

# Aramid섬유시트를 사용한 철근콘크리트보의 보수·보강

Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with  
Aramid Fiber-Reinforced Sheet

김진수\*  
Kim, Jin Soo

박재만\*\*  
Park, Jae Man

---

## Abstract

In this study, it was experimentally investigated the effectiveness of repair and strengthening methods for RC beams deteriorated under severe enviromental conditions.

Polymer cement were employed to restore the sectional loss and aramid fiber-reinforced sheet was used to reinforce the surface subject to tension. Repaired and strengthened reinforced-concrete samples were subjected to loading tests.

The tests revealed that the sectional restoration enhanced the loading capability of the sample structures. Additional strengthening with one aramid fiber-reinforced sheet improved 18% of yielding load and 30% of ultimate load of the structure. Reinforcing with two aramid fiber-reinforced sheets brought about an enhancement of 22% of yielding loading and 49% of ultimate load.

---

## 1. 서론

최근 철근콘크리트 구조물은 환경요인 및 교통량의 증가 등으로 조기 열화가 진행되어 사용성 및 내구성이 저하되고 있다. 이와 같이 조기 열화된 철근콘크리트 구조물의 성능을 향상시켜 손상전의 상태, 또는 그 이상의 사용성 및 내구성을 확보하기 위하여는 이에 적절한 보수·보강재료 및 공법 개발이 필요하다. 지금까지 보수·보강에 대한 연구는 재료적인 측면 및 공법 등에서 상당한 진전을 보이고 있으며, 고강도, 내식성에 대한 저항 및 시공성이 우수하다는 특징에서 Aramid섬유나 탄소섬유 등 신소재섬유재료에 의한 보강공법의 연구가 국내외 적으로 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 박리 등에 의하여 단면결손이 있는 RC보 및 휨균열이 상당수 발생한 RC보를 대상으로 보수·보강을 실시한 후 재하시험에 의해 그 효과를 실험적으로 고찰하였다.

단면결손부는 신소재로서 개발된 보수재료인 수성아크릴 폴리머 시멘트계 재료(AK) 및 수중경화용 에폭시수지를 사용한 폴리머 시멘트계 재료(EX)로 보수한 후, Aramid섬유시트를 사용하여

---

\* 원하중합건설주식회사, 이사 (구조기술사)

\*\* 정회원, 원하중합건설주식회사, 사장

RC보의 보강을 실시하였다. 또한 균열이 상당수 발생한 RC보는 콘크리트 표면을 sandblast로 면 처리 한 후 에폭시계 접착제를 사용하여 Aramid섬유시트로 접착, 보강하였다. 이들 RC보는 소정의 양생이 끝난 후 재하시험을 실시하였으며, 시험결과로부터 보수·보강에 대한 휨거동 특성 및 그 효과를 고찰하였다. 또한, 현장적용시험을 통하여 Aramid섬유시트의 보강 효과를 검토하였다.

## 2. 실험 계획

### 2.1 시험체의 준비

RC보 시험체는 단면이 25cm×30cm, 유효높이 d=26.2cm이며, 인장철근은 4-D16, 길이 240cm의 단철근 직사각형보를 13채 제작하였으며, 전단철근은 D10을 간격 13cm로 배근하였다. 시험체는 보수·보강 효과를 비교하기 위한 기준시험체(BASE보) 1채, 단면 결손을 유발시킨 시험체 6채 및 휨 균열을 도입시킨 시험체 6채로 구성되어 있다.

RC보의 단면 결손은 철근발청 등에 의한 박리·박락 등을 고려하여 인장 철근이 배치되어 있는 위치인 5cm까지로 하였다.

균열유발부재에 대하여는 단면 결손 보와 동일한 치수의 RC보를 제작한 다음 소정의 강도가 발현되는 시점에서 인장철근의 항복강도 70%에 해당되는 하중을 보에 선행재하시켜 휨균열을 발생시켰다. 그림 1.은 이들 시험체의 개요를 나타낸 것이다.

