

시멘트 혼입 폴리머계 방수재의 구성요소 및 적용환경에 따른 인장·부착성능 평가

이진용¹, 최정균², 김성수^{3*}

Examination of Tensile and Adhesion Performance According to Components and Application Environment of Cement-mixed Polymer-based Waterproofing

Jin-Yong Lee¹, Jeong-Kyun Choi², Seong-Soo Kim^{3*}

Abstract: Cement-mixed polymer-based waterproofing materials are generally used in the form of application by mixing in the field, and it is necessary to supplement the construction ability for air bubbles and uneven coating thickness due to irregularities during construction. The final purpose of this study is to improve the waterproofing performance by adding a sheet attaching process to the composite construction rather than the single process of painting and applying the construction method when applying the polymer waterproofing material to the field. In this regard, the applicability was evaluated by examining the material, environment, and manufacturing method.

Keywords: Polymer, Waterproofing, Tensile performance

1. 서 론

철근콘크리트 구조물에서 방수는 외부로부터 수분 또는 유해요소의 침투를 차단시키며, 구조물의 내구성을 증대시키는 목적을 갖는다. 차량에 의한 하중, 진동, 충격, 전단 등의 역학적 작용과 온도변화로 인한 수축팽창이 발생하는 교량에 필요하며, 습기 및 지하수에 항상 노출되어 있는 지하구조물 또는 외벽방수에도 적용되어 콘크리트 구조물 전반에 필요하다 (Park et al., 2006).

방수재료는 종류에 따라 아스팔트계, 고무계, 시멘트 혼입 폴리머계 등으로 구분 될 수 있다. 철근콘크리트 구조물에 적용하는 방수재료의 경우 콘크리트 바탕과 접착이 우수하고 균열 및 부풀음이 없어야 한다. 한편 방수 시공의 형태에 따라 도료 등의 방수재료를 현장에서 도장하는 도막 방수, 방수시트를 구조물 바탕면에 부착하여 시공하는 시트 방수로 구분되며, 도막과 시트 방수를 함께 적용한 복합 방수로 나뉜다.

방수재료를 도포 및 도장하여 시공하는 경우 현장에서 구조물의 형태에 구애받지 않고 적용할 수 있으나 기울기가 있는 부위에서 방수재료가 흐르거나 뭉치고, 요철이 있거나 평

탄하지 않은 경우 균일한 도막 형성이 어렵다는 단점이 있다.

시트를 현장에서 접착하여 시공하는 시트 방수의 경우 방수층이 견고하여 완벽한 방수를 기대할 수 있으나 이음부 연결 시 겹침 부분에서 하자 발생이 많고 구조물 형태에 따라 시공이 난해한 단점이 있다. 최근에는 이러한 단일 공법의 단점을 극복하기 위해서 도막 방수와 시트 방수를 결합한 형태의 시공이 증가하고 있다. 복합 방수는 도막 방수와 시트 방수를 접목시켜 장점을 극대화시킨 방수 공법으로 균열, 기포발생 및 요철에 의한 시공 하자를 최소화 시킬 수 있는 장점이 있는 것으로 알려져 있다(Lee and Ahn, 2006).

시멘트 혼입 폴리머계 방수재는 시멘트의 수화반응과 폴리머의 건조경화를 이용하여 방수층을 형성하며 현장에서 믹싱 과정을 통해 도포하여 시공하므로 도막 방수형태로 적용된다. 시멘트계 재료를 사용하기 때문에 다른 종류의 방수재에 비해 콘크리트와 일체화가 되기 쉽고 습윤한 바탕콘크리트에서 작업이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점을 갖추고도 시트 형태로 만들어 시공하거나 복합 방수 형태로 변형·개선하려는 노력은 미진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시멘트 혼입 폴리머계 방수재 개발과 복합 방수형태의 적용성 검토를 실시하였다. 방수재 개발을 위하여 주원료인 폴리머 선정과 최적 비율을 갖는 방수재를 검토하였으며, 이에 대한 물리적 성능 평가를 실시하였다. 소요의 성능이 확인된 시멘트 혼입 폴리머계 방수재를 이용하여 복합 방수형태로 제작하였으며, 인장성능 및 부착성능을 통해 복합 방수 공법의 적용성을 검토하였다.

¹정회원, 대진대학교 토목환경공학과 박사과정

²정회원, 포스코건설 상무

³정회원, 대진대학교 토목환경공학과 교수

*Corresponding author: sskim@daejin.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, DaeJin University, Pocheoni, 11159, Rep. of Korea

•본 논문에 대한 토의를 2022년 1월 31일까지 학회로 보내주시면 2022년 2월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 실험개요 및 계획

2.1 실험 계획

2.1.1 폴리머 방수재 개발

시멘트 혼입 폴리머계 방수재(이하 폴리머 방수재)의 주성분은 폴리머와 시멘트계 무기분체이며 방수 및 시공성 향상을 위하여 첨가제등이 혼합된다. 최적의 인장성능을 갖는 폴리머 방수재를 개발하기 위하여 주원료인 폴리머 선정과 이에 대한 비율을 검토하였다. 폴리머의 고유 특성인 유리전이온도($T_g(^\circ\text{C})$)는 폴리머가 건조경화 후 인장성능을 발휘하는데 관계가 큰 것으로 알려져 있다. 사전실험을 통해 1:1비율로 시멘트와 혼합하여 경화상태, 잔갈림, 균열 등을 검토하여 폴리머를 결정하였고, 이에 대한 폴리머/시멘트(Polymer/Cement)비율과 양생기간 및 도막두께에 따른 인장성능을 검토하였다.

