

EVA개질 투명시트와 부직포를 열풍 점용착한 일체형 방수시트를 이용한 터널방수공법에 관한 연구

A study on the EVA reforming processes transparency sheet and nonwoven warm air point adhesion using of tunnel waterproofing method.

선 윤 숙*
Seon, Yun-Suk

김 점 술**
Kim, Jaun-Sull

김 수 련***
Kim, Su-Ryon

오 상 근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

Safe, economical and environment-friendly tunnel construction are required again along with social continuous development, the importance of waterproof work that is portion that actually all of user and builder can find that is embossed by tunnel construction's one of important construction.

Also, ECB (Ethylen Copolymer Bitumen) sheet that is used in existing tunnel waterproofing method (ECB waterproofing method) being black because asphalt (Bitumen) is added, by purpose that make illumination of tunnel interior brightly and scar discovery eases in sheet with coating white film, but ECB that is used present according as ECB that asphalt is added does not satisfy high tensile strength of construction field, quality standard of extension. Also ECB denigrates color of black M/B that asphalt is excepted.

키 워 드 : EVA개질 투명 VE 시트, 부직포, 열풍 점용착, 부직포 일체 공법, 개량 란델 공법, 터널방수공법.

Keywords : EVA reforming processes transparency VE sheet, warm air adhesion, nonwoven monolithic method, modified fixing method, tunnel waterproofing method

1. 연구배경 및 목적

사회의 지속적인 발전과 더불어 안전하고 경제적이며, 환경친화적인 도로 터널 건설이 요구되어 지고 있으며, 실질적으로 사용자와 시공자 모두가 현실적으로 체감할 수 있는 부분인 방수공사의 중요성이 터널 공사의 중요한 공사의 하나로 부각되어가고 있는 실정이다.

그러나 기존 터널 방수 공법(ECB방수공법)은 공사 수주의 과당 경쟁으로 자재비 및 노임의 적정 수준을 만족하지 못함에 따라 원료의 사용에 있어서 재생 재료를 사용하여 생산된 자재의 내구성이 저하되고, 시공은 부실을 자초하고 있는 실정이다. 특히 굴착 터널은 ECB 시트, 개착 터널에는 개량 아스팔트 시트가 주로 사용되고 있음에 따라 이질의 두 재질이 만나는 역사에서의 시트 이음 부위의 건설한 방수가 이루어지지 않고 있어, 이에 대한 연구가 이루어지고 있지만 아직까지도 해결하지 못하고 있는 실정이다.

또한 기존 터널 방수 공법(ECB방수공법)에 사용되고 있는 ECB(Ethylen Copolymer Bitumen)시트는 아스팔트(Bitumen)가

첨가 되어 있어 검정색이며, 터널 내부의 조도를 밝게 해주고 시트에 흠집 발견이 용이하게 하는 목적으로 백색필름을 코팅하고 있으나, 시공 현장의 높은 인장강도, 신장률의 품질기준을 아스팔트가 첨가된 ECB는 만족시키지 못함에 따라 현재 사용되는 ECB는 아스팔트가 제외되고 색상을 검게 하려는 검정색 M/B를 첨가하여 가공하고 있는 실정이다.

이에 기존에 사용하던 방수재료 및 공법상의 문제점을 개선하여, 시공기간의 단축으로 인한 경제성 추구, 시트의 투명화로 인한 시각적 품질관리, 폐기물 발생을 감소시켜 환경친화적 터널 건설에 그 목적이 있다.

2. 투명 V.E시트에 대한 이론적 고찰

투명 V.E 시트는 Polyethylene계 수지에 비하여 상온상태에서 유연성이 탁월하고 탄력성이 우수하여 고무(Rubber)와 가장 유사한 특성을 나타내며, LDPE에 비하여 광학적인 특성이 우수하여 다양한 용도에 사용되고 있는 에틸렌 비닐 아세테이트(EVA) 수지에 초저밀도 폴리에틸렌(VLDPE)수지를 10%이상 혼합하여 VA 함량이 15% 이상인 투명 원재료 상태로 제조된 합성고분자 시트로, 기존 EVA시트보다 인장강도, 신장률을 향상시킨 재료이다.