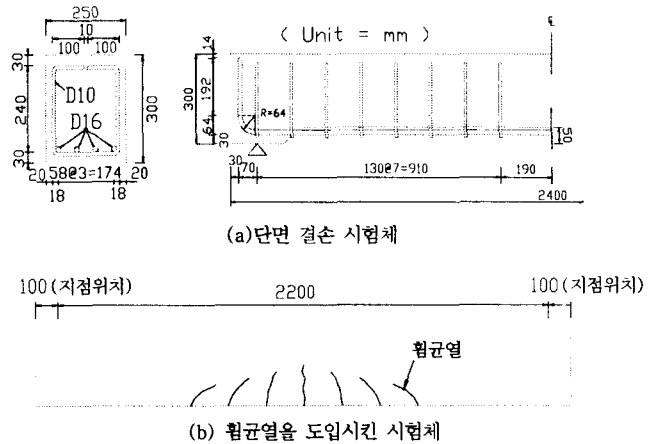


그림 1. 시험체의 형상

### 2.2 시험체의 보수·보강

단면 결손 시험체는 무수축모르터(RE-M), AK 및 EX등의 재료를 사용하여 단면 복구를 실시하였다. 단면 복구시 결손부의 콘크리트 표면은 Sand Blast로 면처리한 후 단면 복구 재료와의 부착력을 증가시키기 위하여 chipping을 실시하고 AP로 솔처리하였다. 결손단면은 무수축모르터로 40mm를 복구하였으며, 나머지 10mm 결손부는 실내에서 기중양생시킨 후 AP 및 EX를 사용하여 완전히 단면복구를 실시한 다음 재하시험시까지 기중 양생을 실시하였다.

Aramid섬유시트 보강은 단면 결손

표 1. 보수·보강 시험체

구분	시험체의 종류	단면복구 방법	Aramid섬유시트 보강방법	비고
기준보	BASE보	-	-	-
단면 결손 RC보 시험체	AP-F0N	RE-M(40mm) AK(10mm)	-	-
	AP-F1N	''	1접부착(2.18m)	-
	AP-F1U	''	1접부착(2.18m)	정착보강
	EX-F0N	''	-	-
	EX-F1N	''	1접부착(2.18m)	-
	EX-F1U	''	1접부착(2.18m)	정착보강
균열 발생 시킨 RC보 시험체	CR2.18-F1N	-	1접부착(2.18m)	-
	CR2.18-F1U	-	1접부착(2.18m)	정착보강
	CR2.18-F2U	-	2접부착(2.18m)	정착보강
	CR1.6-F1N	-	1접부착(1.6m)	-
	CR1.6-F1U	-	1접부착(1.6m)	정착보강
	CR1.6-F2U	-	2접부착(1.6m)	정착보강

부 복구가 완전히 끝난 시험체 6체 중 4체와 균열 발생을 유발시킨 시험체 6체 총 10체의 시험체를 대상으로 하였으며, 보강방법으로서는 RC보 인장축 하면의 보강 부위에 1차로 프라이어를 도포하고 함침수지를 사용하여 Aramid섬유시트를 1겹 또는 2겹씩 부착시켰다.

또한 일부의 시험체는 Aramid섬유시트 단부의 정착효과를 높이기 위하여 RC보 지점부근 하면에 수직으로 폭 1cm, 길이 2.5cm의 정착 홈을 두어 Aramid섬유시트 단부를 홈에 삽입, 함침수지를 주입시켜 정착하였고, Aramid섬유시트로 U자형 정착보강 하였다. 표 1.은 시험체의 현황을 나타낸 것이다.

### 3. 재하시험

하중재하는 2점 재하 일방향 단조방식을 채택하였으며, 재하속도는 8~10kgf/sec이다. 재하하중이 200kgf 증가될 때마다 처짐, 균열의 진전상황, 균열폭, 철근 및 콘크리트의 변형률, Aramid섬유시트의 변형률 등을 측정하였다.

