

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 6월 14일 (14.06.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/077941 A2

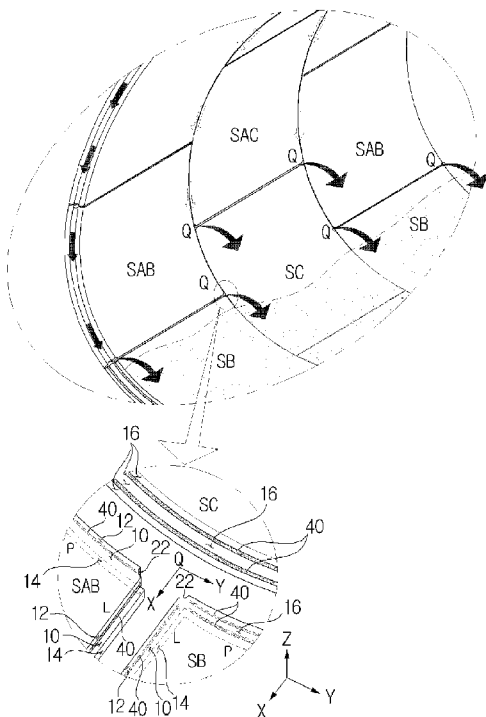
- (51) 국제특허분류: E21D 9/06 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/009344
- (22) 국제출원일: 2011년 12월 5일 (05.12.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2010-0124298 2010년 12월 7일 (07.12.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 한국 건설기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY) [KR/KR]; 경기도 고양시 일산구 대화동 2311-1, 411-712 Gyeonggi-do (KR). 주식회사 씨엠어 (CMER CO.,LTD) [KR/KR]; 서울시 서초구 양재동 257-4 신영빌딩 4층, 137-130 Seoul (KR).
- (72) 발명자: 곁
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 마상준 (MA, Sang Joon) [KR/KR]; 경기도 고양시 일산서구 주엽 1동 강선마을아파트 504-1204, 411-745 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 박재환 (PARK, Jae Hwan); 서울시 용산구 한강로 2가 314-1 용성비즈텔 1106호, 140-750 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DRAIN SYSTEM OF SHIELD TUNNEL LINING AND METHOD FOR CONSTRUCTING SHIELD TUNNEL USING SAME

(54) 발명의 명칭 : 실드터널 라이닝 배수시스템 및 이를 이용한 실드터널 시공방법

[Fig. 2]



(57) Abstract: The present invention has an object to design a concept of a drainage tunnel in which water pressure has not been considered, unlike the prior art which relates to a concept of an undrained tunnel in which water pressure has been considered. The drainage tunnel concept is designed without consideration of water pressure and thus economical effects, such as that the thickness of a segment lining may be reduced up to 20-50% and that the manufacturing costs of the segment lining and distribution costs may be reduced up to 10-30%, may be obtained. Sand or PS balls are used as filler for backfilling, removing environmental problems such as pollution of underground water or the like. In addition, water permeability and filling performance are superior so that a space can be sealed in a single filling instance with air pressure. Therefore, additional filling work is not necessary.

(57) 요약서: 본 발명은 수압이 고려된 종래의 비배수 터널 개념의 설계와는 달리 수압이 고려되지 않는 배수터널 개념의 설계를 그 목적으로 한 것이다. 수압이 고려되지 않는 배수터널 개념으로 설계되는 것이므로 세그먼트 라이닝 두께를 20~50% 절감할 수 있을 뿐만 아니라 세그먼트 라이닝 제작 및 물류비를 10~30% 저감할 수 있는 경제적 효과가 있다. 모래 또는 PS 볼을 뒤채움 충전재로 사용하므로 지하수 오염 등의 환경문제가 없을 뿐만 아니라 투수성이 뛰어나고 충전성이 좋아 공기압과 함께 1회 채움으로 밀실 되게 충전시킬 수 있어 추가 충전 작업이 필요 없는 유용한 발명이다.

WO 2012/077941 A2

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 실드터널 라이닝 배수시스템 및 이를 이용한 실드터널 시공방법

기술분야

[1] 본 발명은 실드터널 구조물내부로 배수되지 않도록 한 종래의 비배수 터널 개념의 설계에서 능동적으로 실드터널 구조물내부로 배수되게 한 배수터널 개념의 실드터널구조가 되도록 한 실드터널 라이닝 배수시스템 및 이를 이용한 실드터널 시공방법에 관한 것이다.

[2]

[3] 수압을 전혀 고려하지 않은 배수개념의 설계이므로 종래의 비배수 개념에 비하여 실드 라이닝 세그먼트의 단면두께를 20~50%까지 절감할 수 있을 뿐만 아니라 이로 인한 세그먼트 라이닝 제작 및 물류비를 10~30% 절감할 수 있는 경제적 효과를 지닌 유용한 발명이다.

[4]

배경기술

[5] 실드 공법은 터널 외형단면보다 약간 큰 단면을 갖는 실드(Shield)를 사용하여 선단부 지반의 붕괴를 막으면서 굴착하고 실드 후방부에 굴착단면을 지배하는 복공을 구축해나가는 굴진공법이다. 복공은 세그먼트(Segment)에 의하여 조립된다.

[6]

[7] 실드공법은 토피고가 낮으면서 암반이 아닌 연약한 지반에 터널구조물을 건설하기에 가장 효율적인 공법이면서 안정적인 공법이다.

[8]

[9] 실드터널은 실드터널 구조물내로 지하수의 유입을 허용하지 않는 비배수구조물이다.

[10]

[11] 비배수구조물이므로 실드 세그먼트 라이닝이 지반하중뿐만 아니라 지하수위만큼의 수압을 지지하게 된다.

[12] 이와 같이 실드 세그먼트 라이닝이 지반압과 수압을 모두 지지하게 되므로 그만큼 세그먼트의 단면이 두꺼워지게 된다.

[13]

[14] 먼저, 실드 세그먼트 라이닝과 관련된 지반압과 수압의 관계를 도11의 관용 설계법에 의하여 살펴보기로 한다.

[15]

[16] 관용 설계법은 비배수개념의 설계법이다.

[17]

- [18] 관용 설계법은 토압, 수압, 자중(g) 등에 대한 연직방향의 지반 반력과 측방의 수평방향 지반반력(또는 지반압)을 도11과 같이 설정하고 있다.
- [19]
- [20] 토압, 수압, 자중(g) 등에 대한 연직방향의 지반 반력은 지반의 변위에 독립하여 이들의 하중에 평형한 등분포반력으로 설정하고 있다.
- [21] 연직방향의 지반 반력은, 수압(pw_1) + 토압(pe_1) + 자중(g) = 수압(pw_2) + 토압(pe_2) + 자중반력(p_a) 이다.
- [22]
- [23] 또한 측방의 수평방향 지반반력(또는 지반압)은 복공(실드 세그먼트)의 지반 내 변위에 따라 발생하는 것으로 간주하고, 도11과 같이 삼각형 분포의 지반반력(또는 지반압)으로 설정하고 있다.
- [24]
- [25] 지반반력의 크기(q)는 $q = k\delta$
- [26]
- [27] 여기서, k: 지반 반력계수, δ : 변위량
- [28] 로 표시되며 k값을 설정할 때는 토질조건을 기초로 하여 측방토압계수(λ)와의 관련을 고려하여 신중하게 결정해야한다.
- [29]
- [30] 도11에서와 같이 수압을 고려한 비배수 개념으로 실드 라이닝 세그먼트를 설계할 경우 수압이 관여된 만큼 실드 라이닝의 단면의 두께가 두꺼워지게 된다.
- [31] 예컨대, 수압이 고려된 세그먼트 라이닝 두께는 통상 30~45cm가 된다. 수압이 고려되지 않았을 경우 라이닝 두께를 20~50% 절감할 수 있게 된다.
- [32]
- [33] 세그먼트 라이닝 두께가 두꺼워지게 되면 콘크리트의 양이 다량 소요됨은 물론이고, 철근의 양도 그만큼 많아져서 비경제적일 뿐만 아니라 중량이 증가됨으로 인하여 물류비 등 추가비용이 소요되는 문제점이 있다.
- [34]
- [35] 그런데 아무리 비배수 개념으로 설계한다하더라도 비배수 터널이 특히 지하수위 밑에 축조되는 경우에는 조립된 실드세그먼트의 연결 조인트부를 통해 실드터널 구조물내로 침투되는 지하수의 미세한 유입은 불가피하다. 미세한 침투수가 실드터널 구조물내부로 침투된다하더라도 이를 배수개념의 설계라고 하지 않는다. 배수개념의 설계는 비배수 개념의 설계와는 달리 수압을 고려하지 않은 설계이기 때문이다. 실드 라이닝 세그먼트의 단면을 설계함에 있어 수압을 고려하지 않기 위해서는 수압이 실드터널에 걸리지 않아야한다. 수압이 실드터널에 걸리지 않기 위해서는 지하수가 실드터널 구조물내부로 능동적으로 유입되는 구조이어야 한다.
- [36]
- [37] 다음으로 실드장비에 의한 지반 굴착면과 세그먼트 라이닝사이의 배면공동의

