

무소음무진동 보보강공법 개발에 관한 연구(1)

Development of Retrofit Method for Beam Using Steel Plate Reinforced by Fiber Sheet (1)

김 우 재* 최 종 문* 박 상 태** 정 상 진***
Kim,WooJae Choi, jong moon Back, Sang Tea Jung, SangJin

Abstract

Method of Steel plate reinforced by fiber sheet is advantageous in the secure loading facility. For this method are a light weight and a high strength, the thickness of steel can be reduced. Effects of composite system are depreciated when the thickness of steel is thin. This is the result of the difference of ductility ratio with steel plate. Steel plate reinforced by fiber sheets confirms the ability of transformation. This is the result of the property of steel materials. Steel plate reinforced by fiber sheet didn't display an enough performance when the adhesives are epoxy resin. This is the result of the slide of the surface of steel. The adhesive ability is varied by the number and span of anchor bolts. There wasn't happening the separation between steel and epoxy. Thus the method used in combination with anchor and epoxy is best excellent. This is the result of the upward of accumulation effects. Shearing force is in proportion to the number of bolts. But the ability of shearing force per one bolt is reducing. Thickness of steel plate reinforced by fiber sheet must be designed so that steel is endure before concrete is wreck.

1. 서론

최근에 들어 건축환경 및 설비에 대한 사회적 요구 및 산업변화에 따라 기존건물의 리모델링공사가 증가되고 있다. 리모델링 공사시 많이 사용되고 있는 공법에서는 탄소(유리)섬유 보강법과 강판보강법이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 이러한 섬유보강 공법의 경우, 섬유시트 제단시에 섬유조각이 기계 등에 떨어질 경우 합선의 위험이 있고, 탄소섬유 부착을 위해 보부재면을 연마하는 경우 분진이 많이 발생하여, 기계실, 클린룸 등과 같은 공간에서는 적용하기 어려운 점이 있다. 강판을 이용하는 경우, 소성변형 능력이 확보되고 성능에 대한 신뢰도가 높으나, 협소한 공간에서의 운반이 어렵고 용접 등에 의한 화기사용에 의해 시공이 어려운 단점이 있다. 따라서, 중량을 가볍게 하고 소성변형능력을 발휘하기 위해서는 탄소섬유와 강판을 동시에 이용하여 성형하고, 작업현장에서는 탄소섬유를 제단하지 않고 미리 강판과 섬유시트를 부착한 상태의 성형 섬유보강 강판을 사용하는 것이 유리하다. 미리 공장에서 성형한 섬유보강 강판을 이용할 경우, 강판만에 의한 보강보다 중량을 크게 줄일 수 있어 운반이 용이하게 된다. 그리고, 탄소섬유만을 이용하는 경우보다 소성변형 능력이 향상되며, 앵커볼

* 정희원, 포스코건설기술연구소

** 정희원, (주)엠프로, 대표이사

*** 정희원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

트 등을 사용할 수 있으므로 분진발생을 상당히 억제할 수 있는 효과가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 특수 구조물의 보강공사용 구조공법을 개발하기위한 기초연구를 실행하였다.

2. 섬유보강 강판 인장시험

2.1 시험체 계획

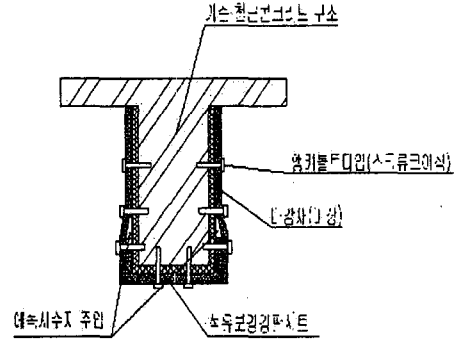
실험용 섬유보강 강판은 KS 규격 5호 시험편을 제작하였다. 탄소 섬유의 특성상 레이저 가공이나 밀링가공이 불가능하여 water-jet공법을 이용하여 시험편을 제작하였다. 시험편에 사용된 강판은 강판의 특성을 활용하기 위해 0.8mm, 1.6mm, 3.0mm 의 세 가지로 한정하였다. 또한 탄소 섬유의 접침에 따른 효과를 파악하기 위하여 섬유를 1,2겹으로 하여 접착하였다.

