아크릴 수지계 수팽창성 누수보수재의 재료적 성능평가에 관한 실험적 연구

A Experimental Study on the Performance Test of Water Leakage Repair Materials for Water Expansion Acrylic Resin

홍 채 훈* 김 수 련** 곽 규 성*** 오 상 근****
Hong, Chae Han Kim, Su-Ryon Kwak, Kyu-Sung Oh, Sang-Keun

Abstract

It does not find for solution by limitation of technological mechanism of existent of leakage maintenance material. So, it is paid for huge expense because continuous repeat maintenance work is consisting.

Furthermore, it is indicated by big problem in construction work that is constructed by field experience that thing by definite and systematic theory is not with proper performance test and analysis up to now.

Therefore, wish to measure physical performance change by various environment condition maintenance of structure and performance construction work aspect in that apply to water leakage maintenance material using of acrylic resin system water expansion, leakage maintenance material in this research, and present suitable form of construction work under these environment. also, wish to ready diversified remedy by oversea market opening.

키 워 드 : 아크릴수지계, 수팽창성, 누수보수재, 유실저항성능, 구조물거동대응성
Keywords : Acrylic resin system, Water expansion, Water leakage Repair, Resist loss performance, Construction behavior resistance.

1. 서 론

지하철, 통신구 등과 같은 지하 구조물은 수압이 작용하는 지하에 축조되어 있어 콘크리트 구조물의 재료 및 시공의 특성상 건조수축균열, 침하균열, 시공 조인트 부위의 발생 등으로 누수가 발생되고 있으며, 이러한 누수는 국내뿐만 아니라 국외에서도 해결이 곤란한 심각한 문제로 대두되고 있다.

특히 뚜렷한 대책이 없는 가운데 진행되고 있는 누수보수 행위는 임시방편적으로 처리할 수밖에 없어, 막대한 비용을 지출하면서도 부실 공사라는 사회적 비난을 면치 못하고 있는 경우가 많은 실정이다.

이러한 현상의 근본적인 원인은 콘크리트 구조물의 특성상 시공 조인트(Construction Joint)의 발생, 기존의 방수 및 보수 재료가 갖는 성능의 한계성, 시공의 한계성, 콘크리트 구조체 거동에 대응할 수 있는 물리적 성능의 한계성, 경년 변화에 의한 내구성능 지속의 한계성(열화 및 노후) 등에서 찾을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 아크릴 수지계 수팽창성 누수보수재의 적용에 있어 구조물의 보수 및 시공성 측면에서 다양한 환경조건에 의한 물리적 성능 변화를 측정하고, 이러한 환경하에서의 적절한 시공방법을 제시 하고자 한다.

* 정회원, (주)한국공업건설 공사과장
** 정회원, 서울산업대학교 비엔케이방수기술연구소 연구원
*** 정회원, 서울산업대학교 비엔케이방수기술연구소 소장
**** 정회원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 공학박사

2. 누수보수재에 대한 이론적 고찰

2.1 개요

콘크리트 구조체의 누수보수용 실링재는 지수를 목적으로 적용되고 있으며, 사진 1과 같이 누수로 인해 손상된 콘크리트 구조체의 장기적인 내구성을 결정짓는 가장 중요한 요소이다.

사진 1. 지하 구조물 누수 현상

누수 보수재는 충진 또는 주입형 이 가장 많이 사용되고

있다.

충전 공법의 경우에는 균열 부위가 일정하게 확인이 가능하여 시공을 간편하게 적용할 경우에 사용되며, 주입형의 경우에는 균열 부위가 산발적으로 발생되어 누수 부위를 정확히 찾을 수 없을 경우에 많이 적용 되고 있다. 이러한 적절한 적용에 의해서 콘크리트 구조체는 재 누수의 발생을 막을 수 있으며, 장기적인 내구성을 가질 수 있다.

2.2 기존 누수보수 공법의 문제점

지하수 및 화학적인 성분, 지하 구조물의 거동, 동결융해 등에 의해서 물리적 손상을 받게 되고 재료 자체적으로 물성 변화가 발생되어 누수보수재로서의 역할을 상실하게 됨으로서 재 누수 현상이 발생되게 된다.

