

연질 FRP 수지와 정방형 홈 컷팅 기술을 이용한 콘크리트 구조물의 방수기술에 관한 연구

A Study on Technology of Waterproofing of the Concrete Structure Which Used Soft FRP Resin and Square Groove Cutting Technique

이 형 준* 최 성 민** 김 성 식*** 안 상 구**** 조 아 형***** 오 상 근*****
Lee, Hyung-Jun Choi, Sung Min Kim, Sung-Sik Ahn, Sang-Ku Cho, Ah-Hyung Oh, Sang-Keun

ABSTRACT

In this study the reason which researches the feature of the exposure type waterproofing it uses the technique of the soft FRP it uses the soft unsaturated polyester and the square groove cutting technique with respects and solves the interface separate problem because of the rigid FRP it is used with the repairs and retrofit materials it is caused by in adhesion of concrete insufficiency.

The feature of this technique was the dispersion and the reinforcement of the fatigue stress due to the integration behavior and the reinforcement due to the glass-fibre of the concrete due to the soft FRP resin and, it investigated the crack appearance confrontation of concrete and the cohesion stability of the concrete due to the square groove cutting technique with importance.

The result of research when it applies the soft FRP with the exposure type waterproofing, is judged with the fact that it will be able to expect a bulge resistance confrontation and creak confrontation ability and cohesion stability improvement.

요 약

본 연구는 보수보강재료로 사용되고 있는 경질형 FRP의 문제점인 바탕면과의 부착력 부족에 의한 계면박리를 해결하고자 연질형의 불포화폴리에스테르 수지를 사용한 연질형 FRP와 바탕면에 정방형 홈(“+“자형) 컷팅 기술을 이용한 노출형 방수공법의 특징을 중심으로 연구하고자 한다.

본 공법의 특징은 연질형 FRP 수지에 의한 콘크리트바탕면과의 일체화 거동과 유리섬유 보강에 의한 피로응력의 분산과 강도보강이며, 정방형 홈 컷팅 기술에 의한 바탕콘크리트의 균열발생 대응과 부착안전성 향상에 관하여 중점 고찰하였다.

연구결과 연질형 FRP를 노출방수층으로 적용 시 부풀 대응과 균열대응력 및 부착안전성 향상을 기대 할 수 있을 것으로 판단된다.

* 정회원, 서울산업대학교 주택대학원 석사과정

** 정회원, 건설신소재연구소 소장

*** 정회원, 포스코건설 플랜트사업본부 과장

**** 정회원, 포스코건설 기술연구소 차장

***** 정회원, 삼정F.R.P산업 대표

***** 정회원, 서울산업대학교 건설학부 교수

1. 서 론

2000년도에 들어서면서 우리나라는 경제발전과 더불어 건설산업 분야에서도 눈부시게 성장하였다. 그러나 창조와 위업을 자랑하며 세워진 많은 구조물들이 아직 그 진가(眞價)를 발휘하기도 전에 균열과 누수의 문제로 비난의 대상이 되고 있다. 이를 해결하기 위하여 많은 방수재료 및 공법들이 건설구조물에 적용되고 있지만 시공 과정 및 시공 후에 많은 하자가 다시 발생되고 있다. 이러한 하자 중에서 노출형 방수공법에서 주로 발생하는 원인별 하자유형을 검토한 결과, 일본건축학회 자료에 따르면 부풀음(45.1%), 박리(34.4%), 파단(20.5%) 순으로 구분되며, 이러한 하자 유형의 발생 원인으로는 방수시공 불량, 바탕의 미건조, 끝단고정 불량, 바탕의 균열로 나타났다. 이로 인해 누수뿐만 아니라 건설구조물의 장기적인 내구성에 악영향을 초래하게 되어 보다 장기적인 내구성을 보유한 방수공법의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이에 최근 보수보강 재료로 많이 쓰이고 있는 경질형 FRP를 구조용뿐만 아니라 방수재로서의 활용이 모색되었으나 바탕면과의 부착력 부족으로 계면박리라는 큰 문제점을 안고 있어 재료적 우수성에도 불구하고 활용되지 못하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 경질형 FRP의 단점을 보완한 연질형 불포화폴리에스테르 수지에 유리섬유 직포를 보강재(이하 “연질형 FRP”라 칭함)로 사용하여 방수성능을 확보하고 콘크리트 바탕면의 수축팽창에 의한 균열발생을 저감시키기 위해 정방형 홈 커팅 기술을 접목한 방수기술에 관한 검증 및 활용 방안을 제시하고자 한다.