뒤채움 및 이에 대한 문제점에 대하여 살펴보기로 한다.

[38]

[39] 실드 굴착시 실드장비의 단면직경은 세그먼트 라이닝외경보다 4~5cm정도 크다.

[40] 달리 말하면 이 4~5cm의 간격이 지반 굴착면과 세그먼트 라이닝사이의 배면공동이다.

[41] 이러한 배면공동은 세그먼트 라이닝 주면을 따라 형성되어있다.

[42]

[43] 굴착 후 배면공동을 뒤채움하지 않고 일정시간경과하게 되면 배면공동에 따라 소규모 붕락이 유발되게 된다.

[44] 지반변위와 지하수의 누수 등이 붕락의 원인이다.

[45] 지반변위의 방지와 터널의 지수성 향상을 위해 배면공동을 뒤채움 해야 한다.

[46] 여기에다 배면공동의 뒤채움은 외압에 대한 세그먼트 라이닝의 조기 안정화를 확보하기위해서다.

[47]

[48] 배면공동의 뒤채움은 완벽하게 이루어지지 않는다.

[49]

[50] 뒤채움재를 배면공동에 채운다하더라도 배면공동의 구조상 중력방향으로 흘러내리므로 배면공동의 최상부에는 테일보이드라는 공간부가 발생하는 것은 불가피한 현상이다.

[51]

[52] 뒤채움은 최소 2~3차례에 걸쳐 실시하는 것도 이 때문이다. 그렇다고 해서 테일보이드의 현상은 막을 수는 없다. 테일보이드의 크기의 정도를 줄일 수 있을 뿐이다.

[53]

[54] 배면 뒤채움재로 시멘트, 벤토나이트, 물유리 등의 밀크그라우팅을 사용할 경우에도 완벽한 충전이 어려울 뿐만 아니라 고결되는 과정에서 건조수축으로 인한 공동이 발생되므로 2~3차 뒤채움을 실시하게 된다. 여러 번 뒤채움을 실시하게 되므로 작업이 비효율적이고 비경제적인 문제점이 있다.

[55]

[56] 기존 배면공동 뒤채움에 급결성을 부여하기위해 물유리를 첨가하거나, 또 차수성을 위해 벤토나이트를 첨가하게 된다. 물유리와 벤토나이트는 장기 내구성을 저하시킬 뿐만 아니라 지하수를 오염시키는 문제점이 있다.

[57]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[58] 본 발명은 실드터널 구조물내부로 배수되지 않도록 한 종래의 비배수 터널

개념의 설계에서 능동적으로 실드터널 구조물내부로 배수되게 한 배수터널 개념의 실드터널구조가 되도록 함에 그 목적이 있고,

[59]

[60] 수압이 고려된 종래의 비배수 터널 개념과는 달리 수압이 고려되지 않는 배수터널 개념으로 설계함으로써 실드 라이닝 세그먼트의 단면을 한층 더 경제적인 단면이 되게 함에 다른 목적이 있으며,

[61]

[62] 터널 배면공동의 뒤채움재를 투수가 거의 되지 않는 기존의 밀크 그라우팅대신 투수성이 뛰어나고 충전성이 좋은 모래 또는 PS볼로 충전함으로써 실드터널 내부로 지하수가 원활하게 유입·배수되도록 함에 또 다른 목적이 있다.

[63]

과제 해결 수단

[64] 본 발명의 종래의 비 배수(非排水)터널 개념의 설계와는 달리 배수(排水)터널 개념의 설계이므로 실드 세그먼트의 연결 조인트부에는 유로홈이 형성되어있다.

[65]

[66] 실드터널은 세그먼트의 조립에 의하여 이루어진다. 세그먼트의 개수는 일반적으로 5피스, 7피스, 8피스 등이 주로 많이 사용된다. 본 발명에서는 설명의 편의상 7피스를 중심으로 설명하고자한다.

[67]

[68] 세그먼트의 형상은 4변을 갖는 4각형 형상이다. 2변은 원주(P)방향이고 2변은 직선형태의 종(L)방향이다.

[69]

[70] 먼저 7피스 세그먼트의 위치에 대하여 설명하면 다음과 같다.

[71]

[72] 실드터널 구조의 최상부에는 통상 썸기형상의 키(key) 세그먼트가 위치된다. 키(key) 세그먼트 실드터널의 조립을 견고하게 하기위한 역할을 한다. 맨 나중에 조립되는 마무리 세그먼트이므로 썸기형상이다.

[73]

[74] 키(key) 세그먼트의 썸기형상은 종(L)방향 변이 삼각형 형상을 이루고 있고, 이에 대응되는 양옆의 세그먼트의 종(L)방향 변 역시 경사면으로 형성되어있다.

[75]

키(key) 세그먼트를 K로 표기하기로 한다. 또한 키(key) 세그먼트의 왼쪽에 위치한 세그먼트를 KL, 오른쪽에 위치한 세그먼트를 KR로 표기하기로 한다.

[76]

키(key) 세그먼트와 접면된 KL 및 KR 세그먼트의 종(L)방향 변은 경사면을 이루고 있지만 KL 및 KR 세그먼트의 다른 종(L)방향 변은 경사면이 아닌 직선형태이다.

[77]

- [78] K 세그먼트가 존재하는 한 KL 및 KR 세그먼트는 항상 존재하여야 하는 구성이다. K, KL 및 KR 세그먼트는 뿔 수 없는 한 세트구성이므로 이 한 세트를 SK 세그먼트라고 부르기로 한다.
- [79] 도5에 SK 세그먼트의 평면도가 도시되어 있다.
- [80]
- [81] KL 및 KR 세그먼트의 직선형태의 종(L)방향 변에는 SA와 SAB 세그먼트의 직선형태의 종(L)방향 변과 서로 접면된다.
- [82]
- [83] 실드터널 구조의 최하부에는 SA와 SAB 세그먼트의 직선형태의 종(L)방향 변과 서로 접면되는 SB 세그먼트가 위치되어 있다.
- [84]
- [85] KL, K, KR로 이루어진 SK 세그먼트를 제외한 SA, SAB, SB, SAC, SC 세그먼트는 4변형 형상이면서 그 크기가 동일하다. 다만 4변에 유로 홈(10) 또는 토출홈(22)의 형성여부 및 수평창 지수재(40)의 설치여부에 있어서만 차이가 있을 뿐이다.
- [86]
- [87] 다음으로 세그먼트와 유로 홈(10)의 관계에 대하여 설명하면 다음과 같다.
- [88]
- [89] 본 발명의 실드터널 구조는 최하부에 위치한 SB 세그먼트와 SC 세그먼트를 제외하고는 도6 및 도7에 도시된 바와 같이 유로 홈(10)이 4변에 모두 형성되어 있다. 즉 유로 홈(10)이 2변의 원주(P)방향과, 2변의 직선형태의 종(L)방향에 모두 형성되어 있다. 유로 홈(10)은 외 돌출평면(14)과 내 돌출평면(12)을 양측에 두고 길이방향으로 길게 형성되어 있다.
- [90]
- [91] 그런데 최하부에 위치한 SB 세그먼트와 SC 세그먼트는 비배수 세그먼트이다. 비배수 세그먼트이기 때문에 유로 홈(10)이 4변에 모두 형성되지는 않는다. {도8 및 도9 참조}
- [92]
- [93] 도8에 도시된 바와 같이 SB 세그먼트에는 SAB 세그먼트와 접면되는 2변, 즉 직선형태의 종(L)방향 2변에만 유로 홈(10)이 형성된다. 그 나머지 원주(P)방향의 2변은 유로 홈(10)이 형성되지 않은 평면부(16)일 뿐이다.
- [94] 그리고 SC 세그먼트에는 SAC 세그먼트와 접면되는 1변, 즉 직선형태의 종(L)방향 1변에만 유로 홈(10)이 형성된다. 그 나머지 원주(P)방향의 2변과 직선형태의 종(L)방향 1변은 유로 홈(10)이 형성되지 않은 평면부(16)이다. 2개의 SC 세그먼트의 연결부(32)는 SC 세그먼트의 직선형태의 종(L)방향 평면부(32)와 평면부(32)가 서로 맞대어 있다.
- [95]
- [96] 최하부에 위치한 비배수 세그먼트인 SB와 SC는 비배수 세그먼트로서 SB는 한

