

뿔칠시공에 의한 단면복구재의 시공성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구

김재성* · 홍성운 · 김경덕 · 강석표 · 정시영 · 배준영

<한일시멘트 중앙연구소>

1. 서 론

철근콘크리트구조는 콘크리트의 높은 압축강도와 철근의 인장강도를 복합시킨 경제성이 우수한 복합형 구조재료로서 콘크리트의 높은 알칼리성으로 철근의 방청에 유효한 역할을 담당함으로 내구적으로 우수한 구조재료로서 전 세계적으로 건축 및 토목구조물에 광범위하게 사용되고 있다.

그러나, 최근에는 해사의 사용 및 겨울철 제설재의 다량 살포, 대기환경 오염에 따른 탄산가스의 증가 등으로 인하여 염해 및 중성화, 화학적 침식 등의 열화현상이 발생하고 있으며 이로 인한 철근의 부식은 결국 피복콘크리트의 박락 및 철근의 부식균열로 인한 구조내력의 저하 등 철근콘크리트구조물의 내구연한을 급속히 감소시키고 있다.^{1),2)}

한편, 이에 대응하기 위하여 최근에는 열화된 철근콘크리트구조물의 보수 및 유지관리를 위하여 숙련자의 수작업이나 기계화 장비에 의한 공법시공을 통하여 열화된 철근콘크리트구조물에 대한 보수 및 보강을 실시하고 있으나 현재까지 주로 시공성만을 우선시하여 숙련자의 경험과 주관적인 판단에 의존하고 있어 실제 현장의 다양한 시공조건에 부합되는 합리적인 품질관리가 이루어지지 않고 있으며 이로 인하여 보수재료의 성능을 제대로 구현하고 있지 못하거나 보수부위의 재열화 및 열화의 심화현상 등의 문제가 빈번히 발생되고 있다.

또한, 최근에는 건설생산현장에서 건설기능 노동자의 감소화와 고령화 현상 등 심각한 건설생

산성 저하요인들이 증가하고 있어 건설생산성 및 품질관리 측면에서 합리적이고 실용적인 해결방안이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 모의부재 실험을 통하여 다양한 시공조건을 고려한 기계화 시공의 현장 적용성을 평가하고 시공성 및 공학적 특성을 검토 및 분석함으로써 기계화 뿔칠시공을 통한 열화된 철근콘크리트구조물의 체계적이고 실용적인 품질관리 및 건설생산성 향상 시스템 확립을 위한 데이터베이스를 실험·실증적으로 구축하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 모의부재 실험을 통하여 다양한 시공조건을 고려한 기계화 시공의 현장 적용성을 평가하고 시공성 및 공학적 특성을 검토 및 분석하기 위하여 <표 1>에서 보는 바와 같이 시공방법을 인력시공과 기계화 뿔칠시공, 물/모르타르비를 14.4, 15.4, 16.4%, 뿔칠 분사압력을 32, 42, 52 psi로 설정하였으며, 본 실험의 개요를 <그림 1>에 나타내었다.

2.2 사용재료 및 비빔방법

본 연구에서는 국내에서 주로 활용되고 있는 방청성 폴리머 단면복구 모르타르계 1종을 선정하여 모의부재 시험체를 제작하였으며 실제 현장조건을 고려하여 인력시공에 의한 모의시험체

<표 1> 실험 계획

시리즈	W/M ¹⁾ (%)	시공 방법	분사압력 (psi)	측정 항목	
				굳지않은 정상	경화 정상 ²⁾
I	15.4	인력 시공	-	•모르터 플로우 (cm) •공기량 (%) •응결시간 (h:m)	•부착강도 (MPa) •압축강도 (MPa) •염화물이온 확산계수 (cm ² /sec) •SEM 촬영
		기계화 시공	32		
			42		
II	14.4	기계화 시공	32		
	15.4				
	16.4				

주 1) W/M : 물모르터비, 모르터에 대한 물의 중량비

주 2) 측정재령(일) : 7, 28

의 경우 현장용 핸드 믹서, 기계화 시공에 의한 모의시험체의 경우 100ℓ 용량 강제식 팬타입 믹서를 활용하여 물 투입 후 약 3분간 비빔을 실시하였다.