표 2. 보수·보강 시험체의 재하시험 결과

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 손상단면 증설부의 복수재료 효과

기준시험체 1체와 보수·보강을 실시한 시험체 12체에 대한 재하시험 결과는 표 2.에 제시한 바와 같다. 이 표에는 재하시험에서 얻은 주철근 항복시의 내하력 및 극한강도, 철근 및 콘크리트의 변형률, Aramid섬유의 변형률 등을 나타내고 있다.

그림 2.는 단면 결손된 RC보를 AP재료와 EX재료를 사용하여 보수한 경우, 이들 재료의 보수·보강효과를 평가하기 위한 것이다. 손상단면을 복구한 시험체는 BASE보와 비교할 때 주철근 항복시 및 극한상태에서 모두 내하력 증진을 보이고 있으며, 그 효과는 대략 10% 정도임을 알 수 있다. 그러나, 두 재료 사이에서의 강도증진에 대한 차는 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 보수재료의 차이에 의한 보강효과 차이가 나타나 있다.

#### 4.2 Aramid섬유시트의 보강 효과

##### (1) 부착길이의 보강 효과

그림 3.은 Aramid섬유시트의 부착길이가 보강 효과에 미치는 영향을 고찰하기 위한 것으로서 철근이 항복할 때에 해당되는 항복하중은 Aramid섬유시트 부착길이 1.6m 및 2.2m 모두에서 동일한 값을 보이고 있으나, 극한하중은 보강길이를 길게 한 경우가 10% 정도 큰 내하력을 보유하고 있음을 알 수 있다.

시험체명	주철근 항복시				최대 내하력 (tf)
	항복하중 (tf)	처짐 (mm)	콘크리트 변형률 ( $\mu$ )	Aramid섬유시트 변형률 ( $\mu$ )	
BASE	15.39 (1.00)	6.113	1124	-	17.69 (1.00)
AP-F0N	16.96 (1.10)	6.630	1112	-	19.83 (1.12)
AP-F1N	19.38 (1.29)	7.423	1295	2361	21.86 (1.24)
AP-F1U	18.78 (1.22)	6.608	1094	1854	22.68 (1.28)
EX-F0N	17.06 (1.11)	6.535	957	-	18.83 (1.06)
EX-F1N	19.79 (1.29)	7.068	1183	2139	24.26 (1.37)
EX-F1U	18.79 (1.22)	6.890	1177	3610	25.26 (1.43)
CR2.18-F1N	17.96 (1.17)	6.240	1135	1806	24.06 (1.36)
CR2.18-F1U	18.23 (1.18)	6.045	992	1755	22.93 (1.30)
CR2.18-F2U	18.76 (1.22)	6.230	1137	2248	26.43 (1.49)
CR1.6-F1N	17.99 (1.17)	6.285	1157	2019	21.89 (1.24)
CR1.6-F1U	18.23 (1.18)	6.275	1213	2069	24.73 (1.40)
CR1.6-F2U	19.09 (1.24)	6.505	1165	2210	27.26 (1.54)