2.2 가력 및 측정방법

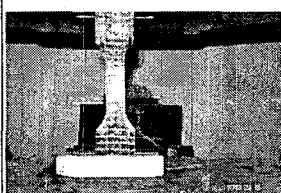
시험은 100ton용량 유압식 만능 시험기(U.T.M.)를 사용하여 KS B 0802의 금속재료 인장시험방법에 의해 실시하였으며, 각 시험편의 양면의 중앙에 W.S.G.를 부착하여 이들의 평균값을 사용하여 응력-변형관계를 파악하였다.

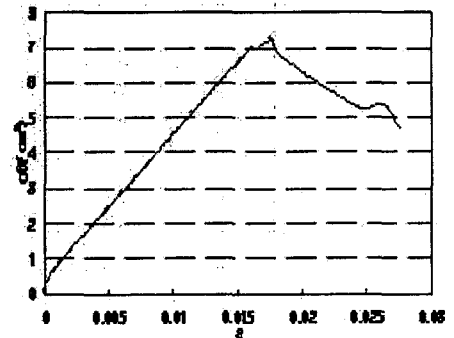
2.3 시험결과 및 분석

강판이 얇을 경우에 강판과 섬유간의 연신율차가 많이 발생하여 두 재료간의 복합재료로서의 효과는 떨어지는 것으로 확인되었다. 대부분의 경우에 최대하중을 통과함과 동시에 섬유가 파단되며 후에 강판이 늘어나서야 실험이 종료되었다.(그림3 참고)섬유와 강판과의 조합은 인장강도면에서 몇배의 차이가 나므로 인장능력면에서는 복합의 효과를 볼수 없으며 전단이나 지압력이 작용하는 경우에 섬유가 섬유방향의 직각되는 방향으로 힘을 발휘하지 못하기 때문에 그런 부분에 강판이 역할을 하여 유리하게 작용하는 것으로 판단된다. 두 이질재료간의 복합재료로서의 효과를 높이기 위해서는 두 재료간의 부착성을 높이는 것이 중요할 것으로 판단된다. 즉 새로운 접착제가 개발되었는지 아니면 좀더 근본적으로 두 재료간의 물성을 동시에 지닌 새로운 개념의 재료가 개발되어야 할 것이다.



<표 2>외관시험공법개발 개념도

	두께 (mm)	σ_y (t/cm ²)	σ_u (t/cm ²)		섬유중량 (g/m)	σ_u (t/cm ²)
강판	0.8	1.9	3.1	탄소 섬유	20	27
	1.6	3.2	4.1		40	32
	3.0	3.15	3.9		80	37
강판+탄소	0.8+1겹	1.35	10.86			
	0.8+2겹	1.65	13.55			
	1.6+1겹	3.33	7.27			
	1.6+2겹	3.47	10.68			
	3.0+1겹	3.78	7.08			
	3.0+2겹	3.67	6.64			



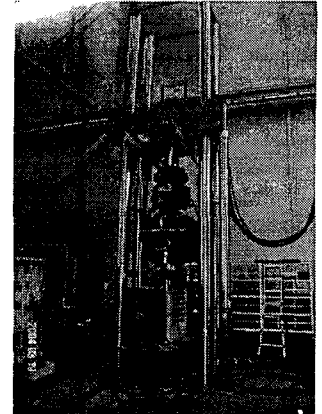
<그림 3> 탄소섬유강판의 응력-변형곡선

3. 섬유보강 강판 전단부착실험

3.1 시험계획

소재 인장시험 결과를 바탕으로 섬유보강 강판과 콘크리트와의 전단 부착성능 실험을 수행하였다. 섬유보강 강판과 콘크리트와의 접착은 에폭시 수지만으로 접착한 것과 앵커볼트만으로 접착한 것에

폭시 수지와 앵커볼트로 연결된 세 가지 종류로 제작하였다. 또한 접착에 사용된 앵커볼트는 현재 시공에 가장 많이 사용되는 12mm, 16mm 두가지에 대해서 비교 평가 하였다. 마지막으로 부착되는 앵커볼트간의 간격을 300 x 300, 200 x 200, 100 x 100, 100 x 50으로 하여 간격이 부착성능에 미치는 영향을 파악할수 있게 하였다. 실험에 사용된 콘크리트실험체는 290 x 900 x 1100의 크기로 제작하였고 콘크리트와 섬유보강 강판의 순수한 접착 성능을 확인하기 위하여 철근은 배근하지 않은 무근 콘크리트로 제작하였다. 콘크리트강도는 210kg/cm²강도로써 제작하였다. 섬유보강 강판은 그림 같이 U자형의 강판을 제작하여 실험을 실시하였다.



