

## 강연선과 폴리머 모르타르에 의해 보수보강된 슬래브의 휨거동에 대한 실험적 고찰

양동석<sup>1)\*</sup> · 황정호<sup>2)</sup> · 박선규<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 성균관대학교 토목환경공학과 <sup>2)</sup> SK건설 토목사업부

(2003년 8월 22일 원고접수, 2005년 1월 28일 심사완료)

### An Experimental Study on the Flexural Behavior of Slab Repaired and Reinforced with Strand and Polymer Mortar

Dong-Suk Yang<sup>1)\*</sup>, Jeong-Ho Hwang<sup>1)</sup>, and Sun-Kyu Park<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Civil Engineering, Sung Kyun Kwan University, Suwon, 440-746, Korea

<sup>2)</sup> Dept. of Civil Project, SK Engineering & Construction Co, 110-300, Korea

(Received August 22, 2003, Accepted January 28, 2005)

#### ABSTRACT

Even though the cost associated with the repair and rehabilitation of existing structures are rapidly increasing, vast number of the repaired and rehabilitated structures do not function properly as expected during their remaining service lives. This paper focused on the flexural behavior of reinforced concrete slabs repaired and reinforced by PS strand and polymer mortar in the tension face. The slabs have the size of 700×120×2200 mm and 700×120×1300 mm. Variables of experiment were space of strengthening, chipping, the number of strand, the kind of mortar in this experimental study. Attention is concentrated upon overall bending capacity, deflection, ductility and failure mode of repaired and reinforced slabs.

Test results show that deflection of repaired and reinforced slabs reduced to approximately 40% comparison to standard slabs. Boundary cracking of chipping slab started ultimate load afterward.

Concrete-mortar interface cracked 64.5 kN in repaired slab with AP mortar and 36.0 kN in repaired slab with general polymer mortar. Reinforcement effect increased with reducing space of strand. Also, Reinforcement effects are more by strand than by polymer mortar.

**Keywords :** strand, prestress, polymer mortar, slab, repair and rehabilitation

#### 1. 서 론

우리나라는 지난 수십년간 급속한 경제성장을 가져왔고 이로 인해 교통량의 증가나 환경의 변화 등이 발생하였고, 이러한 현상은 구조물에 많은 부담을 가중시켜 결과적으로 구조물의 노후화를 촉진시켰다. 이런 노후화된 구조물 중 콘크리트 구조물은 콘크리트의 균열 및 박리·박락, 철근의 부식 등이 발생하여 원래의 기능을 상실하게 되었다. 이러한 손상을 입은 구조물을 완전히 철거하고 새로 건설 한다는 것은 경제적으로나 환경적으로 매우 좋지 않은 영향을 가져온다 할 수 있을 것이다. 따라서, 기존의 구조물을 철거하는 대신 보수·보강하여 원래의 기능을 회복하

도록 하는 보수·보강 공법이 대두되었고, 현재 많은 발전을 가져왔다. 또한 국가적으로도 신기술 지정 등 정책적으로 많은 관심을 기울이고 있다. 대표적인 보수·보강공법으로는 균열보수공법, 강판보강공법, 탄소섬유슈트공법, 탄소섬유슈트공법, 프리스트레싱공법, 단면증설공법 등이 있다<sup>3,4)</sup>.

본 연구에서는 강연선과 폴리머 모르타르에 의해서 보수·보강된 슬래브의 휨 실험을 통하여 모르타르의 부착 성능과 강연선의 보강량에 따른 보강효과 등 실험변수에 따른 결과를 분석하여 슬래브의 보수·보강 효과를 파악하였다. 시험체는 실험변수(강연선의 간격, 강연선의 직경, 모르타르의 종류, 모르타르의 두께, 치핑 여부 등)에 따라 1방향 슬래브 10개, 2방향 슬래브 4개를 제작하였다.

\* Corresponding author

E-mail : yds0619@dreamwiz.com

©2005 by Korea Concrete Institute

## 2. 실험

### 2.1 실험개요

본 실험에서는 PS강연선과 폴리머 모르타르를 이용한 슬래브의 보수·보강효과를 평가하기 위한 것으로, 슬래브 실험에서 사용된 실험변수는 강연선의 간격, 강연선의 직경, 모르타르의 타설두께, 치핑 여부, 모르타르의 종류 등에 따라 1방향 슬래브 10개, 2방향 슬래브 4개를 제작하여 항복강도, 극한강도, 균열하중 및 수평균열하중 등을 측정하고 표준시험체와 보강시험체의 비교·분석을 통하여 실험변수에 따른 보강효율을 평가하였다. 자세한 실험 변수와 시험체명은 Table 1과 같다.