1) 콘크리트 바탕체의 부착력 저하

지하 구조물 등에 적용되는 재료들은 습윤 또는 수중에서 적용되기 때문에 설계 단계에서부터 고려되어 현장에 적용되어야 한다. 시공시 바탕체의 그림 1과 같이 이물질, 습윤 또는 수중 환경 등에 의해서 방수재의 접착력 저하가 발생하게 된다. 그 결과 재누수 현상이 발생되어 막대한 경제적 손실을 가져 올 수 있다.

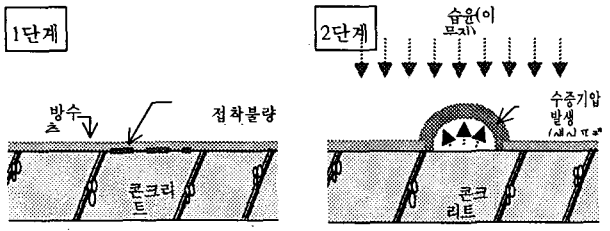

그림 1. 들뜸 및 박리 현상

2) 시공환경의 열악성

지하 구조물에 적용되는 방수재료는 콘크리트 바탕체 또는 지하수에 대한 적절한 대처 방법을 가지고 있어야 한다. 특히 시공 단계에서 현장에 적용될 경우 콘크리트 바탕체의 습윤 환경 또는 수중 상태를 이해하고 적용되어야 하기 때문에 방수재료는 물과 친숙하여야 한다. 하지만 실제 현장에서는 콘크리트의 함수상태 또는 습윤, 수중 상태에서는 방수재의 미경화 발생, 들뜸, 부착력 저하 등의 하자가 발생되어 제 2, 3차에 걸친 재 보수가 발생되고 있다. 이에 대한 적절한 조치는 아직도 개선되지 못하고 있어 큰 문제로 제기 되고 있다.

3) 이질재료간의 부착력 한계

지하 구조물에 적용되는 재료 중에서는 콘크리트 이외에도 철근 또는 플라스틱 등의 기타 재료들이 존재하게 된다. 하지만 현재 방수재료의 대부분은 콘크리트에 대한 접착력을 고려하여 개발되었기 때문에 이러한 이질재료에 대한 부착력 확보에 대해서는 부족할 수 밖에 없다.

4) 거동에 대한 저항력 한계

지하 구조물에 적용되어 시공 되었을 경우 기타 여러 환경에 의해서 방수재료의 내구연한이 저하되기도 하지만 가장 큰 문제점은 구조체의 거동 또는 동결융해, 수압에 의한 거동, 토사의 거동에 의해서 방수재료는 큰 물리적 손상을 받게 된다. 그 결과 방수재료의 내구연한의 저하가 발생되어 제 2차적 누수 발생이 발생되게 된다.

최근에는 이러한 문제점을 개선하기 위해 구조체 거동 시험과 KS F 4935 『누수보수용 주입형 실링재』에 대한 규격이 적용되어 거동에 대한 저항 성능 실시하고 있다.

3. 누수보수공법(기술)

누수보수공법은 표면처리공법(충진공법), 충전보수공법, 배면방수공법 등으로 구분 할 수 있다.

3.1 표면처리공법(충진공법)

표면 처리 공법은 그림 1과 같이 산발적으로 발생되는 균열 부위 보다는 그림 2와 같이 일정한 장소에서 균열이 발생되는 곳에 적용되는 공법으로서 V컷팅 또는 U컷팅을 실시한 후 누수보수재를 흙손 혹은 롤러 등을 이용하여 충진한다. 이 공법은 크게 균열 부위에 적용되는 공법과 누수부위에 적용되는 공법으로 구분된다. 또한 적용범위는 균열이 일정하게 발생된 곳, 균열 부위의 파취가 불가능한 곳에 적용되며, 산발적으로 발생되는 누수균열에는 적용하지 않는다.

