

탄소섬유판으로 휨보강된 철근 콘크리트

보의 구조적 거동

Structural Behavior of R/C Beams Strengthened with Carbon Fiber Laminate

김 성 철* 이 회 경* 유 성 훈** 김 중 구*** 정 란****
Kim, Sung-Chul Lee, Hee-Kyoung Yoo, Seong-Hoon Kim, Joong-Koo Chung, Lan

ABSTRACT

In this study, the behavior of R/C beam strengthened with carbon fiber laminate(C.F.L) is analyzed from the test results. Test parameters are the width, the thickness and the length of C.F.L. and method of construction.

The failure mode and ultimate load are analyzed from these measured data.

Test results shows that the peak moment of specimens strengthened with C.F.L is increased to 1.43~1.90 times of that of non-rehabilitation specimen. The wider lap width, larger amount of rehabilitation materials, the larger strength is obtained.

key words : carbon fiber laminate, epoxy mortar, rehabilitation, chipping

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

휨을 받는 철근콘크리트 보의 재료의 강도부족, 건물의 노후화, 과다하중의 여러 가지 복합적 요인으로 인하여 균열, 강도저하, 변형 등을 일으켜 발생부위에 보수·보강을 필요로 하게 된다.

현재 국내에서는 현장적용을 목적으로 구조물의 보수·보강 재료와 공법에 관한 실험 및 연구가 여러 연구자들에 의해서 진행되고 있으며, 특히 최근에 대체보강공법으로써 에폭시 접착 탄소섬유쉬트 공법이 활발히 연구^{1),2),3)}되어지고 있으며 이미 현장에 적용되어지고 있다.

이에 본 연구는 1차년도 실험⁴⁾에 이은 추가적인 실험으로 현장에서 여러 번의 합침작업 없이 한번의 공정으로 시공이 완료되는 에폭시모르터 접착 탄소섬유판공법으로 보 밑면을 보강하여 휨보강효과를 알아보고자 한다. 또한 실험결과와의 비교, 분석을 통해 적합한 시공방법의 근거를 제시하고, 보수·보강시 고려해야 될 사항에 대한 기초자료를 얻는 것을 목적으로 한다.

2. 실험 계획

2.1. 시험체 계획 및 제작

본 연구의 목적을 위하여 그림1과 같이 휨에 의해 최대내력에 도달하도록 시험체를 설계⁵⁾하였다.

철근배근은 길이 2.5m, 폭 15cm, 깊이 25cm에 인장근과 압축근을 동일하게 2HD-13을 배근하였으며, 스티럽은 중앙부 구간(2.2m)에 D10을 100mm간격으로 배근하였다. 스트레인 게이지(Strain gages)는 스

* 정희원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사과정 ** 정희원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사

*** 정희원, 한국안전진단기술연구소 소장, 공학박사

**** 정희원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 연구담당이사

터립의 영향으로 하부 인장주근의 중앙부위에서 5cm 떨어진 곳에 1개와 이 위치에서 단부쪽으로 30cm, 60cm 떨어진 곳에 각각 1개씩을 부착하여 총 3개를 매입하였으며 보강재의 표면에 이와 동일한 위치에 부착하여 총 6개의 스트레인 게이지를 부착하였다.

본 연구의 목적을 위하여 시험체는 총 10개에 대하여 표1과 같이 각각의 변수에 대하여 하나씩 계획하였다.

표1 변수별 시험체 상세

시험체명	보강 길이 (cm)	보강재 두께* (mm)	보강재 폭 (cm)	비 고
BN	—	—	—	무보강시험체
BG6-4B	143	0.2	14	지간길이 2.2m
BG6-4A	143	0.4	7	지간길이 2.2m
BG8-4B	186	0.4	14	지간길이 2.2m
BG8-8A	186	0.8	7	지간길이 2.2m
BC10-4A-III	230	0.8	7	지간길이 2.3m
BC11-4A-III	240	1.2	7	지간길이 2.1m
BC11-8A-III	240	0.4	7	지간길이 2.1m
BC13-4A-III	240	0.4	7	지간길이 1.8m
BC13-8A-III	240	0.4	7	지간길이 1.8m

