

섬유쉬트 보강부위의 부착성능 평가에 관한 기초연구

A Fundamental Study on Evaluation of Adhesive Strength in Reinforced Position Concrete Structure Used Fiber Sheet

안상철* 곽규성* 이성혁** 오상근*** 박국배**** 안상덕****

Ahn, Sang Chuol Koak, Kyu Sung Lee, Song Hyok Oh, Sang Keun Park, Guk Bae Ahn, Sang Deok

ABSTRACT

This study deals with the effect on adhesive strength properties of fiber sheet layer and maintenance position of concrete structure reinforced using epoxy resin carbon and aramit fiber sheet. Properties of epoxy resin adhesive strength of the concrete bridge slab, tunnel and wall etc, reinforced using fiber sheet under many different environment change according to condition of concrete substrate, temperature, moisture, curing, cleaning, and chemical effects and so on. The purpose of this study is that it makes the estimation value of adhesive strength of concrete substrate and fiber sheet reinforcing layer penetrated epoxy resin under high temperature(90℃), chemical attack and condition of curing.

1. 서론

최근 콘크리트 구조물의 보강공법으로 아라미드쉬트 보강공법과 탄소섬유쉬트 보강공법이 많이 사용되어 지고 있다. 이들 섬유쉬트는 강재와 비교할 때 비중이 작은 것임에도 불구하고 인장강도가 크며, 또한 내식성도 우수하여 콘크리트 구조물의 설계시공의 합리화, 효율화 및 염해 등에 대한 고내구성화 등을 도모할 수 있다. 또한, 이 공법에 사용하는 재료로 섬유쉬트 자체와 이를 기존콘크리트면에 접착시키는 에폭시 수지가 있다. 여기에서 섬유쉬트자체의 강도도 중요하지만 에폭시수지의 부착성능 또한 중요한 요소이다. 이는 섬유쉬트 자체가 아무리 인장강도가 우수한 보강재라 할 지라도 에폭시수지의 부착강도가 낮으면 섬유쉬트의 인장보강성능을 유지하기 어렵기 때문이다. 그러므로 각 섬유쉬트에 적합한 프라이머 및 접착제의 사용이 요구되어지며 이에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 이들 섬유쉬트와 전용접착제를 대상으로 노후된 구조물과 구조물이 처할 수 있는 각 환경별로 각각의 부착 성능을 평가하고, 시공 후의 품질 기준을 설정하여 구조물의 지속적 유지 관리 체계를 마련하기 위한 기초 자료를 작성하고자 한다.

* 서울산업대학교 대학원 석사 과정

** 한국철도기술연구원 시설연구부 주임연구원

*** 서울산업대학교 건축설계학과 교수

**** 서울산업대학교 건축공학과 교수

2. 연구의 내용 및 범위

섬유슈트보강공법에 사용되어지는 섬유슈트재와 에폭시수지계 접착제는 바탕콘크리트의 열화상태 및 주 변의 온도·습도에 따라서 그 부착 성능은 물론 보강 효과가 크게 좌우된다. 현재 섬유슈트보강공법에 관한 품질 기준 및 시공방법이 규정화되어 있지 않아 현장에서의 시공 관리 및 품질관리에 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 본 연구에서는 바탕상태가 양호한 시험체를 대상으로한 부착 성능, 양생환경조건에 따른 부착 성능, 화학환경에 따른 부착 성능, 현장 부착 성능 등의 변화를 평가하여 섬유슈트보강공법의 시공관리 및 품질관리의 기초 자료를 마련하고자 한다.

3. 시험방법

3.1. 재료 및 시험

- (1) 아라미드섬유슈트 - 고강도 고탄성계수를 가지는 방향족 폴리아미드섬유로서 나일론계에 속하는 재료를 사용하였다.
- (2) 탄소섬유슈트 - 기본적으로 100%의 탄소원소로 제조된 섬유를 사용하였다.
- (3) 에폭시수지접착제 - 에피클로로히드린과 비스페놀A를 주제로 하고 폴리아민류를 경화제로한 전용접착제를 사용하였다.
- (4) 시험체 - 물 시멘트비 55%, 65% 의 모르타시험체(20×6×2cm)와 물 시멘트비 55%의 콘크리트 시험체(30×30×5cm)를 제작하고 여기에 각각의 섬유슈트재를 부착하여 사용하였다.
- (5) 현장시험 - 노후된 터널 구조물의 내부에 각 섬유슈트공법을 직접 시공한 후 일정기간 양생하였다.