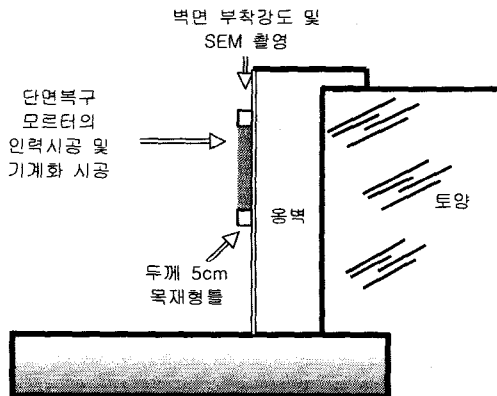
2.3 모의부재 시험체의 제작 및 시험방법

인력시공 및 기계화 시공에 의한 모의부재 시험체를 <사진 1 및 2>에서 보는 바와 같이 120×120cm, 80×60cm의 크기로 제작하였으며 단면복구 모르터의 공기량은 KS F 2421 「굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기 함유량 시험 방법(공기실 압력방법)」에 준하여 실시하였다.

플로우는 KS L 5111 「시멘트시험용 플로우 테이블」의 규정에 준하여 측정하였으며, 응결시

험은 KS F 2436 「관입저항 침에 의한 콘크리트의 응결시험방법」에 준하여 관입저항치가 3.5 MPa가 되었을 경우를 초결, 28MPa가 되었을 경우를 종결로 하여 실시하였다.

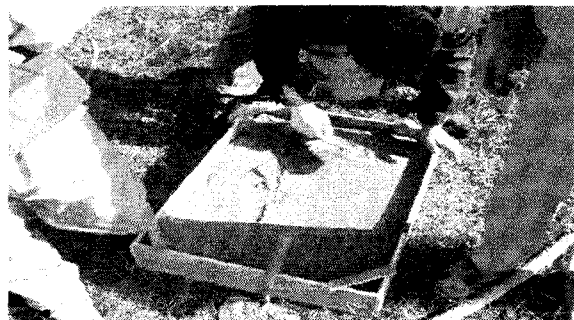
염화물이온 확산계수는 <사진 3>에서 보는 바와 같이 ø10×5cm 시험체를 코어 채취한 후, ASTM C 1202의 염소이온투과시험법을 적용한 RCPT (Rapid Chloride ion Permeability Test)를 활용하여 산출하였다.^{4),5)}



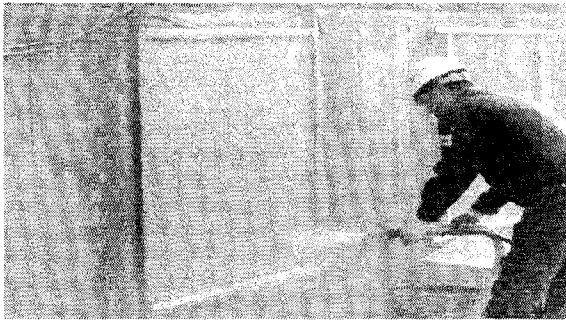
<그림 1> 시공조건을 고려한 모의부재 시험의 개요



<사진 1> 인력시공에 의한 모의부재 제작



<사진 2> 시험체제작 (염화물이온확산계수)



<사진 3> 기계화 시공에 의한 모의부재 제작

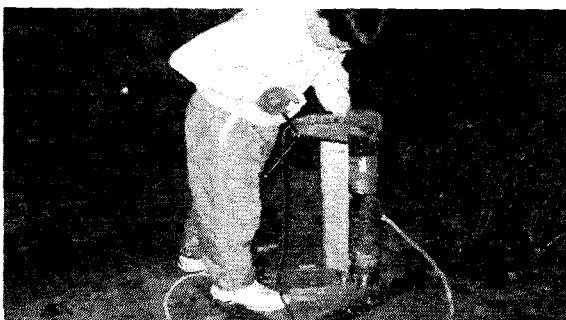
압축강도는 KS L 5105 「수경성 시멘트 모르타의 압축강도 시험방법」에 준하여 측정하였으며 부착강도는 방수·방식도로 도포방법」시공 표준에 준하여 재령 7, 28일에서 <사진 4>에서 보는 바와 같이 측정하였다.