* 정희원, 서울산업대학교 주택대학원 주택생산공학과

** 정희원, 서울산업대학교 주택대학원 주택개발관리학과

*** 정희원, 서울산업대학교 비엔케이방수기술연구소 연구원

**** 정희원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 공학박사

2.1 VLDPE 수지의 특징

최근에 제4세대 폴리에틸렌 제품이라고 칭하는 균일계 메탈로센 촉매(Homogeneous Metallocene Catalyst)인 VLDPE수지는 촉매 구조 변화를 통해 고분자의 구조와 물성을 제어 가능하고, 고분자 분자량 분포가 좁고, 공중합체의 Comonomer의 조성 및 분포가 균일한 것이 특징이다. 일명 Single Site Catalyst라고도 불리는 Metallocene 촉매에 의해 제조된 PE 제품(VLDPE)은 종래의 Heterogeneous Ziegler-Natta 촉매에 의한 PE제품에 비해 좁은 분자량 분포와 매우 균일한 Comonomer Distribution을 갖고 있으며, 이는 촉매의 활성이 균일하여 각 활성점에서 만들어지는 고분자 사슬의 길이 및 Comonomer 분포가 비슷하기 때문이다.

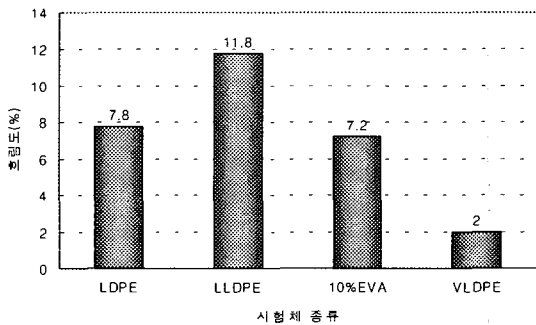


그림 1. 투명도 비교

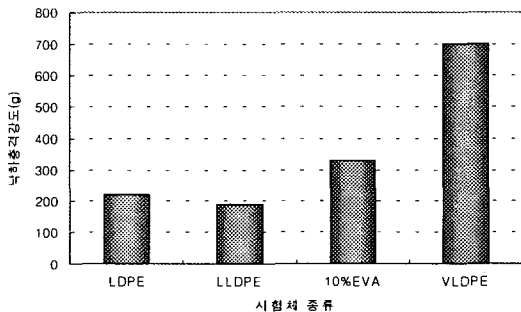


그림 2. 낮아 충격 강도 비교

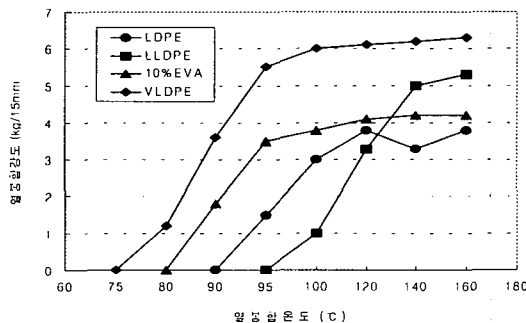


그림 3. 열 융합 특성 비교

즉 싱글 사이트 촉매를 이용하는 입체 규칙성을 가진 초저 밀도 폴리에틸렌 수지(VLDPE)는 그림 1-4와 같이 멀티 사이트 촉매를 사용하는 선형저밀도 폴리에틸렌과 비교하여 장쇄 분지가 없고 Comonomer 분포가 균일하여 좁은 분자량 분포

를 지니며, 분자와 분자 사이를 연결하는 타이 분자가 많아 기존의 멀티 사이트 촉매를 사용하는 폴리에틸렌의 내핀홀성, 저온, 상온 충격강도, 저온 Heat Seal성, 고무명성, 고풍택성 및 무색, 무취, 무미의 특성을 가지고 있다.