3.2. 시험 및 평가방법

시험방법은 일본건축연구소식 접착력테스터와 KS F 4715(얇은 마무리용 벽 바름재)의 만능시험기를 이용한 부착력 시험방법에 준하여 측정하였다. 바탕상태가 양호한 시험체를 대상으로한 부착성능시험은 시험체를 각각 7일, 14일, 28일간 양생후 측정하였고, 양생환경조건에 따른 부착성능시험은 기건, 습윤, 수중, 폭로 환경하에서 각각 28일, 2개월간 양생후 측정하였다. 또, 화학환경에 따른 부착 성능은 황산(5%), 질산(5%), 물(수도수), 윤활유, 경유에 14일간 침적후 측정하였다. 현장부착성능은 노후된 터널을 대상으로 시험 시공 후 측정하였다. 평가방법은 측정시의 각각의 강도치를 평가하고 어태치먼트의 탈락상태에 따라 모체(바탕) 파괴, 바탕과 접착제의 경계면 탈락, 섬유슈트와 접착제의 파손탈락, 함침수지와 어태치먼트의 경계면 탈락 등을 구분하여 평가하였다.

4. 결과 및 고찰

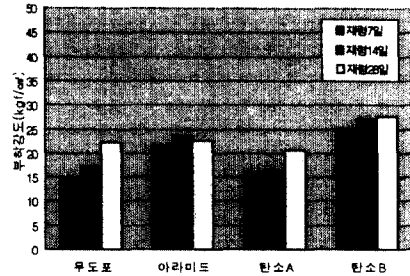
4.1. 모르타 시험체의 부착강도

아라미드섬유슈트 및 탄소섬유슈트를 부착한 시험체를 각각 7일, 14일, 28일간 양생시킨 후 측정한 부착력은 <표-1>, <그림-1>과 같다. 아라미드섬유슈트보강재의 부착력은 약 21~23kgf/cm²로 일반 에폭시수지재의 부착력과 유사하며, 아라미드섬유슈트는 에폭시수지재의 부착력과 함침 양부(良否), 프라이머선정등에

따라 부착강도가 좌우되고 있다. 또한, 탄소섬유슈트보강재의 부착력은 A시험체에서 약16~21kgf/cm²정도 B 시험체에서 약25~28kgf/cm²정도의 부착력을 보이고 있다. 여기서 탄소섬유 A, B의 부착력은 에폭시수지의 함침상태, 프라이머 선정에 따른 영향으로 부착력의 차이를 보이고 있다. 또한 이들 슈트보강 부위는 고온 환경에는 다소 부착력이 감소 한다. 따라서 고온환경에서는 이에 대한 대비가 요구 된다.

<표-1>부착강도시험결과(모르터시험체)

시편의 종류	부착강도(kgf/cm ²)				비 고
	1차 (재령:7일)	2차 (재령:14일)	3차(재령:28일)		
			상온조건	열환경(90℃)	
바탕콘크리트	14.73	17.32	22.23	21.08	모르터 (W/C=55%)
아라미드섬유	21.60	23.52	22.62	10.90	
탄소섬유 A	15.842	16.481	20.669	13.573	
탄소섬유 B	25.10	27.22	27.53	24.87	



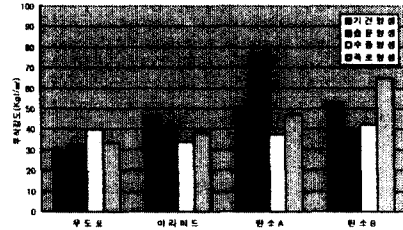
<그림-1>모르터시험체부착강도결과

4.2. 콘크리트시험체의 부착강도

아라미드섬유슈트 및 탄소섬유슈트를 부착한 시험체의 양생조건을 기건, 습윤, 수중, 폭로환경으로 하고 양생시킨 다음 측정된 부착력은 <표-2>, <그림-2>과 같다. 아라미드섬유슈트섬유 및 탄소섬유슈트로 보강한 시험체의 경우 함침제로 사용하는 에폭시수지의 영향으로 기건양생, 폭로양생에서 높은 부착력을 보이고 있다.