변수당 각각 1개씩 총 10개

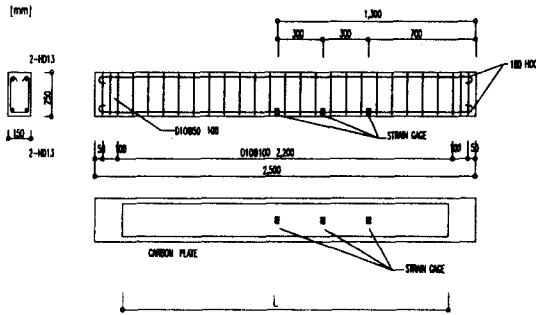
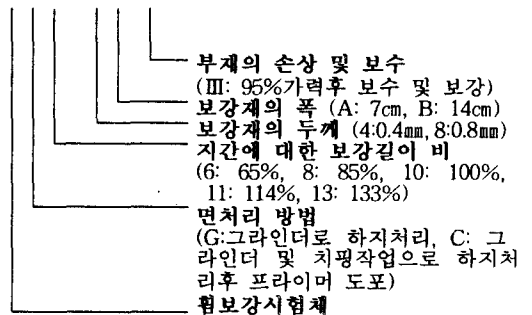


그림1 휨보강 시험체

BC9-4B-III



* 탄소섬유판의 중량 0.4mm: 400g/m', 0.8mm: 800g/m'

2.2 사용 재료

휨보강시험체는 배합강도 210kg/cm²로 레미콘 타설하였으며, 28일 압축강도 실험결과 평균 압축강도는 양생온도의 저하로 194kg/cm² 이었다. 사용된 철근의 재료성질, 보수재료 및 보강재의 역학적 성질은 표2와 같다.

표2 (a) 철근의 재료성질

종류	항복강도	인장강도	탄성계수
HD-13	4,134kg/cm ²	5,660kg/cm ²	1.6 × 10 ⁶ kg/cm ²
HD-10	4,313kg/cm ²	6,203kg/cm ²	2.2 × 10 ⁶ kg/cm ²

표2 (b) 보강재의 특성

종류	인장강도	실제탄성계수	비 고
탄소섬유판	1.95 × 10 ⁴ kg/cm ²	1.55 × 10 ⁶ kg/cm ²	TZ-307 사용

표2 (c) 균열 보수재료의 특성

종류	배합비*		점도 CPS	점착강도 (kg/cm ²)	TYPE	비 고
	주제	경화제				
에폭시	2	1	11500	146	이액형 대기양생	보수용 주입재

* 중량비

표2 (d) 보강 접착재료의 특성

종류	배합비*		압축강도 (kg/cm ²)	점착강도 (kg/cm ²)	TYPE	비 고
	주제	경화제				
에폭시 모르타	3	1	316	162	이액형 대기양생	보강용 접착재

* 중량비

2.3 시험체의 보수·보강

탄소섬유유티트 에폭시 접착공법과 마찬가지로 각각의 시험체는 압착공법으로 접착하였으며 공정은 다음과 같다. 보강전 보강재인 탄소섬유판의 면처리는 접착효과를 높이기 위해 사포로 보강재의 접착면을 거칠게 한 후 깨끗이 닦아 처리하였다.

BG-계열 시험체의 경우 보강면을 그라인더로 하지처리 후 프라이머 도포없이 에폭시 모르터를 일정한 두께(2mm)로 도포하여 보강재를 각각의 변수에 따라 일방향 탄소섬유판으로 변화를 주어 접착하였으며, BC-계열 시험체는 무보강시험체 최대하중의 95%까지 선행가력 후 에폭시로 보수하였으며, 부착력을 높이기 위해 치핑(chipping)을 하여 보강면을 거칠게한 후 프라이머를 도포하고 변수에 따라 일방향 탄소섬유판으로 두께와 길이의 변화를 주어 보강하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시험체 설치 및 가력

시험체는 그림2와 같이 시험체 양단부에서 변수에 따라 각각 10~35cm 위치에 힌지를 설치하여 시험체를 올려놓고, 가력은 시험체 위 중앙에서 양쪽으로 10cm떨어진 곳에 힌지를 각각 설치하여 그 위에 H-200×200 형강을 올려놓고 2소점 가력을 실시하였다.

