

아라미드 섬유시트로 휨보강한 RC보의 강도성능 및 변형성능에 관한 고찰

A Study on the Strength and the Deformation Capacity of RC Beams
Strengthened with Aramid Fiber Sheet



이현호*

Lee, Hyun-Ho



구은숙**

Koo, Eun-Sook

ABSTRACT

Recently, strengthening of the structures by external adhesion of steel plate or fiber sheets is generally used. Among the fiber sheets, the Carbon Fiber Sheet(CFS) is widely used, but the Aramid Fiber Sheer(AFS) is known to be not inferior in strength and superior in cost to CFS. In this study, we investigated the failure mode, the strength and deformation capacity of RC beams which are strengthened with AFS, as to six parameters. We tested twenty specimens: sixteen beams with parameters as the reinforcement ratio, the length of the sheets, the number of the sheets and the anchor bolts, and two beams with parameters as the finish of the contact and the pre-load, and the last two beams without strengthening.

According to the test results, the length of the sheets was proved to be the most important parameter to the failure mode and strengthening capacity. The number of sheets made some effect on the strength. But, the other parameters made little effect on the strength.

Keywords : strength capacity, deformation capacity, failure mode, parameter

* 정회원, 현대건설기술연구소 선임연구원

** 현대건설기술연구소 연구원

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 12월 30일까지 학회로 보내주시면 1999년 2월호에 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

손상되거나 성능이 저하된 건물은 그 사용연한을 고려하여 적절한 보강책을 마련해야 한다. 구조물을 보강하는 방법으로 최근 들어 강판이나 섬유슈트를 에폭시(epoxy)로 보강하는 외부 보강판 부착방법이 주로 사용되고 있지만 수입된 보강공법을 그대로 적용하는 사례가 많다. 강판접착공법은 부재 단면 크기의 변화가 거의 없고 시공이 간편한 반면, 취급이 불편하고 부식 및 내화 성능이 취약하며, 취성적인 보강판 탈락현상을 보인다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 섬유슈트를 부착시키는 방안이 고안되었다. 섬유로 구성된 보강재는 강도가 높고, 경량이며 내부식성, 내화학성, 내피로강도, 전자기적 중성 등의 장점 외에도 다른 재료에 비해 제작이 용이하고 취급이 간편하므로 많이 주목받고 있다. 그러나, 단가가 비싸고 선형탄성적(linear-elastic)인 재료성질로 인하여 종국내력 도달시 폭발적인 취성파괴를 보인다. 섬유슈트 중에서도 현재 실무와 연구에서 많이 다루고 있는 것은 탄소섬유슈트이다. 반면, 이에 비하여 성능면에서 결코 뒤지지 않고, 가격면에서는 오히려 경쟁력이 있다고 판단되는 아라미드섬유슈트에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 아라미드섬유는 인장강도, 탄성계수는 탄소섬유와 함께 보강섬유중 최고 수준이고, 내충격성, 섬유의 인성이 뛰어나고 휨, 전단보강능력 탁월하다. 본 연구에서는 실험을 통하여 아라미드섬유슈트로 휨보강했을 때의 강도적 측면 및 변형적 측면에서의 보강효과와 실험체의 파괴양상을 알아보고자 한다.

2. 실험

실험체는 단면이 Fig.1과 같은 단순보이다.

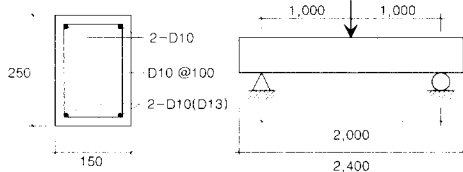


Fig.1 Beam dimension and reinforcement details

하중재하는 Fig.2와 같은 로딩 프레임 (loading frame)에서 10ton의 동적 액츄에이터(dynamic actuator)로 보 스팬의 중앙에 집

중하중을 점진적으로 가력하였는데, 항복이전까지는 하중제어를, 항복이후에는 변위제어 방식을 택했다. 보의 처짐은 L.V.D.T로 측정하였고, 철근의 변형도는 5mm 스트레인 게이지(strain gauge)를 이용하여 측정하였으며, 콘크리트의 변형도는 50mm 스트레인 게이지를 이용하여 밀면 중앙부에서 측정하였다.