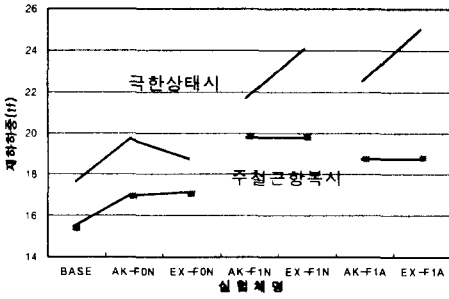


그림 2. 손상단면 보수재료의 보수효과

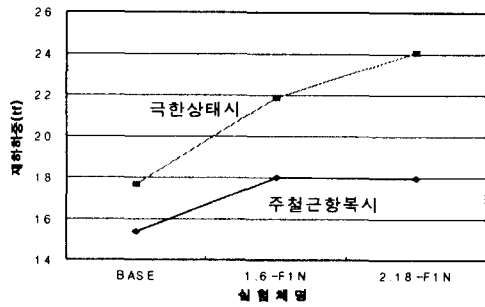


그림 3. Aramid섬유 부착길이 효과

## (2) Aramid섬유시트 부착 겹수 보강효과

그림 4는 Aramid섬유시트의 부착 겹수가 보강효과에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 나타난 것이다. 부착길이가 2.2m인 경우 1겹 부착한 때는 기준시험체와 비교할 때 항복하중 18%, 극한하중 30%가 증가되었으며, 2겹 부착시킨 경우에는 각각 22% 및 49%의 보강 효과를 나타내고 있다. 그러나, 2겹 부착한 경우 극한하중은 1겹 부착한 경우와 동일한 강도증진 효과를 나타내고 있는 반면, 항복하중의 증가율은 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 부착길이가 1.6m인 경우에서도 유사한 경향을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

## (3) Aramid섬유시트 단부의 정착보강 효과

그림 5는 Aramid섬유시트의 부착력을 높이기 위하여 단부 부근에 정착보강시킨 경우에 대한 효과를 나타낸 것이다. 주철근이 항복하는 시점에서는 Aramid섬유시트 단부에 정착보강을 두는 효과는 거의 없으며, 극한상태에 있어서는 부착길이가 2.18m인 경우의 정착보강 효과는 오히려 감소하고 있으나, 부착길이가 1.60m인 경우에는 정착보강에 의한 내하력이 증진되고 있다.

이와 같은 현상은 Aramid섬유시트의 부착길이가 짧은 시험체에 있어서, 정착부 보강을 실시할 경우 보의 휨균열 발생을 억제시키는 효과를 가져와 보의 휨강성을 증가시켜 주었기 때문으로 생각된다.

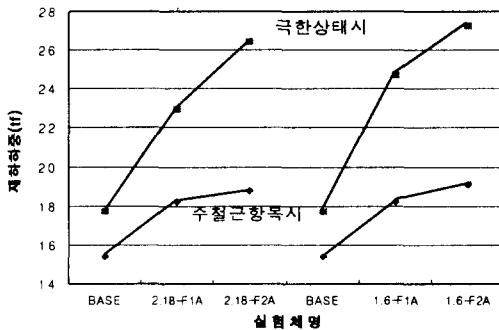


그림 4. Aramid섬유 부착겹수 효과

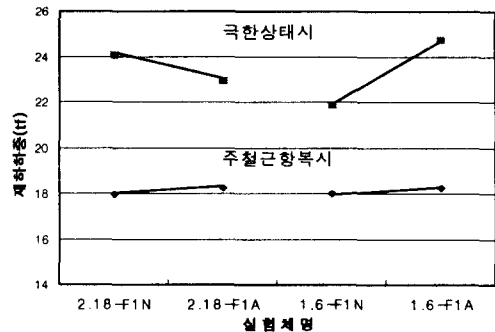


그림 5. Aramid섬유 단부정착 효과

## 5. 현장적용시험

현장적용 시험대상교량은 1988년 준공된 프리플렉스 빔교이며, 내하력은 양호상태이나 차량 주행시 과도한 진동 등이 발생하여 보행자의 민원이 발생하고 있다. 이와 같은 과도한 진동이나 처짐 등을 줄여 사용성을 개선시키는 방법으로서 보 하면에 Aramid섬유시트를 첩착시켜 보강을 실시하였다.

또한, Aramid섬유시트에 의한 보강효과를 확인하기 위하여 보강 전후 2회에 걸쳐 재하시험을 실시하였으며, 그 결과를 요약하면 표 3.과 같다. 정적재하에 의한 Aramid섬유시트 보강에 의한 처짐 감소 효과는 14.7%를 나타내고 있으며, 동적재하시험에 의한 처짐감소효과는 20.0~25.7%를 나타내어 본 구조물의 사용성 개선에 효과가 있음을 확인하였다.

