

결손 시험체의 보수 성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Efficiency of Repair for Cutting Area

이영도*	백민수**	최응규***
Lee, Young Do	Paik, Min Su	Choi, Eung Kyoo
김영희****	정상진*****	최문식*****
Kim, Young Hoi	Jung, Sang Jin	Choi, Mun Shik

Abstract

The purpose of this experiment is to verify an efficiency of repair for cutting area. The result of this experiment is the fact that the strength of compression and bending is declined by width and depth of cutting area.

Deterioration of strength depends on depth to be repair area and the strength of compression decreased up to 50% when the repairing area is increased. The decrease of strength by the size of repair area is the fact that it is emerged by the increase of depth size rather than width size.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

우리 나라에도 수많은 철근 콘크리트 구조물이 축조 되면서 이제는 콘크리트 열화 및 내구성 저하로 인하여 주거성과 안전성이 불량하게 되고, 구조물의 예상치 못한 변형으로 인한 안전의 손실로 불안정한 건물들이 증가되고 있다. 그 일부는 재개발, 재건축으로 새로운 구조물로 변신하고 있으며 경제성이 없거나 지역개발의 지연 및 재건축의 부가가치가 없다고 판단되어 구조 내력상 보수 및 보강을 시행하여야 하는 건축물도 급격히 증가하고 있다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정
** 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정
*** 정회원, 삼성건설 기술연구소 책임연구원
**** 정회원, 인천전문대학 건축공학과 교수
***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

건축물의 경과연수, 지리적요건, 특수 환경 조건, 설계상의 오류, 시공의 부실, 유지 관리 소홀 등의 요인으로 발생하는 구조체의 손상에 대한 보수 방법과 대책을 연구 개발하여야 하고 일반인들이 보수, 보강 공법에 대한 믿음을 갖게 하도록 실증적이고 객관적인 연구결과와 제시가 필요하다. 특히 국가 경제적 차원에서 뿐만 아니라 건축재료로 사용되는 모든 자원의 절약 차원에서 무리한 재건축, 재개발은 지양되어야 하고 개조, 보수, 보강하여 건축물을 재사용할 수 있도록 하여야 한다.

본 연구는 손상된 건축물의 손상단면을 보수하는데 있어 필요한 재료 및 공법을 비교검토하기 위한 기초적 실험실 연구로 시험체의 손상된 단면의 폭과 깊이의 변화에 따른 보수 성능을 비교 평가하였다.

2. 실험

2.1 사용재료

본 실험에서는 KS L 5201에 규정된 국내산의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 골재의 최대 직경은 잔골재 5mm이하, 굵은골재 25mm이하로 관리하였으며, 모두 남한강산을 사용하였다. 잔골재와 굵은 골재의 물리적 성질을 표 1에 나타내었다.

보수재료는 충전 보수재료로서 A사, B사의 2개 제품을 사용하였으며, 기본 성질은 표 2에 나타내었다.

표 1 골재의 물리적 성질

	최대 치수 (mm)	표건 비중	흡수율 (%)	단위용 적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	조립율 (F.M)
잔골재	5	2.56	1.02	1,590	61.2	3.87
굵은 골재	25	2.61	1.32	1,642	64.2	6.88

표 2 보수재료의 기본성질(kg/cm³)

	압축강도	휨강도	부착강도
A사	362	95	24
B사	389	67	20

2.2 배합계획

몰탈 시험체의 배합은 4×4×16cm 시험체는 물 시멘트비 50%, 시멘트와 잔골재비는 1 : 2로 하였으며 15×15×50cm 시험체의 경우 물 시멘트비 50%, 시멘트와 잔골재비는 1 : 3으로 하였다. 콘크리트 시험체의 배합은 물 시멘트비 45%로 하였으며 표 3에 배합표를 나타내었다.