BG6-계열 BG-8계열 시험체는 지간길이를 220cm로 하여 각각의 보강길이를 65%와 85%로 유지하였으며, BC10-4A-III 시험체는 지간길이를 230cm로 하여 보강길이를 지간길이의 100%를 유지하였다. 또한 BC11-4A-III, BC11-8A-III 시험체는 지간길이를 210cm로 하여 보강길이를 지간길이의 114%를 유지하였으며, BC13-4A-III, BC13-8A-III 시험체는 지간길이를 180cm로 하여 보강길이를 지간길이의 133%로 유지하였다.

지간길이의 100%이상 보강을 한 시험체들은 지점부위에 보강재와 힌지가 접촉되지 않도록 80×50×5(mm)의 강판을 각각의 지점에 2개씩 설치하였다.

변위의 측정은 보의 중앙하부와 여기서 단부방향으로 10cm 떨어진 가력점 하부에 전자식 변위측정기(L.V.D.T)를 설치하여 처짐을 측정하였다.

가력과 처짐의 측정 위치는 그림2와 같으며 하중의 가력은 예상최대하중의 75%에서부터 변위제어 방식(Displacement Control)에 의해 하중을 가력하였으며 최대하중 이후 보강재의 박리와 동시에 시험체 파괴가 일어났을 때 가력을 중지하였다.

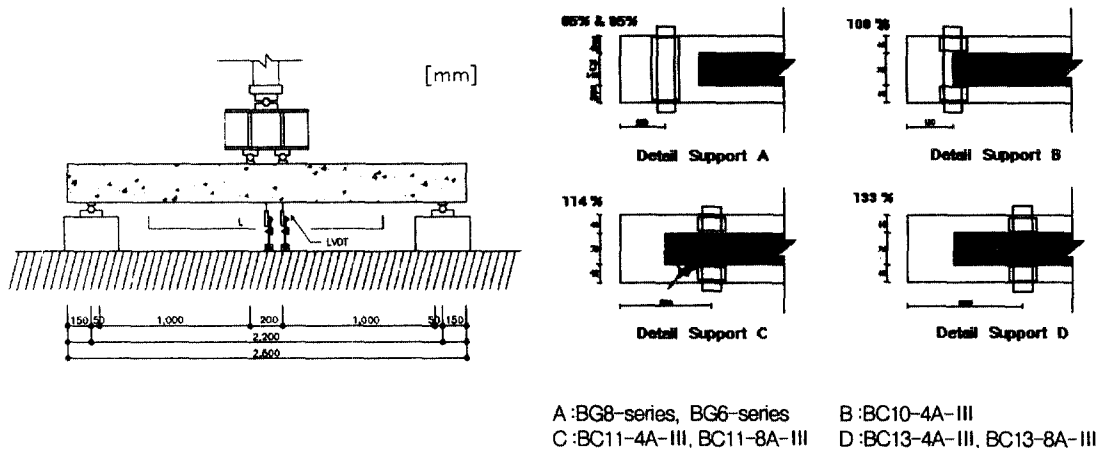


그림2 시험체의 TEST SET-UP 및 지점 상세도

3.2 실험결과

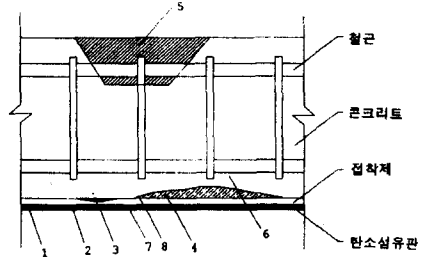
보강된 모든 시험체는 휨균열의 발생 후 최대하중부근에서 한쪽 단부쪽의 보강재 박리로 파괴에 이르렀으며 보강재가 박리되기까지 일부 연성을 나타냈으나 보강재의 박리후 급격한 취성파괴를 보였다.

지간의 영향으로 최대 모멘트를 변수에 따라 비교했을시 무보강시험체보다 약 43% ~ 90%의 보강효과를 보였다. 변수별 실험결과는 표3과 같고, 변수별 시험체의 하중-처짐곡선은 그림4~그림7과 같다.

3.3 파괴 형상

탄소섬유판으로 보강된 휨부재의 파괴는 여러재료의 복합체로써 여러 가지 양상으로 나타날 수 있으며, 이러한 파괴 양상은 그림3에서와 같이 8가지로 분류⁶⁾될 수 있다.