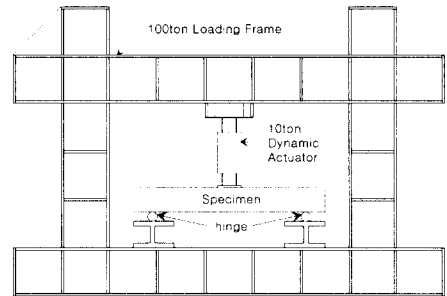


Fig. 2 Loading frame

Table 1 Types of the test beams

Beam	Tension bar area(cm ²)	Length of the sheet	Number of the sheet	Anchor bolts	비고
UM	1.43	.	.	.	비보강
UL	2.54	.	.	.	
SMHA1N	1.43	1 m	1장	무	SMHA
SMHA1Y	1.43	1 m	1장	유	
SMHA2N	1.43	1 m	2장	무	
SMHA2Y	1.43	1 m	2장	유	
SMFA1N	1.43	1.9 m	1장	무	SMFA
SMFA1Y	1.43	1.9 m	1장	유	
SMFA2N	1.43	1.9 m	2장	무	
SMFA2Y	1.43	1.9 m	2장	유	
SLHA1N	2.54	1 m	1장	무	SLHA
SLHA1Y	2.54	1 m	1장	유	
SLHA2N	2.54	1 m	2장	무	
SLHA2Y	2.54	1 m	2장	유	
SLFA1N	2.54	1.9 m	1장	무	SLFA
SLFA1Y	2.54	1.9 m	1장	유	
SLFA2N	2.54	1.9 m	2장	무	
SLFA2Y	2.54	1.9 m	2장	유	
SMFA1NG	1.43	1.9 m	1장	무	그라인딩
SMFA1ND	1.43	1.9 m	1장	무	부재손상

실험변수는 다음과 같다.

- ① 인장철근(2-D10(1.43cm²), 2-D13(2.54cm²))
- ② 보강길이(1m, 1.9m)
- ③ 보강접수(1접, 2접)
- ④ 보강재 단부 앵커볼트 설치(유, 무)
- ⑤ 밀면처리(그라인딩처리, 홈처리)
- ⑥ 보강시점(손상후 보강, 무손상 보강)

여기서, 보강접수는 슈트가 제능력을 발휘하기

전에 부착능력이 저하되어 탈락한 기존의 연구자료²⁾를 참고로 하여 2점으로 제한하였다. 인장철근비는 평형철근비 이하, 최소철근비 이상이 되도록 선정하였다. 실험체 일람을 Table 1에, 실험체의 명명법은 Table 2에, 각 재료상수를 Table 3~6에 나타내었다.

Table 2 Naming of the Specimens

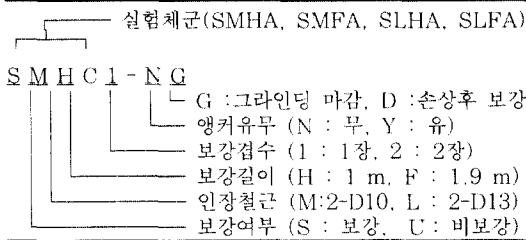


Table 3 Material properties of the concrete

Elastic Modulus (kg/cm ²)	Compressive Strength (kg/cm ²)	Tensile Strength (kg/cm ²)
2.37 × 10 ⁵	250	23

Table 4 Material properties of the Steel bars

Reinforcing bar	Elastic Modulus (kg/cm ²)	Yield Strength (kg/cm ²)	Tensile Strength (kg/cm ²)
D10	2.12 × 10 ⁵	4,374	5,159
D13	2.14 × 10 ⁵	4,252	5,512

Table 5 Material properties of the AFS

Elastic Modulus (kg/cm ²)	Tensile Strength (kg/cm ²)	Density (t/m ³)	Weight per unit area (g/m ²)	Thk. (mm)
1.16 × 10 ⁶	30,500	1.44	300	0.208

Table 6 Material properties of the epoxy

Elastic Modulus (kg/cm ²)	Comp. Strength (kg/cm ²)	Adhesive Strength (kg/cm ²)	Density (t/m ³)	Weight per unit area (g/m ²)	Thk. (mm)
3.5 × 10 ⁴	700이상	100이상	1.08	200	0.185

AFS는 인장한계까지는 선형의 응력도-변형도 관계를 유지하다가 인장한계에 다다르면 갑자기 파단되는 특성을 지닌다. 재료가 인장파단에 이르는 변형도는 0.0263이다. 본 실험에서 사용된 AFS는 일방향성이다.