한편 폴리머 방수재의 수밀성 및 시공성 향상을 위하여 작업성과 건조시간을 조절하고자 알루미늄시멘트, 초속경시멘트, 팽창제, 규사, 탄산칼슘 및 고무분말에 대한 적용성을 평가하였다.

2.1.2 폴리머 방수재의 성능

폴리머 방수재는 폴리머의 건조경화를 이용하기 때문에 방수층의 두께 변화로 인하여 건조시간이 달라지고 건조시간은 방수 품질에 영향을 줄 수 있다. 따라서 도막두께를 달리한 폴리머 방수재에 대한 성능을 검토하여 건조시간 변화에 따른 품질변화를 확인하였다.

다습한 환경에 노출된 구조물의 경우 습윤한 상태에서 방수재를 시공해야하기 때문에 콘크리트와 부착성능은 더욱 중요하다. 폴리머 방수재의 경우 습윤한 콘크리트면에도 일체화가 뛰어난 것으로 알려져 있어 이를 확인하기 위하여 비교적 함수율이 높은 상태의 콘크리트에 폴리머 방수재를 적용하고 부착강도를 측정함으로써 성능변화를 확인하였다. 그리고 폴리머 방수재의 내구성을 검토하기 위하여 수산화칼슘, 염산 및 차아염소산나트륨 수용액에 침지하여 표준상태에서 양생한 폴리머 방수재와 인장성능 및 부착성능을 비교하였으며, 온도변화에 대한 저항성을 검토하기 위하여 내열치수안정성 및 내균열성을 평가하였다.

2.1.3 복합 방수공법

본 연구에서 기술한 복합 방수공법은 부직포를 적용함으로써 보강형태의 방수재를 제작하는 것을 의미하며, 일반형(시멘트 혼입 폴리머계 방수재 단독)과 보강형(시멘트 혼입 폴리머계 방수층+부직포 접착 후 2차 시멘트 혼입 폴리머계 방수재 도포)으로 방수재를 검토하였다.

상기 검토를 통해 결정된 폴리머 방수재를 적용하여 부직

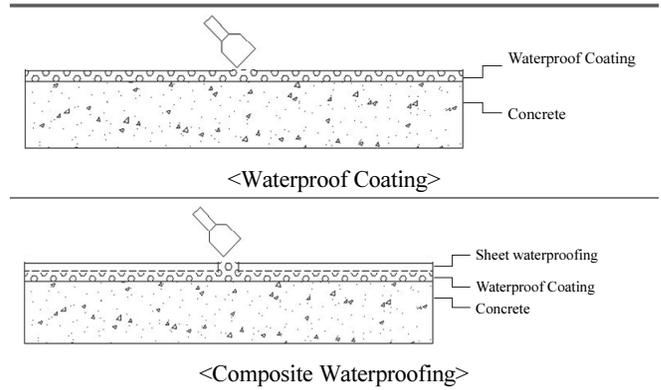


Fig. 1 Comparison of waterproofing fabrication types

Table 1 Physical properties of the polymer

Type	Polymer	Solid (%)	$T_g(^\circ\text{C})$	pH
A	Styrene/Acrylic Acid Ester Copolymer	55	0	5
B		46	-5	7
C		55	-20	2
D		53	-25	7
E		60	-40	7

포와 일체화시켜 시트형태의 폴리머 방수재를 제작하였으며, 콘크리트 표면에 폴리머 방수재를 도포한 다음 제작된 시트형태의 방수재를 부착하여 복합 방수형태의 방수층을 형성하였다. 다음 Fig. 1은 도포 방수공법과 복합 방수공법을 도식화한 그림이다.

2.2 사용재료

2.2.1 폴리머(Polymer)

본 연구에 사용된 폴리머는 아크릴계 폴리머(Styrene Acrylic Acid Ester Copolymer)를 적용하였으며, 유리전이온도가 다른 5종류를 선별하여 다음 Table 1에 물리적 특성을 나타내었다.

2.2.2 무기분체

주원료로 사용된 무기분체는 보통포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement; OPC)가 사용되었다. 보조원료로 사용된 무기분체는 경화시간 조절, 인장성능 향상을 목적으로 초속경시멘트(Rapid-Setting Cement; RC), 알루미늄시멘트(Alumina Cement; AC), 콘크리트용 팽창제(Expansive Admixture; EA)로 10~30%까지 3수준으로 나누어 각각 OPC에 치환하여 적용성을 검토하였다.

2.2.3 충전제 및 첨가제

미반응성 충전제는 규사(Silica Sand; SS), 탄산칼슘

Table 2 Physical properties of non-woven fabric

Type	Material	Content		
Powder (OPC× %)	RC	10	20	30
	AC			
	EA			
Filler (Total × %)	SS	10	20	30
	CC			
	RP			

*Type Name(ex): RC-20(Material(AC, SS, CC...)-Content(10, 20, 30))

*P/C Ratio: 3.1.1 refer to the test results

Table 3 Physical properties of non-woven fabric

Type	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Tensile Strength (kg/5cm)		Elongation (%)	
			MD	CD	MD	CD
PET	40	0.17	17	9	29	30
PP	40	0.31	10	6	85	93

*MD(Machine Direction), CD(Cross Direction)

(Calcium Carbonate; CC), 고무분말(Rubber Powder; RP)에 대한 적용성을 검토하였다. 사전 실험을 통해 규사는 7호사, 탄산칼슘은 약 0.05 mm, 고무분말은 약 0.1 mm이하 재료를 선택하였으며, 각각의 충전재는 전체 중량의 10~30%를 3수준으로 나누어 적용하였다. 충전재는 첨가제로 방수제 혼합 시 생성되는 기포와 경화과정에서 발생하는 균열을 억제하기 위하여 소포제(Defoamer) 0.3 wt%와 가소제(Plasticizer) 2 wt%가 첨가되었다. 다음 Table 2에 무기분체 및 충전재에 대한 사용배합을 나타내었다.