본 실험에서 나타난 주된 파괴요인은 표3에 나타냈듯이 보강면의 면처리 및 시공정도에 따라 다른 양상을 보였다. 보강면을 거칠게 처리한 모든 시험체들은 최대 휨모멘트가 걸리는 시험체 중앙 부위에서 보강재가 하부 인장콘크리트를 피복두께 이상으로 물고 떨어지는 양상을 보였으며, 치핑작업 없이 그라인더로만 면처리한 시험체들은 콘크리트표면의 부착파괴 및 인장부위의 콘크리트파괴 두가지 양상으로 나타났다. 두 가지 양상을 보인 이유는 시공의 불균일성 및 양생시 온도차이의 영향으로 사료된다.



1. 탄소섬유판의 인장파괴
2. 탄소섬유판의 판분리파괴
3. 접착제의 접착파괴
4. 인장부위의 콘크리트파괴
5. 압축부위의 콘크리트파괴
6. 철근의 항복 또는 파단
7. 탄소섬유판의 부착파괴
8. 콘크리트표면의 부착파괴

그림3 보강된 시험체의 파괴양상

3.4 하중-처짐관계

보강된 모든 시험체는 시험체의 변수에 따라 일부 다른 양상을 보였으나 최종적으로 보강재 박리와 함께 급격스런 파괴양상을 나타냈다.

휨모멘트에 의한 시험체의 과도한 처짐은 보강면에 높은 인장력을 발생시켜 시험체 하부의 콘크리트가 보강재와 함께 박리되는 결과를 나타냈다. 보강된 시험체에서 하중이 증가함에 따른 상당한 처짐

표3 실험 결과

시험체명	최대 하중 (ton)	최대 모멘트 (t·m)	모멘트 비교 (ratio)	중앙부 처짐량 (mm)	초기 균열 하중 (모멘트) (ton/t·m)	보강재 박리 하중 (모멘트) (ton/t·m)	파괴양상 분류
BN*	4.42	2.21	1	6.00	2.20 (1.10)	—	—
BG6-4B	7.29	3.65	1.65	14.11	3.50 (1.75)	7.20(3.60)→4.30(2.15)	④+6+8+2
BG6-8A	6.30	3.15	1.43	11.33	2.60 (1.30)	6.30(3.15)→4.20(2.10)	⑧+6
BG8-4B	7.60	3.80	1.72	14.56	3.20 (1.60)	7.10(3.55)→3.30(1.65)	④+6+7+8
BG8-8A	6.43	3.22	1.46	10.69	3.10 (1.55)	5.90(2.95)→4.30(2.15)	⑧+6
BC10-4A-Ⅲ	6.79	3.56	1.46	25.89	1.98 (1.04)	6.68(3.51)→4.19(2.20)	④+6+7+8
BC11-4A-Ⅲ	7.52	3.57	1.61	23.80	1.85 (0.89)	7.01(3.33)→4.73(2.25)	④+6+7+8
BC11-8A-Ⅲ	8.60	4.09	1.85	17.53	1.37 (0.65)	7.99(3.80)→4.58(2.18)	④+6+7+8
BC13-4A-Ⅲ	9.43	3.77	1.71	19.70	2.15 (1.51)	9.14(3.66)→5.88(2.35)	④+6+7+8
BC13-8A-Ⅲ	10.51	4.20	1.90	15.16	1.50 (0.60)	10.31(4.12)→6.13(2.91)	④+6+7+8

BN* : BN시험체의 최대하중은 항복하중

○ : 주(主) 파괴원인

2.3 시험체의 보수·보강

탄소섬유슈트 에폭시 접착공법과 마찬가지로 각각의 시험체는 압착공법으로 접착하였으며 공정은 다음과 같다. 보강전 보강재인 탄소섬유판의 면처리는 접착효과를 높이기 위해 사포로 보강재의 접착면을 거칠게 한 후 깨끗이 닦아 처리하였다.