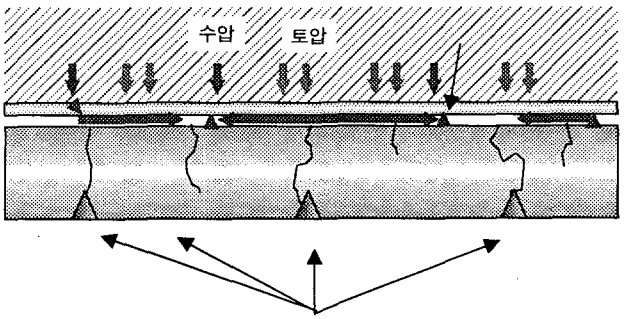

그림 2. 표면처리공법(충진공법)

3.2 충전 보수 공법

충전 보수공법은 그림 3과 같이 균열 부위가 일반적으로 육안 확인 가능하며, 일정한 방향과 일정 장소에서 누수 되는 곳에 적용될 경우 사용된다. 특히 일반적으로 충전하는 방법은 균열 부위를 V 또는 U 컷팅을 한 후 적용되거나 주입 팩커를 설치하여 실링재를 충전하는 방법 등을 취하고 있다. 일반적으로 충전 보수 공법은 고압주입공법을 채택하여 균열 부위 구석까지 채워 줌으로서 물에 대한 재 누수를 방지한다.

적용범위는 콘크리트 구조물의 균열부위로 누수가 발생할 경우, 누수 위치가 확실한 국부적인 포인트를 보수할 경우, 콘크리트 파취가 곤란한 부위에 시공한다.

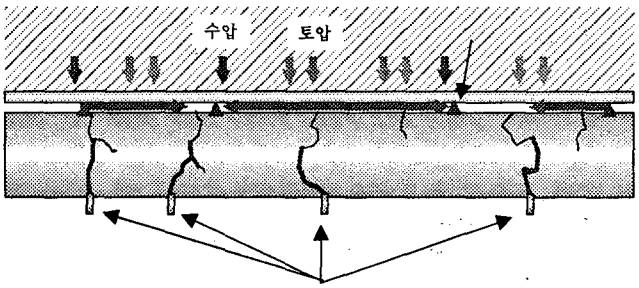

그림 3. 충전 보수 공법(선상(線狀) 보수)

3.3 배면방수공법

배면 보수 공법은 구조물의 배면에 토사층이 있는 구간중에 누수면적이 넓으면서 누수발생 위치가 불분명하고 산발적으로 누수개소가 많이 발생하는 부위 또는 충전 보수 공법을 적용하여 충분한 누수 보수 효과를 얻지 못할 경우에 사용된다. 또한 균열 폭이 넓을 경우에 사용됨으로서 안전한 누수 보수 효과를 얻을 수 있다.

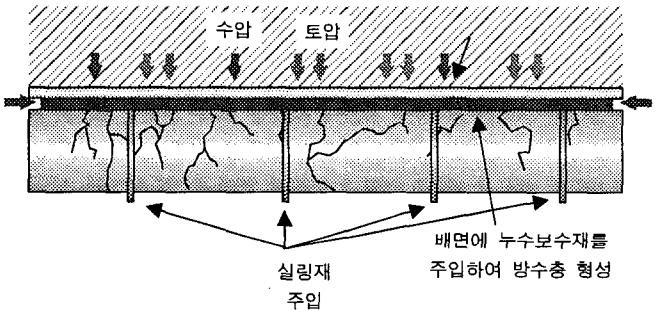

그림 4. 배면 보수 공법(면상(面狀) 보수)

적용범위는 배면 방수시트가 파손되어 콘크리트 구조물의 넓은 구간에 누수가 발생한 경우, 배면 방수층이 없는 구간에 지하 유입수 등이 콘크리트 구조물의 넓은 구간에 누수가 발생한 경우, 지하수 등의 양압력에 의해 콘크리트 구조물이 부상하고 누수가 발생할 때 양압력을 제거하고 누수를 방지하는 경우 등이 있다.

4. 아크릴 수팽창성 누수보수재의 성능평가

아크릴 수팽창성 누수보수재의 성능 평가를 실시하여 재료의 성능 분석을 통한 현장적용에 대한 하자 발생여부를 판단하고자 한다.

1) 성능평가 항목

성능평가항목은 투수저항성능, 습윤면부착성능, 구조물거동대응성, 수중유실저항성능, 내화학성능, 내열·내한성능 등 6가지의 시험을 한국산업규격(KS)의 규정에 의거하여 성능평가를 실시하였다.

2) 방수재료 및 재령조건

① 방수재료

아크릴 수지계로서 균열 부위 또는 누수 균열 부위에 누수보수재로 적용 된다.

