 4 предварительной крепи установлен в естественном грунте 1 основного туннеля 2 из пилотного туннеля 3, который расположен внецентренно и в то же время отстоит от места расположения препятствия 21.

На фиг. 10 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее состояние проходки основного туннеля 2, когда участок, из которого дополнительно вынимался грунт, снова заполнен.

На фиг. 11 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором набрызг-бетон первично набрызган после установки элемента внутренней предварительной крепи, как на фиг. 10, при этом элемент 5 последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи и набрызг-бетон набрызган во второй раз для образования соединения между элементом пластинчатой крепи, элементом предварительной крепи и элементом последующей крепи.

На фиг. 12 представлен конечный чертеж, иллюстрирующий процесс сооружения из фиг. 8-11, и на нем представлено поперечное сечение, иллюстрирующее состояние, в котором после того, как элемент 4 внутренней предварительной крепи установлен в естественный грунт 1 основного туннеля 2 из пилотного туннеля 3, который расположен внецентренно и в то же время отнесен от места расположения препятствия 21, набрызг-бетон набрызган первично, элемент 5 последующей крепи установлен между элементами предварительной крепи, набрызг-бетон набрызган во второй раз для образования соединения между элементом пластинчатой крепи и элементом предварительной крепи и элементом последующей крепи, и сооружение обделки 9 завершено.

На фиг. 13 представлен вид, иллюстрирующий, что соединительная труба 12 для продавливания элемента 4 внутренней предварительной крепи в длинный шпур, пробуренный в пилотном туннеле 3, соединена с элементом 4 внутренней предварительной крепи и для безопасности во время выполнения работы стопоры 10 установлены на элементе 4 предварительной крепи с интервалами от 2 до 5 м, чтобы элемент 4 предварительной крепи располагался в центре пробуренного шпура без выпадения после введения, и мешки-пакеры 11 установлены на торцах концов выпускного шланга и нагнетательного шланга 13. Необходимо, чтобы на элементе 4 предварительной крепи были установлены по меньшей мере 2 стопора или большее количество.

На фиг. 14 представлена диаграмма, иллюстрирующая, что при проходке основного туннеля 2 напряжение, прикладываемое к естественному грунту, и напряжение, прикладываемое к линейному элементу крепи, являются наибольшими на поверхности выработки и постепенно уменьшаются от поверхности выработки по направлению к внешней стороне. Установка как длинных элементов 4 и 30 предварительной крепи, так и короткого элемента 5 последующей крепи между ними, как на фиг. 3 и 15, представляет собой наиболее экономически выгодный способ крепления.

Поскольку естественный грунт 1 образован анизотропным материалом, прочность которого в направлении сжатия является большой и прочность при растяжении является небольшой, можно, не боясь ошибиться, устанавливать элемент 8 последующей крепи только на участках 18 боковых стенок, которые большей частью сжимаются.

Однако в мягком грунте, таком как илистый грунт, элемент 4 внутренней предварительной крепи и элемент 5 последующей крепи устанавливают также на боковых стенках таким же образом, как на потолочной части 17.

На фиг. 15 показано состояние, в котором требуется или большее количество элементов 30 внешней предварительной крепи для поддержания поверхности выработки основного туннеля 2 в течение рабочего времени при выполнении последовательной выемки грунта в соответствии с заданной протяженностью проходки основного туннеля 2 установлено во множестве мест от поверхности 31 грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних стенок боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 заблаговременно до проходки туннеля, выработано планируемое поперечное сечение туннеля, набрызг-бетон набрызган на поверхность выработки в туннеле, элемент последующей крепи установлен между элементами внешней предварительной крепи открытым к поверхности выработки туннеля и затем на поверхности выработки, как указывалось выше, элемент 5 последующей крепи и элементы 30 внешней предварительной крепи соединены с элементом пластинчатой крепи. В данном случае рабочее время, в течение которого происходит поддержание поверхности выработки, означает время, в течение которого выполняется процесс проходки и крепления.

Элемент последующей крепи представляет собой линейный элемент крепи, устанавливаемый в поверхность выработки после проходки основного туннеля, и обладает функцией, аналогичной функции гвоздя. Один элемент последующей крепи или множество элементов последующей крепи устанавливают между элементами предварительной крепи или устанавливают на участках 18 боковых стенок. С учетом экономической эффективности предпочтительно, чтобы элемент последующей крепи имел меньшую жесткость и меньшую длину, чем жесткость и длина элемента предварительной крепи.

На фиг. 16 показан способ установки элемента последующей крепи между элементами предварительной крепи, отнесенными друг от друга в продольном направлении туннеля, аналогичный способу, описанному выше с обращением к фиг. 6.

На фиг. 17 представлен вид, иллюстрирующий, что при установке требуемого или большего количества элементов 30 предварительной крепи для поддержания поверхности выработки при выполнении последовательной выемки грунта в соответствии с заданной протяженностью проходки туннеля во множестве мест от поверхности 31 грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних сто-

рон боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 заблаговременно до проходки туннеля вертикальные элементы 33 внешней предварительной крепи, усиливающие боковые стенки, устанавливаемые на внешних сторонах участков левой и правой боковых стенок, установлены глубже уровня дна туннеля, чтобы предотвратить подъем дна. В случае, когда грунт дна туннеля является мягким, грунт может подниматься под действием нагрузки на левую и правую боковые стенки туннеля. Чтобы исключить такую проблему, вертикальные элементы 33 предварительной крепи, усиливающие боковые стенки, могут быть установлены на участках боковых стенок глубже дна для восприятия вертикальной нагрузки на правую и левую боковые стенки, благодаря чему может предотвращаться подъем дна и создаваться эффект упрочнения при сдвиге в случае вектора смещения в направлении дна, определяемый численным анализом. Кроме того, установка в продольном направлении элемента внутренней последующей крепи между вертикальными элементами 33 внешней предварительной крепи, усиливающими боковые стенки, способствует усилению вертикального элемента 33 предварительной крепи, усиливающего боковую стенку, и предотвращает искривление вертикального элемента 33 предварительной крепи, усиливающего боковую стенку.

На фиг. 18 показано, что, если имеется препятствие, то при установке требуемого или большего количества элементов 30 внешней предварительной крепи для поддержания поверхности выработки в течение рабочего времени при выполнении последовательной выемки грунта в соответствии с заданной протяженностью проходки туннеля, во множестве мест от поверхности 31 грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних сторон боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 заблаговременно до проходки туннеля элемент внешней предварительной крепи устанавливают наклонно, чтобы минимизировать незакрепленный участок.

Однако в случае, когда вследствие наличия препятствия элементы внешней предварительной крепи установлены в недостаточном количестве в верхнем грунте поперечного сечения основного туннеля, при установке элемента последующей крепи между элементами 30 внешней предварительной крепи, открытого к поверхности выработки в туннеле, один или несколько элементов последующей крепи устанавливают в сечении в незакрепленном состоянии вследствие наличия препятствия.

На фиг. 19 представлено поперечное сечение, иллюстрирующее, что радиально направленные элементы 34 внешней предварительной крепи установлены по радиусам по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля от поверхности 31 грунта и установлен вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку.