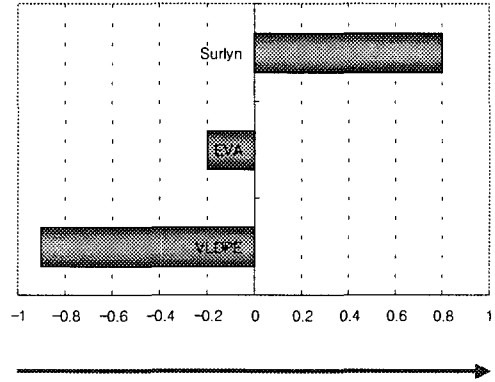


그림 4. 냄새, 맛 특성 비교

2.2 EVA 수지의 특징

EVA는 다른 종류의 Polyethylene계 수지에 비하여 상온상태에서 유연성이 탁월하고 탄력성이 우수하여 고무(Rubber)와 가장 유사한 특성을 나타내며, LDPE에 비하여 광학적인 특성이 우수하여 다양한 용도에 사용되고 있으며, 아래의 표?에 대표적으로 사용되고 있는 용도를 나타내었다. 또한 최근의 환경 규제 움직임에 따라 PVC 대용 소재로 다양한 용도 적용을 위한 시도가 활발하게 진행되고 있다.

표 1. EVA수지의 대표적인 적용사례

용도	적용 사례
필름 용	-농업용 광폭필름, 보호 Tape용 점착층, 중포장용 필름 등
발포 용	-신발용 Mid-Sole, 포장용 발포 제품, 완구용, 어구용 발포 제품
자동차용	-Mud Guard, Energy Ansorber, Carpet 등
Sheet	-방수 Sheet, 신발용 Sheet 등
압출코팅	-PET/EVA Coating용, 식품 포장 Coating용 등
전기/전자부품	-Flexible Hose, 전선 피복용 등

3. 부직포 일체 공법과 개량 란델 공법의 이해

3.1 투명 V.E시트와 부직포 일체 공법

부직포 일체 공법은 그림 5와 같이 공장 생산시 투명 V.E시트와 부직포를 일체화(부직포 일체 공법)함으로써 공사기간이 단축되어 품질관리가 용이하다.

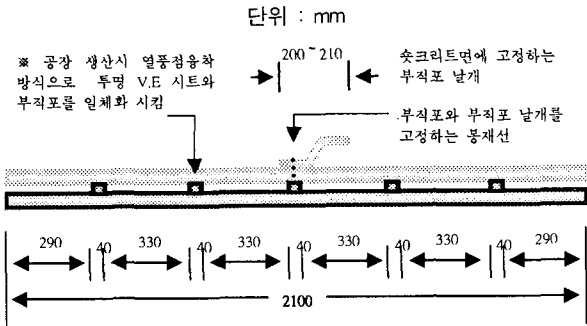


그림 5. 부직포 일체 공법의 구성도(단면도)

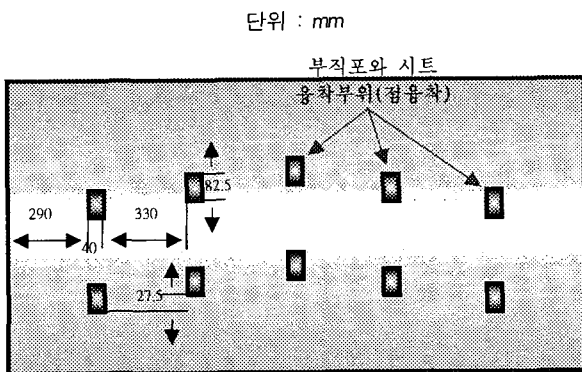


그림 6. 부직포 일체 공법의 구성도(평면도)

3.2 투명 V.E시트와 개량란델공법

중터널을 연결하는 횡터널과 대피소 부위 및 굴곡이 심한 일부 부위에서는 그림 7에서와 같이 투명 V.E시트와 방수시트의 파단을 방지하도록 개량된 란델을 이용한 공법(개량란델 공법)이 사용된다.

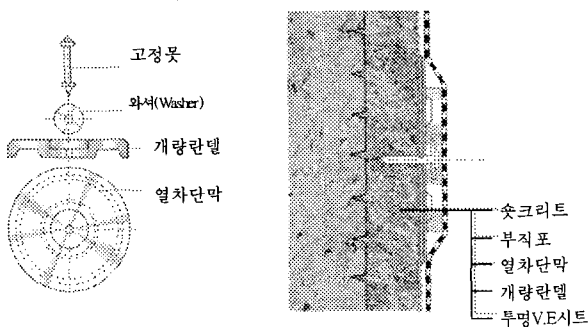


그림 7. 개량 란델 공법의 구성도

4. 기존 터널 방수공법 문제점 및 대책방안

기존 굴착 터널 방수 공법의 대표적인 방수 공법은 ECB시트 방수 공법으로 시공상의 문제점 및 그에 따른 대책 방안에 대하여 검토하고자 한다.