보강전의 손상정도가 내력에 영향을 미치지 않는다는 기존의 실험결과⁴⁾를 참고로 하여, 실험체에 손상을 주지않고 바로 보강하였다. 단, 부재가 손상된 경우의 영향을 평가하기 위하여 비교실험체 SLFAIND는 항복까지 가력한 후 보강하였다.

콘크리트 밀면의 부착력을 향상시키기 위하여

보의 폭 방향으로 5mm 간격으로 깊이 2mm의 홈(grooving)을 만든 후에 에폭시를 이용하여 각 보강재를 부착시켰다. 단, 콘크리트 밀면 마감처리의 영향을 평가하기 위한 비교 실험체 SLFAING는 그라인딩 처리하였다.

에폭시가 완전히 굳은 다음, 앵커설치 실험체(Y)의 슈트 단부에 앵커를 정착시켰다. 앵커로 인하여 실험체 단부에 초기균열이 발생한 실험체(SMHA1Y와 SMFA1Y)는 균열 부위를 에폭시로 보수한 후 슈트를 부착시키고 다시 앵커를 정착시켜서 실험하였다.

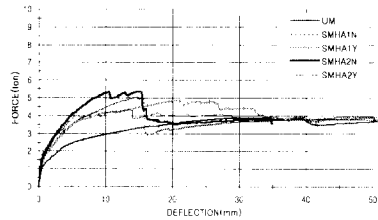
3. 실험 결과

3.1 하중-변위 관계

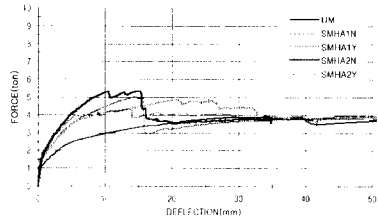
초기균열발생하중, 항복하중, 최대하중 및 변위를 Table 7에 나타내었다. 또한 각 실험체군별로 하중-처짐 곡선을 Fig.3에 나타내었다. Fig.3을 살펴보면 비보강 실험체에 비하여 보강 실험체의 항복하중, 최대하중이 증가함을 알 수 있다. 보강 실험체는 최대내력에 도달한 이후에 하중이 감소하여 비보강 실험체와 유사한 수준이 되고 그후의 거동 또한 비보강 실험체와 유사한 형태를 나타내는 것을 알 수 있다.

Table 7 Test results

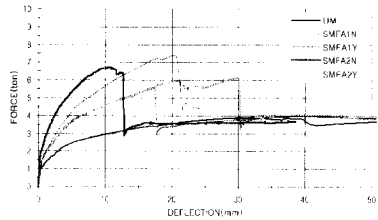
Test Beam Series	Initial crack		Yielding		Maximum	
	Load (ton)	Deflection (mm)	Load (ton)	Deflection (mm)	Load (ton)	Deflection (mm)
UM	1.009	0.36	2.235	3.75	3.894	30.70
UL	1.179	0.55	4.520	6.20	6.077	61.51
SMHA1N	1.490	0.52	3.258	3.94	5.034	14.43
SMHA1Y	1.673	0.76	3.534	5.18	4.859	20.82
SMHA2N	1.740	0.61	4.131	5.12	5.367	15.09
SMHA2Y	·	·	3.701	4.58	4.324	13.55
SMFA1N	1.814	0.84	3.701	5.11	5.558	17.41
SMFA1Y	1.654	0.68	3.728	4.92	6.142	30.07
SMFA2N	·	·	4.203	2.70	6.719	10.72
SMFA2Y	1.495	0.56	4.582	5.90	7.390	20.36
SLHA1N	1.917	0.68	5.699	6.51	7.960	21.77
SLHA1Y	1.614	0.57	5.748	6.51	6.718	13.30
SLHA2N	1.798	0.57	6.706	7.48	7.606	13.02
SLHA2Y	1.749	0.68	6.277	6.79	7.597	11.21
SLFA1N	1.526	0.53	5.660	6.39	6.887	13.07
SLFA1Y	1.685	0.77	5.809	7.16	7.679	17.49
SLFA2N	1.667	0.52	6.507	6.99	9.162	21.10
SLFA2Y	1.917	0.60	6.437	6.67	9.353	21.39
SLFA1NG	1.398	0.65	5.645	6.68	7.981	23.28
SLFA1ND	·	·	5.665	5.85	8.274	24.03