BG-계열 시험체의 경우 보강면을 그라인더로 하지처리 후 프라이머 도포없이 에폭시 모르터를 일정한 두께(2mm)로 도포하여 보강재를 각각의 변수에 따라 일방향 탄소섬유판으로 변화를 주어 접착하였으며, BC-계열 시험체는 무보강시험체 최대하중의 95%까지 선행가력 후 에폭시로 보수하였으며, 부착력을 높이기 위해 치핑(chipping)을 하여 보강면을 거칠게한 후 프라이머를 도포하고 변수에 따라 일방향 탄소섬유판으로 두께와 길이의 변화를 주어 보강하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시험체 설치 및 가력

시험체는 그림2와 같이 시험체 양단부에서 변수에 따라 각각 10~35cm 위치에 힌지를 설치하여 시험체를 올려놓고, 가력은 시험체 위 중앙에서 양쪽으로 10cm떨어진 곳에 힌지를 각각 설치하여 그 위에 H-200×200 형강을 올려놓고 2소점 가력을 실시하였다.

BG6-계열 BG-8계열 시험체는 지간길이를 220cm로 하여 각각의 보강길이를 65%와 85%로 유지하였으며, BC10-4A-III 시험체는 지간길이를 230cm로 하여 보강길이를 지간길이의 100%를 유지하였다. 또한 BC11-4A-III, BC11-8A-III 시험체는 지간길이를 210cm로 하여 보강길이를 지간길이의 114%를 유지하였으며, BC13-4A-III, BC13-8A-III 시험체는 지간길이를 180cm로 하여 보강길이를 지간길이의 133%로 유지하였다.

지간길이의 100%이상 보강을 한 시험체들은 지점부위에 보강재와 힌지가 접촉되지 않도록 80×50×5(mm)의 강판을 각각의 지점에 2개씩 설치하였다.

변위의 측정은 보의 중앙하부와 여기서 단부방향으로 10cm 떨어진 가력점 하부에 전자식 변위측정기(L.V.D.T)를 설치하여 처짐을 측정하였다.

가력과 처짐의 측정 위치는 그림2와 같으며 하중의 가력은 예상최대하중의 75%에서부터 변위제어 방식(Displacement Control)에 의해 하중을 가력하였으며 최대하중 이후 보강재의 박리와 동시에 시험체 파괴가 일어났을 때 가력을 중지하였다.

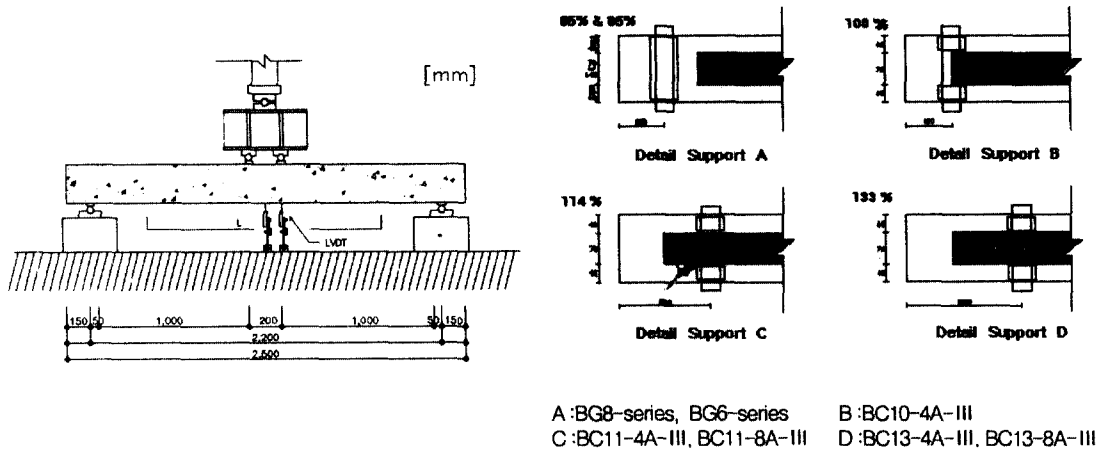


그림2 시험체의 TEST SET-UP 및 지점 상세도

3.2 실험결과

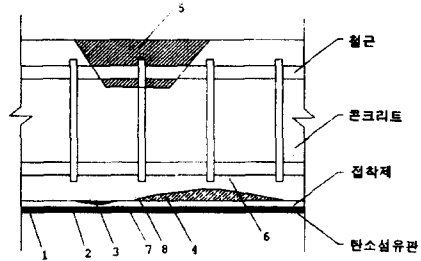
보강된 모든 시험체는 휨균열의 발생 후 최대하중부근에서 한쪽 단부쪽의 보강재 박리로 파괴에 이르렀으며 보강재가 박리되기까지 일부 연성을 나타냈으나 보강재의 박리후 급격한 취성파괴를 보였다.