4.1 문제점 분석

1) ECB 시트의 시공상 문제점

- ① 투명하지 않아 란델과의 접착시 수동열풍기의 열로 인해 부직포가 타는 현상
- ② 란델과의 접착성 여부가 보이지 않아 시공자의 견실한 시공의 어려움
- ③ 감독관의 품질관리의 어려움,
- ④ ECB시트가 경질이어서 연질의 V.E보다 작업이 어려움

2) 바탕면과 시트의 부착을 위해 사용되어지는 란델의 사용에 따른 문제점

- ① 콘크리트 타설시 방수층의 밀림 현상으로 란델에 응력이 집중되어 방수층의 파단되는 현상
- ① 란델의 사용으로 인한 공기의 지연 및 단가의 상승

4.2 부직포 일체 공법의 대책 방안

1) 공기 및 공정 단축

표 2와 같이 기존 공법의 5가지 공정을 부직포 일체 공법 사용으로 3가지 공정으로 단축시켜 공사기간을 기존 공법에 비하여 2/3로 단축시키는 효과가 있다.

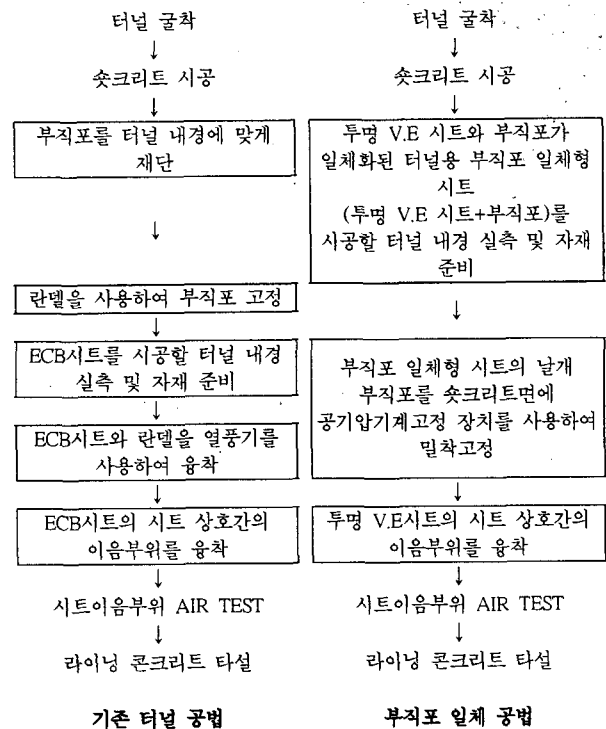


표 2. 기존 터널 공법과 부직포 일체 터널 방수 공정 비교

2) 부직포 탄화 현상 방지

기존 ECB 방수 공법은 부직포를 고정된 란델과 ECB시트를 열풍기로 용착하여 시트를 고정하여 열풍에 의한 부직포 탄화 되는 문제점이 발생하는 반면, 부직포 일체 공법은 란델을 사용하는 열풍 접합이 없이 사진 1-2와 같이 일체화된 부직포만 고정하여 시트 고정을 하므로 부직포의 탄화현상을 방지 할 수 있다.

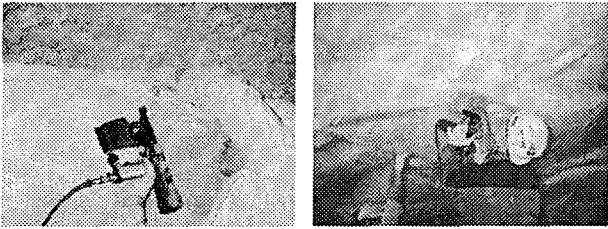


사진 1. 부직포 날개 고정

사진 2. 시트 상호간의 이음부위시공

3) 라이닝 콘크리트 타설시 발생하는 응력에 의한 시트 파단 방지

기존 터널 방수 공법(ECB 방수공법)은 그림8과 같이 경질 ECB시트를 란델을 사용하여 고정시킴으로서 라이닝 콘크리트 타설시 슛크리트면의 굴곡에 의해 경질 ECB시트와 접합 고정된 란델부위에 응력이 집중되어 시트가 찢어지는 현상이 발생 할 수 있는 구조로 되어있다.