<그림 4> 300ton U.T.M.에 설치된 실험체

3.2 가력 및 측정방법

그림 4은 실험체 세팅상황도이다. 예상 하중을 200ton으로 가정하여 설계하여 철골지그에서의 변형이 발생하지 않도록 하였다. 실험은 300ton U.T.M.에서 수행 하였다. 변위계는 상부 U.T.M. 헤드에 두개를 부착하여 전체 변위를 알수 있게 하였으며, 섬유보강 강판의 늘어남을 체크하기 위하여 콘크리트와 섬유보강 강판의 접착이 끝나는 지점에 변위계를 두개 설치하였다. 마지막으로 만약에 있을 철골 지그의 변형을 체크하기 위하여 상부보에 변위계를 두개 설치하였다.

<표 3> 접착법에 의해 구분된 실험체 시험결과

3.3 실험결과 및 분석

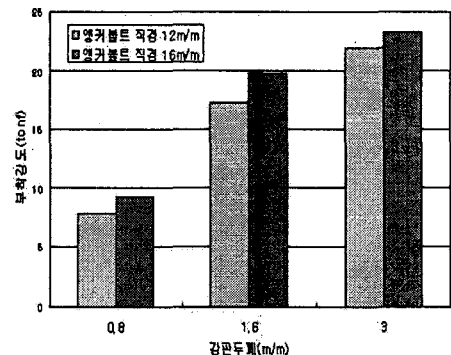
(1) 부착법에 의한 비교

섬유보강 강판과 콘크리트시험체간의 부착은 <표 3>과 같이 크게 세 가지로 계획되었다. <표 3>에서 1,2,4 계열처럼 에폭시 수지와 앵커볼트가 동시에 접착되어 있는 경우는 독립적인 두가지 경우를 단순 누계한 값과 비슷한 값을 나타내고 있다. 하지만 3,5계열은 다소 상이한 결과를 나타내고 있는데 콘크리트 재료 자체의 불균일성과 두 계열 모두가 강판의 두께가 0.8mm여서 하중이 증가할 때 강판과 탄소섬유간의 연신율의 차로 인해 복합효과가 떨어지는 것으로 판단된다. 앵커볼트 간격을 100 x 100(mm)이상으로 할 경우 에폭시 수지에 의해 부착한 것보다 훨씬 더 뛰어난 전단부착성능을 확보할수 있음을 확인하였다. 또한 콘크리트의 강도에 따른 부착성능이 달라질 것이므로 향후 사용중인 건물의 열화된 정도에 따른 강도와 관련해서 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

(2) 앵커볼트 직경에 의한 비교

섬유보강 강판과 콘크리트시험체간의 부착된 앵커볼트는 D12와 D16을 사용하였다. 대체적으로 볼트 직경과 부착강도간에는 특별한 관련이 없으나, 볼트 직경이 12mm인 경우 볼트가 휘거나 전단 파단되는 경우가 자주 발생했으

계열	접착법	볼트직경 (mm)	볼트간격 (mm)	강판두께 (mm)	최대부착강도 (tonf)
1	에폭시 수지	12	300*300	0.8	44.55
	앵커볼트			0.8	7.89
	에폭시+앵커볼트			0.8	65.09
2	에폭시 수지	12	300*300	1.6	65.74
	앵커볼트			1.6	17.25
	에폭시+앵커볼트			1.6	71.77
3	에폭시 수지	12	100*100	0.8	44.55
	앵커볼트			0.8	71.32
	에폭시+앵커볼트			0.8	75.42
4	에폭시 수지	12	100*100	1.6	65.74
	앵커볼트			1.6	70.08
	에폭시+앵커볼트			1.6	132.53
5	에폭시 수지	12	100*50	0.8	44.55
	앵커볼트			0.8	88.48
	에폭시+앵커볼트			0.8	77.10