2.2.4 부직포

복합 방수 형태로 제작하기 위하여 2종류의 부직포를 검토하였다. 동일한 평량의 폴리에스터(Polyethylene terephthalate; PET)와 폴리프로필렌(polypropylene; PP)을 적용하였으며, Table 3에 물리적 특성을 나타내었다.

2.3 시험편 제작

폴리머 방수제의 시험편을 제작하기 위해 폴리머를 제외한 분체를 믹서로 혼합하여 균질하게 분산시키고 액상 폴리머를 추가하여 혼합하였다. 이렇게 제작된 방수재를 변형이 일어나지 않는 틀에 넣고 양생하였다.

시험편의 양생은 KS F 4919(시멘트 혼입 폴리머계 방수제)의 온·습도 조건((20±2) °C, (65±20)%)에서 양생하고 4일 후 틀에서 제거하였고, 탈형 후 시험편을 뒤집어 3일간 추가 양생하였다. 양생기간에 따른 인장성능을 확인하기 위해

총 양생기간을 5일, 7일, 9일로 구분하였으며 탈형 전 양생기간은 4일간으로 동일하게 적용하였다.

복합 방수공법으로 적용한 방수제의 시험편을 제작하기 위해 부직포 한면에 폴리머 방수재를 도포하여 양생한 다음 다른면에 재차 도포·양생하여 제작하였다.

2.4 시험방법

2.4.1 인장성능

인장시험기를 이용하여 시험편이 파단 될 때 최대 하중 및 변위를 측정하였다. 도막 방수공법으로 적용된 방수 필름의 인장성능은 KS F 4919(시멘트 혼입 폴리머계 방수제)를 준용하여 측정하고, 복합 방수공법으로 적용된 방수 필름의 인장성능은 KS F 4931(콘크리트 교면용 시트 방수제)을 준용하여 측정하였다.

2.4.2 부착성능

KS F 4919에서 제시한 부착강도 측정방법에 따라 부착성능을 검토하였다. 콘크리트의 함수율 변화에 따른 방수제의 부착성능을 확인하기 위하여 28일 수중양생 후에 수중에서 꺼낸 후 건조시간을 달리하여 함수율을 조절하였다. 콘크리트 부착판은 수중에서 꺼낸 후 20(±2) °C, 습도 65(±20) %의 표준상태에서 48시간 이상 건조 시킨 것과 30분, 1시간 및 2시간 건조 한 콘크리트를 부착판으로 하여 폴리머 방수제를 적용하였다.

2.4.3 내약품성

7일간 양생한 시험편을 수산화칼슘(Ca(OH)₂) 포화용액, 염산(HCl) 5% 용액, 차아염소산나트륨(NaOCl) 1% 용액에 각각 28일 동안 침지하였다. 침지가 종료된 시편을 꺼내어 마른형질로 표면을 닦아주었고, 이후 4시간동안 정지한 후 인장성능 및 부착성능을 평가하였다.

2.4.4 내열치수 안정성

KS F 4932(콘크리트 교면용 도막 방수제)의 시험방법을 참고하여 표준 양생된 250×50 mm의 시험편을 가열 전 표면측 중앙부에서 길이 200 mm를 표시한 다음 가열항온기에 150(±3) °C로 30분간 정지하였다. 이후 시험편을 꺼내어 4시간 이상 놓아 둔 후 가열 전 표시해 두었던 길이를 수평이 되도록 하여 측정하였다. 그리고 다음 식 (1)에 따라 내열 치수 안정성을 평가하였다.

$$= \frac{L \cdot H - 200}{200} \times 100 \quad (1)$$

* L.H: length after heating(contractd or stretched length, mm)

2.4.5 내균열성

KS F 4919의 시험방법을 참고하여 저온에서 방수층의 파단, 찢김 등 손상정도를 평가하였다. 휨강도용 모르타르 시험편의 한쪽면에 방수재를 도포한 후 온도 20(± 2) °C, 습도 65(± 20) %의 표준상태에서 14일간 양생하였다. 그리고 -10 (± 2) °C의 온도가 유지되는 항온실내에 2 시간 놓아둔 후 파단 시험을 진행하였으며 더욱 열악한 환경에서 균열에 대한 저항성을 검토하기 위하여 -20 (± 2) °C 조건을 추가하여 수행하였다.

모르타르 파단 시 방수층의 손상을 확인하기 위하여 모르타르에 방수재가 도포한 면을 밑면으로 향하게 하여 휨강도 시험과 동일한 방법(재하속도 : 1 mm/min)으로 모르타르 시험편을 파단시켰고 이후 방수층 손상 유무를 검토하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 폴리머 방수재 개발

3.1.1 폴리머 검토

유리전이온도로 구분된 폴리머 5종과 보통포틀랜드시멘트를 주원료로 제조된 폴리머 방수재로 필름 시편을 제작한 후 표면 상태를 검토하였다.