지간의 영향으로 최대 모멘트를 변수에 따라 비교했을시 무보강시험체보다 약 43%~90%의 보강효과를 보였다. 변수별 실험결과는 표3과 같고, 변수별 시험체의 하중-처짐곡선은 그림4~그림7과 같다.

3.3 파괴 형상

탄소섬유판으로 보강된 휨부재의 파괴는 여러재료의 복합체로써 여러 가지 양상으로 나타날 수 있으며, 이러한 파괴 양상은 그림3에서와 같이 8가지로 분류⁶⁾될 수 있다.

본 실험에서 나타난 주된 파괴요인은 표3에 나타냈듯이 보강면의 면처리 및 시공정도에 따라 다른 양상을 보였다. 보강면을 거칠게 처리한 모든 시험체들은 최대 휨모멘트가 걸리는 시험체 중앙 부위에서 보강재가 하부 인장콘크리트를 피복두께 이상으로 물고 떨어지는 양상을 보였으며, 치핑작업 없이 그라인더로만 면처리한 시험체들은 콘크리트표면의 부착파괴 및 인장부위의 콘크리트파괴 두가지 양상으로 나타났다. 두 가지 양상을 보인 이유는 시공의 불균일성 및 양생시 온도차이의 영향으로 사료된다.



1. 탄소섬유판의 인장파괴
2. 탄소섬유판의 판분리파괴
3. 접착제의 접착파괴
4. 인장부위의 콘크리트파괴
5. 압축부위의 콘크리트파괴
6. 철근의 항복 또는 파단
7. 탄소섬유판의 부착파괴
8. 콘크리트표면의 부착파괴

그림3 보강된 시험체의 파괴양상

3.4 하중-처짐관계

보강된 모든 시험체는 시험체의 변수에 따라 일부 다른 양상을 보였으나 최종적으로 보강재 박리와 함께 급격스런 파괴양상을 나타냈다.

휨모멘트에 의한 시험체의 과도한 처짐은 보강면에 높은 인장력을 발생시켜 시험체 하부의 콘크리트가 보강재와 함께 박리되는 결과를 나타냈다. 보강된 시험체에서 하중이 증가함에 따른 상당한 처짐

표3 실험 결과

시험체명	최대 하중 (ton)	최대 모멘트 (t·m)	모멘트 비교 (ratio)	중앙부 처짐량 (mm)	초기 균열 하중 (모멘트) (ton/t·m)	보강재 박리 하중 (모멘트) (ton/t·m)	파괴양상 분류
BN*	4.42	2.21	1	6.00	2.20 (1.10)	—	—
BG6-4B	7.29	3.65	1.65	14.11	3.50 (1.75)	7.20(3.60)→4.30(2.15)	④+6+8+2
BG6-8A	6.30	3.15	1.43	11.33	2.60 (1.30)	6.30(3.15)→4.20(2.10)	⑧+6
BG8-4B	7.60	3.80	1.72	14.56	3.20 (1.60)	7.10(3.55)→3.30(1.65)	④+6+7+8
BG8-8A	6.43	3.22	1.46	10.69	3.10 (1.55)	5.90(2.95)→4.30(2.15)	⑧+6
BC10-4A-III	6.79	3.56	1.46	25.89	1.98 (1.04)	6.68(3.51)→4.19(2.20)	④+6+7+8
BC11-4A-III	7.52	3.57	1.61	23.80	1.85 (0.89)	7.01(3.33)→4.73(2.25)	④+6+7+8
BC11-8A-III	8.60	4.09	1.85	17.53	1.37 (0.65)	7.99(3.80)→4.58(2.18)	④+6+7+8
BC13-4A-III	9.43	3.77	1.71	19.70	2.15 (1.51)	9.14(3.66)→5.88(2.35)	④+6+7+8
BC13-8A-III	10.51	4.20	1.90	15.16	1.50 (0.60)	10.31(4.12)→6.13(2.91)	④+6+7+8

BN* : BN시험체의 최대하중은 항복하중
○ : 주(主) 파괴원인

이 발생하여 일부 에너지 흡수 능력이 있는 것으로 판단된다.