<그림 5> 앵커볼트 직경에 따른 부착강도

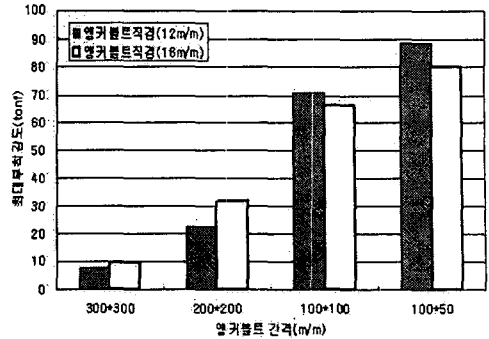
로 16mm앵커볼트를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단된다. (그림5 참고)

(3)앵커볼트 간격에 의한 비교

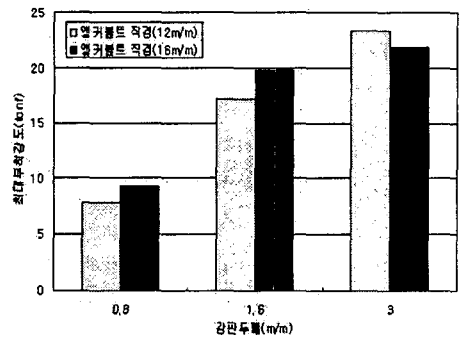
앵커볼트에 의해 체결되는 앵커볼트의 간격은 단위 면적에 체결되는 앵커볼트수와 같다. 모든 경우에 앵커볼트 간격이 좁아질수록 최대 부착강도도 증가하였다. 실 구조물에 반영할 경우에 앵커볼트 간격이 100 x 100mm가 유리할 것으로 판단된다. 100 x 50mm인 경우 100 x 100mm에 비해 부착강도도 눈에 띄게 증가하지 않았고 시공하기도 난해 할뿐만 아니라 콘크리트 강도가 약할 경우 시공시에 파괴될 우려가 있기 때문에 100 x 100mm 간격이 강도 증가면에서는 가장 우수하다고 판단된다. (그림6 참고)

(4)강판두께에 의한 비교

섬유보강 강판에서 사용된 강판은 크게 8, 1.6, 3mm 세가지에 의해 사용되었다. 강판의 두께가 두꺼워질수록 부착강도도 증가하였다. 한편 강판두께가 0.8mm 이며 앵커볼트 간격이 200 x 200mm인 경우 섬유와 동시에 강판이 찢어지는 현상이 나타나므로써 강판은 최소 1.6mm이상되어야 할 것으로 판단된다. (그림7 참고)



<그림 6> 앵커볼트 간격에 따른 강도변화



<그림 7> 강판두께에 따른 강도변화 (앵커간격 300*300)

5. 결론

노후화된 특수건축물(기계실, 클린룸 등) 리모델링공사시 적용 가능한 보수보강공법을 개발하기위한 기초연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 섬유를 강판에 부착하여 보강재로 사용하는 경우, 섬유는 강판보다 경량이면서 내력이 상당히 높아 강판의 두께를 줄일 수 있으므로 강판만을 사용하는 경우보다 내력확보면에서 유리한 것으로 조사되었다.

2) 섬유 부착 강판을 앵커채결에 의해 콘크리트에 보강하는 경우 앵커의 개수에 따라 부착성능이 크게 변화 하였다. 특히 앵커간격이 좁아져 볼트수가 많을 수록 전단부착강도는 증가하는 경향을 보이나, 볼트 한개당 전단력은 저하하는 것으로 나타났다. 이는 전단 인장력에 저항하는 콘크리트의 단면적이 작아지기 때문으로 사료된다.

4) 강판두께가 두꺼워지면, 앵커볼트와 보강재료와의 접촉면에서의 강판의 지압파괴를 방지할 수 있기 때문에 유리한 것으로 조사되었다. 그러나, 기존의 콘크리트 부재의 저항력에는 한계가 있기 때문에 강판이 필요두께 이상이 될 경우 강판의 두께 상승효과는 없는 것으로 조사 되었다.

추후 최적 설계변수로서 압축하여 실물 보 휨 실험을 실시하여 설계매뉴얼 및 시공법에 대하여 연구할 예정이다.

참고문헌

1. 신영수 외, "FRP로 보강한 철근콘크리트 보의 구조거동에 미치는 보강 면 처리의 영향", 대한건축학회 논문집(구조계), 제20권1호, 2004.01
2. G.J.Xiog "Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Externally Bonded Hybrid Carbon Fiber - Glass Fiber Sheets. Journal of Composites for Construction, May/June 2004, Ve 8