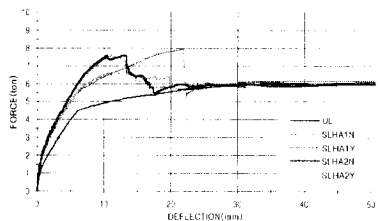
(a) SMHA



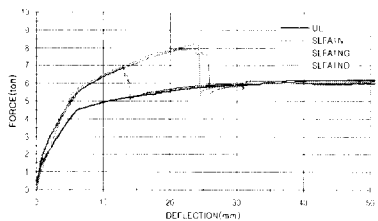
(b) SMFA



(c) SLHA



(d) SLFA



(e) Grinding & Damaged

Fig.3 Load-deflection curves

3.2 파괴양상

Table 8에 나타난 파괴양상을 정리하면, 슈트의 인장파단(tension failure), 슈트의 단부박리(separation) 또는 콘크리트 피복부분의 분리(rip off) 등으로 크게 구분할 수 있으며, 이들의 조합으로 이루어진 경우도 있었다. 이들 파괴양상

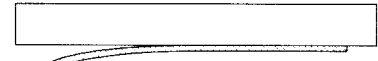
을 Fig.4에 각각 나타내었다.

Table 8 Failure mode

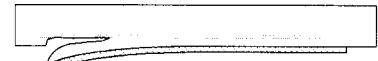
Spec.	Failure Mode	Spec.	Failure Mode
SMHA1N	tension f.	SLHA1N	tension f.
SMHA1Y	rip off / separation	SLHA1Y	rip off
SMHA2N	rip off	SLHA2N	rip off
SMHA2Y	rip off	SLHA2Y	rip off
SMFA1N	tension f.	SLFA1N	tension f.
SMFA1Y	tension f./separation	SLFA1Y	tension f.
SMFA2N	separation	SLFA2N	separation
SMFA2Y	separation	SLFA2Y	separation
SMFA2Y	separation	SMFA2Y	separation



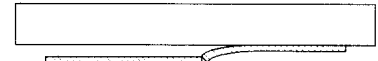
(a) Tension Failure



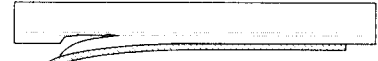
(b) Separation



(c) Rip off



(d) Tension Failure & Separation



(e) Separation & Rip off

Fig.4 Failure Mode of RC Beam with AFS

4. 결과 분석

4.1 초기균열하중

Fig.5를 살펴보면, SMHA군의 초기균열하중은 UM의 1.47배, SMFA군은 UM의 1.50배 정도였다. 또한, SLHA군의 초기균열하중은 UL의 1.44배, SLFA군은 UL의 1.44배 정도였다.

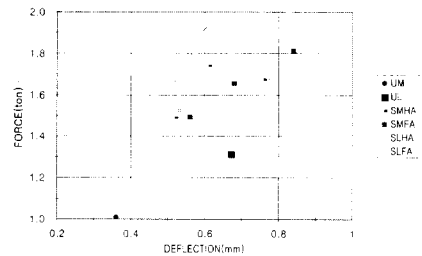


Fig.5 Initial crack load-deflection relationship

실험전 운반과정에서 균열이 이미 생성된 SMHA2Y 실험체를 제외하면, AFS 보강으로 인하여 RC보의 초기균열발생하중이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 RC보의 강성이 AFS에 의하여 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 9에 나타난 초기균열발생하중의 이론치는 균열모멘트 M_{cr} 을 구하는 공식을 이용하였다. 보강 후 초기균열발생하중은 보강 전에 비하여 16~64% 가량 증가하였는데, 증가량은 이론치보다 10~50%정도 더 큰 것으로 나타났다.

Table 9 Initial crack load

Beam	Theory (ton)	Experiment (ton)	Experiment /Theory
UM	1.000	1.115	1.115
UL	1.002	1.315	1.312
SMHA1N	1.100	1.490	1.355
SMHA1Y	1.100	1.673	1.521
SMHA2N	1.108	1.740	1.570
SMHA2Y	1.108	.	.
SMFA1N	1.100	1.834	1.649
SMFA1Y	1.100	1.654	1.504
SMFA2N	1.108	.	.
SMFA2Y	1.108	1.495	1.349
SLHA1N	1.135	1.917	1.689
SLHA1Y	1.135	1.614	1.422
SLHA2N	1.143	1.798	1.573
SLHA2Y	1.143	1.749	1.530
SLFA1N	1.135	1.526	1.344
SLFA1Y	1.135	1.685	1.485
SLFA2N	1.143	1.667	1.458
SLFA2Y	1.143	1.917	1.677