### 2.2 사용재료

본 실험에서 사용한 콘크리트 설계강도는 21.0MPa, 슬럼프는 150±25mm으로 설계된 레미콘 제품을 사용하였으며, 하중재하시의 압축강도는 21.6MPa이었다. 시험체에 사용된 철근은 설계항복응력 400MPa인 D10, D13 철근을 사용하였다. PS강연선의 직경은 3.2mm, 4.8mm, 6.3mm로서 세 종류를 사용하였다. 보수재료로 사용된 폴리머 모르타르는 M사에서 제조한 제품과 일반 침투성 폴리머 모르타르를 사용하였으며, M사에서 제조한 AP 모르타르와 콘크리트의 강도 특성은 Table 5와 같다. 실험에 사용된 콘크리트의 배합비와 철근 및 PS강연선의 역학적 특성은 Tables 2~4와 같다.

### 2.3 시험체 제작

시험체는 Table 1과 같이 실험변수를 고려하여 1방향 슬래브 10개와 2방향 슬래브 4개를 제작하였으며, 시험체의 형상은 Fig. 1과 같고, 피복두께는 30mm, 상부철근은

D10를 이용하여 100mm 간격으로 배근하였으며, 하부철근은 D13를 이용하여 같은 간격으로 배근하였다. 또한, 배력철근은 D10를 이용하여 150mm로 배근하여 시험체를 제작하였다. 보강시험체의 경우 강연선 1개당 5kN의 긴장력을 도입하였다.

### 2.4 재하 및 측정방법

슬래브 실험의 휨 내력평가를 위한 하중재하는 1방향 슬래브, 2방향 슬래브 모두 3점 재하하였으며, 재하된 하

Table 2 Mix property of concrete

C (kg/m <sup>3</sup> )	W (kg/m <sup>3</sup> )	S (kg/m <sup>3</sup> )	G (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	S/a (%)
335	183	825	930	54.7	47.5

Table 3 Mechanical properties of steel

Steel bar	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)
SD40 D10	647.8	519.8	18.1
SD40 D13	627.8	500.8	19.7

Table 4 Mechanical properties of strand

Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Elastic modulus (MPa)	Load (kN)	Tensile strength (MPa)	KS B 0802
φ3.2	5.091	11~12 (×10 <sup>5</sup> )	8.0	1572.4	
φ4.8	10.83		20.0	1847.9	
φ6.3	18.60		29.75	1599.9	

Table 5 Property of AP mortar (Unit : MPa)

Compression strength	Tensile strength	Flexural strength
42.8	3.0	6.35

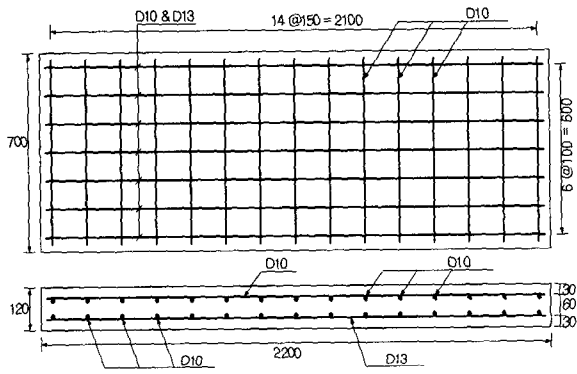
Table 1 Specimen details

Specimens	Experimental variable						Note
	Shape	Strand space	Strand diameter	Mortar type	Mortar thickness	Chipping	
CON 1	700×2200 ×120 mm (One-Way)	-	-	-	-	-	Control
S05-MA-3N		50 mm	4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	Middle point 0.6L rein.
S05B-MA-3N			4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	
S05-MA-2N			4.8 mm	AP Mortar	20 mm	×	
S05-SA-3N		100 mm	3.2 mm	AP Mortar	30 mm	×	
S10-MA-3N			4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	
S10-MG-3N			4.8 mm	General mortar	30 mm	×	
S10-MA-3C			4.8 mm	AP Mortar	30 mm	○	
S15-MA-3N		150 mm	4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	
S20-LA-3N		200 mm	6.3 mm	AP Mortar	30 mm	×	
CON 2	700×1300 ×120 mm (Two-Way)	-	-	-	-	-	Control
SS05-MA-3C		Trans. 50 mm	4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	Longitude 100 mm
SS10-MA-3C		Trans. 100 mm	4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	Longitude 100 mm
SS15-MA-3C		Trans. 150 mm	4.8 mm	AP Mortar	30 mm	×	Longitude 100 mm