표 3 콘크리트 배합표

Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	S/A (%)	단 위 량			
				W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
25	8	45	41	157	349	765	1109

2.3 결함 크기에 따른 실험조건

2.3.1 몰탈 시험체

몰탈 시험체는 4×4×16cm의 강재몰드를 이용하여 제작하였으며, 보수를 하기 위한 결함을 미리 발

생성시키기 위하여 몰드내에 결합크기의 목재를 삽입하여 제작하였다. 결합부위의 크기는 표 4에 나타내었다. 제작 후 24시간 후에 탈형하여 소정 기간 습윤 양생($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)을 실시 후 시험체를 건조시켜 보수를 실시하였다. 보수 후 28일 경과하여 강도 측정을 하였다.

2.3.2 콘크리트 시험체

콘크리트 시험체는 $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 500\text{mm}$ 의 강재몰드를 이용하여 제작하였으며 결합 방법등 이후 과정은 몰탈시험체에서 전술한 바와 같은 방법으로 관리 후 보수를 실시하였다. 결합부위의 크기는 표 4에 나타내었다.

표 4 시험체의 종류 · 결합부위의 크기 압축 · 휨 강도 (단위 kg/cm^2)

	시험체 이름	결합부위 크기 (깊이×폭×길이)	압축강도		휨강도	
			A사	B사	A사	B사
몰탈 시험체 ($4\times 4\times 16\text{cm}$)	M40-D00-W00	건전 시험체	615		112.3	
	M40-D10-W10	$1\text{cm}\times 1\text{cm}\times 4\text{cm}$	578	509	104.9	106.2
	M40-D10-W20	$1\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	524	499	29.9	93.8
	M40-D15-W20	$1.5\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	475	436	91.6	91.6
	M40-D20-W20	$2\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	376	327	72.1	72.1
몰탈 시험체 ($15\times 15\times 50\text{cm}$)	M150-D00-W00	건전 시험체	376		65.0	
	M150-D25-W20	$2.5\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	373	362	60.6	62.4
	M150-D25-W40	$2.5\text{cm}\times 4\text{cm}\times 4\text{cm}$	356	353	56.4	57.2
	M150-D50-W20	$5\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	340	334	53.4	58.0
콘크리트 시험체 ($15\times 15\times 50\text{cm}$)	C150-D00-W00	건전 시험체	385		46.8	
	C150-D25-W20	$2.5\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	382	363	43.8	45.5
	C150-D25-W40	$2.5\text{cm}\times 4\text{cm}\times 4\text{cm}$	352	304	42.0	43.8
	C150-D50-W20	$5\text{cm}\times 2\text{cm}\times 4\text{cm}$	304	290	39.0	41.6