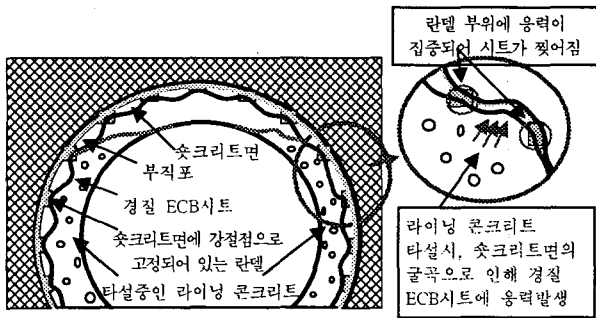


그림 8. 기존 터널 방수 공법의 라이닝 콘크리트 타설시

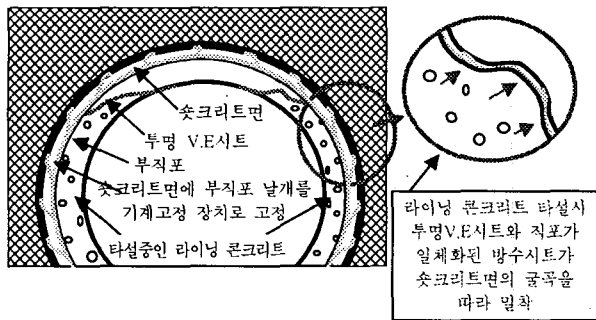


그림 9. 특수 구조를 통한 신기술 터널 방수 시트의 파단

그러나 본 연구에서는 그림 9와 같이 직접 시트와 슛크리트면이 강결점으로 고정되어 있지 않고 부직포 날개 부분이 기계 고정 방식에 의해 슛크리트면에 고정되어 있어, 라이닝 콘크리트 타설시 시트 전체가 슛크리트 굴곡에 따라 대응하여 밀착하기 때문에 시트에 응력이 발생하지 않아 방수막의 파단을 방지하는 효과를 기대할 수 있다.

4) 열풍 점음착 일체형 방수시트의 효과

국내의 터널 방수 공법 적용시 타공정과 동시에 시공되는 경우가 많이 발생한다. 특히, 배수로 공사를 끝내고 터널방수의 시공이 이루어지는 경우가 많은데 이때 방수시트가 점음

착의 방식으로 고정되어 있지 않을 경우 배수로 마감부위에 기시공된 방수면의 시트와 접합 할 시공방법이 없다. 투명 V.E시트는 경제적인 열풍방식의 점음착형태로 제조되어 있어 터널 방수 공사의 특수경우에도 활용 할 수 있다.

5) 투명 V.E시트의 사용으로 품질관리 효과

기존 터널 방수 공법(ECB방수공법)에 사용되는 ECB시트는 시트 자체가 불투명하여 란델의 정확한 위치를 파악하지 못하여 사용자의 정성적인 판단에 의해 열풍 접합함으로써 뒷면 부직포가 탄화될 뿐만 아니라 시트와 란델의 접합이 잘 이루어졌는지의 확인이 불가능하여 전실한 시공을 위한 품질 관리가 어려운 실정이었다.

반면, 투명 V.E시트는 투명하여 시트 상호간의 접착부위를 육안으로 관찰가능하여 에어테스트(Air-Test)를 실시하지 않고도 전수검사가 가능하여 부실시공을 예방하고, 시트가 투명하여 방수시트 뒷면의 배수 상황 및 어두운 터널의 조도 향상을 위해 사용되는 백색필름을 사용하지 않기 때문에 백색 필름 제조를 위해 첨가되는 백색지당(전량 수입되는 제품)을 사용하지 않음으로 해서 경제적인 측면의 수입 대체 효과를 기대할 수 있도록 하였다.