2. 연질형 FRP 방수 공법 구성

연질 FRP 방수재는 유리섬유매트와 불포화폴리에스테르 수지로 이루어진 복합소재를 콘크리트 바탕체 위에 정방 홈 커팅 부위에 함침 및 도포시킨다. 시공 방법은 그림 2와 같다. 본 공법은 유리섬유 매트(Glassfiber Mesh)에 연질형 불포화폴리에스테르 수지를 양면 함침시켜 방수층을 적층 성형함으로써 강도보강 및 재료적 수축·팽창에 대한 완충효과를 이용하여 안정성을 향상시키고, 바탕콘크리트에 정방형 십자(+) 홈 커팅을 설치하여 방수층으로 전달되는 균열발생 응력을 분산하여, 방수층 전체의 장기적인 내구성을 확보하도록 고안되었다.

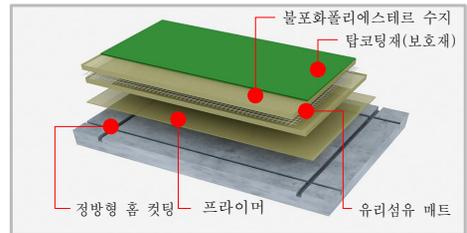


그림 1. 방수층의 구성 개념도

3. 연질형 FRP 방수 공법의 특징

3.1. 유리섬유에 의한 들뜸경계부 피로응력 분산 및 보강원리

본 연질형 FRP방수의 주 재료는 상하부에 연질형 불포화폴리에스테르 그리고 중간층에 유리섬유 매트가 함침된 전면부착형 도막방수재료이다. 이는 경질형 재료에서 나타나는 콘크리트의 건조수축균열 응력에 대응할 수 있고, 시공 부주의에 의한 들뜸부가 발생할 경우 그림 2와 같이 온도상승 시 방수재의 신장에 의한 팽창성 변형 및 부풀음 경계부(또는 균열발생부)의 피로응력을 유리섬유 매트가 분산시키고, 더불어 인장강도를 보강해주는 효과를 갖는다.

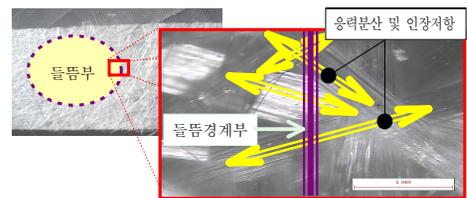


그림 2. 유리섬유의 들뜸경계부

3.2. 정방형 홈커팅에 의한 바탕콘크리트의 균열제어 성능과 고정력 증대

본 연질형 FRP방수의 경우 비노출 방수공법에 적용되던 누름물탈의 온도수축 균열 저감 방안이었던 줄눈커팅 기법의 장점을 활용하기 위해 노출방수층 하부 바탕콘크리트에 적용하였으며, 주 사용재료인 연질형 불포화폴리에스테르를 정방형 십자(+) 홈 커팅부에 함침시켜 앵커볼트(Anchor Bolt) 역할을 하게 함으로써 방수층으로 전달되는 건조·

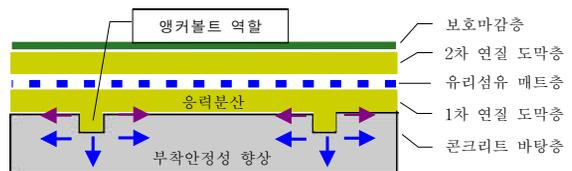


그림 3. 홈 커팅에 의한 균열응력 분산 및 부착안정성 모식도

수축응력을 효과적으로 분산시키고 바탕콘크리트와 일체화 거동을 가능하게 함으로써 전체적인 방수층의 균열대응 및 부착안정성을 향상시켰다.