인력시공 및 기계화 시공에 의한 모의부재 시험체의 공극구조를 검토하기 위하여 SEM(Scanning Electron Microscope)을 활용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르타의 시공성

<그림 2>는 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르타의 플로우 및 공기량을 나타낸 것으로 시공방법에 있어서 플로우는 기계화 시공의 경우가 높게 나타났다. 반면에 공기량은 인력시공의 경우가 높은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 인력시공 및 기계화 시공의 비빔 방법의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다.



<사진 5> 시험체 채취(염화물이온확산계수)



<사진 4> 시험체 제작(염화물이온확산계수)

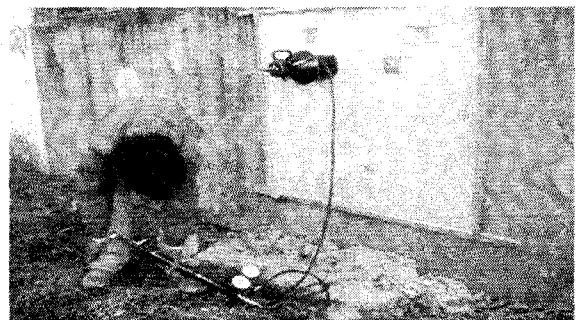
또한, 분사압력이 증가할수록 플로우 및 공기량이 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 물/모르터비를 변화시킨 경우는 물/모르터비가 증가할수록 플로우 및 공기량이 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

<그림 3>에 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르타의 관입저항치의 변화를 나타내었다.

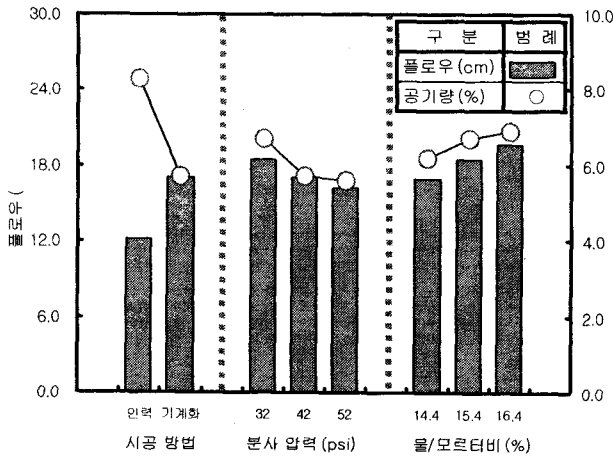
전반적으로 관입저항치가 3.5 MPa인 초결시간은 약 5시간 30분~8시간 30분, 28 MPa인 종결시간은 약 9시간~12시간 30분 정도 소요되는 것으로 나타났는데 이는 표준공시체에 의한 실험실적 결과와 유사한 경향을 보였다.

시공방법에 따른 초결 및 종결도달시간은 인력시공의 경우가 빠르게 나타났으며, 분사압력의 경우는 42 psi, 52 psi, 32 psi의 순으로, 물/모르터비에 있어서는 물/모르터비가 작을수록 초결 및 종결 도달시간이 빠르게 나타났다.