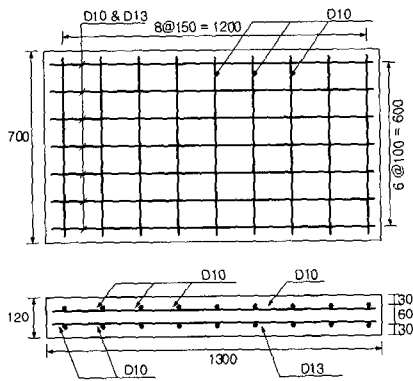
중량을 측정하기 위하여 유압잭 하부면에 로드셀을 설치하였다. 시험체의 변위를 측정하기 위하여 중앙부에 변위계(LVDT)를 설치하였으며, 상부 및 하부철근·배력철근의 지간 중앙에 변형률게이지를 2개씩 콘크리트를 타설하기 전에 설치하고, 슬래브 시험체의 중앙 상·하부면에 콘크리트 게이지를 설치하여 변형률을 측정하였다. 그리고, 로드셀과 슬래브 시험체 사이에는 집중하중으로 인한 국부파괴를 방지하기 위하여 200×200×20 mm의 강판을 설치하여 Fig. 2와 같이 하중을 가력하였다.

### 3. 실험결과

PS강연선과 폴리머 모르타르를 이용한 슬래브에 대한 휨 실험결과와 종합적인 양상은 Table 6과 같으며 시험체 모두 전형적인 휨 파괴를 보였다.



(a) One-way slab



(b) Two-way slab

Fig. 1 Shape of specimens

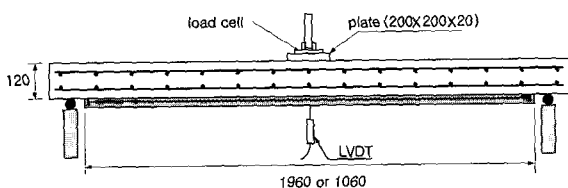


Fig. 2 loading of specimens

Table 6에서 보는 바와 같이 슬래브의 균열하중에서 보강간격이 50 mm인 시험체는 표준시험체보다 54~66% 정도의 하중이 증가되었고, 폴리머 모르타르를 이용하여 보수하고 PS 강연선의 보강간격이 100 mm 이상으로 제작된 보강시험체의 경우에는 20~34% 정도의 증가효과를 나타내었다. 균열양상은 표준시험체에 비하여 보강시험체가 더 좁은 간격의 균열이 발생하였다. 또한, 보수재료와 콘크리트의 계면에서 발생하는 수평균열하중은 초기 균열 발생 이후 지점에서 d만큼 떨어진 곳에서 발생하여 지간 중앙으로 진전하였으며, 치핑을 하고 타설된 시험체가 가장 높은 하중에서 발생하였고, 일반 모르타르를 사용한 보강시험체에서는 부착강도의 저하로 인하여 다른 보강시험체에 비해서 36.0 kN으로 상당히 작게 측정이 되었다. 항복하중 및 극한하중에서는 중앙 구간에만 강연선을 설치한 S05B-MA-3N의 경우 전구간에 보강한 S05-MA-3N에 비해 보강효과가 15% 이상 저하된 값을 나타내었다. 또한 전체적으로 표준시험체에 비해서 보강시험체가 약 25~67%의 증가현상이 나타나 본 실험에서 사용된 PS강연선과 폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트 구조물 보수·보강공법의 보강 및 보수효과는 상당히 좋은 것으로 사료된다.

또한, 실험에서 나타난 대부분 시험체는 일반적인 슬래브의 파괴와 같은 횡방향으로 균열이 발생되어 철근의 항복으로 인한 파괴가 발생되었다. 물론, 일반모르타르나 AP 모르타르로 보수된 시험체의 경우에는 위에서 언급한 바와 같이 콘크리트와 모르타르 계면의 균열도 발생되었다.

이상의 전체적인 실험 결과를 좀 더 세부적으로 분석하면 다음과 같다.

#### 3.1 하중-처짐 관계

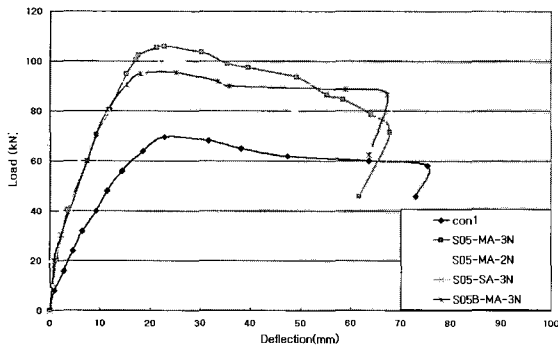
Figs. 3, 4는 1방향 슬래브 실험에 대한 보강간격 및 폴리머 모르타르 타설 두께, 치핑여부에 따라 하중과 처짐의 그래프를 나타낸 것이다.