개의 세그먼트로 이루어졌는데 반해 SC는 2개의 SC 세그먼트가 서로 연결되어있는 점에서 차이가 있다.

[97] 이러한 차이는 조립의 견고성을 위해 세그먼트를 지그재그로 배열함으로써 생기는 차이이다.

[98] 그러나 1개의 SB 세그먼트로 된 비배수 세그먼트나 2개의 SC 세그먼트가 연결된 비배수 세그먼트의 역할은 동일하다.

[99]

[100] 그 다음으로 최하부에 위치한 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트와 SC 세그먼트가 서로 교번되는 것에 대하여 설명하기로 한다.

[101]

[102] 본 발명에서 실드터널의 최상부와 최하부에 위치되는 세그먼트는 그 위치가 정해져있다.

[103] 즉, 최상부에는 SK 세그먼트가, 최하부에는 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트와 2개의 SC 세그먼트가 위치된다.

[104] 그런데 SK 세그먼트는 한번은 XL에 위치되고, 그 다음은 XR에 위치된다. XL과 XR에서만 교번된다.

[105]

[106] 최상부의 SK 세그먼트의 교번적 위치에 따라 최하부의 비배수 세그먼트가 달라진다.

[107]

[108] 다시 말하면, 도3에서와 같이 SK 세그먼트가 XL에 위치되면, 이에 대응하여 최하부의 비배수 세그먼트는 SB 세그먼트가 위치된다.

[109] 또 도4에서와 같이 SK 세그먼트가 XR에 위치되면, 이에 대응하여 최하부의 비배수 세그먼트는 2개의 SC 세그먼트가 위치된다.

[110]

[111] 최상부의 SK 세그먼트가 교번적으로 그 위치가 달라지는 것은 세그먼트의 조립을 그 열에 따라 지그재그로 배치하기 때문이다.

[112]

[113] 이와 같이 최상부의 SK 세그먼트와 최하부의 비배수 세그먼트 (SB 세그먼트 및 2개의 SC 세그먼트)사이에는 SA, SAB, SAC 세그먼트가 위치된다.

[114]

[115] 최상부의 SK 세그먼트와 최하부의 SB 세그먼트가 위치된 경우에는 그 사이에 SA, SAB 세그먼트가 위치되고, 최상부의 SK 세그먼트와 최하부의 2개의 SC 세그먼트가 위치된 경우에는 그 사이에 SAC 세그먼트가 위치된다.

[116]

[117] 지하수의 침투와 침투수의 유도경로 및 실드터널로의 토출에 대하여 설명한다.

[118]

[119] 본 발명은 배수터널개념이므로 지하수가 실드터널(100)내부로 배수되게 하는

구조이다.

- [120] 세그먼트 조인트부(30)는 시공오차가 존재한다. 세그먼트는 콘크리트로 제작되기 때문이다.
- [121] 세그먼트 조인트부(30)의 시공오차는 일반적으로 1~5mm이다.
- [122] 조인트부(30)는 세그먼트가 조립된 상태에서 세그먼트끼리 서로 접면된 원주(P)방향과 종(L)방향의 연결·조립부를 말한다.
- [123]
- [124] 지하수는 원주(P)방향과 종(L)방향의 조인트부(30)를 통해 유입된다.
- [125] 지하수의 유입통로인 조인트부(30)가 실드터널(100)내부로 유출되게 하는 유출통로는 아니다.
- [126] 세그먼트의 모든 조인트부(30)로부터 실드터널(100)내부로 유출되게 한다면 실드터널(100)내부의 미관이 좋지 않을 뿐만 아니라 내구성에도 문제가 되기 때문이다.
- [127]
- [128] 본 발명은 비배수 세그먼트인 SB 및 SC 세그먼트의 2변의 원주(P)방향의 조인트부(30)와, 그리고 2개의 SC 세그먼트 직선형태의 종(L)방향 연결부(32)를 제외한 세그먼트의 모든 조인트부는 지하수가 유입되는 유입통로이지만 유입된 유입수는 비배수 세그먼트와 SAB 및 SAC 세그먼트의 조인트(30)부에 형성된 토출구(20)를 통해서만 실드터널(100)내부로 유출되도록 한 구조이다.
- [129]
- [130] 지하수가 유입되는 조인트부(30)의 세그먼트 변에는 그 중심에 유로 홈(10)이 길이방향으로 형성되어있고, 유로 홈(10)의 양측 평면부에는 외 돌출평면(14)과 내 돌출평면(12)이 형성되어있다.
- [131]
- [132] 지하수는 조인트부(30)의 외 돌출평면(14)을 통해 유입된다. 유입된 유입수는 유로 홈에 의해 아래로 유도되고, 토출구를 통해 실드터널(100)내부로 토출되게 된다. 토출된 유출수는 실드터널(100) 저부에 설치된 유공관(미도시)을 통해 터널 밖으로 배출되게 된다. 실드터널(100)은 통상 종방향 경사가 주어지도록 설계되기 때문에 종방향 경사에 의해 자연 배수되게 된다.
- [133]
- [134] 지하수는 조인트부(30)의 외 돌출평면(14)을 통해 유입되지만 실드터널 내부로의 유출되지 않아야하기 때문에 조인트부(30)의 내 돌출평면(12)에는 길이방향의 1열 수팽창 지수재(40)가 설치되어있다.
- [135]
- [136] 내 돌출평면(12)에 길이방향의 1열 수팽창 지수재(40)가 4번 모두에 설치되는 세그먼트로는 KL, K, KR, SA, SAB, SAC 세그먼트이다.
- [137]
- [138] SB 세그먼트는 직선형태의 종방향(L) 내 돌출평면(12)에 1열 수팽창

지수재(40)가 설치된다.

[139] SC 세그먼트는 SAC 세그먼트와 접면되는 직선형태의 종방향(L) 내 돌출평면(12)에 1열 수평창 지수재(40)가 설치되고, 접면되지 않는 직선형태의 종방향(L) 평면부(16)에는 길이방향의 2열 수평창 지수재(40)가 설치된다.

[140]

[141] 기존의 비배수터널 개념에서는 조인트부의 평면부에 2열, 3열의 수평창 지수재를 설치해서 방수하고 있다.

[142]

[143] 지하수의 유입수가 실드터널(100)내부로 토출되는 토출구(20)에 대하여 설명한다.

[144]

[145] 토출구(20)는 비배수 세그먼트(SB 및 SC 세그먼트)와 SAB 및 SAC 세그먼트가 접면되는 직선형태의 종방향(L) 양 끝단에 형성되어 있다.