3. 실험결과 및 고찰

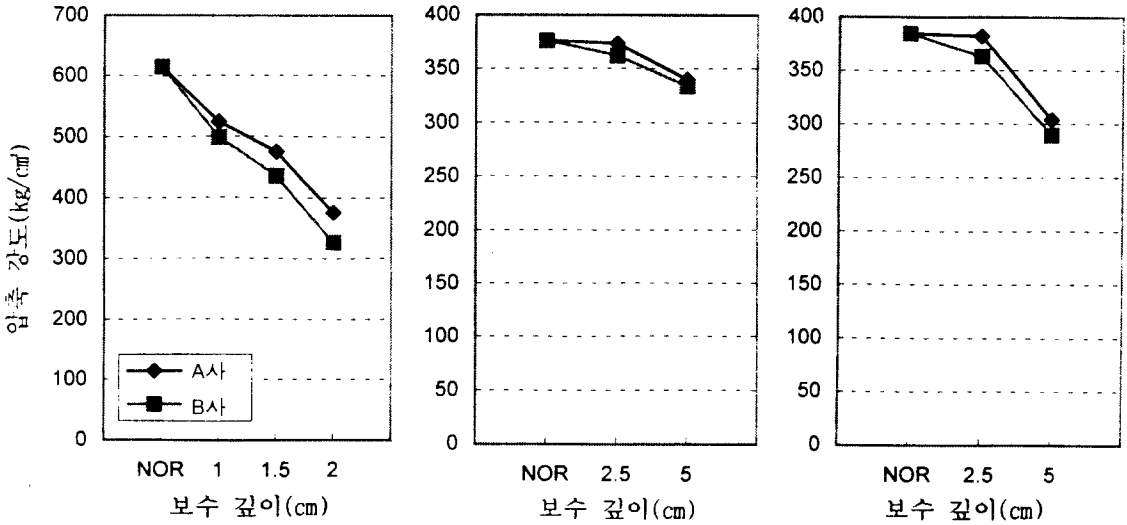
3.1 압축강도 특성

3.1.1 몰탈 시험체($4\times 4\times 16\text{cm}$)

압축강도 실험의 결과를 표 4 그림 1과 2에 나타내고 있다. 건전 시험체의 경우 $615\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압축강도를 나타내고 있으며, 보수깊이가 1, 1.5, 2cm로 증가함에 따라 강도는 A사 보수재의 경우 $525\text{kg}/\text{cm}^2$, $475\text{kg}/\text{cm}^2$, $376\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 건전 시험체의 약 85.2%~61.1%의 강도를 나타내며, B사 보수재의 경우 $499\text{kg}/\text{cm}^2$, $436\text{kg}/\text{cm}^2$, $327\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 건전 시험체의 약 81.1%~53.2%의 강도를 나타내고 있다. 두 보수법 모두 보수 부위가 증가함에 따라 강도의 저하를 가져왔으며, 보수깊이의 변화에 따라 서서히 강도가 감소하다가 모재 높이의 50%가 되는 깊이 2cm를 보수한 시험체의 경우 건전 시험체의 약 53%

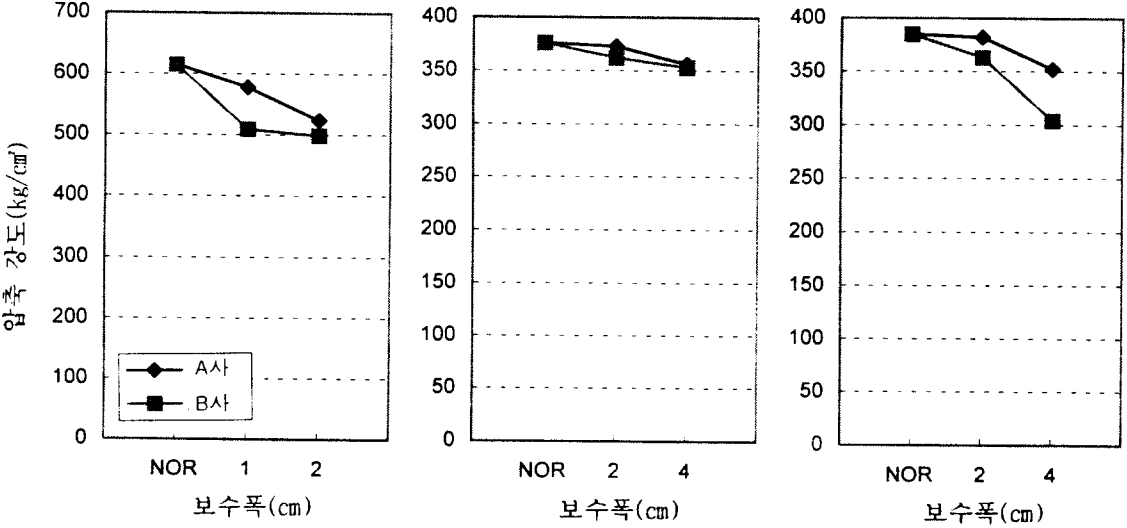
~61%의 약한 강도를 나타내고 있다. 이는 보수 부분의 깊이가 과대하게 크게 됨으로써 발생한 것으로 사료된다.