4.2 연성도(ductility)

내진성능과 관련된 부재의 변형능력을 평가하기 위하여, 슈트 파단전의 연성도 μ_1 및 파단 이후의 연성도 μ_2 를 실험체가 최대하중을 받을 때의 처짐(δ_{u1}) 및 슈트 파단 이후 강도가 다시 증진하여 최대하중을 받을 때의 처짐(δ_{u2})을 항복할 때의 처짐으로 나눈 값으로 각각 정의하였다 (Fig.6 참조).

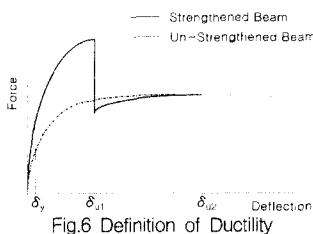


Table 10에 각 실험체별로 연성도 μ_1 , μ_2 를 나타내었다. SLFA군을 제외하면 보강접수의 증가에 따라 연성능력이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 보강접수의 증가에 따라 내력은 증가하나, 변형능력은 증가하지 않기 때문에 상대적으로 연성능력이 감소한 것으로 판단된다. 한편, SLFA군에서 보강접수의 증가에 따라 연성능력이 증가한 것은 다른 실험체군과는 달리, 1장과 2장의 파괴양상이 인장파단, 단부박리로 상이했기 때문이다. 따라서, 인장파단보다 단부박리가 일어날 때 연성능력이 더 우수하다고 할 수 있다. μ_2 는 전반적으로 규준에 의한 최소연성도¹⁾를 크게 초과했으며 보강길이 및 보강접수에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Table 10 Results of Ductility

Beam	Ductility		Beam	Ductility	
	μ_1	μ_2		μ_1	μ_2
UM	.	8.19	UL	.	9.92
SMHA1N	3.66	13.19	SLHA1N	3.34	10.07
SMHA1Y	4.02	9.68	SLHA1Y	2.04	9.53
SMHA2N	2.95	6.46	SLHA2N	1.74	8.84
SMHA2Y	2.96	9.88	SLHA2Y	1.65	10.78
SMFA1N	3.41	7.95	SLFA1N	2.05	9.66
SMFA1Y	6.11	8.46	SLFA1Y	2.44	9.802
SMFA2N	3.97	14.22	SLFA2N	3.02	11.05
SMFA2Y	3.45	5.83	SLFA2Y	3.21	9.10
SLFA1NG	3.49	7.59	SLFA1ND	4.11	10.67

Fig.7에 비보강 실험체의 연성도 μ 에 대한 각 실험체군 SMHA, SMFA, SLHA, SLFA의 연성도 μ_1 , μ_2 의 비를 나타내었다.

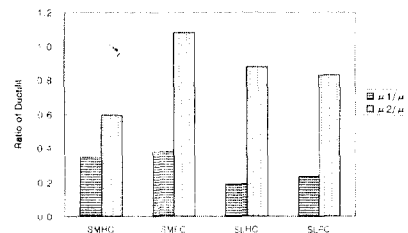


Fig.7 Ratio of ductility

$\mu_2 \approx \mu$ 로 가정한다면, 비보강 실험체의 연성도 μ 를 아는 경우 보강실험체의 연성도 μ_1 를 대략

1) Blume은 내진성능을 보유하기 위한 부재의 최소연성도를 4~6으로 제한하였으며, ACI 등의 규준에 의하면 일반적으로 지진지역에서의 연성도는 4이상, 기타 다른 지역에서는 최소 3이상을 요구하고 있다. 단순재하실험의 연성도는 일반적으로 4이상을 요구한다.

알 수 있고(약 20~50%) 이로부터 보강재의 파 단시점을 계산할 수 있다.