На фиг. 20 представлен вид, иллюстрирующий, что радиально направленные элементы 34 внешней предварительной крепи установлены по радиусам по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля от поверхности 31 грунта и установлен наклонный элемент 32 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку. Варианты осуществления, в которых элемент внешней предварительной крепи установлен различным образом, показаны на фиг. 15-20. То есть, элемент 30 внешней предварительной крепи 30 включает в себя радиально направленный элемент 34 внешней предварительной крепи, наклонный элемент 32 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку, и вертикальный элемент 33 внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку.

На фиг. 21 представлен перспективный вид, иллюстрирующий, что дренажный элемент 16 ленточного типа установлен между поверхностью выработки и набрызг-бетоном 8. На фиг. 21 показано, что туннель пройден по линии проходки основного туннеля, дренажный элемент 16 установлен на поверхности выработки и набрызг-бетон 8 набрызган на поверхность выработки, на которой установлен дренажный элемент 16. Дренажные элементы, устанавливаемые на поверхность выработки, имеют ленты или перфорированные трубы и должны быть непрерывно соединены на протяжении поверхности выработки для спуска жидкости в скрытые каналы, проложенные по обеим боковым стенкам в дне туннеля. Если, как описано выше, дренажный элемент устанавливать до набрызгивания набрызг-бетона, то можно предотвратить эфлоресценцию, возникающую при прохождении воды сквозь набрызг-бетон, поэтому дренажная система не сможет забиваться. Это можно также применять к 2-арочному туннелю или туннелю общего назначения.

На фиг. 22 представлен вид, иллюстрирующий арматурный стальной каркас 14 для армирования набрызг-бетона, который образуют из стального прутка и изготавливают автоматической сваркой. Арматурный стальной каркас образуют имеющим форму, в соответствии с которой верхние и нижние стальные прутки сваривают с образованием ферменной формы для согласования с радиусом кривизны поперечного сечения туннеля, сваренные стальные прутки располагают параллельно с интервалами от 15 до 50 см, распределительные стержни приваривают вертикально с интервалами от 20 до 100 см, а верхние и нижние распределительные стержни приваривают при наложении стальных прутков с образованием ферменной формы или сеточной формы.

Когда необходима частичная проходка, длина в направлении поперечного сечения может быть длинной, соответствующей от 1/3 до 1/2 поперечной длины туннеля. При этом концевую часть арматурного стального каркаса необходимо дополнительно вытянуть в длину для стыка внахлестку.

В другом способе можно использовать резьбовые стальные стержни и соединять их с помощью

муфт друг с другом. Способ установки арматурного стального каркаса заключается в следующем. После проходки основного туннеля 2 удаляют пемзу и затем первично набрызгивают набрызг-бетон, арматурный стальной каркас 14 прилаживают к элементу 4 предварительной крепи и фиксируют опорной плитой, а в завершение набрызгивают набрызг-бетон.

Как показано на фиг. 23, в случае, когда толщина почвенного покрова основного туннеля является тонкой и грунт основного туннеля является мягким, как на фиг. 15, толщину почвенного покрова заменяют искусственным упрочняющим материалом и элемент внешней предварительной крепи устанавливают от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению туннеля и внешней стороне поперечного сечения туннеля.

Первый вариант осуществления настоящего изобретения будет описан подробно.

Способ прокладки туннеля включает в себя проходку пилотного туннеля 3 в сооружаемом основном туннеле 2; образование по радиусу пробуренного шпура от поверхности выработки пилотного туннеля 3 к торцу конца элемента предварительной крепи основного туннеля во множестве мест в пилотном туннеле 3 для установки элемента 4 внутренней предварительной крепи; введение элемента 4 внутренней предварительной крепи в пробуренный шпур, проведение заливки раствором и выполнение отверждения для фиксации элемента 4 внутренней предварительной крепи; поэтапную проходку туннеля в продольном направлении по линии проходки основного туннеля 2 и первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки основного туннеля в основном туннеле; установку элемента 5 последующей крепи между множеством элементов 4 внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон; и соединение элемента 4 внутренней предварительной крепи и элемента 5 последующей крепи с элементом пластинчатой крепи.

Способ присоединения элемента пластинчатой крепи включает в себя следующие процессы: первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки, установку элемента 5 последующей крепи между элементами 4 внутренней предварительной крепи в поверхность выработки и наложение и подтягивание опорной плиты к элементам 4 внутренней предварительной крепи и элементу 4 последующей крепи на первично набрызганном набрызг-бетоне при использовании анкерного болта; повторное набрызгивание набрызг-бетона на установленную опорную плиту и установку водонепроницаемого листа и установку обделки, и тем самым завершение туннеля.

В случае, когда грунт представляет собой коренную породу, способ установки элемента 5 последующей крепи между элементами 4 внутренней предварительной крепи в потолочной части 17 туннеля и установка элемента 5 последующей крепи только на участках 18 боковых стенок представляет собой более оптимальный способ компоновки.

Кроме того, в способе установки элемента 4 внутренней предварительной крепи и элемента 5 последующей крепи элемент 5 последующей крепи можно устанавливать между элементами 4 внутренней предварительной крепи, отнесенными друг от друга в продольном направлении, которое является направлением проходки туннеля.

В способе введения и установки элемента 4 внутренней предварительной крепи соединительную трубу для продавливания элемента 4 внутренней предварительной крепи в длинный шпур, пробуренный в пилотном туннеле 3, соединяют с элементом 4 внутренней предварительной крепи и для безопасности во время сооружения стопоры 10 устанавливают на элемент 4 предварительной крепи с интервалами от 2 до 5 м, чтобы элемент 4 предварительной крепи располагался в центре пробуренного шпура без выпадения после введения, выпускной шланг и нагнетательный шланг 13 прикрепляют к боковой поверхности скрепляющей проволокой, мешочный пакер 11 устанавливают на торцах концов выпускного шланга и нагнетательного шланга 13 на стороне поверхности выработки туннеля и количество стопоров 10, устанавливаемых на элементе 4 предварительной крепи, должно составлять по меньшей мере 2 или больше.

В способе установки длинные шпуры для введения множества элементов внутренней предварительной крепи пробуривают по радиусам в естественном грунте 1 основного туннеля из пилотного туннеля 3, элемент 4 внутренней предварительной крепи вставляют в естественный грунт 1 из пилотного туннеля 3 при соединении соединительной трубы с элементом 4 внутренней предварительной крепи таким образом, чтобы торцевая часть элемента 4 внутренней предварительной крепи была частично открыта для обеспечения возможности соединения с элементом пластинчатой крепи на планируемой поверхности выработки основного туннеля 2, после удаления соединительной трубы мешочный пакер расширяют, используя нагнетательный шланг, соединенный с мешочным пакером, и проводят заливку цементным молоком под давлением, проникающим через пакер, используя нагнетательный шланг, присоединенный к боковой поверхности элемента предварительной крепи. Подходящее давление при заливке под давлением составляет от 5 до 10 кг/см<sup>2</sup> и, когда проводят заливку под давлением, сила с учетом трения, сдвигающая шарик раствора и естественный грунт, повышается и становится приблизительно в 3 раза выше, чем при заливке самотеком, и нагнетаемый материал нагнетается через трещину или разрыв в естественном грунте, в результате чего проявляется эффект водонепроницаемости.