3.5 변형률 관계

탄소섬유판의 파단시의 변형률은 재료시험시 0.0126이며, 이것은 콘크리트 파괴시의 변형률(0.003)에 비하여 4.2배이며 철근의 항복강도시의 변형률에 6.3배이다.

스트레인 게이지의 자료취득 결과, 시험체의 최대하중에 도달하기전에 중앙부의 인장철근이 항복하여 재료시험시의 용력-변형률 곡선과 유사한 모습을 보였다.

중앙부위의 인장철근이 항복한 이후 추가되는 내력은 탄소섬유판이 부담하였으나, 탄소섬유판 파단시의 변형률에 도달하기전에 모든 시험체가 파괴되며 파괴되는 결과를 보였다.

중앙부에서 단부쪽으로 떨어진 인장철근의 경우 아직 항복하지 않은 시험체와 항복한 시험체로 나뉘어지는데 최대내력에는 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

3.6 보강량에 따른 영향

보강량에 따른 영향은 그림4, 5에서처럼 같은 보강량으로 보강했을시 보강재 폭이 넓은 시험체들의 내력이 좀더 높게 나타나는 결과를 보였다.

이는 시험체의 최종파괴가 보강재의 박리로 인해 결정되는 것을 고려할 때, 보강재 폭을 넓게 접착했을 시 부착력의 증가로 인한 내력상승으로 판단된다.

이와 같은 결과로 보아 구조물의 휨보강시 보강면을 넓게 하는 것이 내력증대에 유리하며, 보강재와 콘크리트와의 부착력 또한 내력증대에 중요한 요인이라는 것을 알 수 있다

3.7 면처리에 따른 영향

그림6은 변수에 따라 탄소섬유판으로 보강할 면을 그라인더로 하지처리 후 보강을 한 시험체와 그라인더 및 치핑한 후 프라이머를 도포한 시험체를 비교한 하중-처짐 곡선이다.

지간의 차이에 따라 모멘트로 최대내력을 비교시 큰 차이는 없으나, 파괴양상에서 볼 수 있듯이 보강면을 거칠게 치핑한 모든 시험체들이 중앙 인장부위에서 보강재와 콘크리트와의 부착력의 증대로 보강재가 콘크리트를 피복두께 이상으로 물고 떨어지는 양상을 보였으며 연성효과가 큰 것으로 나타났다.

3.8 지간에 대한 보강길이비에 따른 영향

지간에 대해 65%, 85%, 및 100% 이상으로 보강했을시의 최대 모멘트를 비교하면 그림8과 같다.

같은 지간에서 지간의 65%, 85%의 보강길이로 보강한 시험체들의 내력차는 거의 유사하게 나타났으며, 이러한 결과는 면처리 정도에 따른 부착력의 저하로 인하여 내력차를 보이지 않은 것으로