4.3 에너지흡수능력

보강재가 파단할 때의 보강 실험체의 에너지흡 수량을 기준 비보강 실험체가 그때까지 흡수한 에너지량으로 나눈 값(energy absorption ratio)으로 에너지흡수능력을 평가했다. 이 비를 Table 11에 나타내었다. 에너지흡수능력의 비는 보강길이 및 보강접수의 증가에 따라 에너지 흡 수능력이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 11 Deformation capacity

Beam	Energy absorption ratio	Beam	Energy absorption ratio
SMHA1N	1.48	SLHA1N	1.34
SMHA1Y	2.09	SLHA1Y	1.29
SMHA2N	1.67	SLHA2N	1.44
SMHA2Y	1.44	SLHA2Y	1.40
SMFA1N	1.54	SLFA1N	1.28
SMFA1Y	1.55	SLFA1Y	1.30
SMFA2N	2.21	SLFA2N	1.52
SMFA2Y	1.91	SLFA2Y	1.56
SLFA1NG	2.10	SLFA1ND	2.12

5. 각 보강변수별 보강효과 검토

5.1 철근비에 대한 보강효과

철근비에 따른 AFS의 보강효과를 Table 12에 정리하였다.

Table 12 Effect of Rebar Ratio

Beam	Effect of Rebar Ratio		Beam	Effect of Rebar Ratio	
	Yield	Max.		Yield	Max.
S HA1N	1.152	1.652	S FA1N	0.778	0.487
S HA1Y	0.945	0.664	S FA1Y	0.863	0.713
S HA2N	1.153	1.107	S FA2N	1.010	1.092
S HA2Y	1.198	3.535	S FA2Y	0.817	0.937
Avg.	1.112	1.739	Avg.	0.867	0.807

* (2-D13 실험체의 보강효과)/(2-D10 실험체의 보강효과)
 (보강효과) = (보강실험체 하중) - (비보강실험체 하중)

절반길이를 보강한 경우, 2-D13 인장철근을 사용한 실험체(SLHA)의 보강효과는 2-D10 인장철근을 사용한 실험체(SMHA)의 보강효과의 평균 1.749배였다. 또한, 전체길이를 보강한 경우에는 평균 0.807배였다.

1장을 보강한 경우, 2-D13 인장철근을 사용한 실험체의 보강효과는 2-D10 인장철근을 사용한 실험체의 보강효과의 0.879배, 2장을 보강한 경

우에는 1.668배였다.

따라서, 인장철근량의 양이 많을수록 AFS의 길이는 짧고, 접수는 많아지는 것이 보강효과가 우수한 것으로 판단된다.

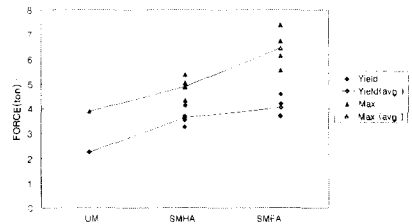
5.2 보강길이에 대한 보강효과

(1) 인장철근이 2-D10인 경우(M)

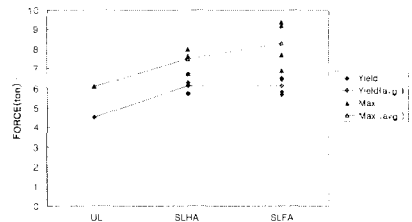
절반길이를 보강한 실험체(SMHA군)의 항복하중은 평균 3.656ton으로 UM의 1.6배, 전체길이를 보강한 실험체(SMFA군)의 항복하중은 평균 4.054ton으로 UM의 1.8배 정도로 나타났다. 최대하중은 절반길이를 보강한 경우(SMHA군)가 평균 4.896ton으로 UM의 최대하중의 1.3배, 전체길이를 보강한 경우(SMFA군)가 평균 6.452ton으로 UM의 최대하중의 1.7배 정도로 나타났다.

(2) 인장철근이 2-D13인 경우(L)

절반길이를 보강한 경우(SLHA군)의 항복하중은 평균 6.108ton으로 UL의 1.4배, 전체길이를 보강한 경우(SLFA군)의 항복하중은 평균 6.103 ton으로 UL의 1.4배 정도로 나타났다. 최대하중은 절반길이를 보강한 실험체(SLHA군)가 평균 7.470ton으로 UL의 최대하중의 1.3배, 전체길이를 보강한 경우(SLFA군)는 평균 8.270ton으로 UL의 최대하중의 1.4배 정도로 나타났다.



(a) Tension Rebar : 2-D10



(b) Tension Rebar : 2-D13

Fig.8 Strengthening effect as to the length of sheet

인장철근의 양에 관계없이, 보강길이가 길어짐에 따라 항복하중은 약간 증가한 반면, 최대하중은 많이 증가했다(Fig.8참조).