Элемент 5 последующей крепи устанавливают таким образом, чтобы элемент 4 внутренней предварительной крепи оказался установленным в пилотном туннеле, проходят основной туннель 2, первично

набрызган набрызг-бетон на поверхность выработки основного туннеля 2, шпур для элементов 5 последующей крепи типа штанги пробуривают в поверхности, накладывают смолу и штангу вставляют при вращении в шпуре до фиксации, а опорную плиту прикрепляют к торцу конца ее. В случае элемента 5 последующей крепи типа гвоздя после бурения шпура гвоздь вводят в шпур при наличии нагнетательного шланга 13 и выпускного шланга, присоединенных к нему, и пакер 11 расширяют на торце конца его для проведения заливки под давлением при использовании цементного молока. Эффект от нагнетания является таким же, как эффект от элемента предварительной крепи.

Стальной элемент крепи или арматурный стальной каркас 14 прилаживают к торцу конца элемента 5 последующей крепи, который открыт для объединения с элементом 8 пластинчатой крепи, опорную плиту накладывают, прижимают и фиксируют, затягивая анкерный болт, и затем набрызгивают набрызг-бетон, чтобы скрыть анкерный болт, и тем самым объединяют элемент 5 последующей крепи и элемент пластинчатой крепи на поверхности выработки туннеля.

Элемент пластинчатой крепи прикладывают к набрызг-бетону, осажденному на поверхность выработки туннеля, и к арматурному стальному каркасу 14, усиливающему внутреннюю часть. В способе соединения элемента 4 внутренней предварительной крепи и элемента 5 последующей крепи первично набрызган набрызг-бетон на поверхность выработки, арматурный стальной каркас 14 прилаживают к элементу 4 внутренней предварительной крепи и элементу 5 последующей крепи, которые выдаются от поверхности набрызг-бетона, опорную плиту накладывают и устанавливают, затягивая анкерный болт, а набрызг-бетон набрызгивают во второй раз. Арматурный стальной каркас имеет ширину от 1 до 3 м и его изготавливают с учетом соответствия протяженности проходки одного участка в продольном направлении. В зависимости от устойчивости грунта протяженность в поперечном направлении может быть разделена на два или три участка, в зависимости от диаметра сращиваемый стальной стержень дополнительно удлиняют соединением внахлестку для согласования с техническими требованиями, изготавливают арматурный стальной каркас, в котором промежуток между верхними и нижними стальными стержнями в поперечном направлении имеет ферменную форму, или образуют арматурный стальной каркас, имеющий форму сетки с ячейками, расположенными с требуемыми интервалами, и распределительный стержень приваривают в продольном направлении, а верхние и нижние распределительные стержни приваривают с образованием ферменной формы при наложении стальных стержней, тем самым изготавливая арматурный стальной каркас, показанный на фиг. 22.

Если грунт находится в хорошем состоянии, арматурный стальной каркас 14 можно не включать или изготавливать без разделения и также можно устанавливать после разработки грунта всего поперечного сечения.

Поэтапная проходка туннеля по линии проходки основного туннеля включает в себя непрерывную установку арматурного стального каркаса 14, образованного из стального прутка, на элемент 4 внутренней предварительной крепи и элемент 5 последующей крепи после установки элемента 5 последующей крепи между элементами 4 внутренней предварительной крепи в поверхность выработки и наложение опорной плиты на элемент 4 внутренней предварительной крепи, проходящий сквозь арматурный стальной каркас 14, и затягивание анкерного болта для прижатия и фиксации арматурного стального каркаса 14; и набрызгивание набрызг-бетона на арматурный стальной каркас 14.

Способ прокладки туннеля включает в себя проходку туннеля по линии проходки основного туннеля 2, установку дренажного элемента на поверхность выработки и набрызгивание набрызг-бетона 8 на поверхность выработки, на которую устанавливают дренажный элемент 16.

Дренажные элементы, устанавливаемые на поверхности выработки, должны быть непрерывно соединены для спуска жидкости в скрытые каналы, проложенные по обеим боковым стенкам в дне туннеля. Если, как описано выше, дренажный элемент устанавливать до набрызгивания набрызг-бетона, то можно предотвращать эфлоресценцию, возникающую при прохождении воды сквозь набрызг-бетон, и поэтому дренажная система не сможет забиваться. Это можно также применять к 2-арочному туннелю или туннелю общего назначения.

В случае, когда фундамент большого здания или основание моста имеется в естественном грунте вблизи поверхности выработки основного туннеля 2, и поэтому необходимо минимизировать смещение, сооружение осуществляют согласно следующим процессам: внецентренное расположение и проходка пилотного туннеля 3 в основном туннеле 2 таким образом, чтобы планируемая поверхность выработки основного туннеля, вблизи которого находится препятствие 21, описанное выше, и поверхность выработки пилотного туннеля 3 были отнесены друг от друга по возможности дальше, и выполнение процесса крепления для обеспечения надежности конструкции; установка элемента 4 внутренней предварительной крепи в естественный грунт 1 основного туннеля 2 из пилотного туннеля 3, то есть внецентренная установка; и установка элемента 5 последующей крепи между множеством элементов 4 внутренней предварительной крепи после проходки основного туннеля 2.

Для обеспечения требуемого угла бурения для буровой машины во время операции бурения дополнительно вынимают часть грунта из донной части 19.

В состоянии, в котором пилотный туннель внецентренно расположен для минимизации смещения

поверхности выработки основного туннеля по направлению к препятствию, элемент внутренней предварительной крепи, который имеет высокую упругость и является более толстым, чем существующие элементы крепи, используемые для туннелей общего назначения, устанавливают, чтобы сделать грунт упругим и тем самым уменьшить смещение естественного грунта и минимизировать пластичную релаксацию, а при использовании совместно с элементом последующей крепи снизить вероятность частичного обрушения.

Второй вариант осуществления настоящего изобретения будет подробно описан с обращением к фиг. 15-20.

Способ прокладки туннеля включает в себя установку элементов 30 внешней предварительной крепи путем бурения шпуров от поверхности 31 грунта по направлению к поперечному сечению и внешним боковым участкам боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 во множестве мест заблаговременно до проходки туннеля, введение элементов предварительной крепи и проведение заливки раствором, если элемент предварительной крепи может быть установлен по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля снаружи туннеля при достижимости поверхности грунта; поэтапную проходку туннеля в продольном направлении по планируемой линии проходки основного туннеля 2 и набрызгивание первично набрызг-бетона на поверхность выработки основного туннеля в основном туннеле; и установку элемента последующей крепи между множеством элементов предварительной крепи в поверхность выработки, на которую набрызгивают набрызг-бетон в туннеле.

В рассмотренном выше процессе элемент 5 последующей крепи и элементы 30 внешней предварительной крепи соединяют с элементом пластинчатой крепи для завершения сооружения туннеля.

Конкретный способ соединения с элементом пластинчатой крепи включает в себя набрызгивание первично набрызг-бетона на поверхность выработки, установку элемента 5 последующей крепи между элементами 4 внешней предшествующей крепи в поверхность выработки, соединение элементов 4 внешней предварительной крепи и элемента 5 последующей крепи на набрызг-бетоне с помощью опорной плиты, набрызгивание во второй раз набрызг-бетона на установленную опорную плиту, установку водонепроницаемого листа и установку обделки, и этим сооружение туннеля завершается.