② 재령조건

재령조건은 성능 평가에 따라 다르지만 누수 균열 부위 등에 적용되기 때문에 즉시 보수재의 역할을 수행할 수 있도록 수초안에 성능 발휘를 하여야 한다.

4.2 성능평가 및 분석

1) 투수저항 성능평가

전력구 및 통신구 등에 적용되는 실링재는 습윤상태 혹은 수중상태로서 외부적 환경요소를 접하게 된다. 이때 실링재는 누수 보수용 재료로서 불투수층을 형성하여 물길을 차단하고 콘크리트 구조체를 보호하여야 한다. 하지만 불투수성을 갖지 못하고 물길이 형성 되어 콘크리트 구조체와 직접적으로 외부적 환경요소와 맞닿는 다면 장기적 측면에서 결코 바람직하지 못할 것이다. 그러므로 그림 5, 와 사진2, 3과 같이 투수저항성능 평가가 실행되어야 하며, 이에 따른 대책들이 강구되어야 하는 것이다.

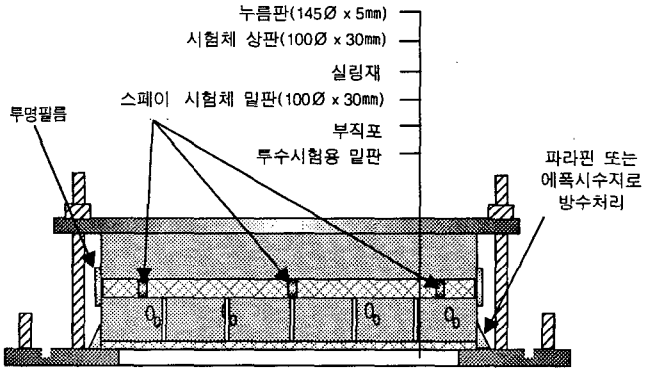

그림 5. 투수 시험체 모식도

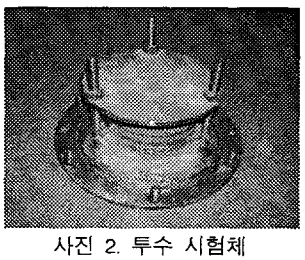

사진 2. 투수 시험체

사진 3. 투수 시험 현황

본 시험 결과 0.3N/㎟의 수압에서는 누수 보수재인 아크릴 수팽창성이 불투수층을 형성하여 물의 흐름을 차단하므로 투수되는 현상이 발생되지 않았다. 누수 보수 후 실링재의 재누수 현상이 발생되지 않을 것으로 사료된다.

2) 습윤면 부착 성능평가

전력구 및 통신구 등의 지하구조물에 적용되는 실링재는 습윤상태 혹은 수중상태에서 적용될 가능성이 높으므로 부착성능에 따라서는 재누수현상이 발생될 수 있고 장기적인 측

면에서는 경제적인 손실이 클 것으로 판단된다. 그러므로 그림 6과 사진 4, 5와 같이 습윤면 부착성능 평가를 실시하여 구조물의 안정성 및 경제적인 손실을 방지하고 보다 효과적인 보수성능을 요구하여야 한다.

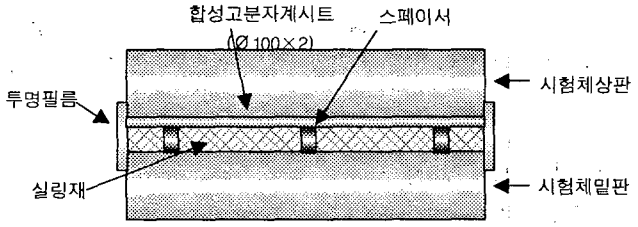

그림 6. 흡수 시험체 모식도

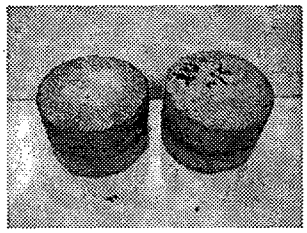

사진 4. 부착 시험체

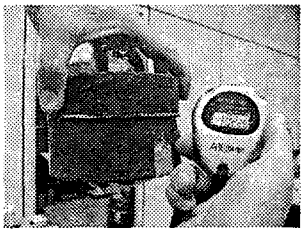

사진 5. 습윤면 부착 시험 현황

시험결과 시험체 모두 KS F 4935『누수보수용 주입형 실링재』에서 규정하고 있는 기준(60초 이상)에 합격하는 것으로 나타나고 있다. 또한 현장 조건이 습윤상태 혹은 수중상태를 고려하여 시험을 실시하였기 때문에 현장 적용에 있어서 매우 우수하며, 부착저하에 따른 재 누수현상이 발생되지 않을 것으로 사료된다.