Fig. 3은 보강간격이 50 mm인 경우의 하중과 처짐의 그래프로써, PS강연선에 의해 긴장력을 도입함으로써 표준시험체보다 강성이 증대되고 균열하중이 50% 이상 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 항복하중과 극한하중은 보강시험체가 표준시험체보다 30~60% 정도 더 높게 측정되어 보강효과가 뛰어난 것으로 나타났다. 강연선의 직경을 달리한 시험체의 비교를 통해 긴장력뿐만 아니라 강연선의 강도 또한 보강에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 처짐면에서도 보강시험체가 표준시험체의 90% 정도까지 측정되어 연성면에서 다른 보강공법보다 뛰어난 것으로 사료된다.

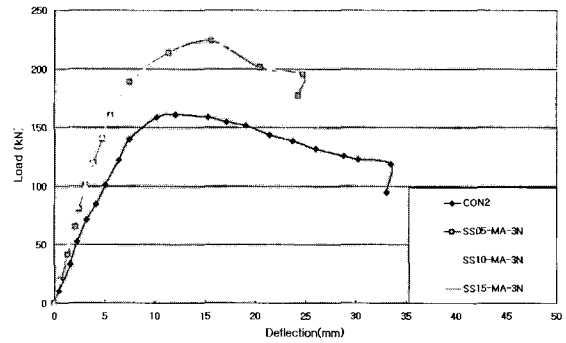
Fig. 4는 보강간격이 100 mm, 150 mm, 200 mm인 경우로, 보강간격이 100 mm인 경우 보강간격이 50 mm인 경우와 같이 PS강연선에 의해 긴장력을 도입함으로써 강성이 증대되었고 항복하중과 극한하중은 보강시험체가 표준시

**Table 6** Test result

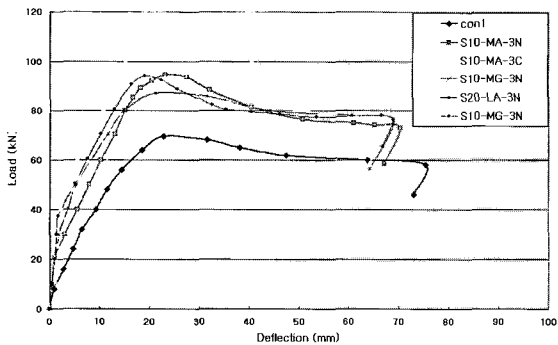
Specimens	Cracking load		Horizontal cracking load (kN)	Yield load				Ultimate load			
	Load (kN)	Ratio		Load (kN)	Ratio	Deflection (mm)	Ratio	Load (kN)	Ratio	Deflection (mm)	Ratio
CON 1	29.5	1.00	-	60.0	1.00	16.40	1.00	69.5	1.00	22.80	1.00
S05-MA-3N	48.0	1.63	71.5	95.0	1.58	15.30	0.93	106.0	1.53	22.80	1.00
S05-MA-2N	49.0	1.66	68.5	91.0	1.52	15.40	0.94	100.0	1.44	26.50	1.16
S05-SA-3N	45.5	1.54	59.0	81.0	1.35	14.90	0.91	91.0	1.31	21.70	0.95
S05B-MA-3N	48.5	1.64	80.5	81.0	1.35	12.00	0.73	95.5	1.37	25.10	1.10
S10-MA-3N	36.5	1.24	64.5	82.5	1.38	15.00	0.91	94.5	1.36	23.14	1.01
S10-MA-3C	38.5	1.31	107.0	100.0	1.67	15.20	0.93	107.0	1.54	27.00	1.18
S10-MG-3N	32.0	1.08	36.0	80.2	1.34	17.10	1.04	91.5	1.32	26.02	1.14
S15-MA-3N	34.5	1.17	55.6	80.0	1.33	14.90	0.91	87.0	1.25	21.30	0.93
S20-LA-3N	39.5	1.34	70.2	91.0	1.52	16.50	1.01	94.0	1.35	19.10	0.84
CON2	47.0	1.00	-	140.0	1.00	7.44	1.00	161.0	1.00	12.08	1.00
SS05-MA-3N	84.5	1.80	142.5	187.5	1.34	7.49	1.01	223.5	1.39	15.52	1.28
SS10-MA-3N	79.5	1.69	140.5	180.5	1.29	6.75	0.91	220.5	1.37	15.33	1.27
SS15-MA-3N	72.5	1.54	121.6	162.0	1.16	5.45	0.73	192.0	1.19	16.26	1.35