4.3 개량 란델 공법의 대책 방안

1) 개량 란델 사용을 통한 시트 파단 현상 방지

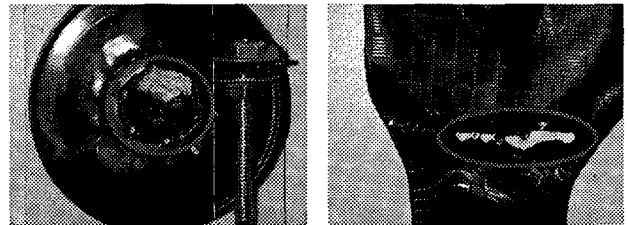


사진 3. 개량 란델 공법

사진 4. 기존 공법

기존 터널 방수공법은 사진4와 같이 ECB 방수 공법이 란델 부위에 응력이 집중되어있어 시트가 찢어지는 현상이 발생하는 구조적인 문제점을 사진3과 그림10에서 보여지는 것과 같이 일정한 응력(60~65kgf)에서 란델이 슛크리트면으로부터 탈락하도록 제작하여 시트가 찢어지는 것을 방지하였다. 종터널을 연결하는 횡터널과 대피소 부위 및 굴곡이 심한 부위에 사용한다.

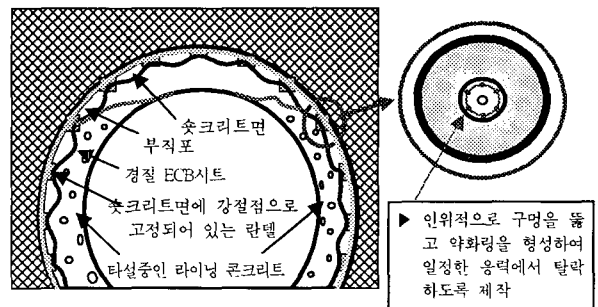


그림 10. 개량 란델 공법의 방수 시트 파단 방지 구조

2) 열차단막 사용을 통한 부직포 탄화 현상 방지

터널 방수 시공 작업은 작업환경이 어둡고, 일정치 않아 재료 자체의 성능이 한국산업규격 또는 시방서에서 규정하고 있는 성능을 만족하더라도 일정한 품질을 유지할 수 있는 품질관리에 어려움이 상존하고 있는 실정이다.

더욱이 기존 터널 방수 공법(ECB방수공법)은 공정 자체가 복잡하고, 사진5와 같이 불투명한 ECB시트를 사용함에 따라 ECB시트와 란델의 접착시 열풍기로 인해 부직포가 탄화 되고, 이에 따라 란델부위의 부직포들에 구멍이 발생하여 방수포(부직포)로서의 주요 역할인 날카롭고 불규칙한 슛크리트면으로부터의 방수막의 손상방지와 지하수를 측방향 배수시설로 배수시켜 터널 라이닝의 수압 작용 방지 등의 역할을 제대로 수행하지 못하게 된다.



사진 5. 열풍기로 인해 부직포가 타는 현상

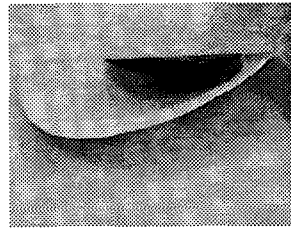


사진 6. 열차단막 설치

또한 터널 방수 공정이 어둡고, 작업환경이 일정치 않은 곳에서 이루어 지고 있을 뿐만 아니라, ECB시트와 란델의 접착상태를 확인할 수 없으며, 주어진 공사기간에 공사를 끝내야 하는 악순환이 반복됨에 따라 작업자들이 견실한 시공을 할 수 없는 실정이다.

또한 투명 V.E 시트와 방수시트의 파단을 방지하도록 개량된 란델을 이용한 공법에서는 사진6와 같이 열차단성이 뛰어난 HDPE 재질의 열차단막을 설치하여 부직포가 탄화되는 것을 방지한다.

3) 슛크리트면에 란델 또는 부직포 고정시 압축공기 사용을 통한 친환경적 공법 채택

기존 터널 방수 공법(ECB방수공법)은 슛크리트면에 란델 또는 부직포 고정시 사진7과 같은 화약을 이용한 타정공법을 사용하므로 화약탄피와 플라스틱 클립의 폐기물 및 화약 가스가 발생한다. 이에 사진8과 같은 개량화한 압축공기를 이용한 타정공법을 사용하여 슛크리트면에 란델 또는 부직포를 고정함으로써 화약탄피와 플라스틱 클립의 폐기물의 발생을 근본적으로 차단하고, 화약 가스를 발생시키지 않는 친환경적인 공법을 채택하였다.