3) 구조물 거동 대응성능평가

지하 10m 이상에 매설되는 통신구 및 전력구는 지상구조물에 비해 열적 거동이 적은편이나 철도 구조물, 교량 상판, 발전소 등은 상대적으로 거동 현상이 지속되고 심한편이다. 또한 부등침하 및 토사의 거동에 의해서도 많은 영향을 받음으로 누수보수재인 아크릴 수팽창성 누수보수재는 이에 따른 저항 성능을 가져야 할 것으로 사료된다. 그러므로 그림 7과 사진 6, 7과 같이 구조물 거동 대응성능 평가에 대한 누수 보수재인 아크릴 수팽창성의 성능 분석을 통해 적정성 여부를 판단한다.

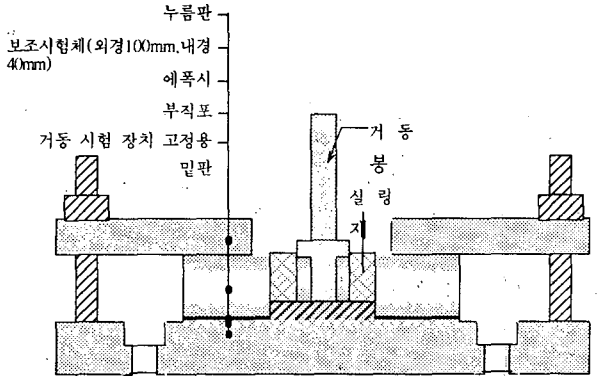

그림 7. 구조물 거동 대응성 모식도

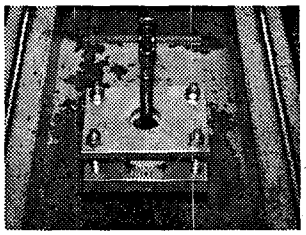

사진 6. 구조물 거동 시험 현황

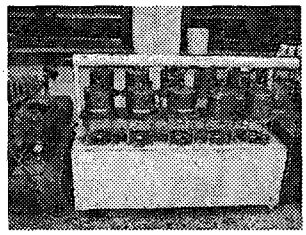

사진 7. 투수 시험 현황

시험결과 구조물 거동 대응성 후 투수 시험 결과 투수 되지 않음을 알 수 있었다. 이는 현장 조건과 동일하게 구조물의 열적 변화에 따른 거동과 부등침하, 토사 등에 의한 거동을 유사하게 조성하여 시험을 실시한 결과 투수 되지 않음으로 재 누수의 발생이 없을 것으로 사료된다.

4) 수중유실저항 성능평가

지하 구조물에 적용되는 실링재는 적용 상황 당시 습윤상태 혹은 수중상태이므로 실링재의 유실로 인한 지하수 및 지반 등에 오염을 야기 시킬 수 있다. 또한 순간 경화가 이루어져도 지하 구조물에 적용되기 때문에 유속에 의해서 실링재가 유실될 수 있으므로 이에 따른 현장 적용성 여부를 판단하여야 한다. 그림 8과 사진 8, 9와 같이 아크릴 수팽창성의 수중 유실 저항 성능 평가를 실시하여 현장 적용에 있어서 적정성 여부를 판단한다.