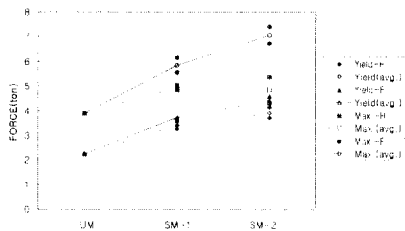
5.3 보강접수에 대한 보강효과

(1) 인장철근이 2-D10인 경우(M)

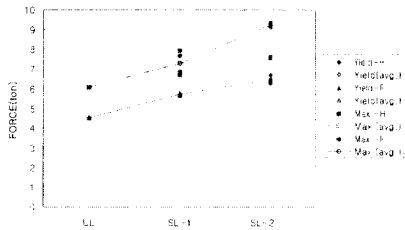
보강길이가 절반이고, 2장 보강한 실험체(SMHA2)의 항복하중은 1장인 경우(SMHA1)에 비하여 15%정도 증가한 반면, 최대하중은 감소하였다. 전체길이로 2장 보강한 경우(SMFA2)는 1장 보강한 경우(SMFA1)보다 항복하중은 18% 정도, 최대하중은 21%정도 증가하였다.

(2) 인장철근이 2-D13인 경우

보강길이가 절반이고 2장 보강한 실험체(SLHA2)의 항복하중은 1장인 경우(SLHA1)에 비하여 보강효과가 13% 정도 증가한 반면, 최대하중의 증진은 거의 없었다. 반면, 전체길이로 2장을 보강한 경우(SLFA2)는 1장 보강보다 항복하중이 13%, 최대하중은 27% 정도 더 큰 것으로 나타났다.



(a) Tension Rebar : 2-D10



(a) Tension Rebar : 2-D13

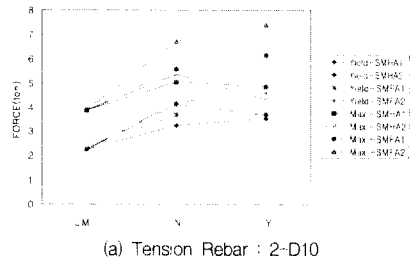
Fig.9 Strengthening effect as to the number of sheet

인장철근의 양에 관계없이, 보강길이가 길 때 보강접수의 증가로 인한 보강효과가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 보강길이가 짧을 때에는 슈트 단부에 집중되는 응력이 에폭시의 접착력을 초과하여 보강접수의 증가가 부재에 보강효과를 발휘하지 못하는 반면, 충분히 길 경우에는 보강접수

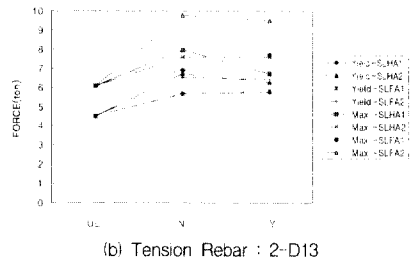
가 증가하여도 슈트 단부에 집중되는 응력으로 인한 파괴가 발생하지 않기 때문에, 보강접수의 증가가 효과를 발휘하기 때문으로 판단된다. 또한, 인장철근비가 클 때, 보강접수의 효과가 더욱 큰 것으로 나타났다.

5.4 앵커볼트 정착 유무에 대한 보강효과

단부의 앵커볼트 정착으로 인한 보강효과는 그리 두드러지지 않았으나, 인장철근비가 낮은 경우와 보강길이가 긴 경우에 조금 더 효과가 큰 것으로 나타났다. 보강접수에 대해서는 앵커볼트의 효과가 없는 것으로 나타났다(Fig.10 참조).



(a) Tension Rebar : 2-D10



(b) Tension Rebar : 2-D13

Fig.10 Strengthening effect as to the anchor bolts

5.5 콘크리트 밀면 마감처리에 따른 보강효과

콘크리트의 부착면을 그라인딩 처리한 실험체 SLFA1NG가 홈 처리를 한 실험체 SLFA1N에 비하여 항복하중은 다소 감소하였고, 최대하중은 다소 증가했는데, 마감처리는 에폭시의 부착성능을 유리하게 해주는 것이면 어떠한 형태라도 무관한 것으로 판단된다(Fig.11 참조).