<표-2> 양생환경조건별 부착강도시험결과 (콘크리트 시험체)

시편의 종류	부착강도(kgf/cm ²)								비 고
	기건양생		습윤양생		수중양생		폭로양생		
	28일	2개월	28일	2개월	28일	2개월	28일	2개월	
바탕콘크리트	29.7	-	32.5	-	39.7	-	33.2	-	
아라미드섬유	46.66	46.25	41.87	46.25	33.75	58.12	38.12	33.33	
탄소섬유 A	50.83	48.79	76.04	76.25	37.50	37.29	47.08	48.75	
탄소섬유 B	52.91	-	40.20	-	42.08	-	64.79	-	



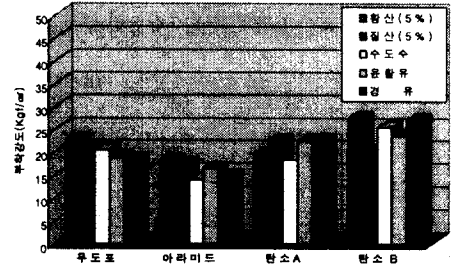
<그림-2> 콘크리트시험체 부착강도 시험결과

4.3. 화학환경에서의 부착강도

아라미드섬유슈트 및 탄소섬유슈트를 부착한 시험체를 황산(5%), 질산(5%), 물(수도물), 윤활유, 경유에 각각 14일간 침적시킨 후 측정된 부착력은 <표-3>, <그림-3>과 같다. 아라미드섬유슈트섬유 및 탄소섬유슈트로 보강한 시험체에서는 화학환경에 의한 외관손상(상태양호)은 나타나고 있지 않다. 이는 탄소섬유슈트재나 아라미드섬유슈트재 자체의 특성에 의한 것이라기 보다는 함침제로 사용되는 에폭시수지의 화학적 저항성이 크기 때문이다. 그러나 부착강도는 아라미드섬유슈트재가 약2~3kgf/cm²정도, 탄소섬유슈트재는 약 2~3kgf/cm² 정도로 약간씩의 감소가 나타났다. 이는 시험체의 시공면이 아닌 후면이나 측면등을 통하여 약품등이 침투되어 강도에 영향을 미친것으로 보인다.

<표-3> 화학환경에서의 부착강도실험
(모르터시험체)

시편의 종류	부착강도(kgf/cm ²)					비 고
	황산 (5%)	질산 (5%)	물 (수도수)	윤활유	경유	
바탕콘크리트	22.84	21.18	20.50	18.79	18.33	
아라미드섬유	18.719	17.52	14.05	16.21	14.57	
탄소섬유 A	19.62	22.52	18.28	22.54	22.79	
탄소섬유 B	27.56	20.15	25.46	23.53	27.10	