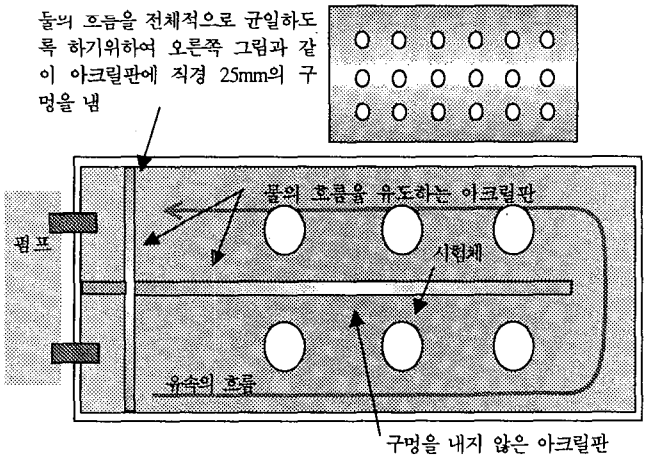

그림 8. 수중 유실 저항 시험 모식도

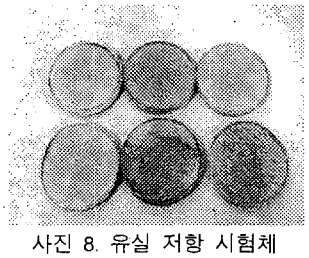

사진 8. 유실 저항 시험체

사진 9. 유실 저항 시험 현황

시험결과 표 2와 같이 평균 + 5.41%를 나타내고 있다. 이는 KS F 4935『누수보수용 주입형 실링재』의 성능 기준에

-0.1% 이내에 포함되는 중량 변화율이므로 합격하는 것으로 판단된다. 또한 실링재의 유실로 인한 구조물의 재 누수와 지하수 및 지반 등의 오염이 없을 것으로 사료된다.

표 2. 수중 유실 저항 시험 결과

구 분	습윤면 부착 성능(순번)			KS F 4935 (성능 기준)
	①	②	③	
시험 전 중량(g)	126.72	122.90	122.57	
시험 후 중량(g)	133.49	129.68	129.16	
중량 변화(g)	+ 6.77	+ 6.78	+ 6.59	- 0.1% 이내
중량 변화율(%)	+ 5.34	+ 5.52	+ 5.38	
평 균(%)	+ 5.41			

5) 내화학 성능 평가

지하 구조물에 적용되는 실링재는 항상 토양과 접하고 있어 주변의 토양과 지하수에 혼입되어있는 산, 알칼리, 염수 등의 화학적 물질과 콘크리트에서 용출되는 수산화칼슘 등에 의해서 화학적 침식을 받고 있다. 또한 공장 또는 해안 근처에서는 화학적 침식이 더욱더 가중될 것으로 판단된다. 그러므로 시진 10, 11과 같이 화학적 침식에 대한 저항성능을 가질 뿐만 아니라 적정성 여부를 판단할 수 있는 시험 평가가 이루어져야 한다.

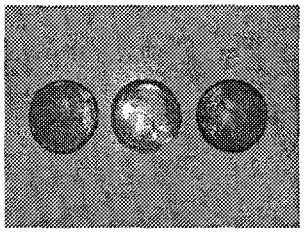

사진 10. 내화학 시험체

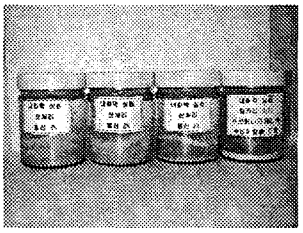

사진 11. 내화학 시험 현황

표 3. 내화학 성능 시험 결과

구분		순번	시험 전 중량	시험 후 중량	중량변화 (g)	중량변화율 (%)	KS F 4935 (성능기준)
산처리	황산	①	8.56	30.81	+ 22.25	+ 259.93	- 0.1% 이내
		②	8.55	29.69	+ 21.14	+ 247.25	
		③	10.91	32.75	+ 21.84	+ 200.18	
	염산	①	11.44	측정불가	-	-	
		②	12.72	측정불가	-	-	
		③	10.60	측정불가	-	-	
	질산	①	7.75	측정불가	-	-	
		②	7.00	측정불가	-	-	
		③	8.37	측정불가	-	-	
수산화나트륨		①	9.35	16.46	+ 7.11	+ 76.04	
		②	8.06	14.95	+ 6.89	+ 85.48	
		③	8.24	15.38	+ 7.14	+ 86.65	
염화나트륨		①	5.75	12.44	+ 6.69	+ 121.64	
		②	6.16	12.70	+ 6.54	+ 106.17	
		③	5.51	11.71	+ 6.20	+ 112.52	

시험 결과 표 3과 같이 황산(평균 235.79%), 수산화 나트륨(평균 82.72%), 염화 나트륨(평균 113.43%)로 나타나고 있다. 이는 KS F 4935 「누수보수용 주입형 실링재」에서 규정하고 있는 -0.1% 이내를 합격하는 것으로 판단된다. 또한 염산 및 질산에서는 재료상의 팽창에 의한 들러붙음이 발생되어 측정이 불가하였지만 다른 산 재료와 같이 중량이 늘어난 것으로 판단되어 KS 규정에는 합격하는 것으로 판단된다.

