

염소이온 투과실험을 이용한 균열보수성능 평가에 관한 시험적 연구

A Experimental Study on the Repair Performance of Crack Using Chloride Ion Penetration

심종성^{*} 문도영^{**} 김언경^{***}
Sim, Jongsung Moon, Do-Young Kim, Eon Kyoung

ABSTRACT

With difference to strengthening which could be evaluated structural efficiency, it is hard to do quantitative repair efficiency evaluation achieved compressive strength test or appearance investigation.

In this paper, chloride ion penetration test is exacted to core specimens picked from repaired structure for quantitative repair evaluation. The result of experimentation shows repair efficiency quantitatively by means of difference between penetration amount of chloride ion for repaired and unrepaired core specimens.

1. 서론

최근들어 노후화된 구조물의 증가로 인해 콘크리트구조물의 유지관리가 중요시되면서 이에 따른 보수·보강 성능의 정량적인 평가가 요구된다. 에폭시 주입 보수공법은 시공시 건조수축으로 인해 발생하는 균열과 노후화로 인해 발생하는 균열의 진전을 방지하기 위해 행해지며, 밀실한 주입여부는 2차 균열을 예방한다는 관점에서 매우 중요한 평가항목이다. 현재 보수를 완료한 구조물의 밀실한 보수여부를 평가하는 방법은 주로 코어채취후 외관조사를 통해 이루어진다. 그러나 이 방법은 밀실한 보수여부를 정량적으로 평가할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 보수성을 정량적으로 측정하기 위한 방법으로 내구성평가에 사용되는 염소이온 투과시험을 보수 시험체로부터 채취한 코어에 적용 실험을 수행하였고, 본 실험의 결과를 통하여 보수전후의 보수성능을 평가하고, 변화와 염소이온 투과시험의 보수성 평가 적용가능여부를 검증하였다.

* 정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 교수
** 정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 박사과정
*** 정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 실험체 제원

본 연구에서 사용된 실험체는 벽두께 20cm의 장방형 단면으로 계획한 기준형 실험체와 벽체의 양단부에 있는 24cm×24cm 단면의 경계부재를 D10의 패쇄형 횡보강근으로 보강하고 벽체두께 12.5cm인 바벨형 실험체로 제작되었으며, 횡력과 축력을 받는 실험을 통하여 0.1mm~0.5mm의 균열폭을 가진 손상 실험체를 사용하였다. 실험에 사용된 벽체 실험체의 콘크리트 배합설계는 굵은 골재의 최대치수 19mm, 슬럼프값 9cm, 설계기준강도 270kgf/cm²에 의해 이루어졌으며, 실제 콘크리트의 28일 압축강도는 295kgf/cm²이며, 슬럼프는 9.4cm의 값을 갖는다.[이리형외, 2000]



그림 1 바벨형 시험체



그림 2 장방형 시험체

2.2 실험변수

실험변수는 다음 표 1과 같으며, 여기서 고압주입 공법은 현재 현장에서 가장 많이 사용되는 철제패커를 이용한 에폭시 주입방법으로서 주입시 300 ~ 500kgf/cm²의 압력이 발생한다. 중저압 주입공법은 주입시 높은 압력이 걸리는 단점을 보완하기 위해 새로이 제시되고 있는 방법으로서 에폭시 주입시 압력을 10 ~ 250kgf/cm²으로 감소시킨 것으로 철제패커 대신 플라스틱 패커가 사용된다.

표 1 시험변수 및 코아채취 갯수

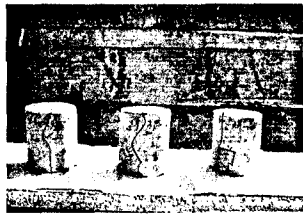
	Control	중저압주입공법		고압주입공법	
		15cm (주입간격)	30cm (주입간격)	15cm (주입간격)	30cm (주입간격)
염소이온 투과시험	4	3	3	3	3
압축강도 Test	3	3	.	3	.

2.3 실험방법

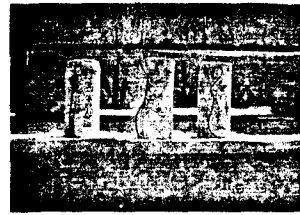
실험체에서 코아를 채취하기에 앞서 염소이온 투과량에 영향을 미치는 철근을 피하기 위하여 철근 탐사를 마친 후 각각의 실험체에 15cm간격과 30cm간격으로 바벨형 벽체는 중저압 주입공법, 장방형 벽체는 고압 주입공법으로 균열부를 보수하였다.