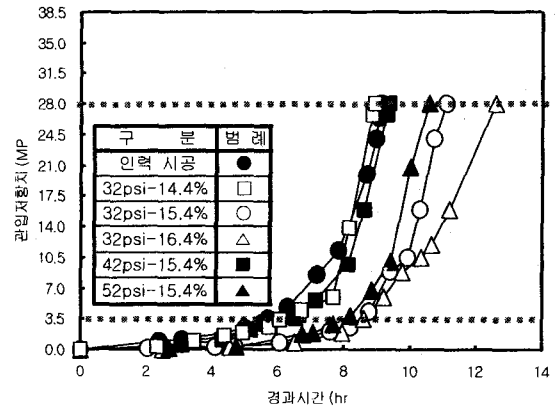
3.2 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르타의 공학적 특성



<사진 6> 부착강도 측정



<그림 2> 시공방법, 분사압력 및 물/모르터비에 따른 플로우 및 공기량



<그림 3> 시공방법, 분사압력 및 물/모르터비에 따른 관입저항치

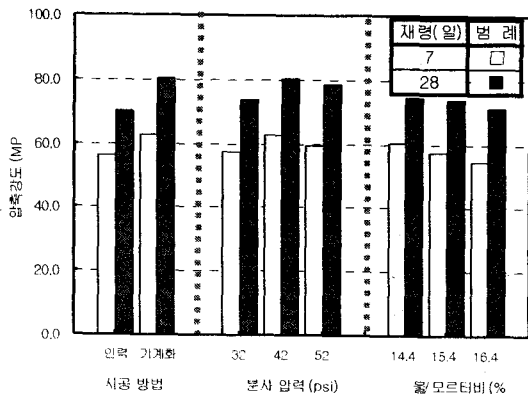
<그림 4 및 5>에 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르터의 압축강도 및 부착강도를 나타내었다. 시공방법에 있어서 기계화 시공에 의한 모의부재 시험체의 압축강도 및 부착강도는 인력시공에 비하여 재령 28일에서 각각 10.3MPa, 1.06MPa 높은 것으로 나타났다. 분사압력은 뿔칠시공에서 보편적으로 사용하고 있는 30~50psi범위로 시험하였으며 분사압력에 따른 시험결과 32psi의 경우 모르터 뿔칠시 바탕계면에서 처짐현상이 발생하였고 52psi의 경우는 높은 분사압력으로 인하여 바탕면과 모르터의 반발현상이 나타났다.

이로 인하여 42psi에서 압축강도 및 부착강도가 가장 높은 것으로 나타났으며 상대적으로 밀

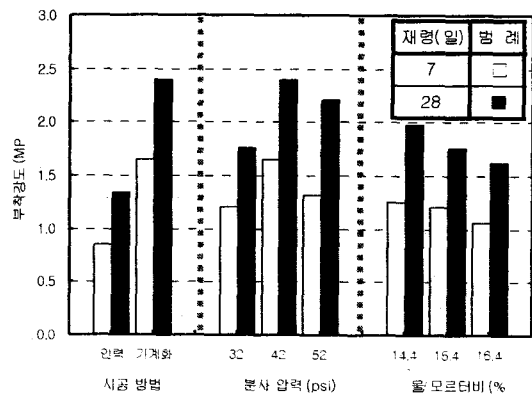
실한 조직과 치밀한 부착계면형성을 한 것으로 사료된다. 또한 물/모르터비를 변화시킨 경우 물/모르터비가 작을수록 압축강도 및 부착강도가 높은 것으로 나타났다.

또한 <그림 6>은 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 단면복구 모르터의 염화물이온 확산계수를 나타낸 것으로 전 시험체에 대하여 재령이 경과할수록 확산계수는 작아지는 경향을 보였다.

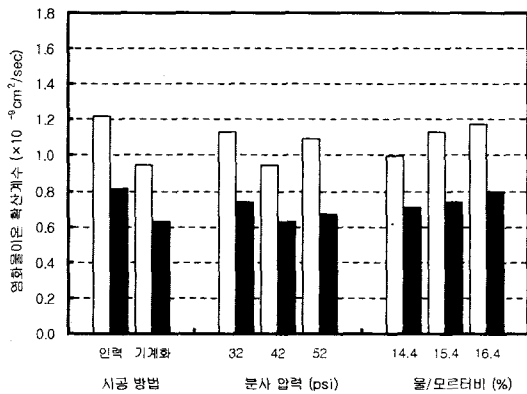
또한, 시공방법에 있어서 기계화 시공에 의한 모의부재 시험체의 염화물이온 확산계수가 인력 시공에 비해 작은 것으로 나타났고 분사압력에 있어서는 42psi의 경우가 염화물이온 확산계수가 가장 낮은 경향을 보이고 있으며 이는 <그림 4>