Как показано на фиг. 17, при установке требуемого или большего количества элементов 30 внешней предварительной крепи для поддержания поверхности выработки в течение рабочего времени при выполнении последовательной выемки грунта в соответствии с расчетной протяженностью проходки туннеля, но перед проходкой туннеля, во множестве мест от поверхности грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних сторон боковых стенок поперечного сечения основного туннеля 2 вертикальные элементы 33 внешней предварительной крепи, усиливающие боковые стенки, устанавливаемые на внешних сторонах участков левой и правой боковых стенок, устанавливают глубже уровня дна туннеля для предотвращения подъема дна.

Как показано на фиг. 18, в случае, когда элементы внешней предварительной крепи не устанавливают в достаточном количестве в верхнем грунте поперечного сечения основного туннеля вследствие наличия препятствия, при установке элемента последующей крепи между элементами 30 внешней предварительной крепи в туннеле элемент последующей крепи устанавливают в сечении в незакрепленном состоянии вследствие наличия препятствия.

Как показано на фиг. 23, в случае, когда толщина почвенного покрова основного туннеля является тонкой и грунт основного туннеля является мягким, толщю почвенного покрова заменяют искусственным упрочняющим материалом 50 и элемент внешней предварительной крепи устанавливают от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению туннеля и внешней стороне поперечного сечения туннеля. В частности, элементы внешней предварительной крепи вставляют в шпур, пробуренные в естественном грунте туннеля, при этом они проходят сквозь искусственный упрочняющий материал 50, цементное молоко нагнетают под давлением для объединения естественного грунта, искусственного упрочняющего материала 50 и элемента внешней предварительной крепи. Порядок сооружения может быть изменен, при этом сначала пробуривают шпур в естественном грунте, элемент внешней предварительной крепи вставляют так, чтобы он оставался открытым, нагнетают под давлением цементное молоко и располагают искусственный упрочняющий материал, чтобы объединить искусственный упрочняющий материал и элемент внешней предварительной крепи.

В качестве искусственного упрочняющего материала 50 можно использовать такой материал, как цементованный грунт, в котором ил естественного грунта и цемент смешаны и утрамбованы, бетон, железобетонную плиту и т.д., свойства мягкого естественного грунта потолочной части можно улучшить заменой на материал, имеющий высокую прочность, или объединением с элементом внешней предварительной крепи, при этом конструктивная устойчивость туннеля может быть обеспечена.

В случае использования высокопрочной железобетонной плиты для упрочнения толщи почвенного покрова туннеля можно проходить туннель при замене только пласта поверхности грунта, установке элемента внешней предварительной крепи и, следовательно, можно сохранять мягкий естественный грунт.

Способ соединения элемента пластинчатой крепи включает в себя поэтапную проходку туннеля в

продольном направлении по линии проходки основного туннеля, первичное набрызгивание набрызг-бетона, установку элемента 5 последующей крепи между множеством элементов предварительной крепи, непрерывную установку арматурного стального каркаса, образованного из стального прутка, на элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи и прижатие и фиксацию арматурного стального каркаса наложением опорной плиты на элемент предварительной крепи, проходящий сквозь арматурный стальной каркас, затягивание анкерного болта и набрызгивание набрызг-бетона в арматурный стальной каркас, который является таким же, как в первом варианте осуществления. В данном случае линией проходки называется обвод поперечного сечения туннеля, а набрызг-бетон набрызгивают на поверхность выработки, образующуюся при выемке грунта вдоль обвода. Анкерное крепление, фиксирующее опорную плиту, имеет форму гайки, и ее прикладывают к элементу предварительной крепи, чтобы затянуть.

Проходку туннеля по линии проходки основного туннеля и установку дренажного элемента на поверхность выработки выполняют таким же образом, как в первом варианте осуществления.

Элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи фиксируют в естественном грунте 1 основного туннеля 2, вставляя элемент предварительной крепи в пробуренный шпур и затем проводя заливку раствором под давлением, чтобы одновременно осуществить крепление и обеспечить эффект водонепроницаемости, и это таким же образом, как в первом варианте осуществления.

Первый вариант осуществления и второй вариант осуществления являются сходными в том, что в способе изготовления арматурного стального каркаса изготавливают арматурный стальной каркас, имеющий ширину, соответствующую протяженности проходки одного участка, в зависимости от устойчивости грунта протяженность в поперечном направлении может быть разделена на участки, разделенные участки могут быть состыкованы, при этом образуют арматурный стальной каркас, имеющий форму сетки, или арматурный стальной каркас, в котором промежутки между верхними и нижними стальными стержнями имеет ферменную форму, и арматурные стальные каркасы располагают с интервалами, определяемыми конструктивными требованиями.

Чтобы соорудить туннель с достижением повышенной экономической эффективности без утраты преимуществ способа прокладки туннеля с гвоздевыми элементами предварительной крепи согласно уровню техники, согласно настоящему изобретению устанавливаются только некоторые элементы предварительной крепи, а элементы внутренней предварительной крепи устанавливаются на заданных интервалах не во всем пилотном туннеле, и последовательную выемку грунта выполняют до поверхности выработки основного туннеля, и элементы последующей крепи, такие как гвоздь или штанга, дополнительно устанавливают в пробуренные шпуров в поверхность выработки основного туннеля.

Кроме того, установка элементов последующей крепи является предпочтительной, поскольку при этом процессе можно уменьшить длину шпуров, пробуриваемых из пилотного туннеля к поверхности выработки основного туннеля, а при установке множества элементов последующей крепи, имеющих меньшую длину и меньший диаметр по сравнению с длиной и диаметром элемента внутренней предварительной крепи, при таких же затратах на сооружение можно эффективно предотвращать частичное обрушение даже в случае мягкого грунта с многочисленными трещинами, и поскольку элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи более компактно поддерживают набрызг-бетон, который является элементом пластинчатой крепи, то можно более совершенно закреплять поверхность выработки.

Кроме того, в туннеле большого сечения при установке только элементов внутренней предварительной крепи во всем пилотном туннеле для конструктивной устойчивости естественный грунт вблизи поверхности выработки пилотного туннеля излишне повреждается пробуренными шпурами, поскольку интервал между шпурами, пробуренными для установки элементов предварительной крепи в круговой поверхности пилотного туннеля, является очень небольшим, в связи с чем ухудшается устойчивость пилотного туннеля. Однако в соответствии с настоящим изобретением упомянутую выше проблему можно разрешить выполнением выемки грунта до поверхности выработки и затем установкой элементов последующей крепи между элементами внутренней предварительной крепи.

Что касается конструктивного аспекта, то, поскольку при проходке основного туннеля напряжение, прикладываемое к естественному грунту и линейным элементам крепи, является наибольшим на поверхности выработки и постепенно снижается по направлению к внешней стороне от поверхности выработки, путем установки длинных элементов внутренней предварительной крепи и установки коротких элементов последующей крепи между элементами внутренней предварительной крепи, как это показано на фиг. 3, можно получить наиболее экономичный вид крепи.

Элемент предварительной крепи делают более длинным, чем элемент последующей крепи, чтобы гарантировать конструктивную устойчивость всего туннеля, и изготавливают из высокопрочного материала, противостоящего большой растягивающей силе, и используют минимальное или большее количество элементов предварительной крепи, необходимых для поддержания выработки в рабочее время при выполнении последовательной проходки на заданную протяженность проходки, и элемент последующей крепи делают небольшого диаметра и коротким для обеспечения частичной устойчивости между элементами предварительной крепи, чтобы тем самым дополнительно поддержать максимальное напряжение на

поверхности выработки основного туннеля. В результате можно получить эффективное распределение напряжений.