2.3.1 염소이온 투과시험

염소이온 투과시험을 위한 코아는 위의 표 1과 같이 $\Phi 10\text{cm}$ 의 코아를 각각 3개씩 채취하였다. 그림 3은 벽체에서 채취한 코아이며, 에폭시가 주입된 부분은 선으로 표시하였다. 바벨형 벽체의 두께는 12.5cm이므로 각 벽체에서 채취한 모든 코아는 에폭시 주입구로부터 5cm씩 절단하여 그림 4와 같이 2개의 $\Phi 10 \times 5\text{cm}$ 콘크리트 시편을 가지고 ASTM C1202-94에 준하여 실험을 실시하였다(그림 5).



(a) 바벨형 벽체 코아



(b) 장방형 벽체 코아

그림 3 투과시험 코아

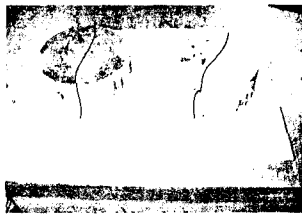


그림 4 투과시험 시편



그림 5 염소이온 투과시험

2.3.2 압축강도 시험

압축강도 시험을 위한 코아는 철근배근 간격으로 인하여 표 1에서 보는 바와 같이 $\Phi 4\text{cm}$ 의 코아 9개를 채취하였다(그림 6). 압축강도 시험을 위한 코아가 정해진 규격에 맞지 않는 관계로 채취된 코아를 직경과 길이의 비가 1 : 2가 되도록 길이를 8cm로 절단한 후 시험을 수행하였으며, Control 시편과 보수된 시편의 압축강도를 비교하였다.



(a) 바벨형 벽체 코아



(b) 장방형 벽체 코아

그림 6 압축강도 시험 코아

3. 실험결과

3.1 염소이온 투과시험

각각의 시험체에서 주입간격이 30cm인 코아 중 1개는 에폭시주입이 제대로 되지 않아 절단시 균열면을 따라 파괴되었으며 다른 절단된 시편들은 균열면의 에폭시주입 상태가 양호하였다. 채취시 파괴된 2개의 코아를 제외한 총 28개의 시편을 가지고 시험한 결과, 각 벽체 Control 시편의 평균 염소이온 투과량은 표 2와 같다. 표 3은 밀실한 주입여부를 평가하기 위하여 각 시험체 Control 시편의 염소이온 투과량을 기준으로 하여 $\frac{\text{Control 시편 투과량} - \text{보수된 시편 투과량}}{\text{Control 시편 투과량}}$ 의 결과를 나타내고 있다. 표 3의 바벨형 벽체에서 채취한 3번 코아는 표면에 나타나지는 않았지만, 코아 내부에 보수를 필요로 할 정도의 균열이 존재하여 보수효과가 음의 수치를 갖는 것으로 나타났으며, 이 값은 실험결과로 부적절한 것으로 판단된

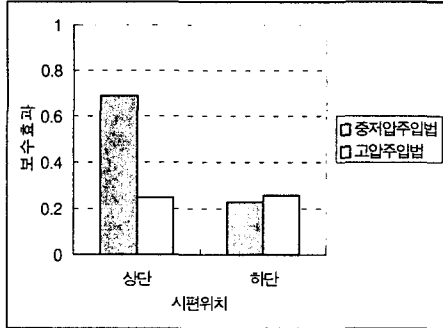
표 2 Control 시편의 투과량 (coulombs)

시험체명	C-M-1	C-M-2	C-H-1	C-H-2
결과값	3877	5782	8450	8499

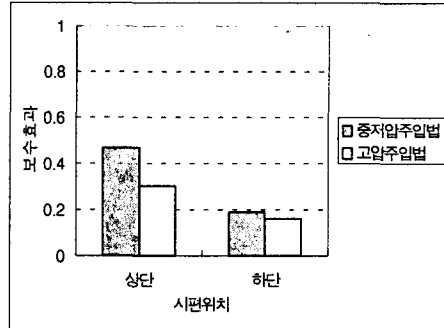
표 3 Control 시편과 보수시편과의 비

시편명	시험체명	바벨형 벽체				장방형 벽체			
	주입간격	15cm		30cm		15cm		30cm	
	주입위치	M-1	M-2	M-1	M-2	H-1	H-2	H-1	H-2
1		0.720	0.260	·	·	0.330	0.32	0.301	0.110
2		0.652	0.197	0.528	0.192	0.263	0.291	·	·
3		(-0.747)	(0.069)	(0.214)	(-0.870)	0.447	0.162	0.305	0.217
평균값		(0.373)	(0.175)	(0.343)	(0.031)	0.247	0.258	0.303	0.163
		0.686	0.228	0.472	0.192				