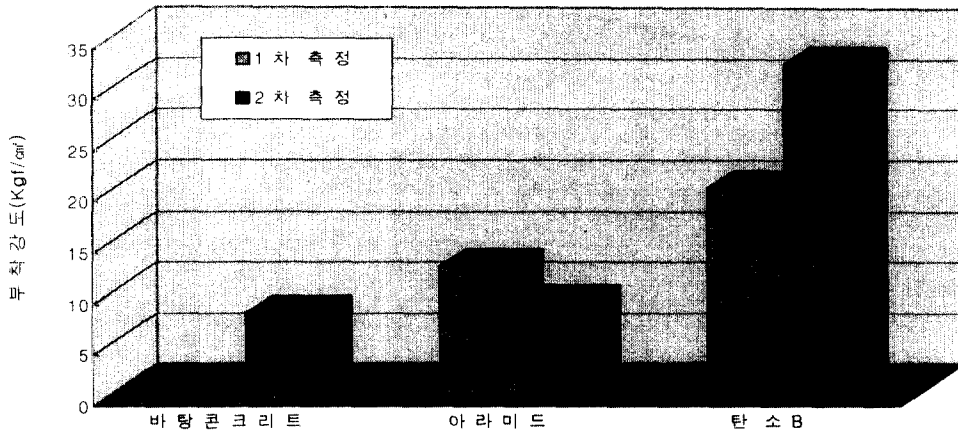
<그림-3> 화학환경에서의 부착강도변화

4.4. 현장콘크리트 부착강도

노후된 터널 구조물의 안전과 장기간의 내구성 확보를 위한 대책의 일환으로 터널구조물을 대상으로 아라미드섬유슈트재 및 탄소섬유슈트재의 현장콘크리트 부착력은 <표-4>, <그림-4>와 같다. 터널내부는 균열, 부식 등으로 표층부에서 상당히 열화된 상태로 약 7~9kgf/cm² 정도의 부착력을 보이고 있어, 터널 구조물의 효과적인 보수/보강을 목적으로 재료 및 공법 선정시 사전에 바탕콘크리트의 강도 보강 및 면처리와 프라이머 선정에 특별한 주의와 관리가 요구된다. 아라미드섬유슈트재의 부착력은 약 8~16kgf/cm² 정도로 상당히 큰 편차를 보이고 있는데, 이는 터널 내부 콘크리트의 부분적 열화(강도저하)로 바탕상태가 고르지 못한 것으로 보인다. 또한, 탄소섬유슈트재의 부착력도 약 20~32kgf/cm² 정도로 상당히 큰 편차를 보이고 있다. 모르터시험체에서 아라미드섬유슈트재와 탄소섬유슈트재의 부착력은 비슷한 수준으로 나타났지만, 현장콘크리트 부착강도에서의 차이는 콘크리트의 바탕상태, 바탕처리(레이턴스 제거), 프라이머선정 등으로 기인한 것으로 보인다.

<표-4> 현장 콘크리트 부착강도 시험결과

시편의 종류	부착강도(kgf/cm ²)		비 고
	1차(97. 12. 16)	2차(98. 1. 15)	
바탕콘크리트	×	7.500(약2/3정도 바탕콘크리트물고떨어짐)	콘크리트의열화로 인한부착력 감소
	×	9.375(약2/3정도 바탕콘크리트물고떨어짐)	
	×	6.875(약2/3정도 바탕콘크리트물고떨어짐)	
평균	×	7.910	
아라미드섬유	16.88(콘크리트 물고 떨어짐)	※3.750(콘크리트 물고 떨어짐)	※부분적열화로인한부착력감소
	8.13(")	12.500(")	
	8.75(")	10.625(")	
	16.25(")	× (에폭시 정착 불량)	
평균	18.719	※8.95	
탄소섬유 A	22.50(코팅막 파괴)	21.250(코팅막 파괴)	
	17.50(")	13.750(코팅막 파괴)	
	24.38(")	51.875(코팅막 파괴)	
	16.25(")	43.125(코팅막 파괴)	
평균	20.15	32.50	



<그림-4> 현장 콘크리트 부착강도 변화

5. 결론

- (1) 에폭시수지의 함침상태와 프라이머의 선정 등에 따라 부착강도가 좌우되므로 신중히 검토 하여야 한다.
- (2) 보강 대상 구조물의 표층부 상태(강도, 성능저하 현상)를 충분히 검토한 후 보강조건을 결정한다.
- (3) 재료 및 공법 선정시 대상구조물의 환경조건(습윤·건조, 온도조건, 손상정도)등을 충분히 고려하여 선택하고, 그 환경조건을 대응하는 별도의 조치를 반드시 강구한다.
- (4) 공법 및 시공업체 선정시 대상 구조물의 바탕조건, 바탕처리(보강,조정 등)방법·기술 등을 사전에 점검할 필요가 있다.
- (5) 아라미드섬유쉬트 또는 탄소섬유쉬트 보강용으로 사용되는 에폭시수지 함침재 또는 도포재는 고온(90℃ 이상)에서 취약해지는 특성이 있기 때문에 집중적으로 고온을 받는 부분은 별도의 내화 피복공법을 계획한다.
- (6) 부착강도의 품질평가 시점은 시공후 재령7일 시점에서 측정하는 것을 기준으로 할 수 있도록 관리기준을 만들어야 한다

참고문헌

1. 한국철도기술연구원 : 철도터널구조물의 보수/보강재료의 시공품질 기준설정에 관한 연구
2. 재단법인 일본 철도종합기술연구소 : 아라미드섬유쉬트에 의한 철도고가교 기둥의 내진보강공법설계·시공치침