Что касается затрат на установку элементов предварительной крепи, то затраты на бурение шпуров намного выше, чем затраты на гвоздевые материалы, и необходимо длительное время на процесс бурения, поэтому во время установки элементов предварительной крепи, толстые и длинные гвозди, имеющие большую жесткость, устанавливают для минимизации количества устанавливаемых элементов предварительной крепи и устанавливают множество элементов последующей крепи, которые легко устанавливаются на поверхности выработки при проходке основного туннеля и являются дешевыми, вследствие чего реализуют экономичную и легкую установку.

В случае, когда имеется препятствие вблизи туннеля, пилотный туннель располагают внецентренно от препятствия и элемент внутренней предварительной крепи, который имеет высокую упругость и является более толстым, чем существующий элемент крепи, используемый в туннеле общего назначения, устанавливают в естественный грунт основного туннеля на стороне препятствия из пилотного туннеля, чтобы сделать грунт упругим, вследствие чего уменьшается смещение естественного грунта и минимизируется пластическая релаксация, а при использовании его совместно с элементом последующей крепи можно снизить вероятность частичного обрушения и не будет наблюдаться незакрепленное состояние и смещение сразу после выемки грунта, которые наблюдаются в новом австрийском способе проходки туннелей согласно уровню техники, вследствие чего обеспечивается возможность получения надежной конструкции.

Поскольку конструктивная устойчивость боковой стенки в основном зависит от прочности на сжатие, то в случае, когда грунт вокруг участка боковой стенки туннеля находится в хорошем состоянии, надежность может быть обеспечена, даже если установлены только элементы последующей крепи, а в случае мягкого грунта, такого как илистый грунт, элементы предварительной крепи и элементы последующей крепи устанавливают по всей круговой поверхности туннеля, включая донную часть, аналогично потолочной части, вследствие чего обеспечивается экономичная и безопасная проходка туннеля.

В случае, когда толща почвенного покрова является тонкой, и в случае небольшого сечения туннеля последующая крепь является более экономичной и время, необходимое для установки ее, меньше, чем время, необходимое для установки внутренней предварительной крепи, поэтому она может быть применена на входе и выходе туннеля, на городской железной дороге и т.д. Устанавливают требуемое или большее количество элементов внешней предварительной крепи для поддержания выработки в течение рабочего времени при выполнении последовательной проходки в соответствии с заданной протяженностью проходки, а не устанавливают все количество элементов крепи, необходимых для стабилизации туннеля, снаружи туннеля, и элемент последующей крепи, который короче, чем элемент предварительной крепи, дополнительно устанавливают между элементами предварительной крепи в туннеле для завершения крепления туннеля, так что количество элементов внешней предварительной крепи можно уменьшить и тем самым повысить экономическую эффективность.

При установке элемента последующей крепи между элементами внешней предварительной крепи, открытого к поверхности выработки туннеля, элемент последующей крепи устанавливают только на участке боковой стенки, то есть, если грунт участка боковой стенки находится в хорошем состоянии, то даже когда в туннеле используют только штангу, может быть получено достаточное поддержание выработки, вследствие чего реализуется экономичная конструкция.

В случае, когда элементы внешней предварительной крепи устанавливают в недостаточном количестве в верхний грунт планируемого поперечного сечения туннеля вследствие наличия преграды, при установке элемента последующей крепи между элементами внешней предварительной крепи, открытыми к поверхности выработки в туннеле, элемент последующей крепи устанавливают в сечении в незакрепленном состоянии вследствие наличия препятствия, вследствие чего минует препятствие и реализуется экономичная конструкция.

Как показано на фиг. 23, в случае, когда толща почвенного покрова основного туннеля является тонкой и грунт основного туннеля является мягким, можно соорудить туннель даже в случае, когда толща почвенного покрова является маломощной, путем замены толщи почвенного покрова искусственным упрочняющим материалом и устанавливать элемент внешней предварительной крепи от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению туннеля и внешней стороне поперечного сечения туннеля.

Способы установки элемента внутренней последующей крепи, набрызг-бетона, набрызг-бетона, усиленного распоркой, и дренажного элемента в туннеле с внешней предварительной крепью являются такими же, как в туннеле с внутренней предварительной крепью, и положительные эффекты также являются одинаковыми.

При проведении заливки под давлением цементным молоком с использованием нагнетательного шланга, присоединенного к боковым поверхностям элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи, давление при заливке под давлением может быть от 5 до 10 кг/м<sup>2</sup> и, когда проводят заливку под давлением, сила с учетом трения, сдвигающая шарик раствора и естественный грунт, повыша-



ется и становится приблизительно в 3 раза выше, чем при заливке самотеком, и нагнетаемый материал нагнетается через трещину или разрыв в естественном грунте, в результате чего возрастает эффект водо-непроницаемости и улучшаются свойства грунта.

Арматурный стальной каркас, усиливающий набрызг-бетон, который представляет собой элемент пластинчатой крепи и устанавливается на поверхность выработки туннеля, уменьшает степень отражения от набрызг-бетона, а жесткость может быть повышена упрочнением арматурным стальным каркасом, углубленным в набрызг-бетон, для повышения крепежной способности элемента пластинчатой крепи, вследствие чего уменьшается количество элементов последующей крепи.

При установке арматурного стального каркаса путем прилаживания арматурного стального каркаса к линейному элементу крепи и прижатия с использованием опорной плиты в состоянии уплотнения с набрызг-бетоном арматурный стальной каркас может служить временной крепью на случай непредвиденного обрушения породы с поверхности выработки.

Дренажные элементы, устанавливаемые на поверхности выработки согласно настоящему способу, непрерывно соединяют для спуска жидкости в скрытые канавы, проложенные по обеим боковым стенкам в дне туннеля, и если, как описано выше, дренажный элемент установить до набрызгивания набрызг-бетона, то можно предотвратить эфлоресценцию, возникающую при прохождении воды сквозь набрызг-бетон, и поэтому дренажная система не сможет забиваться, и это также можно применять к 2-арочному туннелю или туннелю общего назначения.

### **Промышленная применимость**

Туннель с использованием предварительной крепи и последующей крепи согласно настоящему изобретению можно сооружать с достижением повышенной экономической эффективности при установке только некоторых элементов внутренней предварительной крепи вместо установки элементов внутренней предварительной крепи с заданными интервалами во всем пилотном туннеле, выполнении последовательной выемки грунта до поверхности выработки основного туннеля и дополнительной установки элементов последующей крепи, таких как гвоздь или стержень, в шпур, пробуренные в поверхности выработки основного туннеля, и таким образом, промышленная применимость находится на высоком уровне.