**Fig. 3** Relation of load and deflection(space 50 mm)



**Fig. 5** Relation of load and deflection (two-way slabs)



**Fig. 4** Relation of load and deflection (space 10, 15, 200 mm)

험체보다 약 30% 이상 높게 측정되었다. 또한, 치핑하여 보강된 시험체의 경우(S10-MA-3C)에는 다른 보강시험체보다 항복하중과 극한하중이 15% 이상 더 높게 측정되어 치핑을 한 경우 더 좋은 보강효과를 나타냄을 알 수 있었다. 보강간격이 150 mm 및 200 mm로 보강된 경우, PS강연선의 직경을 증가시킨 보강시험체(S20-LA-3N)는 항복하중이 표준시험체보다 52% 정도 높게 나타났다.

최종 처짐을 비교하면, 표준시험체는 75 mm, 보강된 두

시험체는 약 70 mm로서 보강된 시험체도 표준시험체와 거의 비슷한 연성을 가지고 있는 것으로 사료된다.

Fig. 5는 위에서 말한 1방향 슬래브와 시험체의 크기가 상이한 2방향 슬래브(700×120×1300 mm)의 하중과 처짐의 관계를 나타낸 것으로, 균열하중은 표준시험체(CON2)보다 약 54% 이상 더 높게 측정되었고, 횡방향 보강재의 간격이 50 mm와 100 mm인 보강시험체의 하중과 처짐의 그래프는 거의 비슷한 양상을 보이나, 최종처짐량은 보강량의 증가로 인하여 보강간격이 50 mm인 보강시험체(SS05-MA-3N)가 더 작게 측정되어 강연선의 간격이 50 mm인 시험체의 경우 100 mm인 시험체에 비해 연성이 떨어지는 현상을 보였다. 그러므로, 횡방향 보강재의 보강간격에 따른 보강효율을 판단하면, 50 mm와 150 mm의 간격으로 보강한 시험체보다는 보강간격이 100 mm인 시험체가 더 좋은 것으로 판단된다.

### 3.2 보강량(보강 간격)에 따른 비교

Figs. 6, 7은 보강량(보강간격)에 따른 1방향 및 2방향 슬래브에 대하여 비교한 것이다.

Fig. 6의 1방향 슬래브의 경우 보강량이 증가할 수록 균열하중은 17%, 24%, 32%정도 증가하였고, 항복하중은 33%, 38%, 58%, 극한하중은 25%, 36%, 53%의 하중이 증가되는 것으로 측정되었다. 이상의 결과로부터 알 수 있듯이, 기존의 다른 보수·보강공법은 보강량의 증가에 따른 보강효율이 감소하는 경향이 있지만, 본 공법은 보강량의 증가(보강간격의 감소)에 따라 보강효율이 증가하는 경향을 나타내 보강효과가 매우 우수한 것으로 판단되어진다.

Fig. 7은 2방향 슬래브의 보강간격에 대한 비교로서, 중방향은 강연선을 100mm 간격으로 일률적으로 보강하고 횡방향에 대하여 보강간격을 각각 50mm, 100mm, 150mm로 보강한 시험체이다. 횡방향에 대한 보강재의 보강간격이 감소할수록(보강량이 증가할 수록) 균열하중은 54%, 69%, 80%정도 증가하였다. 이것은 횡방향뿐만 아니라 중방향의 보강재의 긴장력으로 인하여 균열의 발생이 억제되어진 것으로 판단된다. 항복하중은 16%, 29%, 34%, 극한하중은 19%, 37%, 39%의 하중이 증가되는 것으로 측정되었다. 이는 앞에서 언급한 1방향 슬래브의 보강간격에 대한 비교에서의 보강효율보다 좋지 않은 것으로 나타났다. 그러므로, 중방향과 횡방향으로 보강 시에는 충분한 검토 및 보강효과를 고려하여야 할 것으로 사료된다.

### 3.3 모르타르 두께에 따른 비교

Fig. 8은 슬래브실험에서 사용된 보수재료인 AP 모르타르의 보수두께(20mm, 30mm)에 대한 비교를 나타낸 그래프이다. 보수재료를 30mm로 보수한 시험체와 20mm로 보수한 시험체는 균열하중과 수평균열하중은 거의 비슷하게 측정되었으며, 항복하중과 극한하중은 30mm로 보수된 시험체가 20mm로 보수된 시험체보다 5~10%정도 높게 나타났다. 이런 결과로 볼 때, 본 연구에서 얻어진 보강효과는 대부분 강연선에 의한 것으로 판단되어지며, 모르타르는 보수재로서 효과가 크다고 사료된다.