보수폭의 변화에 대한 강도는 1, 2cm로 보수폭이 증가함에 따라서 강도는 A·B 보수재 각각 578 kg/cm² · 509kg/cm², 524kg/cm² · 499kg/cm²로 변화하여 건전 시험체의 약 94%~81.1%의 강도를 나타내고 있다. 보수폭의 증가에 따른 강도의 저하는 보수깊이에 따른 강도의 저하보다 작게 나타나고 있다. 보수 부위 변화에 대한 강도의 저하가 큰 것은 모재의 압축강도가 615kg/cm²로 높기 때문으로 사료된다.



물탈시험체(4×4×16cm) 물탈시험체(15×15×50cm) 콘크리트시험체(15×15×50cm)

그림 1 보수 깊이와 압축강도의 관계



물탈시험체(4×4×16cm) 물탈시험체(15×15×50cm) 콘크리트시험체(15×15×50cm)

그림 2 보수 폭과 압축강도의 관계

3.1.2 몰탈 시험체(15×15×50cm)

휨강도 실험의 결과를 표 2.4 그림 3.1 그림 3.2에 나타내고 있다. 건전 시험체의 경우 65.0kg/cm²의 휨강도를 보이며 보수깊이가 2.5, 5cm로 증가함에 따라 강도는 A사 보수재의 경우 93.2%~82.2%로 강도가 저하하였고, B사 보수재의 경우 96%~89%로 강도가 저하하는 것으로 나타나고 있다.

보수폭의 변화에 대한 강도는 보수 폭이 1, 2cm로 증가함에 강도는 A사 보수재의 경우 건전 시험체의 93.2%~86.8%로 강도가 저하하였고, B사 보수재의 경우 건전 시험체의 96%~88%로 강도가 저하하는 것으로 나타나고 있다. 건전 시험체의 강도에 비교하여 약 96%~86.8%의 강도를 발현하여 깊이의 변화에 따른 강도의 저하보다 우수하게 나타나고 있다.

이 모르터 시험체의 경우 4×4×16cm 모르터 시험체보다 모재의 강도가 작으므로 인하여 보수 후 강도의 저하가 작아진 것으로 사료된다.

3.1.3 콘크리트 시험체

압축강도의 실험 결과를 표 4 그림 1과 2에 나타내고 있다. 건전 시험체는 385kg/cm²의 강도를 나타내며 보수 부위가 깊어짐에 따라 382kg/cm²~290kg/cm²으로 건전 시험체의 약 99%~75%의 강도를 나타낸다. 몰탈 시험과 마찬가지로 보수 부위가 모재 높이의 50%인 보수시험체의 경우 보수후 강도가 건전 시험체의 약 79%~75%로 약하게 나타나고 있다.

폭의 변화에 대한 강도는 382kg/cm²~304kg/cm²으로 건전 시험체의 약 99%~79%의 강도를 나타내고 있다.

콘크리트 시험체는 모재의 강도가 385kg/cm²으로 몰탈 시험체 보다 강도가 작으므로 인하여 보수 부위 증가에 따른 강도의 저하가 몰탈 시험체보다 작게 나타나고 있다.

3.2 휨강도 특성

3.2.1 몰탈 시험체(4×4×16cm)

휨강도 실험의 결과를 표 4 그림 3과 4에 나타내고 있다. 건전 시험체의 경우 112.3kg/cm²의 휨강도를 보이며 보수깊이가 1, 1.5, 2cm로 증가함에 따라 강도는 A사 보수재의 경우 92.9kg/cm², 87.4kg/cm², 57.4kg/cm²로 강도가 저하하였고, B사 보수재의 경우 93.8kg/cm², 91.6kg/cm², 72.1kg/cm²으로 강도가 저하하는 것으로 나타나고 있다.

시험체 높이의 50%인 2cm를 보수한 시험체의 경우 건전 시험체의 약 51.1%~64.2%의 강도밖에 발현하지 못하고 있으며, 압축강도의 강도비 저하와 비슷한 성능의 저하를 나타내고 있다.

보수폭의 변화에 대한 강도는 건전 시험체의 약 94.6%~82.7%의 강도를 발현하여 깊이의 변화에 따른 강도의 저하보다 우수하게 나타나고 있다.