- 1 - естественный грунт,
- 2 - основной туннель,
- 3 - пилотный туннель,
- 4 - элемент внутренней предварительной крепи,
- 5 - элемент последующей крепи,
- 6 - оголовок основного туннеля,
- 7 - оголовок пилотного туннеля,
- 8 - элемент пластинчатой крепи (набрызг-бетон),
- 9 - обделка,
- 10 - стопор,
- 11 - пакер,
- 12 - соединительная труба,
- 13 - нагнетательный шланг,
- 14 - арматурный стальной каркас,
- 15 - опорная плита,
- 16 - дренажный элемент,
- 17 - потолочная часть,
- 18 - участок боковой стенки,
- 19 - донная часть,
- 21 - препятствие,
- 30 - элемент внешней предварительной крепи,
- 31 - поверхность грунта,
- 32 - наклонный элемент внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку,
- 33 - вертикальный элемент внешней предварительной крепи, усиливающий боковую стенку,
- 34 - направленный по радиусу элемент внешней предварительной крепи,
- 40 - оголовок туннеля,
- 50 - искусственный упрочняющий материал.

### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ прокладки туннеля с использованием элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи, включающий этапы, на которых
  - проходят пилотный туннель в сооружаемом основном туннеле;
  - образуют по радиусу пробуренный шпур от поверхности выработки пилотного туннеля к торцу конца элемента внутренней предварительной крепи основного туннеля во множестве мест в пилотном

туннеле для установки элемента предварительной крепи;

вставляют элемент внутренней предварительной крепи в пробуренный шпур, проводят заливку раствором и выполняют отверждение для фиксации элемента внутренней предварительной крепи;

поэтапно проходят туннель в продольном направлении по линии проходки основного туннеля и первично набрызгивают набрызг-бетон на поверхность выработки основного туннеля в основном туннеле;

пробуривают шпур для элемента последующей крепи в поверхности выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон;

устанавливают элемент последующей крепи между множеством элементов внутренней предварительной крепи в шпур для элемента последующей крепи в поверхности выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон;

фиксируют элемент последующей крепи, используя смолу или заливку раствором; и

соединяют элемент внутренней предварительной крепи и элемент последующей крепи с элементом пластинчатой крепи.

2. Способ прокладки туннеля по п.1, в котором при установке элемента последующей крепи между множеством элементов внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон, элемент последующей крепи устанавливают между элементами предварительной крепи в потолочной части основного туннеля, а на участках боковых стенок основного туннеля устанавливают только элемент последующей крепи.

3. Способ проходки туннеля по п.1, дополнительно включающий

внецентренное расположение и прокладку пилотного туннеля в основном туннеле так, чтобы планируемая поверхность выработки основного туннеля и поверхность выработки пилотного туннеля отстояли друг от друга, как можно дальше, и выполнение процесса крепления для обеспечения надежности конструкции, когда имеется препятствие рядом с естественным грунтом, вблизи поверхности выработки основного туннеля;

установку элемента внутренней предварительной крепи в естественный грунт основного туннеля из пилотного туннеля, который расположен внецентренно; и

установку элемента последующей крепи между множеством элементов внутренней предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон после проходки основного туннеля.

4. Способ прокладки туннеля по п.1, в котором при введении и установке элемента внутренней предварительной крепи в пробуренный шпур элемент внутренней предварительной крепи устанавливают вместе со стопором для предотвращения скольжения в пробуренном шпуре, выпускной шланг и нагнетательный шланг присоединяют к боковой поверхности элемента внутренней предварительной крепи, пакер для заливки раствором под давлением устанавливают на торце конца элемента внутренней предварительной крепи с внутренней стороны туннеля, элемент внутренней предварительной крепи вставляют в шпур, пробуренный для элемента внутренней предварительной крепи в естественном грунте основного туннеля из пилотного туннеля, при соединении соединительной трубы с элементом внутренней предварительной крепи так, чтобы концевой участок элемента внутренней предварительной крепи был частично открыт к присоединяемому элементу пластинчатой крепи на планируемой поверхности выработки основного туннеля, и затем соединительную трубу удаляют, а пакер расширяют для проведения заливки раствором и выполнения отверждения, чтобы тем самым соединить элемент внутренней предварительной крепи с элементом пластинчатой крепи.

5. Способ прокладки туннеля с использованием элемента предварительной крепи и элемента последующей крепи, включающий этапы, на которых

устанавливают элементы внешней предварительной крепи путем бурения шпуров от поверхности грунта по направлению к поперечному сечению и внешним боковым участкам боковых стенок поперечного сечения основного туннеля во множестве мест заблаговременно до проходки туннеля, введения элементов предварительной крепи и проведения заливки раствором, если элемент предварительной крепи устанавливают по направлению к планируемому поперечному сечению основного туннеля снаружи туннеля при доступности поверхности грунта;

поэтапно проходят основной туннель в продольном направлении по планируемой линии проходки основного туннеля и первично набрызгивают набрызг-бетон на поверхность выработки основного туннеля в основном туннеле;

пробуривают шпур для элемента последующей крепи в поверхности выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон;

устанавливают элемент последующей крепи между множеством элементов внешней предварительной крепи в шпур для элемента последующей крепи в поверхности выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон в основном туннеле;

фиксируют элемент последующей крепи, используя смолу или заливку раствором; и

соединяют элемент внешней предварительной крепи и элемент последующей крепи с элементом

пластинчатой крепи.

6. Способ прокладки туннеля по п.5, в котором при установке элементов внешней предварительной крепи от поверхности грунта по направлению к поперечному сечению и участкам внешних сторон боковых стенок поперечного сечения основного туннеля вертикальные элементы внешней предварительной крепи, усиливающие боковые стенки, устанавливаемые на внешних сторонах участков левой и правой боковых стенок туннеля, устанавливают глубже уровня дна туннеля с тем, чтобы предотвратить подъем дна.

7. Способ прокладки туннеля по п.5, в котором при установке элемента последующей крепи между элементами внешней предварительной крепи в поверхность выработки туннеля элемент последующей крепи устанавливают с частичным закреплением вследствие наличия препятствия в случае, когда элементы внешней предварительной крепи устанавливают в недостаточном количестве в верхний грунт поперечного сечения основного туннеля вследствие препятствия.

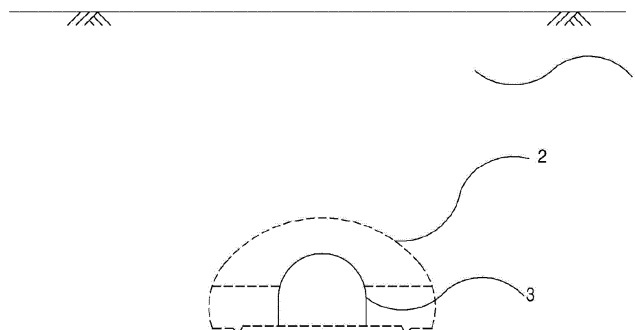
8. Способ прокладки туннеля по п.1 или 5, дополнительно включающий после установки элемента последующей крепи между множеством элементов предварительной крепи в поверхность выработки основного туннеля, на которую первично набрызган набрызг-бетон в основном туннеле, непрерывную установку арматурного стального каркаса, выполненного из стального прутка, на элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи и наложение опорной плиты на элемент предварительной крепи, проходящий сквозь арматурный стальной каркас, и затягивание анкерного болта для прижатия и фиксации арматурного стального каркаса; и набрызгивание набрызг-бетона на арматурный стальной каркас.

9. Способ прокладки туннеля по п.1 или 5, дополнительно включающий выемку грунта по линии проходки сооружаемого основного туннеля и установку дренажного элемента на поверхность выработки и первичное набрызгивание набрызг-бетона на поверхность выработки после установки дренажного элемента.