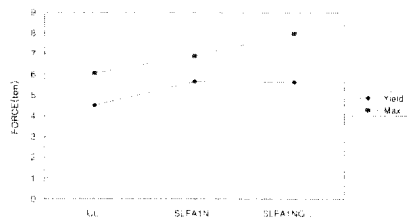


Fig.11 Strengthening Effect as to the Finish

5.6 보강전 부재손상 여부에 따른 보강효과

쉬트를 손상되지 않은 부재에 보강한 실험체 (SLFA1N)와 손상된 부재에 보강한 실험체 (SLFA1ND)의 항복하중은 동일하였고, 최대하중은 SLFA1ND 실험체가 20%정도 증가하였다 (Fig.12 참조). 그러나, 손상된 부재는 균열 부위를 예폭시로 보수하여 내력이 증진된 점을 고려하면 부재의 사전손상 여부는 내력증진에 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

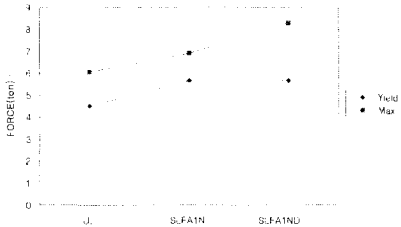


Fig.12 Strengthening Effect as to the Pre-Load

6. 결론

AFS 보강보의 보강결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) AFS 보강으로 인하여 초기균열발생하중이 이론치보다 크게 증가하는 것으로 나타났다.
- (2) 연성도 μ_1 은 2~4 정도로 나타났으며, 연성도 μ_2 는 7~13 정도로 나타나, 연성도 μ_2 는 μ 와 같다고 하면, AFS 보강한 부재의 연성능력은 충분한 것으로 사료된다.
- (3) AFS를 보강하여 에너지흡수능력을 크게 증진시킬 수 있는 것으로 나타났다.

- (4) 보강길이가 길 때 보강효과가 우수하였다. 따라서, AFS로 보강할 때 충분한 보강길이의 확보가 필요할 것으로 사료된다.
- (5) 보강접수가 많을 때 보강효과는 증가하였다. 그러나, 보강길이가 짧을 때에는 보강접수가 보강효과에 미치는 영향은 작았다.
- (6) 앵커볼트 정착으로 인한 보강효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 특히, 보강길이가 짧을 때 앵커볼트 정착은 내력저하를 가져왔다.
- (7) 인장철근이 많을 때, 보강접수의 증가로 인한 보강효과가 더 큰 것으로 나타났다.
- (8) RC보의 밀면 마감처리는 예폭시의 접착성을 증진시키는 것이면 어떤 형태나 관계없는 것으로 나타났다.
- (9) AFS의 보강시점은 RC보의 손상 정도에 무관한 것으로 나타났다.

참고 문헌

- (1) Blume, J. A., Newmark, M. M., and Corning L. H., "Design of Multi-Story Reinforced Concrete Buildings for Earthquake Motions.", Portland Cement Assn., 1961
- (2) 이한승 외, "탄소섬유쉬트에 의해 휨보강된 RC보의 유한요소해석", 일본콘크리트공학 연차논문보고집, Vol.18, No.1, 1996.
- (3) 구은숙 외, "CFS의 휨보강성능에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 봄 학술발표대회 논문집, 1998.
- (4) 김지영 외, "강판 보강된 철근 콘크리트보의 휨거동에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 1997.10

요 약

최근들어, 구조물을 보강하는 방법으로 강판 또는 섬유쉬트를 외부에 부착시키는 공법이 많이 사용되고 있다. 섬유쉬트 중에서 가장 널리 사용되는 것은 탄소섬유쉬트이지만, 성능면에서 뒤지지 않고 가격면에서는 오히려 유리한 아라미드섬유쉬트에 관한 연구는 전무한 실정이다. 본 연구에서는 아라미드섬유쉬트로 휨보강한 RC보의 파괴양상 및 강도성능, 변형성능을 조사하고, 여섯 개의 보강변수에 대한 보강효과를 조사하였다. 인장철근비, 보강길이, 보강접수, 앵커볼트 정착 유무가 각각 다른 16개의 실험체와 밀면 마감처리 및 부재손상 여부가 다른 2개의 실험체, 그리고 이들 보강 실험체의 비교 근거가 되는 비보강 실험체 2개를 실험하여 그 특성을 연구하였다.

실험결과, 보강성능과 파괴양상에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 보강길이로 나타났다. 보강접수도 어느 정도의 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 그 외 다른 변수들의 영향은 미비한 것으로 판단된다.

(접수일자: 1998. 4.16)