검토 결과, 사용된 폴리머의 유리전이온도가 낮을수록 방수재의 유연성이 증가하는 것으로 확인되었다. 유리전이온도가 0 °C인 폴리머 A를 사용한 방수재 표면은 균열이 확인되었고, 폴리머 B를 사용한 방수재의 경우 방수재 표면이 갈라지고 단단한 상태로 유연성이 결여된 것으로 나타났다. 폴리머 C를 사용한 방수재가 가장 양호한 상태를 유지하였는데, 방수 필름을 90도 이상 구부려도 필름은 손상되지 않았다. 폴리머 D를 사용한 방수재는 폴리머 C를 사용한 방수재와 유사한 상태로 확인되었으나 미세한 균열이 존재했으며, 폴리머 E를 사용한 방수재는 건조경화가 더딘 것으로 나타났다. 유리전이온도 -20°C의 폴리머가 구부림 상태에서 파손되지 않은 것은 기존연구와 유사한 결과이다(Kim et al., 2003).

방수재의 육안 검토를 통해 최종 폴리머 C를 사용하는 것으로 결정하였고 폴리머/시멘트 비(P/C)에 따른 인장성능을 검토하였다.

선정된 폴리머C를 적용하여 P/C 비를 0.55 ~ 2.73 까지 구분하여 폴리머 방수재를 제작하였고 인장성능을 평가하였다. Fig. 2에 나타낸 결과와 같이 P/C 비가 증가할수록 인장강도는 감소하고, 신장률이 증가하는 반비례 관계를 나타내었다.

기존의 연구결과(Chang 2004)도 P/C 비가 증가할수록 신장률이 증가하고, P/C 비가 낮아질수록 시편이 단단(hard)해지는 경향을 보고하고 있어 유사한 결과로 확인된다. 한편 KS F 4919에서 규정하고 있는 인장강도는 1.0 MPa 이상이고 신장률은 50%이상이나 폴리머 방수재의 개발에 있어 시공 시 품

Table 4 Shape after curing of cement-mixed polymer

Type	After 24 hours
Sample A	
Sample B	
Sample C	
Sample D	
Sample E	

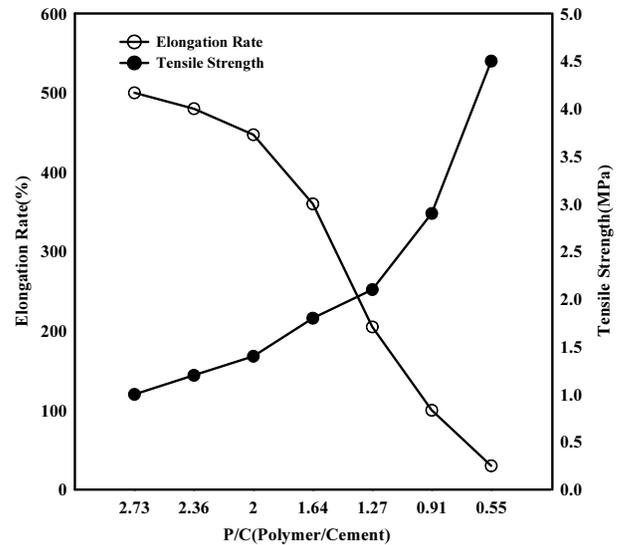


Fig. 2 Tensile performance relationship to P/C ratio

질편차를 고려하여 인장강도 2.0 MPa 및 신장률 150%를 확보하도록 목표하였으며, 이에 따라 최적의 P/C 비는 1.2(± 0.1)로 결정되었다.

3.1.2 무기분체

폴리머 선정과정에서 결정된 P/C 비를 이용하여 부원료의 무기분체를 평가하였다. 초속경시멘트를 적용한 결과 경화시간을 단축시킬 수 있었으며, 인장강도를 조기 발현시키는데 유효하였다. 특히 보통포틀랜드 시멘트의 10%를 사용하였을

Table 5 Performance result of binder

factor \ material	Flow	Tensile strength	Elongation	Surface condition after drying
RC type	○	◎	○	◎
AC type	○	△	◎	○
EA type	◎	△	○	○

△: poor ○: good ◎: excellent

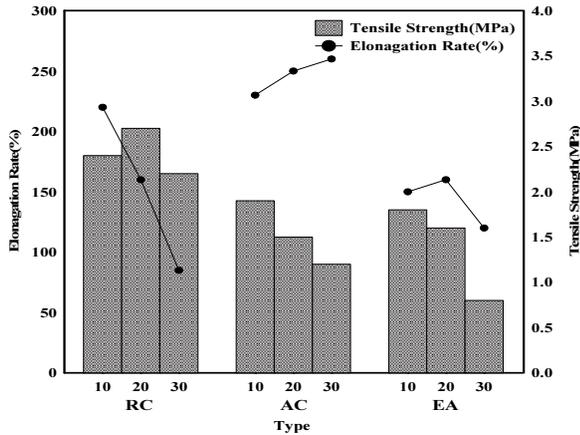


Fig. 3 Tensile performance results by type of binder

때 경화시간과 인장강도 향상에 기여하였고, 사용량을 30% 까지 사용하였을 경우에는 미세한 균열이 발생되고 인장성능 저하를 보였다.