[146] 예컨대 도2의 종방향(L) 끝점인 Q점을 중심으로 SB 세그먼트와 SAB 세그먼트(또는 SC 세그먼트)가 이루는 직선형태의 종방향(L) 조인트부(30)를 X축, SB 세그먼트와 SAB 세그먼트가 이루는 원주(P)방향의 조인트부(30)를 Y축이라하면 토출구(20)는 Z축 방향이다.

[147] Z축 방향은 X축과, 그리고 Y축에 대하여 직각방향이다.

[148]

[149] 유로 홈(10)에 의하여 X축 방향과 Y축 방향으로 유도된 유입수가 Z축 방향의 토출구(20) Q점을 통해 실드터널(100)내부로 토출되게 된다.

[150]

[151] 종방향(L) 끝점 Q는 SB와 SAB 세그먼트 2개의 내 돌출면(12)(12)이 서로 접면된 곳이기 때문에 Q점의 Z축 방향은 내 돌출면(12)(12)에 의하여 막혀있는 상태이다.

[152] 막혀있는 SB와 SAB 세그먼트의 내 돌출면(12)(12)의 끝점 Q에서 Z축 방향으로 뚫어놓은 것이 바로 토출구(20)이다.

[153] 토출구(20)는 SB와 SAB 세그먼트의 종방향(L) 내 돌출면(12)(12)의 끝점 Q에서 각각 1/4형상의 토출 홈(22)(22)을 종방향(L) 유로 홈(10)(10)에 연통되게 형성한 것이다. 1/4형상의 토출 홈(22)(22)은 유로 홈(10)이 이루는 원호의 1/4를 의미한다.

[154] SB와 SAB 세그먼트가 접면된 상태에서의 토출구(20)는 반원을 이루고 있다.

[155]

[156] 비배수 세그먼트인 2개의 SC 세그먼트와 SAC 세그먼트에 의해 토출구(20)가 형성되는 것 역시 이와 마찬가지로 한다.

[157]

[158] 실드터널(100)의 배면공동 뒤채움에 대하여 설명하기로 한다.

[159]

- [160] 본 발명은 배수터널 개념을 기초로 한 것이므로 세그먼트 조인트부(30)는 지하수의 유입이 원활해야한다. 만약 뒤채움재(50)로 종래의 밀크 그라우트를 사용하게 되면 투수가 좋지 않을 뿐 아니라 밀크 그라우트재의 미립자가 유공관에 침적되어 유공관을 폐쇄시키게 된다. 유공관이 폐쇄되게 되면 배수체계의 교란과 함께 세그먼트 라이닝부에 설계에 고려하지 않았던 수압이 걸리게 되어 실드터널구조의 안정성에 심각한 문제가 야기될 수 있다. 이는 배수터널 개념에 완전히 배치된다.
- [161]
- [162] 본 발명의 뒤채움재 또는 충전재(50)는 모래(52) 또는 콩자갈이나 PS볼이다. 배수터널 개념에 가장 적합하기 때문이다.
- [163]
- [164] 세그먼트의 조인트부(30)를 통해 지하수와 함께 유공관으로 유출되지 않게 하기 위해서는 모래(52) 또는 콩자갈의 입경은 1~20mm가 바람직하다.
- [165]
- [166] 충전재(50)의 입경이 20mm보다 크게 되면 배면공동의 폭이 1~10cm인 배면공동에 충진이 잘 이루어지지 않게 될 뿐만 아니라 이로 인해 배면에 추가공동이 발생됨으로써 세그먼트 라이닝부에 집중하중이 유발되게 되는 문제가 발생되게 된다.
- [167] 충전재(50)의 입경이 1mm이하가 되면 밀크 그라우트재의 미립자가 유공관에 침적되어 유공관을 폐쇄시키는 것과 같은 문제가 발생되게 된다.
- [168]
- [169] 충전재(50)의 투수계수는 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10 \text{ cm/sec}$ 가 바람직하다. 지반(60)으로부터 실드터널 세그먼트의 유로 홈(10)으로의 유입이 원활하게 이루어지도록 하기 위해서다.
- [170] 충전재(50)의 투수계수가 $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 이하가 되면 지하수가 실드터널의 배수구조로의 유입이 잘 이루어지지 않게 되어 배수터널 개념에 못 미치게 된다.
- [171]
- [172] 세그먼트의 조립이 완료된 후에는 모래(52)와 같은 충전재(50)를 실드터널 내부에서 공기압과 함께 지지공(18)을 통해 배면공동을 충전하게 된다. 지지공(18)을 충전재(50) 공급통로로 이용한다.
- [173]
- [174] 모든 세그먼트에는 그 무게중심에 지지공(18)이 형성되어있다. 지지공(18)에 삽입 · 고정된 지지볼트와 연결된 와이어가 연결된 지지볼트를 지지공(18)에 삽입 · 고정하고 실드장비에 의하여 와이어를 들어올리게 되면 들어올려진 세그먼트의 조립이 용이해지기 때문이다.
- [175]
- [176] 이때 사용되는 공기압은 1~3bar가 바람직하다. 공기압에 의하여 충전재(50)가 배면공동에 밀실 되게 충전 되게 된다. 충전재(50)의 형상이 둥글수록 잘 굴러가

배면공동의 작은 공간까지 밀실 되게 충전 된다.

[177]

[178] 상기의 내용을 기초로 한 실드 라이닝 배수시스템의 주요구성을 요약하면 다음과 같다.

[179]

[180] KL, K, KR로 이루어진 SK 세그먼트와, 그리고 크기가 동일한 4각형형상의 세그먼트를 실드장비에 의하여 터널을 굴진해가면서 조립·축조되는 실드터널에 있어서

[181]

[182] 실드터널의 최상부에는 SK 세그먼트가 XL과 XR에 교번적으로 위치되고, 이에 대응되는 최하부에는 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트와 2개의 SC 세그먼트가 교번되게 위치되며, SK 세그먼트의 KL과 SB 세그먼트사이에는 SAB 세그먼트가, SK 세그먼트의 KR과 SB 세그먼트사이에는 SA 세그먼트와 SAB 세그먼트가 순차적으로 위치되고, 또 SK 세그먼트의 KL 및 KR과 SC 세그먼트사이에는 SAC 세그먼트가 위치되는 한편, SK 세그먼트의 KL, K, KR 세그먼트와, 그리고 SA, SAB, SAC 세그먼트의 4면에는 그 중심에 유로 홈(10)이, 그리고 유로 홈(10)의 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 형성되어있고, 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트에는 평면부(16)가 원주(P)방향 2면에 형성되어있으면서 유로 홈(10)과 그 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 종(L)방향 2면에 형성되어있고, 비배수 세그먼트인 SC 세그먼트에는 유로 홈(10)과 그 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 SAC 세그먼트와 접면되는 종(L)방향 1면에 형성되어있으면서 평면부(16)는 원주(P)방향 2면에 형성되어있고, 유로 홈(10)이 설치된 모든 세그먼트의 내 돌출면(12)에는 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있으며, 비배수 세그먼트의 평면부(16)에는 2열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있고, 토출구(20)는 SAB와 비배수 세그먼트 SB의 종(L)방향 내 돌출면(12)의 양 끝점에, 그리고 SAC와 비배수 세그먼트 SC의 종(L)방향 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에 1/4형상의 토출 홈(22)을 종(L)방향 유로 홈(10)에 직각되게 각각 형성하되 1/4형상의 토출 홈(22)은 종(L)방향 유로 홈(10)과 연통되게 종(L)방향 내 돌출면(12)에만 형성하여 Z방향으로 유입수가 토출되게 함을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템이다.

[183]

발명의 효과

[184]

(a) 본 발명은 수압이 고려된 종래의 비배수터널 개념과는 달리 수압이 고려되지 않는 배수터널 개념으로 설계되는 것이므로 세그먼트 라이닝 두께를 20~50% 줄일 수 있을 뿐만 아니라 세그먼트 라이닝 제작 및 물류비를 10~30% 저감할 수 있는 경제적 효과가 있다.