3.3. 연질형 FRP에 의한 콘크리트와의 일체거동화 특성

본 연질형 FRP방수에 적용되는 주 재료는 연질형 불포화 폴리에스테르로써 중합성이 있는 이중결합을 가진 선팽창계수 $7\sim 60\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 분자량 1,000~3,000 정도 수지이며, 비닐 단위체(스티렌 등)를 사용하여 경화시켜서 성형(成形)할 수 있는 낮은 점도의 액상 수지이므로 유리섬유 매트 및 콘크리트에 함침시키기 용이한 재료적 특성을 가진다. 이러한 재료적 특성은 일반적으로 많이 사용되는 우레탄과 같은 도막방수재료들과는 달리 콘크리트의 모세관 공극까지도 충분히 콘크리트 구조체와 일체화 거동을 가능하게 한다.

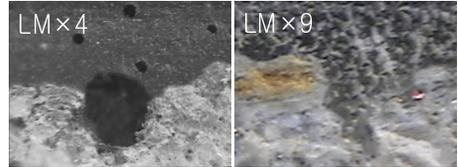


그림 4. 고점성 재료의 공극부 함침 사진

그림 5. 연질형 FRP의 공극부 함침 사진

함침되어 부착안정성을 확보할 수 있어

4. 실험 방법 및 결과

4.1. 인장강도 시험

본 시험은 KS M 3381 『유리 섬유 강화 플라스틱의 인장 시험 방법』 시험 방법에 준하여 20×1.5 cm로 제작한 시험편을 1 mm/min의 속도로 만능시험기를 이용하여 평가한다. 연질 FRP 방수재의 시험결과 인장강도는 평균 102.48 N/mm²로 나타났다고 있다. 이처럼 높은 인장성능을 나타내는 것은 유리섬유 보강에 의한 것으로써 구조물 거동에 의한 하중을 분산시켜 구조물 거동에 의한 파단에 견딜 수 있을 것으로 판단된다.

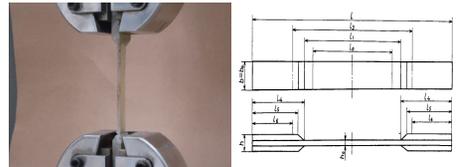


그림 6. 인장강도 시험현황 및 시험편

4.2. 내투수 성능시험

본 시험은 KS F 4937 『주차장 바닥용 표면 마감재』의 시험 방법을 준용하여 Ø100×20 mm 모르타르 시편위에 도막을 형성하여 방수층을 시공 한 다음 Out-Put방식의 투수시험기를 이용하여 0.3 N/mm²의 수압을 3시간 동안 가압을 실시하여 시험한다. 시험 결과 시험체 3개 모두에서 투수되지 않았다.



그림 7. 투수 시험현황 및 시험편

4.3. 부풀 대응 성능시험

본 시험은 KS F 2622 『멤브레인 방수층 성능 평가 시험 방법』에 준하여 콘크리트 바탕면(600×600×60 mm)을 4등분으로 하여 각각의 중앙에 표면까지 관통하는 지름 10 mm의 구멍을 뚫고 그 위에 지름 40 mm의 절연부를 설치하여 설계서 또는 시방서에 따라 방수층을 도포한다. 소정의 양생이 끝난 시험체를 온도 60±2 °C에서 1시간 이상 정지한 후, 들뜸 시험 장치에 시험체를 설치하여 10 kPa의 압력을 10분간 가하고 절연 부위의 확대 등의 변화를 관찰한다. 이상이 없으면 순차적으로 20 kPa, 50 kPa의 압력으로 10분간 가하여 절연 부위의 확대 등의 변화를 관찰한다. 시험 결과 절연부 모두에서 팽창 및 확대 등의 변화는 발견되지 않았다.