알루미나시멘트를 사용한 경우 경화시간이 지연되면서 인장강도 발현시기도 지연된 것으로 나타났다. 알루미나 시멘트를 사용한 기존 연구결과에서 인장성능이 저하되는 경향을 보였던 것은 본 연구결과와 유사한 것으로 판단된다(Yun 2015).

콘크리트용 팽창제를 사용한 경우는 경화시간이 다소 지연되었고 인장성능 향상에 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 사용량이 증가하면서 인장성능이 크게 저하되는 경향을 보였는데, 이는 시험편의 균열이 발생되면서 인장성능 측정 시 방해요인으로 작용하였다.

3.1.3 충전재

충전재로써 규사, 탄산칼슘 및 고무분말에 대한 적용성을 검토한 결과 규사는 유동성 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 일정 사용량까지 인장성능을 크게 저하시키지 않았으며, 건조 후 표면상태가 양호하였다. 탄산칼슘과 고무분말은 인장성능을 저하시키는 경향을 보였으며, 유동성이 감소되었다. 또한 건조 후 표면에서 균열이 발견되어 충전재로 사용하는 것은 바람직하지 않는 것으로 판단된다.

Table 6 Performance result of filler

factor \ material	Flow	Tensile strength	Elongation	Surface condition after drying
SS type	◎	◎	○	◎
CC type	△	○	○	△
RP type	△	○	○	△

△: poor ○: good ◎: excellent

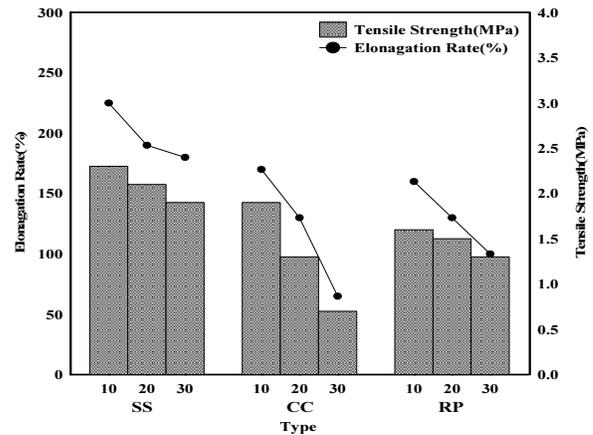


Fig. 4 Tensile performance results by type of filler

충전재로 사용된 규사는 폴리머 방수재 전체의 무게 비 20% 까지 사용하더라도 인장성능을 크게 저하시키지 않으면서 유동성이 개선되었다.

3.2 폴리머 방수재의 성능평가

3.2.1 인장강도 및 신장률

다음 Fig. 5~7은 폴리머 방수재를 1.0~3.5 mm로 두께로 제작한 시험편의 인장강도 및 신장률을 측정된 결과를 나타낸 것이다.

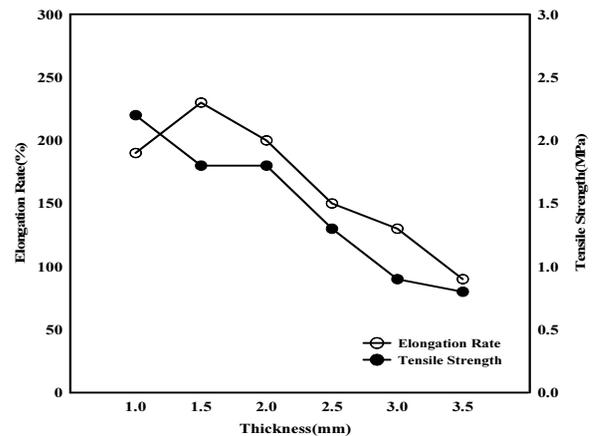


Fig. 5 Tensile performance relationship according to thickness and curing period(5 days)

Fig. 5는 5일 동안 양생 후 측정된 두께별 인장성능을 측정된 결과이다. 나타난 바와 같이 두께가 증가할수록 인장강도 및 신장률이 저하하는 것으로 나타났다. 자세하게는 1.0~2.0 mm 두께에서 인장강도가 2.2~1.8 MPa이고 신장률은 190~230 %로 확인되었으며 최대 3.5 mm까지 두께가 증가함에 따라 인장강도는 0.8 MPa, 신장률은 90 %까지 저하하는 것으로 확인되었다.

Fig. 6은 7일 양생 후 측정된 인장성능 결과이다. 5일 양생된 폴리머 방수시편에 비해 인장강도가 높아지고 신장률이 늘어났으며, 목표 성능을 만족하는 도막두께는 1.5~3.0 mm로 나타났다. 양생기간이 증가하면서 폴리머의 경화와 시멘트의 수화반응이 충분하였기 때문에 인장성능이 증진된 것으로 판단된다. Fig. 7의 9일 동안 양생한 결과에서도 유사한 경향을 나타내었으며, 도막두께 3.5 mm에서 인장강도는 1.7 MPa로 확인되어 비교적 두꺼운 시험편에도 증진되는 경향을 보였다.