[185]

[186] (b) 배수터널 개념의 설계이므로 세그먼트 조인트부의 내 돌출면에만 수팽창 지수재를 1열로 배열하므로 2열배열의 비배수 터널 개념에 비해 수팽창 지수재를 그만큼 절감할 수 있어 경제적이다.

[187]

[188] (c) 비배수 개념의 실드터널은 시공상 문제로 인해 하저구간에서는 상당 양의 지하수가 터널내부로 유입되어 추가 차수그라우팅을 실시하나 배수 개념의 본 발명은 유도배수가 가능하므로 차수그라우팅과 같은 추가작업이 필요 없다.

[189]

[190] (d) 모래 또는 PS볼을 뒤채움 충전재로 사용하므로 지하수 오염 등의 환경문제가 없을 뿐만 아니라 투수성이 뛰어나고 충전성이 좋아 공기압과 함께 1회 채움으로 밀실 되게 충전 시킬 수 있어 추가 충전 작업이 필요 없는 유용한 발명이다.

[191]

도면의 간단한 설명

[192] [도1] 본 발명 실드터널의 사시도

[193] [도2] 도1의 “A”부분 및 “B”의 확대도

[194] [도3] 도1의 A-A 단면도

[195] [도4] 도1의 B-B 단면도

[196] [도5] SK세그먼트의 평면도

[197] [도6] 본 발명 유로홈과 수팽창 지수재와의 관계를 나타낸 SA, SK세그먼트의 사시도

[198] [도7] 본 발명 유로홈과 수팽창 지수재와의 관계를 나타낸 SAB, SAC세그먼트의 사시도

[199] [도8] 본 발명 유로홈과 수팽창 지수재와의 관계를 나타낸 SB세그먼트의 사시도

[200] [도9] 본 발명 유로홈과 수팽창 지수재와의 관계를 나타낸 SC세그먼트의 사시도

[201] [도10] 본 발명 실드터널의 배면공동에 뒤채움된 사시도

[202] [도11] 측방의 수평방향 지반반력은 실드 세그먼트의 지반 내 변위에 따라 발생하는 것으로 간주한 하고, 이에 따른 삼각형 분포의 지반반력을 나타낸 압력개념도

[203]

[204] <도면부호의 간단한 설명>

[205] 100; 실드터널

[206] 10; 유로 홈, 12; 내 돌출면, 14; 외 돌출면, 16; 평면부, 18; 지지공

[207] 20; 토출구, 22; 토출 홈,

- [208] 30; 조인트부, 32; 연결부
 [209] 40; 수팽창 지수재
 [210] 50; 뒤채움재, 52; 모래
 [211] 60; 지반
 [212]

발명의 실시를 위한 형태

- [213] 본 발명은 종래의 비 배수(非排水)터널 개념과는 달리 배수(排水)터널 개념이다.
- [214]
- [215] 배수(排水)터널 개념을 기본으로 한 본 발명의 실드 라이닝 배수시스템을 이용하여 실드터널 시공방법을 첨부된 도면과 함께 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [216]
- [217] KL, K, KR로 이루어진 SK 세그먼트와, 그리고 크기가 동일한 4각형형상의 세그먼트를 실드장비에 의하여 터널을 굴진해가면서 조립·축조되는 실드터널의 시공방법에 있어서
- [218]
- [219] (a) 2열배열의 수팽창 지수재(40)가 원주(P)방향의 평면부(16)에 길이방향으로 설치되어있으면서 종(L)방향의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있고, 상기 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에는 유로 홈(40)까지 토출홈(22)이 연통된 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트를 굴착지반 최하부에 설치하는 단계;
- [220]
- [221] (b) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 형성되어있으면서 종(L)방향의 1번 내 돌출면의 끝점 Q에 토출홈(22)이 형성된 SAB 세그먼트의 종(L)방향 변을 SB 세그먼트의 양측 종(L)방향 변에 맞대어 SAB 세그먼트를 조립·설치하는 단계;
- [222]
- [223] (c) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 형성된 SA 세그먼트의 종(L)방향 변을 XR쪽 SAB 세그먼트의 종(L)방향 변에 맞대어 SA 세그먼트를 조립·설치하는 단계;
- [224]
- [225] (d) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치된 KL과 KR 세그먼트 중에서 XL쪽 SAB 세그먼트에는 KL 세그먼트를, XR쪽 SA 세그먼트에는 KR 세그먼트를 종(L)방향 변끼리 서로 맞대어 KL과 KR 세그먼트를 조립·설치하는 단계;
- [226]

- [227] (e) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 K 세그먼트를 KR과 KL 세그먼트사이에 종(L)방향 변에 삽입하여 제1열 실드조립을 완료하는 단계;
- [228]
- [229] (f) 제1열 실드조립에 연하여 굴진방향으로 2열배열의 수평창 지수재(40)가 2개의 원주(P)방향의 평면부(16)와 1개의 종(L)방향의 평면부(16)에 설치된 SC 세그먼트를 종(L)방향의 평면부(16)끼리 서로 연결하여 2개의 SC 세그먼트를 비배수 세그먼트로 하되 유로 홈(10)이 형성된 종(L)방향의 변에는 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치되어있고, 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에는 토출홈(22)이 유로 홈(10)까지 연통된 2개의 SC 세그먼트를 굴착지반 최하부에 설치하는 단계;
- [230]
- [231] (g) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 형성되어있으면서 종(L)방향의 1번 내 돌출면(12)의 끝점 Q에 토출홈(22)이 형성된 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변을 토출홈(22)이 형성된 비배수 세그먼트인 SC 세그먼트의 종(L)방향 변에 맞대어 SAC 세그먼트를 조립·설치하는 단계;
- [232]
- [233] (h) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 KL 세그먼트를 XL쪽 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변에, KR 세그먼트를 XL쪽 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변에 서로 맞대고 KR과 KL 세그먼트를 조립·설치하는 단계;
- [234]
- [235] (i) 4번 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4번 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 K 세그먼트를 KR과 KL 세그먼트종(L)방향 변 사이에 삽입하여 제2열 실드조립을 완료하는 단계;
- [236]
- [237] (j) (a)~(i)단계를 반복하면서 제3열, 제4열, . . . 실드조립을 완료하는 단계;
- [238]
- [239] (k) 실드조립이 완료된 후 세그먼트의 지지공(18)을 통하여 모래 등의 충전재(50)를 공기압과 함께 배면공동에 충전하는 단계;를 포함함을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템을 이용한 실드터널 시공방법이다.
- [240]
- [241] 여기에다 (k)단계에서의 충전재(50)의 입경은 1~20mm이고, 충전재가 이루는 투수계수가 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10 \text{ cm/sec}$ 이 바람직하다. 지하수의 유입이 원활하게 되면서 유로 홈(10)으로 충전재(50)의 유입이 방지되어 유공관의 폐색이 발생하지 않기 때문이다.
- [242]

- [243] 또한 충전재(50)가 배면공동에 밀실되게 하기 위한 충전재(50) 분사공기압은 1~3bar가 바람직하다.