### 3.4 치핑 여부에 따른 비교

Fig. 9는 치핑 여부에 따른 AP 모르타르의 보수효과를 나타낸 그래프이다. 균열하중에서는 치핑을 수행한 시험체가 하지 않은 시험체보다 7%정도 높게 나타났고, 수평균열하중에서 치핑시험체는 극한하중(107.0 kN)에 도달한 후 수평균열하중이 측정되었지만, 치핑을 수행하지 않은 시험체는 약 64.5 kN으로 상당히 많은 차이를 보였다. 또한, 항복하중 및 극한하중에서는 치핑시험체가 하지 않은 시험체보다 20~30%정도 증가되었다. 이것은 시험체가 파괴되기 직전까지 모르타르가 콘크리트와 일체거동 함으로서 어느 정도 모르타르가 하중을 부담하여주기 때문이라 사료된다.

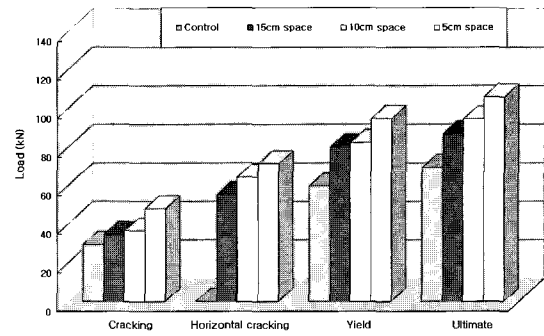


Fig. 6 Comparison of strength with strand space (one-way slabs)

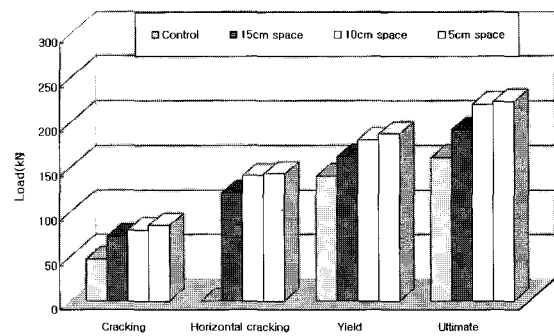


Fig. 7 Comparison of strength with strand space (two-way slabs)

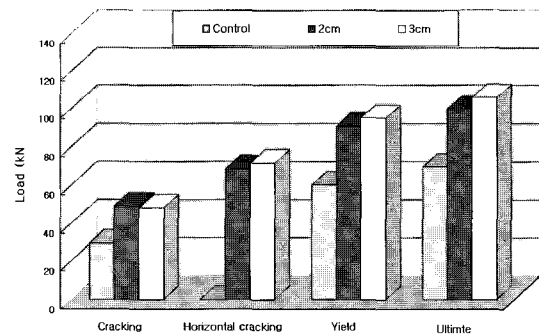


Fig. 8 Comparison of strength with mortar's thickness

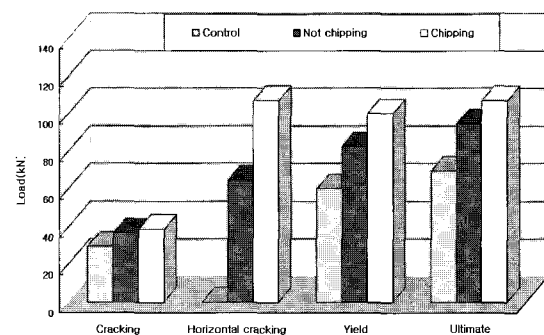


Fig. 9 Comparison of strength with chipping

그러므로, 본 연구를 현장에 적용할 때는 특별한 경우를 제외하고는 치핑작업을 수행하는 것이 효율적이라 판단된다.

### 3.5 모르타르 종류에 따른 비교

Fig. 10은 본 연구에서 적용되고 있는 보수재료와 기존에 사용되고 있는 일반 모르타르에 대한 보수효과를 나타낸 그래프이다.

균열하중의 경우 AP 모르타르로 타설된 시험체는 표준 시험체보다 24%정도 하중이 증가되었지만, 일반 모르타르의 경우에는 표준 시험체보다 8%정도의 미미한 하중이 증가되었다. 또한, 보수재료와 콘크리트의 계면에서 발생하는 수평균열하중에서는 AP 모르타르로 보수된 시험체는 약 64.5kN, 일반 모르타르로 보수된 시험체는 약 36.0kN으로 상당한 차이를 보였다. 항복하중과 극한하중에서도 AP 모르타르로 보수된 시험체가 일반 모르타르로 보수된 시험체보다 5%정도 높게 측정되었다. 이렇듯이, 본 연구에서 사용되는 보수재료가 일반 모르타르보다 균열에 대한 저항성이 뛰어난 것으로 사료된다.