그림 8. 부풀 대응성능 시험현황

4.4. 부착강도 시험

본 시험은 정방향 홈 컷팅에 의한 고정력(부착력) 증대효과를 검토하기 위해 다음 표 1과 같이 무처리, -자, =자, +자 홈 컷팅을 실시하여 부착력을 시험한 결과 “+”자형 홈 컷팅이 기준 콘크리트에 비해 약 20 % 이상 향상되는 것으로 나타났다.

표 1. 정방향 홈 컷팅부 부착강도 시험 결과

구 분		기준 콘크리트	+자 홈컷팅	=자 홈컷팅	-자 홈컷팅
시험 결과	부착강도(N/mm ²)	2.17	2.73	2.52	2.22
	증가비	0.0%	20.5%	13.9%	2.3%
부착면의 정방향 홈 컷팅 사진					

4.5. 구조물 거동 대응 성능시험

본 시험은 3단계로 나누어 진행한다. 1단계: 세팅된 시험체에 물을 채운 후 상온(20±3 ℃) 상태에서 거동폭을 4.5mm, 거동 속도 50 mm/min으로 100회 반복 시험한다. 2단계: 세팅된 시험체에 물을 뺀 후 챔버 내부 온도를 -10℃로 세팅하여 온도를 천천히 하강시키면서 -10 ℃가 되는 시점에서 100회 반복 시험한다. 3단계: 물을 다시 채우고 상온(20±3 ℃) 상태에서 100회 반복 시험한다. 위의 시험 방법으로 진행하되, 누수현상이 발생하지 않으면 다음 단계로 넘어간다. 시험 과정에서 누수 현상 및 외관상의 큰 변화가 발생하면 시험을 중지하고 횃수를 기록한다. 시험결과 누수 현상 및 방수층 파손은 발견되지 않았다.

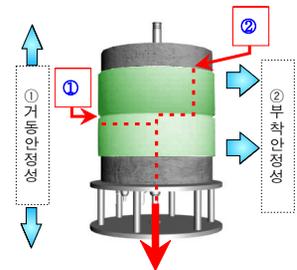


그림 9. 구조물 거동 시험체

5. 결 론

본 연질형 FRP 수지와 정방향 홈 컷팅 기술을 이용한 방수기술을 노출형 방수공법으로 적용 시 유리섬유 보강에 의한 콘크리트 거동의 응력대응과 시공 부주의로 발생할 수 있는 들뜸부의 피로응력을 분산과 인장보강효과를 부품시험과 인장강도시험을 통해 확인하였으며, 정방향 홈 컷팅과 함침이 용이한 연질형 불포화폴리에스테르 수지에 의한 콘크리트 바탕면과 앵커볼트 효과로 바탕콘크리트와의 일체화 거동은 부착강도와 구조물 거동 대응 시험을 통해 확인하였다. 시험결과를 연질형 FRP의 재료적 안전성과 정방향 홈 컷팅 기술의 효과를 통해 전체적인 방수층의 부품 대응과 균열대응력 및 부착안전성 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 안정적인 노출형 방수층의 형성으로 장기적인 내구성 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회, 1977
2. 이민석, 실무를 위한 건설신기술방수공, 보성각
3. 실무자를 위한 방수공사메뉴얼, 건설도서, 2003. 4
4. 김정호, FRP 수지를 이용한 수구조물의 방수·방식공법 개선에 관한 연구, 서울산업대학교 주택대학원, 2006
5. 田中享二 외, 방수공사, 시리즈 건축시공, 도서출판 건축시대, 2005