다. 표 3의 바벨형 벽체의 평균값에서 괄호안의 값은 시편 3번을 포함한 경우의 값이며, 아래 값은 포함하지 않은 경우의 값이며, 그림 7은 표 3의 보수정도를 그래프로 나타내었다. 두 방법 모두 Control 시편의 염소이온 투과량보다 적게 나타나 보수효과가 있는 것으로 나타났으며, 주입구로부터 가까운 표면 시편의 보수효과가 더 큰 것으로 나타났다. 중저압 주입법과 고압 주입법의 보수 효과를 비교해



(a) 주입간격 15cm



(b) 주입간격 30cm

그림 7 보수효과

보면, 중저압 주입법은 주입간격이 15cm인 경우 표면시편에서는 고압 주입법에 비하여 보수효과가 큰 것으로 나타났고, 내부시편에서는 고압 주입법과 유사한 보수 효과를 갖는 것으로 나타났다[그림 7(a)]. 주입간격이 30cm인 경우 두 주입방법 모두 보수정도는 감소하나 중저압 주입법이 상대적으로 고압 주입법보다 보수정도가 있는 것으로 나타났다[그림 7(b)]. 또한 평균값을 비교해 보면 시편 3을 포함하지 않을 경우 전반적으로 중저압 주입법이 고압주입법에 비하여 0.1 ~ 0.3 정도의 보수정도가 더 큰 것으로 나타났다.

3.2 압축강도 시험

압축강도 시험 결과는 표 4와 같다. H-3 코아의 경우 표면에 나타나지 않은 내부 균열에 의해 코아 채취시 절단되어 강도 시험을 할 수 없었고, 표 4에서 보는 바와 같이 보수된 시편의 강도 값은 Control 시편의 강도값과 별 다른 차이를 보이지 않았다. 또한 시편의 압축 파괴시 형상을 비교해 보면, 두 벽체에서 채취한 보수된 코아는 모두 보수면과 관계없이 파괴 되었으며, 전형적인 압축공시테의 파괴형태를 나타내었다. 그림 8에서 진한 실선은 에폭시 주입면을, 점선은 파괴면을 표시한 것이다.

표 4 압축강도 Test 결과 (kg/cm²)

시험체명	C-1	C-2	C-3	M-1	M-2	M-3	H-1	H-2	H-3
강도값	347	421	341	317	354	317	268	342	.



(a) Control



(b) 중저압 주입법



(c) 고압 주입법

그림 8 시편의 압축파괴 형상

4. 결론

본 연구는 정량적인 보수효과의 평가를 위한 방법으로서 염소이온 투과시험법의 적용성을 검증하고자 손상후 보수된 시험체의 코아시편을 채취, 압축강도 시험과 염소이온 투과시험을 수행하였으며, 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- ① 압축강도 시험결과 파괴모드와 압축강도를 통해 고압 및 중저압 주입법 모두 적절한 보수가 이루어졌음을 알 수 있었으나, 정량적인 비교 평가는 어렵다.
- ② 염소이온 투과시험결과 주입방법 및 주입간격에 따른 보수효과를 검증할 수 있었으며, 중저압 주입법은 주입간격이 넓어도 비교적 밀실한 보수가 이루어지는 것으로 나타나 단위 m당 주입갯수를 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

따라서, 내구성 평가에 사용되는 염소이온 투과시험이 보수된 구조체의 보수 성능을 정량적으로 판단하는데 유용한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 “프라스틱 마이크로 패커를 이용한 균열 보수공법의 현장적용성에 관한 연구”과제 중 일부분에서 얻은 결과이며, 저자들은 KPG통상의 지원과 건국대학교 농공학과 구조재료연구실에 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

1. ASTM C1202-94(Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration)
2. 한상환, 오영훈, 오창학, 이리형, “단면형상에 따른 벽식구조 전단벽의 구조성능 평가”, 콘크리트학회 논문집, 제12권 4호, pp.3-14, 2000.
3. 오병환, 김선우, 정상화, 서정문, “염해 및 황산염의 복합작용에 따른 염소이온 확산특성의 실험적 연구”, 가을 학술발표회, 제12권 2호, pp.413-418, 2000.
4. 원종필, 김현호, 안태송, “조기강도 콘크리트의 내구특성”, 봄 학술발표회, 제 13권 1호, pp991-996, 2001.
5. Kejin Wang, Daniel C. Jansen, Surendra P. Shah, “Permeability Study of Cracked Concrete”, Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 3, pp. 381-393, 1997.