### 3.6 강연선의 하중-변형률 관계

Fig. 11은 강연선의 하중-변형률 그래프로써 초기 긴장

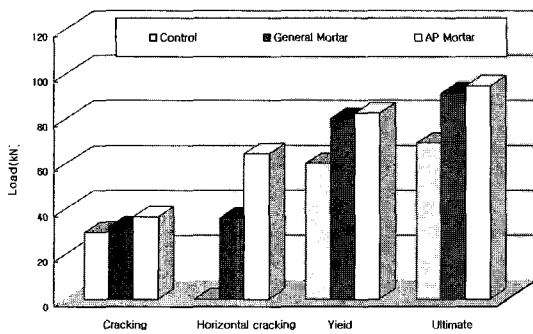


Fig. 10 Comparison of strength with mortar type

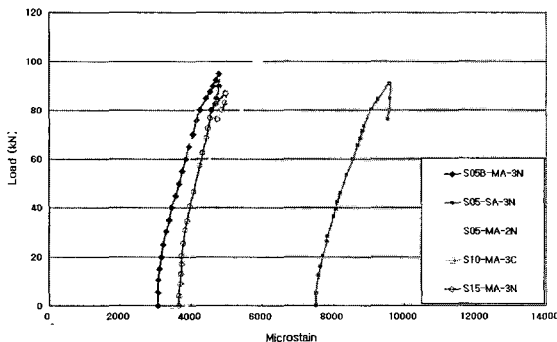


Fig. 11 Relation of load and strand strain

력을 약 5.0kN을 주었다. 강연선의 직경이 3.2mm로 작은 시험체(S05-SA-3N)인 경우에는 직경이 4.8mm로 시공된 시험체보다 초기의 강연선의 변형률은 0.0075정도로 나타났다. 시험체가 항복할 때까지는 변형률이 거의 증가하지 않았으나 시험체의 항복 이후 대부분의 하중을 강연선이 받음으로 인해 변형률이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 항복하중이전까지는 철근에 의해서 하중을 지탱하지만 철근이 항복한 후에는 강연선이 하중을 지탱하는 것으로 판단된다.

### 3.7 사용성 평가

보수·보강공법을 현장에 적용하기 위해서는 안전성뿐만 아니라 사용성면에서도 충분히 만족되어야한다. 사용성을 평가하기 위해서는 균열, 진동, 처짐 등이 있는데, 그 중 처짐을 통하여 사용성을 평가하였다. 표준시험체 항복하중의 60%인 36.0kN를 사용하중으로하여 그 때의 처짐을 표준 시험체에 대한 보강시험체의 처짐비로서 나타내면 Table 7과 같다.

1방향 슬래브의 경우 표준시험체(CON1)는 8.11mm의 처짐이 발생되었지만, 다른 보강시험체(9개)는 1.77mm~4.50mm까지 처짐이 발생되어 표준시험체보다 약 40%이상의 처짐이 감소되었다. 사용하중에서도 치핑을 수행한 시험체가 가장 큰 처짐 감소 효과를 가져왔다. 따라서 적당한 보강량의 선택뿐만 아니라 치핑을 수행하는 것은 본 공법에서 빼놓을 수 없는 중요한 요소라 할 것이다. 2방향 슬래브의 경우 표준시험체는 4.18mm 정도의 처짐이 발생되었고, 보강시험체는 표준 시험체보다 34~40%정도의 처짐 감소가 나타났다. 2방향 슬래브 또한 치핑을 수행할 경우 더 큰 처짐의 감소효과를 가져올 것으로 기대되어진다. 이를 통해, PS강연선과 폴리머 모르타르에 의한 콘크리트

Table 7 Serviceability result

Specimens	Load (kN)	Deflection (mm)	Ratio
CON 1	36.0	8.11	1.00
S05-MA-3N		3.50	0.43
S05-MA-2N		2.20	0.27
S05-SA-3N		4.35	0.54
S05B-MA-3N		3.60	0.44
S10-MA-3N		4.50	0.55
S10-MA-3C		1.86	0.23
S10-MG-3N		4.76	0.59
S15-MA-3N		3.35	0.41
S20-LA-3N		1.77	0.22
CON2	84.0	4.18	1.00
SS05-MA-3N		2.51	0.60
SS10-MA-3N		2.61	0.62
SS15-MA-3N		2.74	0.66

구조물 보수·보강은 사용성면에서 좋은 것으로 판단된다. 이것은 이형 와이어로프 PS강연선을 이용하여 긴장력을 도입함으로써 강성이 증대되고, 긴장력으로 인한 솟음량이 발생되었기 때문에 처짐이 감소된 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

PS강연선과 폴리머 모르타르를 이용한 슬래브에 대한 휨 실험결과에 대한 결론은 다음과 같다.