청구범위

[청구항 1]

KL, K, KR로 이루어진 SK 세그먼트와, 그리고 크기가 동일한 4각형형상의 세그먼트를 실드장비에 의하여 터널을 굴진해가면서 조립·축조되는 실드터널에 있어서
 실드터널의 최상부에는 SK 세그먼트가 XL과 XR에 교번적으로 위치되고, 이에 대응되는 최하부에는 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트와 2개의 SC 세그먼트가 교번되게 위치되며, SK 세그먼트의 KL과 SB 세그먼트사이에는 SAB 세그먼트가, SK 세그먼트의 KR과 SB 세그먼트사이에는 SA 세그먼트와 SAB 세그먼트가 순차적으로 위치되고, 또 SK 세그먼트의 KL 및 KR과 SC 세그먼트사이에는 SAC 세그먼트가 위치되는 한편, SK 세그먼트의 KL, K, KR 세그먼트와, 그리고 SA, SAB, SAC 세그먼트의 4면에는 그 중심에 유로 홈(10)이, 그리고 유로 홈(10)의 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 형성되어있고, 비배수 세그먼트인 SB 세그먼트에는 평면부(16)가 원주(P)방향 2면에 형성되어있으면서 유로 홈(10)과 그 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 종(L)방향 2면에 형성되어있고, 비배수 세그먼트인 SC 세그먼트에는 유로 홈(10)과 그 양측에 외 돌출면(14)과 내 돌출면(12)이 SAC 세그먼트와 접면되는 종(L)방향 1면에 형성되어있으면서 평면부(16)는 원주(P)방향 2면에 형성되어있고, 유로 홈(10)이 설치된 모든 세그먼트의 내 돌출면(12)에는 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있으며, 비배수 세그먼트의 평면부(16)에는 2열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있고, 토출구(20)는 SAB와 비배수 세그먼트 SB의 종(L)방향 내 돌출면(12)의 양 끝점에, 그리고 SAC와 비배수 세그먼트 SC의 종(L)방향 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에 1/4형상의 토출 홈(22)을 종(L)방향 유로 홈(10)에 직각되게 각각 형성하되 1/4형상의 토출 홈(22)은 종(L)방향 유로 홈(10)과 연통되게 종(L)방향 내 돌출면(12)에만 형성하여 Z방향으로 유입수가 토출되게 함을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템

[청구항 2]

KL, K, KR로 이루어진 SK 세그먼트와, 그리고 크기가 동일한 4각형형상의 세그먼트를 실드장비에 의하여 터널을 굴진해가면서 조립·축조되는 실드터널의 시공방법에 있어서
 (a) 2열배열의 수팽창 지수재(40)가 원주(P)방향의 평면부(16)에 길이방향으로 설치되어있으면서 종(L)방향의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수팽창 지수재(40)가 설치되어있고, 상기 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에는 유로 홈(40)까지 토출홈(22)이 연통된

비배수 세그먼트인 SB 세그먼트를 굴착지반 최하부에 설치하는 단계;

(b) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 형성되어있으면서 종(L)방향의 1변 내 돌출면의 끝점 Q에 토출홈(22)이 형성된 SAB 세그먼트의 종(L)방향 변을 SB 세그먼트의 양측 종(L)방향 변에 맞대어 SAB 세그먼트를 조립·설치하는 단계;

(c) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 형성된 SA 세그먼트의 종(L)방향 변을 XR쪽 SAB 세그먼트의 종(L)방향 변에 맞대어 SA 세그먼트를 조립·설치하는 단계;

(d) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 KL과 KR 세그먼트 중에서 XL쪽 SAB 세그먼트에는 KL 세그먼트를, XR쪽 SA 세그먼트에는 KR 세그먼트를 종(L)방향 변끼리 서로 맞대어 KL과 KR 세그먼트를 조립·설치하는 단계;

(e) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 K 세그먼트를 KR과 KL 세그먼트사이에 종(L)방향 변에 삽입하여 제1열 실드조립을 완료하는 단계;

(f) 제1열 실드조립에 연하여 굴진방향으로 2열배열의 수평창 지수재(40)가 2개의 원주(P)방향의 평면부(16)와 1개의 종(L)방향의 평면부(16)에 설치된 SC 세그먼트를 종(L)방향의 평면부(16)끼리 서로 연결하여 2개의 SC 세그먼트를 비배수 세그먼트로 하되 유로 홈(10)이 형성된 종(L)방향의 변에는 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치되어있고, 내 돌출면(12)의 양 끝점 Q에는 토출홈(22)이 유로 홈(10)까지 연통된 2개의 SC 세그먼트를 굴착지반 최하부에 설치하는 단계;

(g) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 형성되어있으면서 종(L)방향의 1변 내 돌출면(12)의 끝점 Q에 토출홈(22)이 형성된 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변을 토출홈(22)이 형성된 비배수 세그먼트인 SC 세그먼트의 종(L)방향 변에 맞대어 SAC 세그먼트를 조립·설치하는 단계;

(h) 4변 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4변 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 KL 세그먼트를 XL쪽 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변에, KR 세그먼트를 XL쪽 SAC 세그먼트의 종(L)방향 변에 서로 맞대고 KR과 KL 세그먼트를

조립·설치하는 단계;

(i) 4면 모두에 유로 홈(10)과, 그리고 4면 모두의 내 돌출면(12)에 1열배열의 수평창 지수재(40)가 설치된 K 세그먼트를 KR과 KL 세그먼트중(L)방향 변 사이에 삽입하여 제2열 실드조립을 완료하는 단계;

(j) (a)~(i)단계를 반복하면서 제3열, 제4열, . . . 실드조립을 완료하는 단계;

(k) 실드조립이 완료된 후 세그먼트의 지지공(18)을 통하여 모래 등의 충전재(50)를 공기압과 함께 배면공동에 충전하는 단계;를 포함함을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템을 이용한 실드터널 시공방법

[청구항 3]

제2항에 있어서

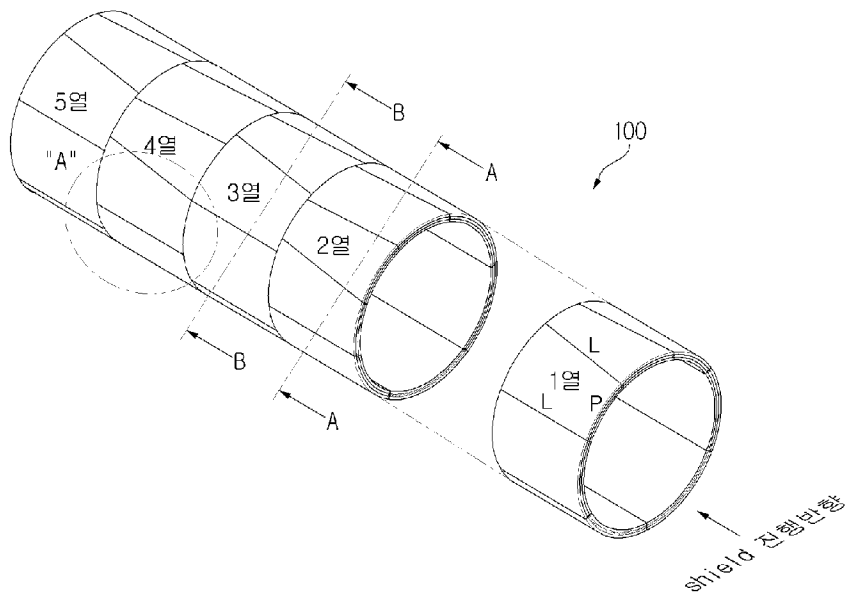
(k)단계에서 충전재(50)의 입경은 1~20mm이고, 충전재(50)가 이루는 투수계수가 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10 \text{ cm/sec}$ 임을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템을 이용한 실드터널 시공방법

[청구항 4]