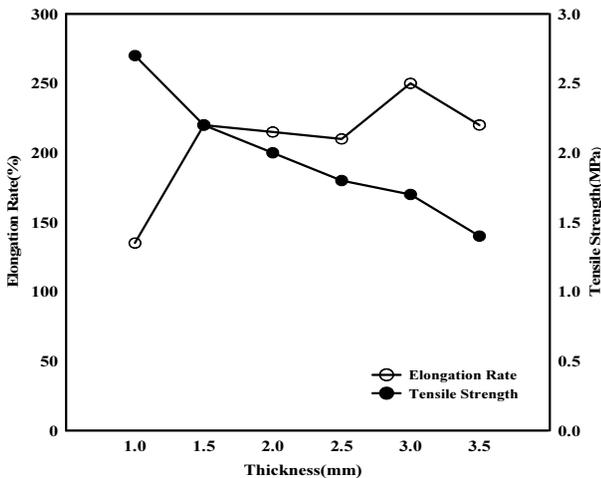


Fig. 6 Tensile performance relationship according to thickness and curing period(7 days)

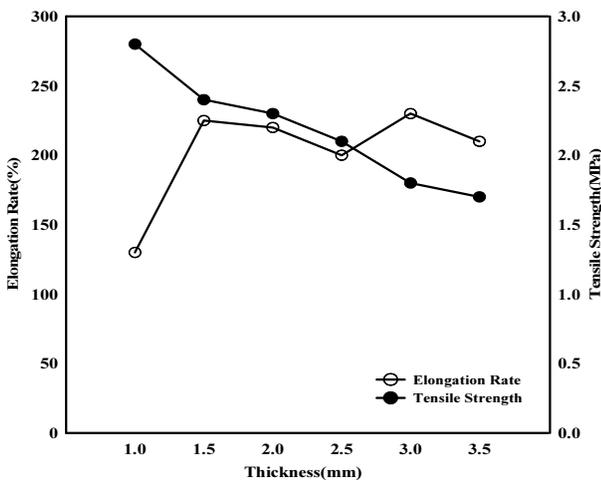


Fig. 7 Tensile performance relationship according to thickness and curing period(9 days)

위의 결과를 종합하면 폴리머 방수제는 양생기간이 증가할수록 인장성능이 증가하는 경향을 보였다. 다만 도막두께가 증가하면 충분한 인장성능을 발휘하는데 비교적 오랜기간이 소요되었는데, 이는 폴리머의 건조경화는 표면에서부터 점차 내부로 발생하는데 표면부의 도막이 형성되면서 내부에 존재 하던 수분이 증발되지 못하도록하여 폴리머의 건조경화가 늦어진 것으로 판단된다. 이러한 이유 때문에 적절한 도막두께를 결정하는 것이 바람직할 것으로 보이며, 본 연구에서 최적의 도막두께는 2.5 mm이하로 산정하였다.

3.2.2 부착강도

Exotek사 MC-380XCA 표면 함수를 측정기를 이용하여 표면으로부터 10 mm이내의 함수상태를 측정된 결과 48시간 건조한 콘크리트 부착판(기준 콘크리트 부착판)의 함수율은 3.5%이고 건조시간 30분, 1시간, 2시간인 경우 각각 8.5, 5.7, 4.7%의 함수율을 갖는 것으로 확인되었다. 부착강도는 도포 후 7일 및 28일에 측정하였다.

기준 콘크리트 부착판(7일)에서 측정된 부착강도는 1.16 MPa로 나타났으며, 표면함수율 5.7% 콘크리트 부착판에 도포한 경우가 가장 높은 부착강도를 발현하는 것으로 확인되었다.

방수제의 도포 후 28일 부착강도는 표면함수율 5.7%인 콘크리트에서 2.39 MPa, 표면함수율 8.5%인 콘크리트에서 2.35 MPa로 확인되었다. 이와 같은 결과를 보인 이유는 콘크리트와 동일한 재료를 사용하기 때문에 일체화 능력이 뛰어났으며, 콘크리트 표면의 수분이 존재함으로써 시멘트의 수화반응을 일으키는데 더욱 효과적인 것으로 판단된다.