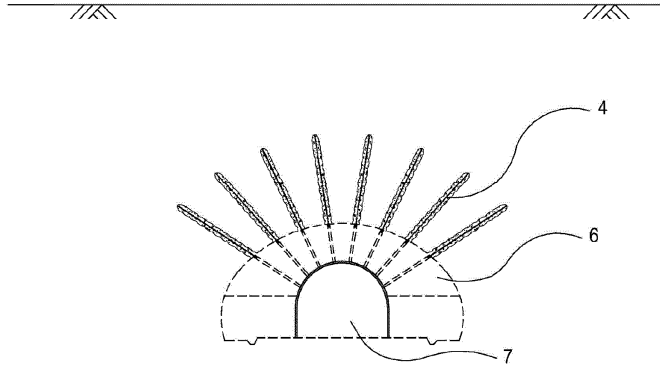
10. Способ прокладки туннеля по п.1 или 5, в котором элемент предварительной крепи и элемент последующей крепи фиксируют в естественном грунте основного туннеля путем введения элемента предварительной крепи после бурения шпура и затем проведения заливки раствором под давлением для одновременного создания эффекта закрепления естественного грунта и эффекта водонепроницаемости.

11. Способ прокладки туннеля по п.5, в котором толщу почвенного покрова заменяют искусственным упрочняющим материалом и элемент внешней предварительной крепи устанавливают от заменяемой толщи почвенного покрова к поперечному сечению основного туннеля и внешней стороне поперечного сечения основного туннеля в случае, когда толщина почвенного покрова основного туннеля является тонкой и грунт основного туннеля является мягким.

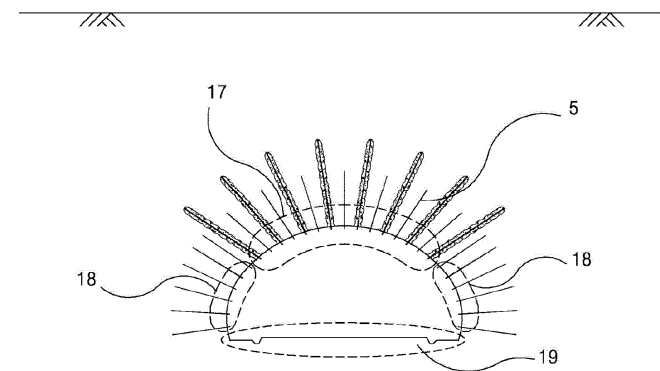
12. Способ прокладки туннеля по п.1 или 5, в котором используют элемент последующей крепи, имеющий меньшую длину или меньший диаметр, чем длина или диаметр элемента предварительной крепи.



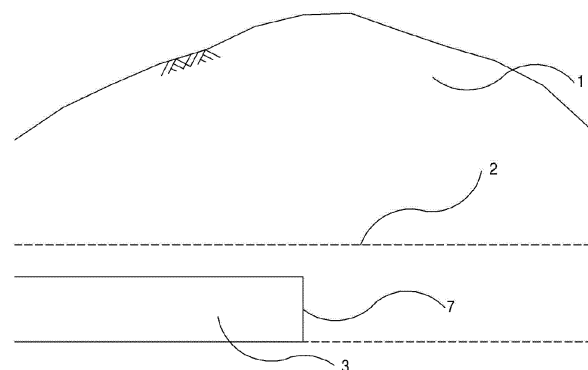
Фиг. 1



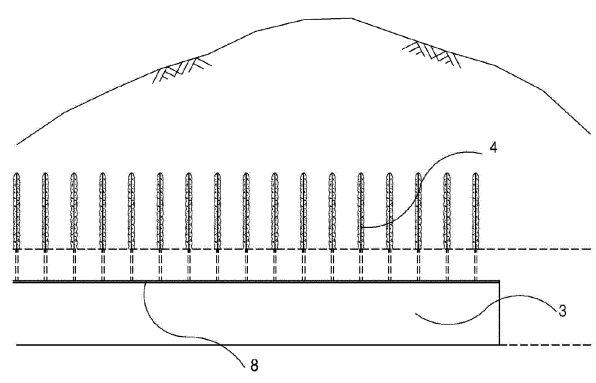
Фиг. 2



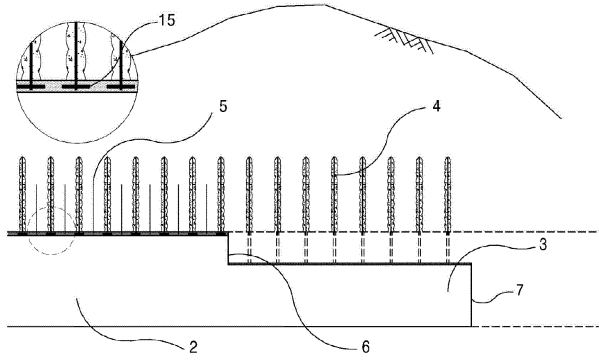
Фиг. 3



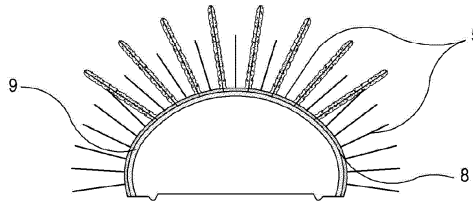
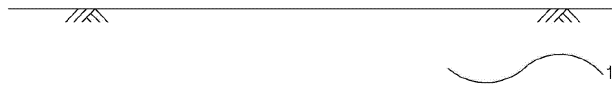
Фиг. 4