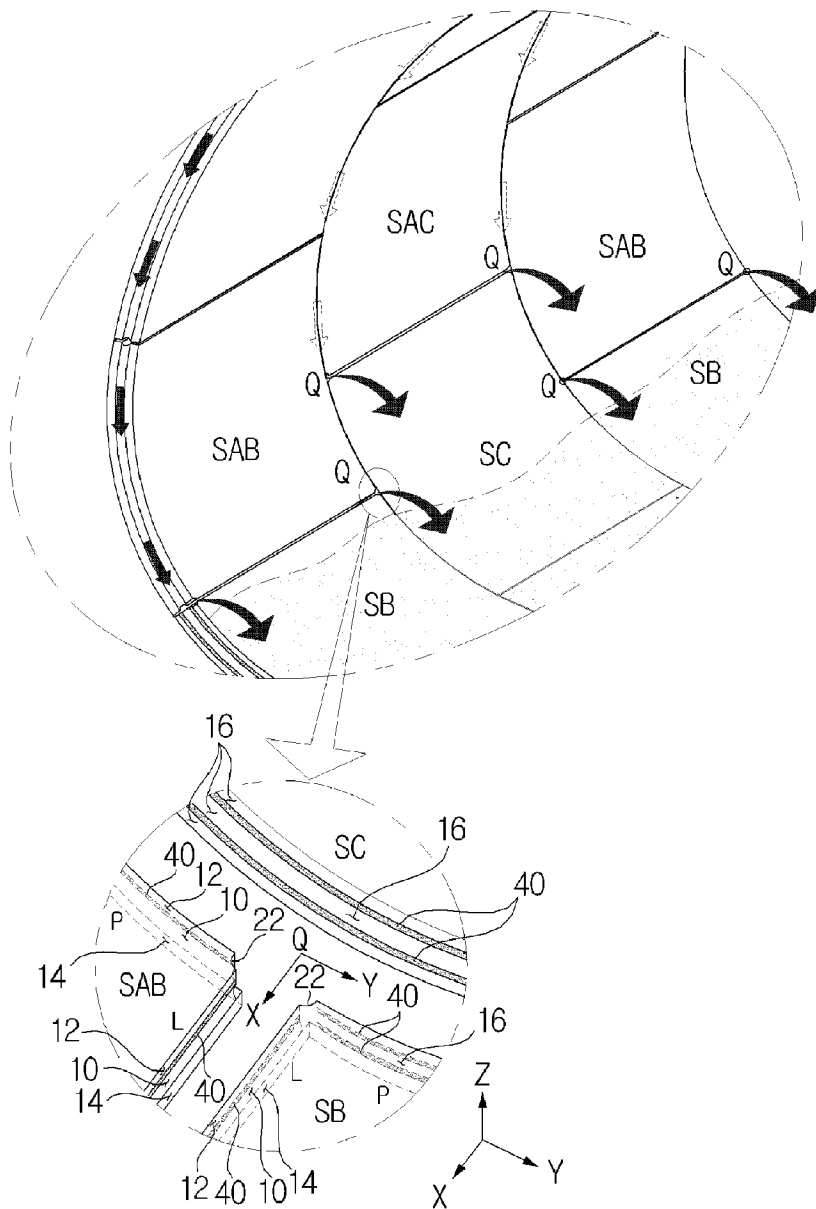
제2항에 있어서

(k)단계에서 충전재(50)의 분사공기압이 1~3bar가 되게 함을 특징으로 하는 실드 라이닝 배수시스템을 이용한 실드터널 시공방법

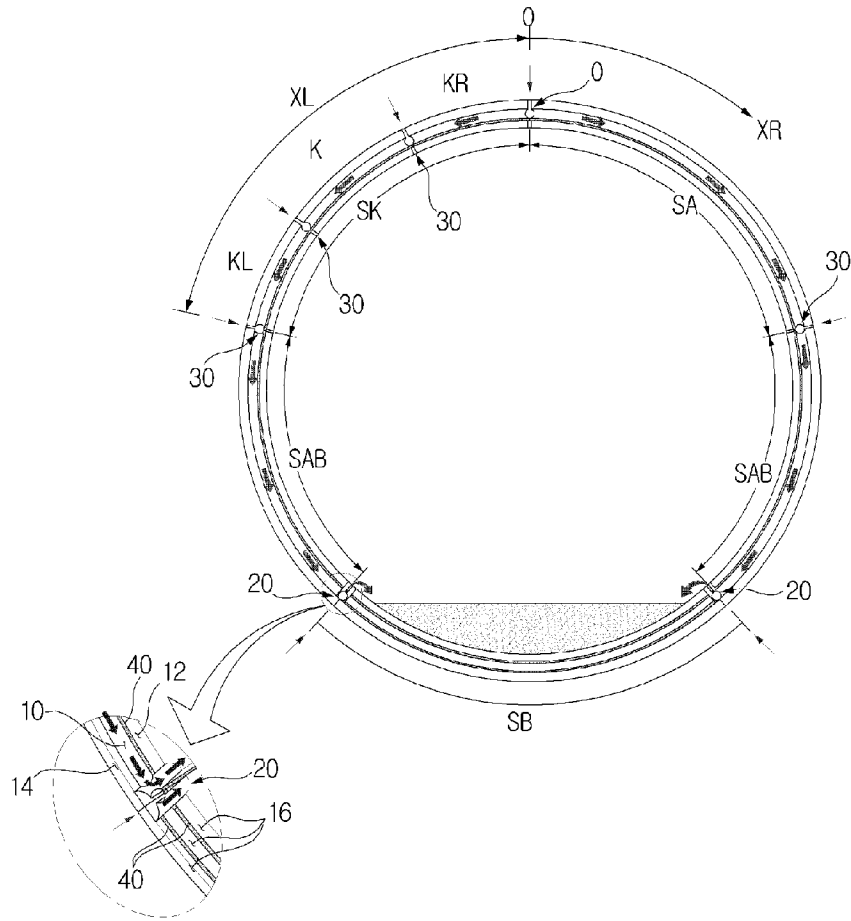
[Fig. 1]



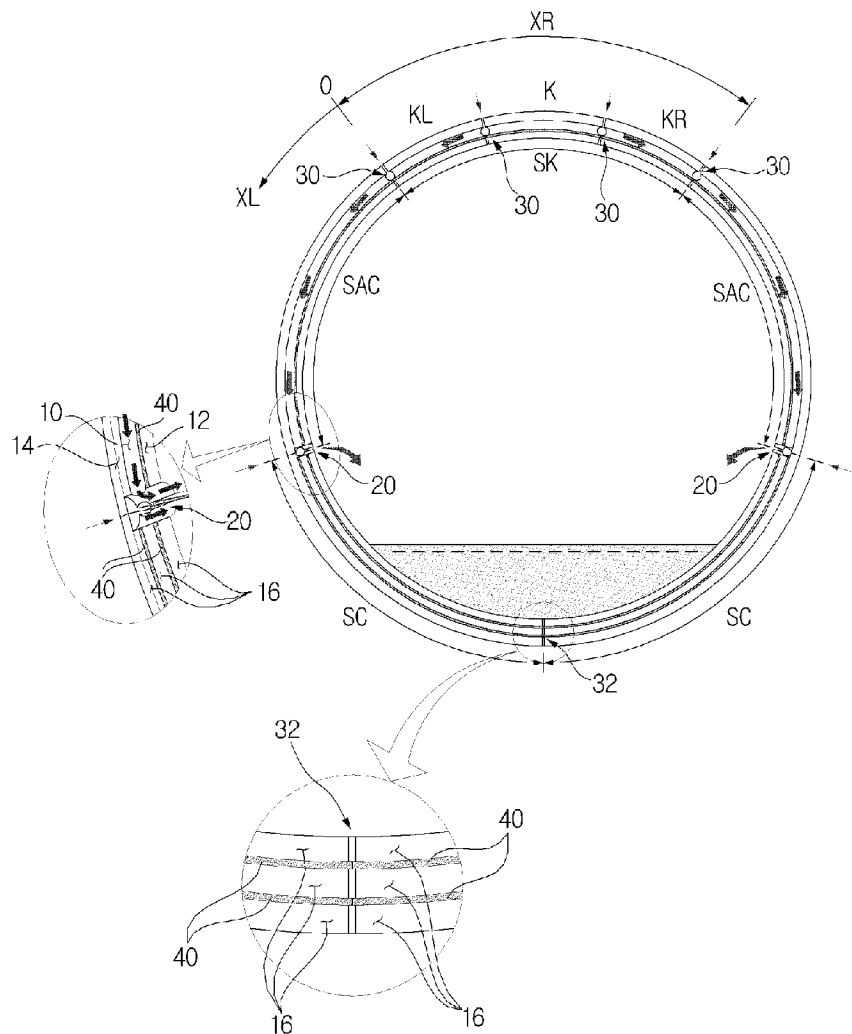
[Fig. 2]