6) 내열·내한 성능평가

통신구 및 전력구 등의 지하 구조물에 적용되는 합성 고분자 및 무기질계의 실링재는 온도 저하, 온도 상승에 따른 온도 변화에 의해서 피로현상이 발생되게 된다. 또한 지속적인 피로 현상에 의해서 열화현상이 발생되게 되고 재료상의 문제로 인해 지속적인 보수재의 역할을 수행하지 못하게 될 수 있다. 그러므로 사진 12, 13과 같이 내열·내한성능 평가가 이루어져야 하며, 아크릴 수팽창성의 현장 적용에 있어서의 적정성 여부를 판단하여야 한다.

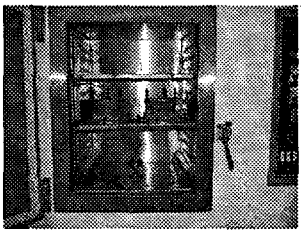

사진 12. 내열·내한성 시험체

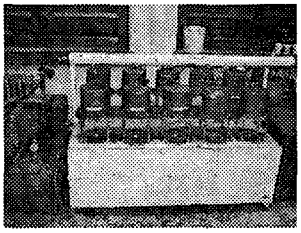

사진 13. 내열·내한성 시험현황

시험결과 내열·내한성 후 투수 시험 한 결과 시험체 모두 투수 되지 않음을 알 수 있었다. 이는 현장 조건과 동일하며, 온도변화에 따른 수축팽창에 의해서도 큰 문제없이 현장에 적용될 수 있음을 이야기한다. 따라서 본 시험에서는 내열/내한성 후 투수 시험 결과를 토대로 현장 적용이 가능하다고 사료된다.

5. 결 론

기존의 누수보수재의 기술적 메카니즘의 한계점으로 인해 그 해결책을 찾지 못한 상태에서 계속적 반복 보수 행위가 이루어지고 있으므로 그에 따른 막대한 비용이 지출되고 있다.

또한 각종 구조체로 사용되는 콘크리트 및 방수기술은 발전을 거듭하고 있는데도 불구하고 현재의 콘크리트 구조물에 대한 누수사고가 지속적으로 발생하는 것은 콘크리트 및 방수재의 시공상태 및 환경대응성 측면에서의 부적절한 상태가 변함없이 발생되고 있기 때문이다.

더구나 아직까지도 적정한 성능 평가 및 분석과 명확하고 체계적인 이론에 의한 것이 아닌 현장 경험에 의해서만 시공되어지는 경우가 대부분이기 때문에 건설현장에 큰 문제점으로 지적되고 있다. 그러므로 콘크리트 구조물에 있어 어느 정도 발생할 것으로 예상되는 누수사고에 대해서는 확실하게 대응해야 할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 아크릴 수지계 수팽창성 누수보수재를 이용한 누수보수재로 적용함에 있어 구조물의 보수 및 시공성 측면에서 다양한 환경조건에 의한 물리적 성능 변화를 측정하고, 이러한 환경 하에서의 적절한 시공방법을 제시 하고자 하였다.

참 고 문 헌

1. 콘크리트 구조물의 누수와 대처 방안에 대한 견해 오상근, 한국콘크리트학회지 제 14권 6호 2002. 11
2. 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근, 장혁수, 오상근 한국구조물 진단학회 제3권 제2호, 1999. 4
4. 실무자를 위한 방수공사 매뉴얼, 현대건설 기술연구소, 건설도서, 2003
5. Waterproofing-the Building Envelope-(Michael T Kubal, McGraw Hill, 1993)
6. Waterproofing Concrete Foundations(The Aberdeen Group, 1999)
7. 建築工事標準仕樣書 同解說 JASS 8 防水工事 (日本建築學會, 2002)
8. 地下防水の決め手一地下防水の設計と施工-(建築技術, (株)建築技術, 1992. 9)
9. 地下水處理孔の事例(鈴木晉彦, 東洋書店, 1994. 7)