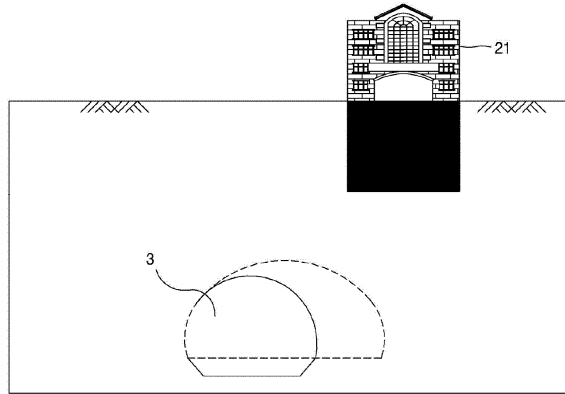
Фиг. 5



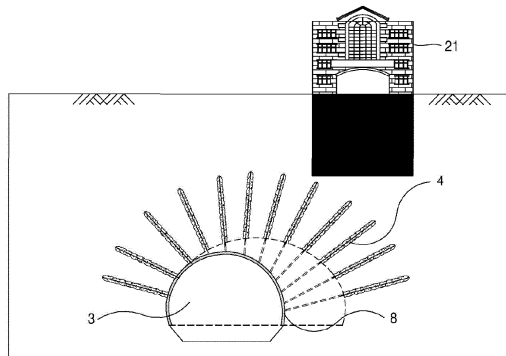
Фиг. 6



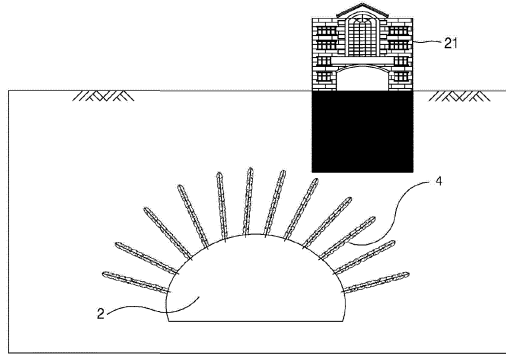
Фиг. 7



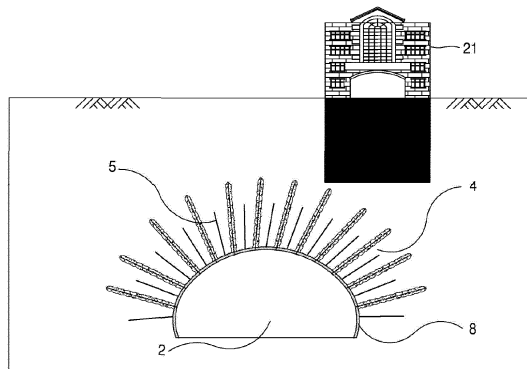
Фиг. 8



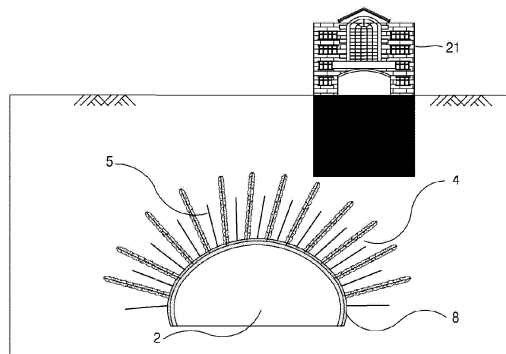
Фиг. 9



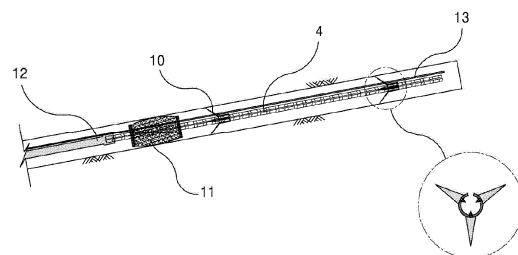
Фиг. 10



Фиг. 11

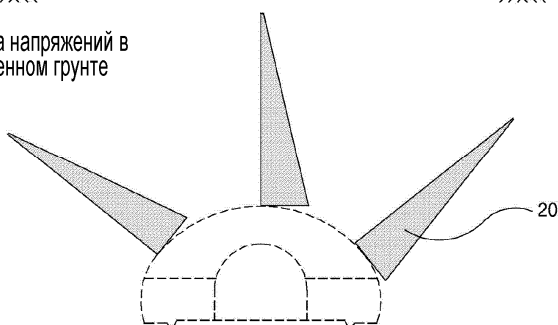


Фиг. 12

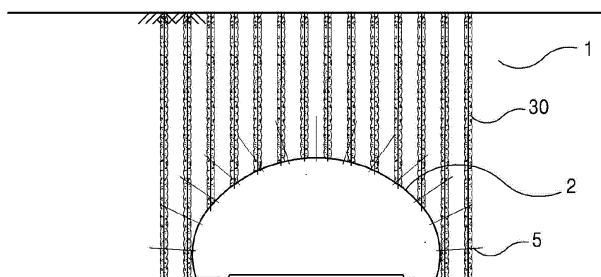


Фиг. 13

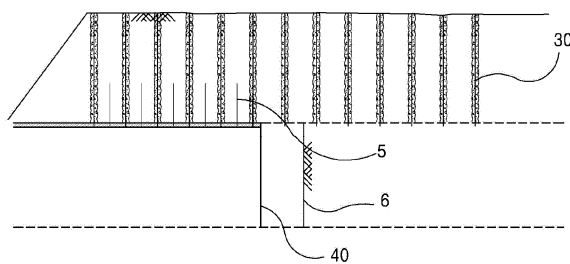
Диаграмма напряжений в  
естественном грунте



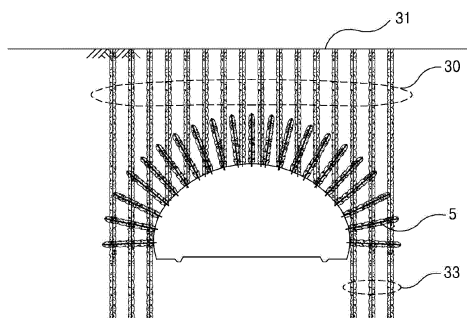
Фиг. 14



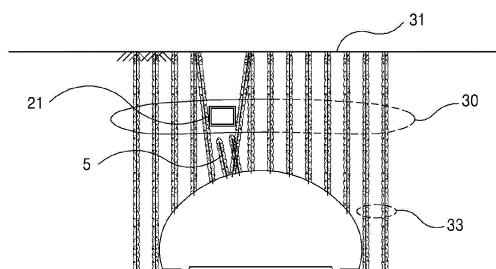
Фиг. 15



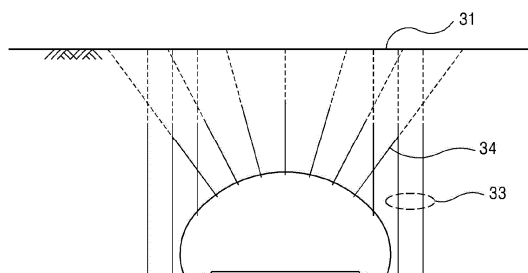
Фиг. 16



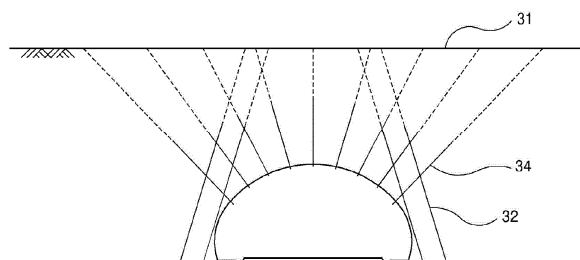
Фиг. 17



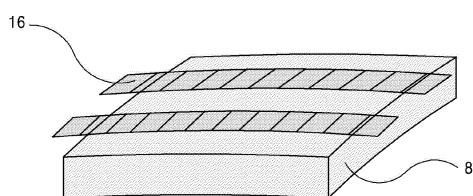
Фиг. 18



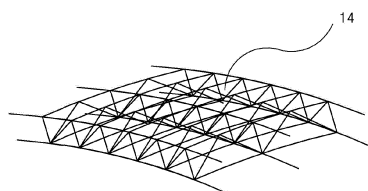
Фиг. 19



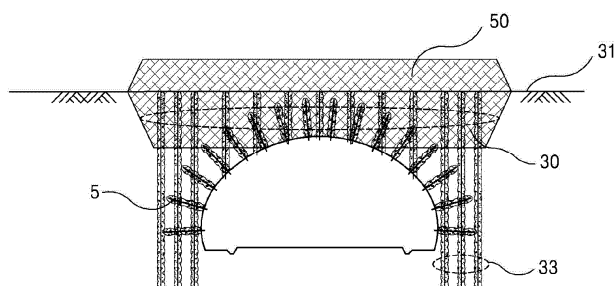
Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22



Фиг. 23