보수크기 변화에 따른 휨강도 변화 형태는 보수크기 변화에 따른 압축강도 변화 형태와 유사하게 나타나고 있다.

3.2.2 몰탈 시험체(15×15×50cm)

압축강도 실험의 결과를 표 4 그림 3과 4에 나타내고 있다. 건전 시험체의 경우 376kg/cm²의 압축강도를 나타내고 있으며, 보수깊이가 2.5, 5cm로 증가함에 따라 강도는 A사 보수재의 경우 373kg/cm², 340kg/cm²으로 건전 시험체의 약 99.2%~90.4%로 강도의 저하를 나타내며, B사 보수재의 경우 362

kg/cm², 334kg/cm²으로 건전 시험체의 약 96.3%~92.3%의 강도의 저하를 나타내고 있다. 두 보수법 모두 보수 부위가 증가함에 따라 강도의 저하를 가져왔다.

보수폭의 변화에 대한 강도는 2, 4cm로 보수폭이 증가함에 따라서 강도는 A·B 보수재 각각 373kg/cm²·356kg/cm²와 362kg/cm²·353kg/cm²로 변화하여 건전 시험체의 약 99.2%~93.9%로 강도의 저하를 나타내고 있다. 이 시험체의 경우는 거의 강도의 저하를 볼 수 없다.