<그림 4> 시공방법, 분사압력 및 물/모르터비에 따른 압축강도



<그림 5> 시공방법, 분사압력 및 물/모르터비에 따른 부착강도



<그림 6> 시공방법, 분사압력 및 물/모르터비에 따른 염화물이온 확산계수

에서 나타난 압축강도발현결과와 연관성이 있는 것으로 사료된다. 물/모르터비에 있어서는 물/모르터비가 작을수록 낮은 경향을 보이는 것으로 나타났다.

시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 모의부재 시험체의 주사전자현미경(SEM) 관찰결과를 <표 2>에 나타내었다. 시공방법은 기계화 시공에 의한 모의부재 시험체의 경우가 인력시공

의 경우에 비하여 시험체의 조직이 밀실한 것으로 나타났다.

분사압력에 있어서는 42 psi의 경우가 가장 밀실한 계면조직을 가지는 것으로 나타났으며 이는 <그림 4 및 6>의 결과와 부합되는 연관성을 갖는다.

물/모르터비에 있어서는 대체적으로 물/모르터비가 작은경우가 보다 밀실한 조직구조를 가지는 것으로 나타났다.

4. 결 론

모의부재 실험을 통하여 다양한 시공조건을 고려한 기계화 시공의 현장적용성을 평가하고 시공성 및 공학적 특성을 검토 및 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 기계화 시공에 의한 시공성, 공학적 특성이 인력시공의 경우에 비해 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타나 기계화 시공에 의한 보수시공의 유효성을 확인할 수 있었다.

시공방법	분사압력 (psi)	물/모르터비 (%)
(a) 인력 시공	(a) 32	(a) 14.4
(b) 기계화 시공	(b) 42	(b) 15.4
	(c) 52	(c) 16.4

<사진 7> 시공방법, 분사압력, 물/모르터비에 따른 모의부재 시험체의 SEM 촬영결과 (x 30)

- 2) 압축강도, 부착강도, 염화물이온 확산계수의 측정 및 SEM 촬영결과, 물/모르터비가 작을수록 우수한 성능을 발현하는 것으로 나타났으며, 본 연구의 범위에서는 물모르터비 14.4%, 분사압력 42 psi의 경우 가장 우수한 시공품질성능을 발현하는 것으로 나타나 철근콘크리트구조물의 체계적이고 합리적인 보수유지 및 품질관리 시스템 확립을 위한 기초적 자료로서 활용이 가능할 것으로 기대된다.
- 3) 기계화 보수시공의 최적 품질관리 시스템을 구축하기 위해서는 다양한 시공조건에 따른 적정 분사압력 및 물모르터비 등의 범위를 체계적으로 선정해야 하며, 이를 위하여 향후 더욱 다양한 분사압력 및 물/모르터비 등의 시공조건을 고려한 후속 연구수행이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

< 참고 문헌 >

1. 김무한 외, 중성화 및 염해를 입은 콘크리트 구조물의 보수시공기술, 한국콘크리트학회 춘계학술발표회논문집, 1996
2. 신기술 동향조사 보고서 「구조물 보수보강기술」, 특허청, 2002.,
3. Concrete Repair and Maintenance Illustrated, RSMMeans CMDGROUP
4. 金武漢ほか, 콘크리트의急速鹽分浸透性試験による鹽化物イオン擴散係數の評價に關する實驗的研究, 日本建築學會 學術講演梗概集, 2003, pp.561~562.
5. Tang, I. and Nilsson, L.-O., Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electrical Field, ACI Materials Journal, Jan.-Feb. 1992, pp.49~53