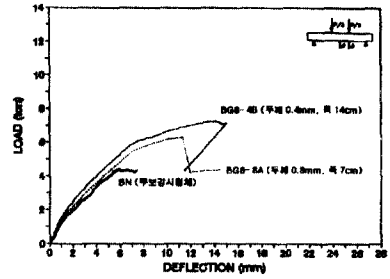


그림4 보강량에 따른 영향

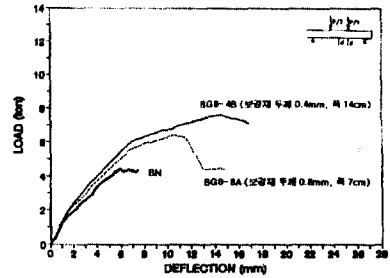


그림5 보강량에 따른 영향

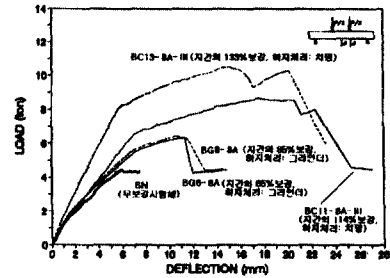


그림6 면처리에 따른 영향

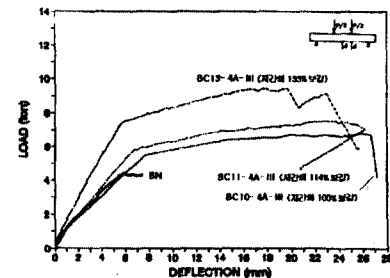


그림7 지간에 따른 하중-처짐 곡선

로 판단된다. 또한 지간거리 이상으로 보강한 시험체와 비교해 보면 파괴양상에서 나타났듯이 보강길이의 영향 보다는 하지처리 방법에 따른 부착력의 영향이 더 크게 작용하여 내력차이를 나타낸 것으로 판단된다.

지간에 대해 100%이상으로 보강된 같은 보강량(보강재의 단면적)을 가진 시험체들의 모멘트를 비교해 보면 보강길이에 상관없이 근사한 최대 모멘트를 나타냈다. 이러한 결과는 힘을 받지 않는 부위 즉, 지간 이상으로 보강을 하더라도 내력증대에 크게 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다.

그러므로 구조물의 내력증대를 위해 탄소섬유판으로 보강시 보강재의 정확한 소요길이를 산정하여 소정의 보강효과를 얻어야 할 것이다.

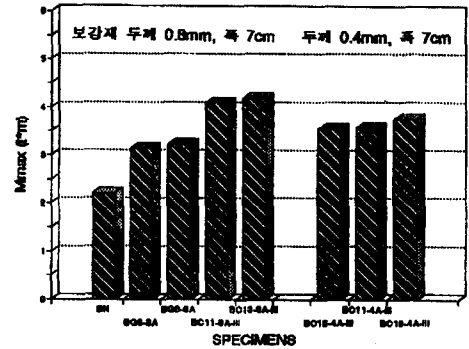


그림8 보강길이에 따른 모멘트 비교

4. 결 론

탄소섬유판으로 휨보강된 철근콘크리트 보의 구조적 거동을 파악하기 위한 실험결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 탄소섬유판으로 휨보강된 철근콘크리트 보의 보강효과는 뚜렷하며, 본 실험결과 시험체별 변수에 따라 무보강시험체에 비해 약 43~90% 정도의 내력 증대효과를 나타내었다.
- (2) 길이에 대한 보강비와 보강량이 동일할 때 보강재의 폭이 넓을수록 보강재와 콘크리트 계면의 부착력 증대로 보강효과는 크나, 최종적인 파괴양상은 폭에 상관없이 보강재의 박리로 인한 파괴임을 알 수 있다.
- (3) 하지처리시, 치평으로 표면을 거칠게한 후 보강한 시험체들의 탄소섬유판이 하중에 대해 높은 저항을 나타냈으며 파괴양상에서도 보듯이 보강재의 부착력에 큰 영향을 끼쳤다.
- (4) 지간에 대해 100% 이상으로 보강된 시험체들은 뚜렷한 휨내력 차이가 없었다. 즉 지간거리 이상으로 보강시 내력증가에는 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 단국대학교 대학연구비 지원으로 수행된 연구로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 이리형, 이용택, 김승훈, 강운구, "탄소섬유시트에 의한 콘크리트 보의 휨보강효과에 관한 실험연구" 한국콘크리트학회 1997년 봄 학술발표회 논문집
- 2) 신영수, 홍기섭, 최완철, 홍영균, "탄소섬유시트르로 밀면 보강된 철근콘크리트 보의 구조적 거동", 대한건축학회논문집 11권 8호 통권 82호, 1995. 8
- 3) 홍상균, 박기철, 정현수, "보강재를 사용한 철근콘크리트 보의 휨내력보강에 관한 실험적연구", 대한건축학회학술발표논문집 제16권 제2호, 1996. 10. 26
- 4) 김성철, 이회경, 유성훈, 김중구, 정란, "철근콘크리트 보의 휨내력보강 공법에 관한 실험적연구" 한국콘크리트학회 봄학술발표논문집 제9권 2호 통권 제17집, 1997. 11
- 5) 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계기준 및 해설, 건설부, 1994
- 6) Deuring M., "CFRP Laminates in the Construction Industry", EMPA Research Report, Feb. 1994