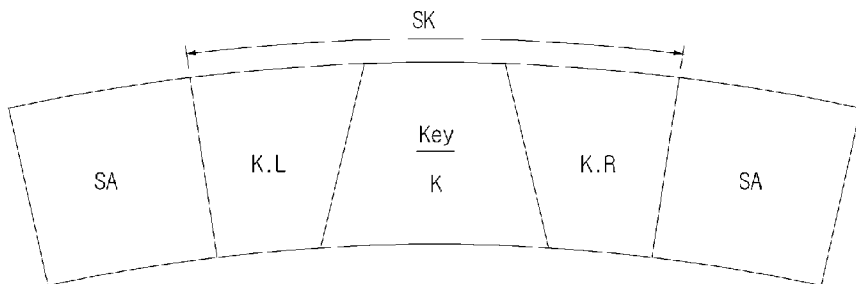
[Fig. 3]



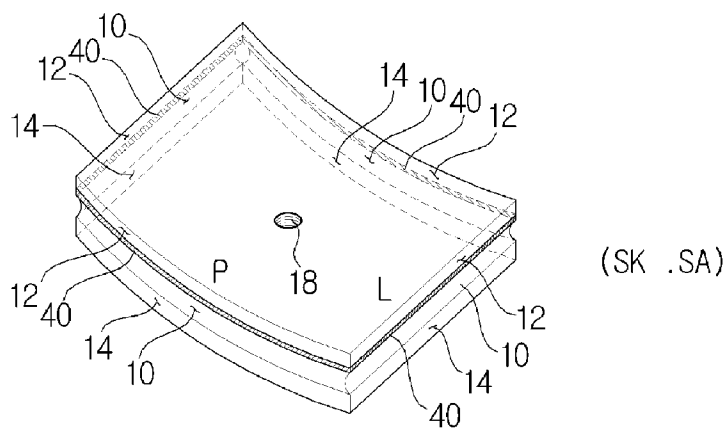
[Fig. 4]



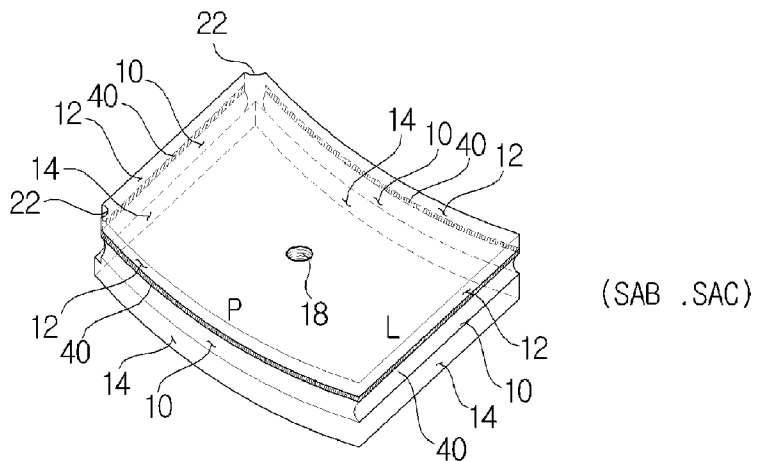
[Fig. 5]



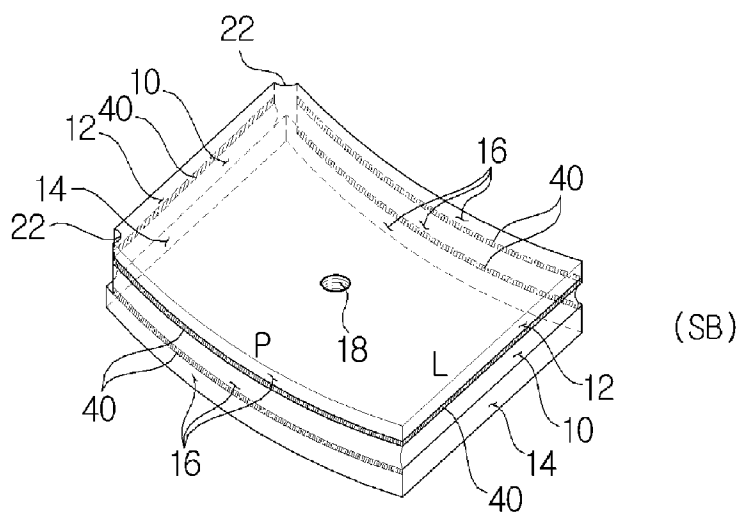
[Fig. 6]



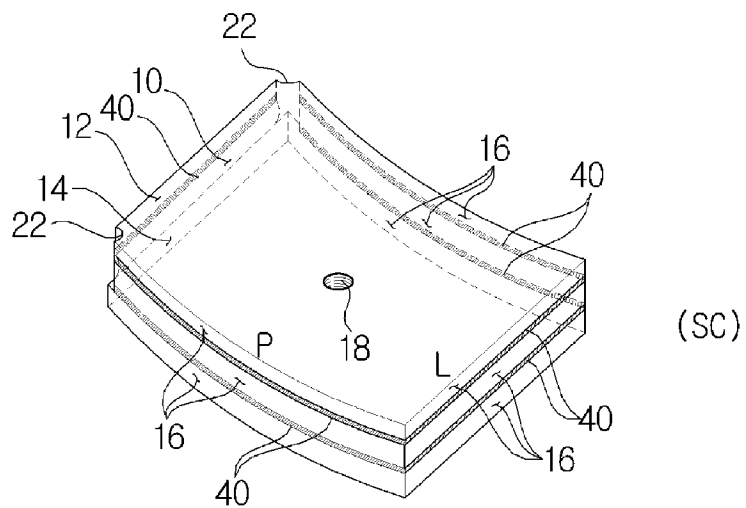
[Fig. 7]



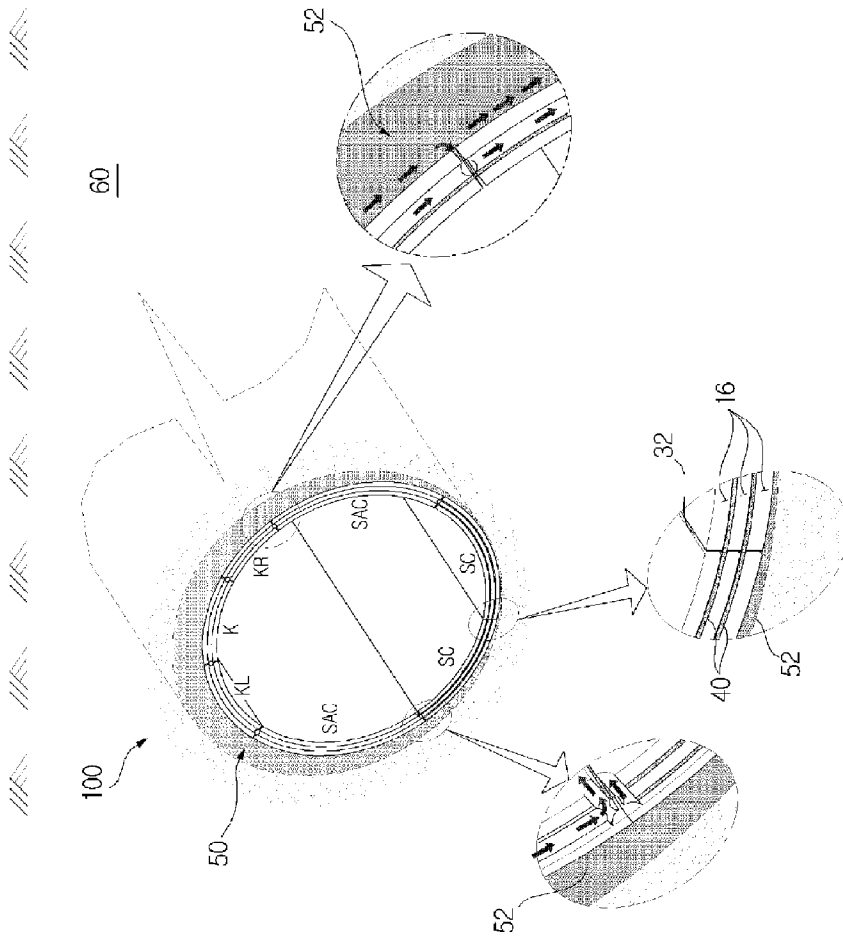
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]