3.2.2 내약품성

Fig. 9에 나타난 바와 같이 침지 후 인장성능 및 부착성능을

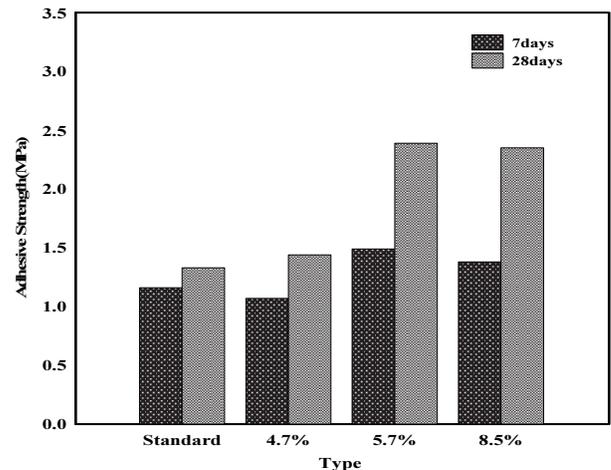


Fig. 8 Adhesion strength result by surface moisture

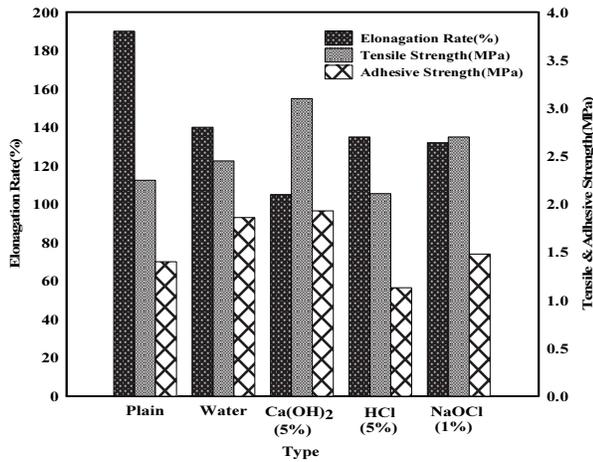


Fig. 9 Result of immersion tensile performance & adhesion strength

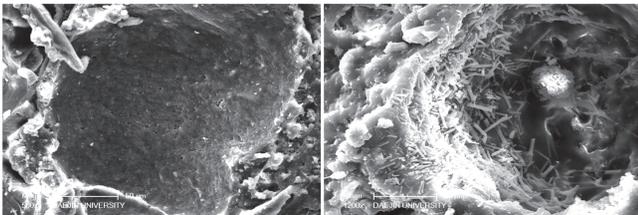


Fig. 10 Before and after SEM result

나타내었다. 증류수와 약품에 침지된 시험편 모두 Plain에 비해 신장률이 감소되었다. 그 중 수산화칼슘포화용액에 침지한 경우 신장률이 가장 크게 저하되어 103%로 나타났다. 반대로 인장강도 결과에서는 염산용액을 제외한 나머지의 침지된 시험편에서 증가된 경향을 보였다.

부착성능 결과 증류수와 수산화칼슘 포화용액, 차아염소산 나트륨용액에 침지한 경우 Plain에 비하여 증가하였으며, 염산용액에 침지한 경우만 Plain에 비해 감소한 경향을 보였다.

Fig. 10에 나타난 바와같이 약품용액에 침지된 시험편의 전과 후를 SEM을 통해 촬영한 결과 시멘트의 수화반응에 의한 에트린자이트가 생성된 것을 확인할 수 있었다. 폴리머 방수재내로 용액이 유입되면서 시멘트의 추가 수화반응을 일으킨 것으로 판단되며, 약품 침식에 의한 영향보다 추가 수분에 의한 강도 증진효과가 비교적 큰 것으로 판단된다. 이러한 이유로 인장강도가 증진됨에 따라 신장률이 반비례되는 경향을 보였다.

3.2.3 내열치수

Table 7에 나타난바와 같이 150 °C에서 30 분간 가열 후 측정된 결과 0.9%가 수축하는 것으로 나타났다. 방수재내에 존재하던 자유수가 고온에 의해 손실되면서 수축한 것으로 판단된다. 하지만 수축량이 크지 않아 KS F 4932에서 제시하는

Table 7 Heat resistance dimensional Stability

Contents		Result
Heat Resistance Dimensional Stability (%)	150 °C, 30 min	-0.9

Table 8 Crack resistance result

Temp. Type	Cracks point	Result
-10(°C)		O.K
-20(°C)		Crack

품질기준에 만족하는 것으로 확인되었다.

3.2.4 내균열성

Table 8에 나타난 바와 같이 -10 °C에서는 이상이 없는 것을 확인할 수 있었으며, -20 °C 환경에서는 일부 잔균이 확인되었다. 이는 -20 °C 환경에서 시멘트의 취성이 증가하여 균열이 발생된 것으로 판단되며, 이를 확인하고자 폴리머 혼입률을 높여 제작한 시험편은 이상이 없는 것을 확인하였다.

3.3 복합 방수형태의 적용성

3.3.1 복합 방수형태의 인장성능

Fig. 11과 같이 PET와 PP부직포를 적용한 복합 방수시험편을 제작하여 도막두께 2 mm와 3 mm의 인장성능을 검토하였다. 도막두께 2 mm의 인장성능결과 8~10 N/mm, 40~50%로 나타났고, 도막두께 3 mm에서 14~15 N/mm, 40~60%로 두께가 증가되면서 인장성능도 증가하는 경향을 보였다.

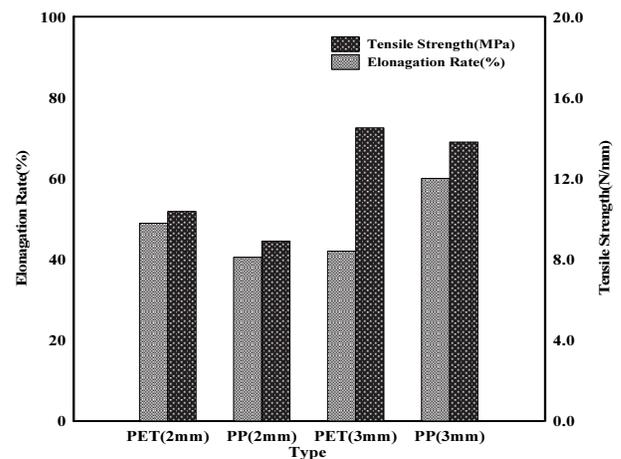


Fig. 11 Tensile performance result of composite waterproofing

Table 9 Adhesion strength result of composite waterproofing

Type	Adhesion Strength(MPa)	
	7 days	28 days
PET Waterproofing	0.5	0.6
PP Waterproofing	0.8	1.2

하지만 PET를 적용한 방수재의 신장률은 도막두께 3 mm에서 오히려 저하하는 경향을 보였다. 보강의 역할을 담당하는 부직포 자체의 신장율은 폴리머 방수재에 비해 낮게 형성되어 있어 방수재와 일체화되면서 신장율이 증진되지 못한 것으로 판단된다.