사진 7. 화약 탄환과 클립

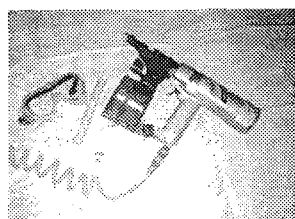


사진 8. 네일 건(Gun)

4) 특수 방수 앵커 볼트 사용

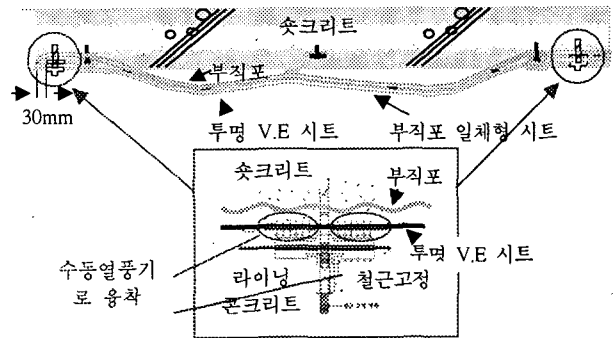


그림 11. 방수시트의 설치 및 앵커 볼트 시공

기존 터널 방수 공법(ECB 방수 공법)은 방수시트를 란델과 접착하는 것만으로 시트를 고정하고 있음에 따라 시트 시공후, 중장비로 외력이 가해지거나, 터널의 풍압으로 인해 시트가 연속적으로 낙하하는 사고가 종종 발생하고 있다. 개량 란델 공법에서는 외력에 의한 시트의 연속적인 낙하를 방지하고 라이닝 콘크리트의 보강을 위하여 설치하는 철근의 위치를 고정할 수 있는 특수 방수 앵커볼트를 설치하므로 연속 낙하로 인한 재시공의 경제적인 손실 방지, 폐기물 발생 억제, 안전성 확보의 효과가 나타난다.

5. 결 론

사회의 지속적인 발전과 더불어 건설환경은 보다 안전하고, 경제적이며, 환경 친화적인 건설이 요구되어 짐에 따라, 건설공사 중 방수 재료 및 공법의 선택은 가장 중요한 사안으로 인식되고 있는 것이 사실이다. 그러나 일반적으로 토목공사 중 방수공정이 차지하고 있는 부분은 전체 공사비용의 3%를 넘지 못하고 있다. 또한, 터널 방수공법은 콘크리트 공사가 완료되면 방수층의 유지관리 및 보수 개념의 도입은 사실상 불가능하거나, 상당히 어렵게 된다. 따라서 터널 방수공법의 경우 최초의 시공과정에서 장기적인 내구수명을 유지할 수 있도록 재료 및 공법의 개선이 절대적으로 필요하며, 이에 따라 현장에서는 철저한 품질관리가 이루어져야 한다.

이에, 본 논문에서와 같이 재료 및 공법의 새로운 접근(부직포와 투명형 방수시트를 열풍 점 용착시킨 “프리패브형(prefab) 방수시트” 를 적용함으로써 기존 터널 방수공법에 비해 공정을 대폭 간소화시키는 물론 일체화 시공을 통해 현장 시공품질을 확보)을 통해 기존 굴착 터널의 방수공법으로 사용되고 있는 ECB시트 방수공법에 비해 현장 품질의 안전성을 확보할 수 있으며, 장기적인 내구수명을 유지할 수 있도록 함으로써 LCC 개념에서의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 오상근(2002.11), 콘크리트 구조물의 누수와 대처 방안에 대한 견해, 한국콘크리트학회지 제 14권 6호)
2. 건축물 방수결합과 대책, 시공문화사, 1996.
3. 임채중, 배문옥(2001), 지하콘크리트 구조물 외부 방수공법의 기술성 및 경제성에 관한 연구한국콘크리트학회논문집 제 13권 1호
4. 건축품질시험 실무지침, 공간예술사, 1998
5. Waterproofing-the Building Envelope-(Michael T Kubal, McGraw Hill, 1993)
6. Waterproofing Concrete Foundations(The Aberdeen Group, 1999)
7. 建築工事標準仕様書 同解説 JASS 8 防水工事 (日本建築學會, 2002)
8. 地下防水の決め手-地下防水の設計と施工-(建築技術, (株)建築技術, 1992. 9)