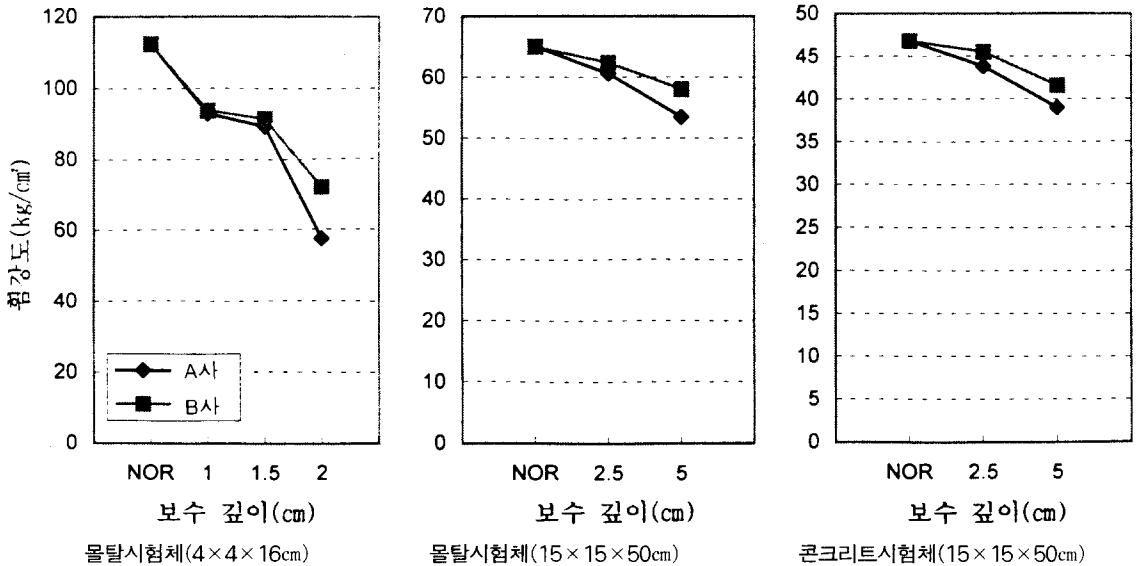


그림 3 보수 깊이와 휨강도의 관계

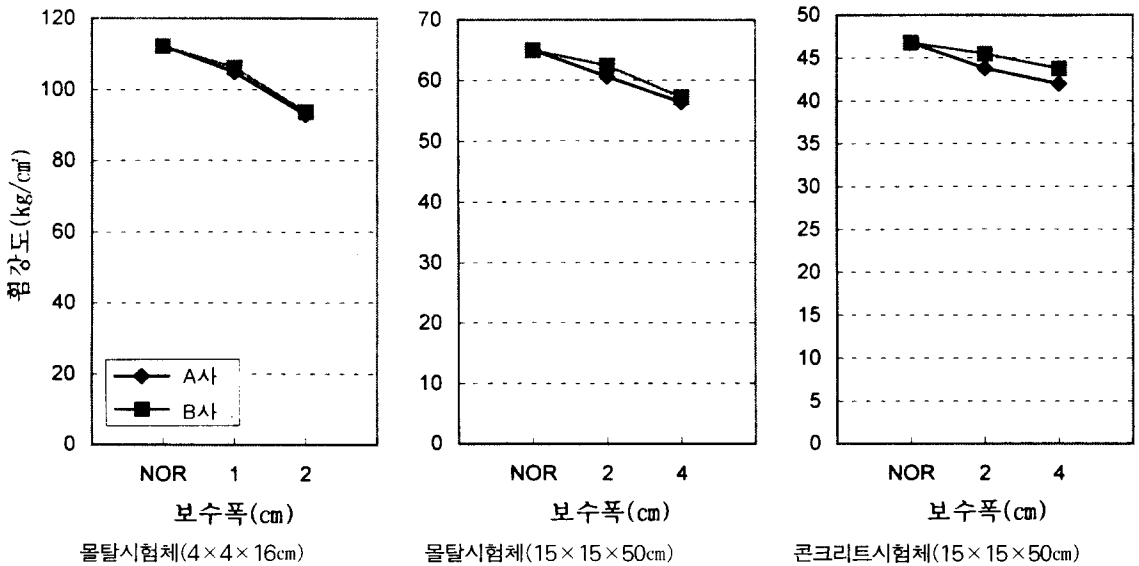


그림 4 보수 폭과 휨강도의 관계

3.2.3 콘크리트 시험체

휨강도의 실험 결과를 표 4, 그림 3과 4에 나타내고 있다. 건전 시험체는 46.8kg/cm²의 강도를 나타

내며 보수 부위가 깊어짐에 따라 $45.5\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 39.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 건전 시험체의 약 97%~83%의 강도를 나타낸다. 보수 부위가 모재 높이의 50%인 보수시험체의 경우에도 보수후 강도의 저하가 크지않게 나타나고 있다.

폭의 변화에 대한 강도는 $45.5\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 42.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 건전 시험체의 약 97%~89%의 강도를 나타내고 있다.

콘크리트 시험체의 휨강도가 양호하게 나온 것은 모재의 휨강도에 비해 보수재의 휨강도가 우수하기 때문으로 사료된다

4. 결 론

보수 부위의 깊이와 폭의 차이에 대한 시험체의 보수 성능의 특성을 평가한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보수 부위가 커질수록 보수후의 압축강도 및 휨강도는 저하한다.
- 2) 보수 부위의 크기가 모재 부위의 50%에 이르는 시험체는 강도의 저하가 크게 나타난다.
- 3) 보수 부위 변화에 따른 강도의 변화는 보수폭의 크기 변화에 의한 강도의 저하보다, 보수 깊이의 크기 변화에 의한 강도의 저하가 더 크게 나타난다.
- 4) 콘크리트 시험체의 휨강도의 경우 시험체의 휨강도에 비하여 보수재료의 휨강도가 우수하기 때문에 강도의 저하가 미세하게 나타나는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 추영수 편저. "콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침". 건설도서.
2. 대한 건축학회. "건축물의 안전진단과 보수보강" 세미나. 1993. 10.
3. 한국 콘크리트 학회. "콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리". 1995. 3. 8.
4. ACI Committee 244. "Control of Cracking in Concrete Structure". ACI Manual. 1988.
5. 일본 건축학회. "철근 콘크리트 조의 균열대책(설계, 시공)지침·동해설". 1990.
6. Neville. A. M. "Prorerties of Concrete". Pitman Publishing. 1975.
7. 일본건축센타. "建築改修工事 施工監理指針". 平成 4年.