3.3.2 복합 방수형태의 부착성능

Table 9에 나타난 바와 같이 재령 7, 28 일 부착강도를 확인하였다. PET부직포를 적용한 복합 방수의 경우 부착강도가 0.5 MPa로 나타났으며, 재령이 증가하여도 강도증진에 영향이 미미한 것으로 나타났다. 하지만 PP를 적용한 복합 방수의 경우 재령 7 일에서 부착강도가 0.8 MPa로 나타났으며, 재령 28 일에는 1.0 MPa 이상의 결과로 확인되었다.

지그의 탈락형상을 살펴본 결과 PET부직포를 적용한 방수재는 방수재와 부직포 계면에서 탈락이 일어났으며, PP부직포를 적용한 방수재는 콘크리트 모체를 탈락시키는 형상을 확인할 수 있었다. 따라서 복합 방수형태의 경우 PP부직포의 적용성이 효과적인 것으로 판단하였다.

4. 결 론

본 연구는 시멘트 혼입 폴리머계 방수재에서 주원료로 사용되는 폴리머의 유리전이온도 특성과 폴리머/시멘트의 적정 비율에 대해 검토한 실험적 논문이다. 폴리머와 시멘트의 사용량을 도출하고 도포 시공한 방수필름의 성능을 검토하였으며, 방수재를 PP부직포에 적층하여 시트로 만든 후 방수 성능을 비교·검토하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시멘트 혼입 폴리머계 방수재에 사용된 폴리머는 유리전이온도에 따라 방수재 형성에 영향을 주는 것으로 나타났다. 유리전이온도 -20°C 의 아크릴 수지를 사용하는 것이 적정한 것으로 확인되었다. 또한 폴리머/시멘트 비는 $1.2(\pm 0.1)$ 를 사용했을 경우 소요의 인장강도와 신장률을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 폴리머 방수재를 대상으로 인장성능을 측정한 결과 도막두께가 증가할수록 인장강도는 저하되는 것으로 나타났다. 도포 후 양생시간이 늘어날수록 인장강도 및 신장률이 증가하는 것을 확인하였다. 또한 무기분체 및 충

전재 사용에 대한 적용성을 검토한 결과 초속경시멘트는 시멘트의 10%이하로 치환될 경우 건조경화시간을 앞당기고 인장강도를 증진시킬 수 있었고, 충전재로 규사를 20%까지 치환하여도 인장성능을 크게 저하시키지 않으면서 유동성을 개선하는 것으로 확인되었다.

- (3) 도포 방수공법으로 적용한 방수재를 대상으로 측정한 부착강도는 모체 콘크리트의 표면 함수율이 측정된 범위내에서 높을수록 증가하는 경향을 보였고, 표면함수율 8.5%에서 부착강도는 2.3 MPa로 확인되었다.
- (4) 내약품성을 검토한 결과 약품특성과 수분의 유입으로 인장성능과 부착성능에 영향을 주었으나 KS F 4919에서 제시하는 품질기준을 만족하였고, 내열치수의 경우 KS F 4932에서 제시하는 품질기준을 만족하였다. 내균열성의 경우 -20°C 환경에서 잔금이 발생되어 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.
- (5) 복합 방수 형태의 적용성을 평가한 결과 PP부직포를 사용함에 따라 소요의 인장성능과 부착성능을 확보하는 것으로 확인되었다.

본 연구에서 검토된 시멘트 혼입 폴리머계 방수재는 KS에서 제시하고 있는 품질기준을 만족하고 있고 내약품성, 내균열성, 내열치수안정성에 대해 만족하는 저항성을 확인하였다.

도포 형태로만 적용되는 폴리머 방수재의 시공형태를 복합 시공 형태로 변형시킴으로써 소요의 인장 및 부착성능을 만족하였으며, 이를 토대로 복합 방수시공의 개발 연구에 관한 기초를 마련하였다.

References

1. Park, H. M., Choi, J. Y., and Kim, S. W. (2006), Characteristics of Waterproofing System on Concrete Bridge Deck. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 18(3), 20-25. (In Korean)
2. Lee, B. D., and Ahn, T. S. (2006), Causes and Improvements of Deterioration of Waterproofing Systems in Concrete Bridge Decks. *Magazine of the Korea Concrete Institute* v.18 no.3, 42-50. (In Korean)
3. Mun, K. J., Lee, C. W., Choi, N. W., Yang, S. W. and Soh, Y. S. (2005), Experimental Study on the Physical of Properties of Redispersible Polymer Powder-Modified Cementious Waterproof Coating Materials, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction* 25(1), 273-276. (In Korean)
4. Chang, S. J. (2004), Application of Cement-polymer Modified Waterproof Membrane Coatings. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. April. 131-141. (In Korean)
5. Kim, Y. G., Oh, S. K. and Park, B. K., (2003), A Study on Physical Properties of Cement-Polymer Modified Waterproof Membrane Coatings. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction* 19(9), 79-86. (In Korean)
6. Yun, S. H. (2015), A Fundamental Study on The Physical

요 지 : 시멘트 혼입 폴리머계 방수제는 일반적으로 현장에서 배합하여 도포 형태로 사용되는 경우로 시공 시 발생하는 기포, 요철로 인한 불균일한 도막두께 등에 대한 시공능력을 보완해야 할 필요가 있다. 본 연구의 최종 목적은 폴리머 방수제의 현장 적용 시 시공방법을 도장도 포하는 단일공정에 그치지 않고 시트를 부착하는 공정을 추가하여 이에 대한 성능을 검토하는 것이다. 이에 대하여 재료, 환경, 제작방법 등을 검토하여 적용성을 평가하였다.

핵심용어 : 폴리머, 방수제, 인장성능