- 1) PS강연선의 보강간격이 감소할수록(보강량이 증가할수록) 균열하중은 17%이상, 항복하중은 33%이상, 극한하중은 25%이상 하중이 증가되어 보강효과 면에서 좋은 것으로 판단된다.
- 2) 본 실험에서 사용한 M사의 폴리머 모르타르와 기존에 사용되고 있는 일반 폴리머 모르타르에 대하여 보수효과를 비교해볼 때, 균열하중 면에서 일반 폴리머 모르타르 시험체보다 약 16%정도 증가되었고, 수평균열하중에서는 M사의 폴리머 모르타르로 보수된 시험체는 약 64.5 kN, 일반 폴리머 모르타르로 타설된 시험체는 약 36.0 kN으로 상당한 차이를 보였다. 이것은 본 실험에 사용된 보수재료가 일반 폴리머 모르타르보다 균열에 대한 저항성 및 부착강도에서 뛰어난 것으로 판단된다.
- 3) 사용하중에 대하여 보강시험체의 처짐이 표준시험체보다 약 40%이상 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 PS강연선을 이용하여 긴장력을 도입함으로써 강성이 증대되고, 긴장력으로 인한 솟음량이 발생되었기 때문에 처짐이 감소된 것으로 사용성면에서도 우수한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 박호완, 박기영, 권혁문, “탄소섬유시트에 의한 슬래브 보강에 관한 실험적 연구”, *Journal of the Institute of Industrial Technology*, Vol.28, June 2000, pp.1~10.
2. 박홍용, 문정규, “강섬유보강 철근콘크리트 일방향 슬래브의 휨거동에 관한 실험 연구”, *Journal of the Research Institute of Industrial Technology*, Vol.20, 2001, pp.36~41.
3. 양동석, “시멘트계열 보수재료로 보수·보강한 철근콘크리트 보의 휨 거동 특성”, 성균관대학교, 1999.
4. 양동석, 박선규, 이용학, “강연선 및 탄소섬유시트로 보강된 철근 콘크리트 보의 휨거동 특성”, 한국콘크리트학회 논문집, 14권 2호, 2002, pp.216~222.
5. Alfarabi Sharif, A., Al-Sulaaimani G. J., and Basunbul, I. A., “Strengthening of Initially Loaded Reinforced Concrete Beams using FRP Plates,” *ACI Structural Journal*, March-April 1994, pp.160~168.
6. MacDonald, M. D. and Calder, A. J. J., “Bonded Steel Plating for Strengthening Concrete Structures,” *International Journal of Adhesion and Adhesive*, Vol.2, No.2, 1982, pp.119~127.
7. Meier, U., “Strengthening of Structures Using Carbon Fiber/Epoxy Composites,” *Construction and building Materials*, Vol.9, No.6, 1995, pp.341~351.
8. Nikolaos Plevis, Thanasis C. Triantafyllou, and Daniele Veneziano, “Reliability of RC Members Strengthened with CFRP Laminates,” *ASCE*, Vol.121, No.7, July, 1995.
9. Saadatmanesh, H. and Ehsani, M. R., “RC Beams Strengthened with GFRP Plates,” I : Experimental Study, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol.117, No.11, 1990, pp.3417~3433.

#### 요 약

철근콘크리트 구조물은 시간이 경과함에 따라 외력의 증가나 환경의 변화 등에 의하여 노후화되고 그 기능을 상실하게 된다. 이러한 구조물의 기능을 회복하기 위하여 보수·보강 공법이 적용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 보수·보강 공법 중 프리스트레싱 공법과 단면증설 공법의 특성을 도입한 강연선과 폴리머 모르타르에 의한 보수·보강 공법이 적용된 슬래브의 휨 거동특성을 통해 기존 구조물의 보수·보강 효과를 파악하였다. 실험은 강연선의 직경, 모르타르의 종류, 치핑 여부, 모르타르 두께, 강연선의 간격 등의 실험변수에 따라 1방향 슬래브 10개, 2방향 슬래브 4개의 시험체를 제작하여 수행하였다. 실험 결과 강연선의 간격이 감소할수록 보강효과가 증가하였고, 치핑을 한 경우 콘크리트와 모르타르의 계면에서의 균열이 극한하중 이후에서 발생하였다.

**핵심용어 :** 강연선, 프리스트레스, 폴리머 모르타르, 슬래브, 보수·보강