표 3. 현장적용시험 결과

구분		최대처짐(mm)		처짐감소효과 (%)	비고
		보강전	보강후		
정적재하		6.761	5.767	14.7	
동적재하	1대 주행	8.124	6.501	20.0	20km/h 주행시
	2대 주행	10.004	7.432	25.7	30km/h 주행시

## 6. 결 론

본 연구는 단면이 결손된 RC보를 수성아크릴 폴리머시멘트계 재료와 수중경화용 에폭시수지를 사용한 폴리머시멘트계 재료를 사용하여 보수한 RC보에 대하여 Aramid섬유시트로 보강한 시험체 계열 및 건전한 RC보에 휨균열을 발생시킨 후 다시 Aramid섬유시트로 보강한 시험체 계열에 대하여 재하실험 및 현장적용시험을 통해 그의 보수·보강효과를 평가하기 위한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 결손된 단면에 대해 단면복구를 실시한 시험체는 건전한 RC보에 비하여 항복하중 및 극한하중 모두에서 대략 10% 정도의 내하력 증진을 나타내었다.
2. 부착길이에 의한 보강효과를 보면, 항복하중은 Aramid섬유시트 부착길이 1.6m 및 2.2m 모두에서 동일한 값을 보이고 있으나, 극한하중은 보강길이를 길게 한 경우가 10% 정도 큰 내하력을 보유하고 있다.
3. 부착접수의 보강효과를 보면, Aramid섬유시트의 부착길이가 2.2m인 경우 1접 부착하였을 때에는 기준시험체에 비하여 항복하중 18%, 극한하중이 30% 증가되었으며, 2접 부착시킨 경우에는 각각 22% 및 49%의 보강효과를 나타내고 있다. 또한, Aramid섬유시트를 2접 부착한 경우 극한하중은 1접 부착한 경우와 동일한 강도증진 효과를 나타내고 있지만, 항복하중 증가율은 그다지 크지 않는 것으로 나타났으며, 부착길이가 1.6m인 경우에서도 유사한 경향을 보이고 있다.
4. 주철근이 항복하는 시점에서는 Aramid섬유시트 단부에 정착보강을 두는 효과는 거의 없으며, 극한상태에 있어서는 부착길이 2.18m인 경우의 정착보강 효과는 오히려 감소하고 있으나, 부착길이 1.60m인 경우에는 정착보강에 의한 내하력이 증진되고 있다. 이와 같은 현상은 Aramid섬유시트의 부착길이가 짧은 시험체에 있어서, 정착부 보강을 실시할 경우 보의 휨균열 발생을

억제시키는 효과를 가져와 보의 휨강성을 증가시켰기 때문으로 판단된다.

5. 현장적용시험 결과 정적재하에 의한 Aramid섬유시트 보강 효과는 14.7%의 처짐감소를 나타내었으며, 동적재하시험에서는 20.0~25.7%의 처짐감소 효과를 나타내어 사용성 개선에 효과가 있음을 확인하였다.

### 참고 문헌

1. 篠崎 裕生外 3人, “アラミド纖維シートを貼り付けて補強したRC梁の曲げ耐荷性状,” 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.19, No.2. 1997, pp.1563~1568
2. 岸 徳光外 3人, “FRPシートを接着いたRC梁の曲げ付着性状,” 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.20, No.1. 1998, pp.515~520
3. 김기년, “폴리머계로 보강된 철근콘크리트 보의 역학적 거동에 관한 실험 연구,” 석사학위논문, 서울산업대학교, 1997
4. “콘크리트 구조물의 보수·보강 지침,” 한국콘크리트학회, 1997. 5
5. 김지영외 4인, “炭素纖維쉬트로 補強된 鐵筋콘크리트보의 휨거동에 관한 實驗的 研究,” 大韓建築學會論文集, 14卷1號 通卷111號, 1998年1月, pp.319~326
6. 심종성의 2인, “보수후 GFRP로 보강된 RC보의 휨거동에 관한 실험 및 해석적 연구,” 한국구조물진단학회 봄 학술발표회 논문집, 제2권 1호, 1998. 5. 23, pp.185~192
7. 하경민의 2인, “Aramid섬유시트를 사용한 철근콘크리트 보의 휨보강 효과에 관한 실험적연구” 한국구조물진단학회 가을학술발표회 논문집, 제2권 2호, 1998. 11. 14, pp.199~206.