

H형강과 구조용집성재의 삽입길이에 따른 접합부의 탄소성 거동

Elasto-plastic behaviour of joint by inserting length of H-beam and structural laminated timber

김 순 칠^{1)†} · 양 일 승²⁾ · 문 연 준³⁾
Kim, Soon Chul Yang, Il Seung Moon, Youn Joon

요약 : 최근 환경문제의 대두로 친환경 재료를 사용하는 건축물에 대한 연구가 주목을 받고 있다. 특히, 북미나 일본 등지에서는 목질구조를 이용한 4층 정도의 사무소건축이나 교외형 호텔, 학교 등의 중층 목조 건축물을 실현하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 구조물은 하부층은 RC조로 하고 상부층은 목조로 하는 하이브리드 구조형식으로 보급되고 있다. 기존의 볼트나 드리프트 핀을 이용한 기계적 접합은 목재 중에 접합구를 삽입하는 방식으로 준 내화성능의 확보나 외관상의 이점이 있으나, 하중을 전달하는 지압면적이 작어 목재의 내부로 접합장치가 파고들기 때문에 목재에 균열을 발생시키는 약점이 있다. 본 연구에서는 목질 하이브리드 구법으로서 비교적 큰 하중을 받을 수 있는 2방향 라멘접합부 개발을 목표로 새로운 모멘트저항형 접합법을 검토하고자 한다. 이러한 시스템을 구축하기 위하여 H형강을 이용한 이음집합 단순보의 휨 실험을 행하였으며, 주요한 변수는 구조용집성재와 H형강의 삽입길이(보축의 1배, 1.5배, 2배)와 H형강 상·하 플랜지와 구조용집성재 상·하면 사이의 틈새에 에폭시의 충전유무이다. 실험결과, H형강의 보축의 2배를 확보함으로써 목재의 강도 및 강성을 충분하게 발휘할 수 있었다.

ABSTRACT : In some cases, wooden structures are used for medium-rise buildings. It is therefore necessary to develop and test a new structural system for medium-rise buildings using wooden structures. This study deals with high-performance, laminated, timber-based composite members, which consist of structural laminated timber and H-beam. Simple beam tests were performed to determine the strength, stress distributions, and failure patterns of laminated timber. The main parameters are the insertinglength (1, 1.5, and 2 times the H-beam height) and the epoxy between the top/bottom flange of the H-beam and the top/bottom flange of the laminated timber. The results of the test show that the specimen with an inserting length that is 2 times the H-beam height was characterized by fairly good strength and stiffness.

핵심 용어 : 모멘트저항접합, 구조용집성재, 접합, 단순보, 휨강도, 삽입길이

KEYWORDS : Moment resisting joint, Structural laminated timber, Simple beam, Bending strength, Inserting length

1. 서 론

목질구조를 중·고층 건축물에 이용하기 위한 국내의 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 4층 정도의 사무소건축이나 교외형 호텔, 학교 등의 중층목조 건축물을 실현하기 위해서는 비교적 큰 하중을 받을 수 있는 구조형식의 개발이나 성능검증이 필요하다. 중층건축물의 실현에 필요한 구조형식으로써 내력벽 목질구조나 2방향 목질라멘구조가 있다. 목질구조물에서 구조물 전체를 목재로 사용할 필요는 없으며, 필요에 따라서는 이질재료의 병용이나 새로운 구법의 적용·개발도 할 수 있다

하겠다. 기존의 볼트나 드리프트 핀을 이용한 기계적 접합은 접합장치를 목재 내부로 삽입하는 방식으로 준내화성능의 확보나 외관상의 이점은 있으나 하중을 전달하는 지압면적이 작은 관계로 목재의 내부로 접합장치가 파고들어 목재에 균열을 발생시키는 약점이 있다. 목질부재나 강재에 내화상의 조치를 별도로 강구한다는 전제 하에 부재의 상·하면은 강재로 노출시키는 접합법을 제안하고 검토해 볼 수 있는데, 본 연구에서는 목질 하이브리드 구법으로서 그림 1에 나타낸 것과 같이 중층 목질구조에 사용할 수 있도록 2방향 라멘접합부 개발을 목표로 새로운 모멘트 저항형 접합법을 검토하고자 한다. 여기서는

1) 교신저자. 정회원, 동신대학교 건축공학부 교수
(Tel. 061-330-3124, Fax. 061-330-3103, E-mail : sckim@dsu.ac.kr)

2) 정회원, 동신대학교 건축공학부 교수(yang1698@dsu.ac.kr)

3) 정회원, 동신대학교 건축공학부 교수(archmoon@dsu.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2006년 10월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

H형강을 이용하여 구조용집성재와의 이음접합 단순보의 휨 실험을 행하여 구조용집성재의 삽입길이와 에폭시의 영향, 구조용집성재의 응력성상 등을 검토하기로 한다. 새로운 접합법은 그림 2에 나타낸 것과 같이 H형강을 접합장치로써, H형강의 웨브에 구조용집성재를 단순 삽입함으로 완성되며, 이는 다음과 같은 부위에 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

- ① 대 단면 구조용집성재 등의 목질재로 접합(그림 2(a))이나 강재나 섬유재로 보강한 목질 하이브리드 부재의 접합
- ② 직교하여 접합되는 보-기둥 접합부(그림 2(b))

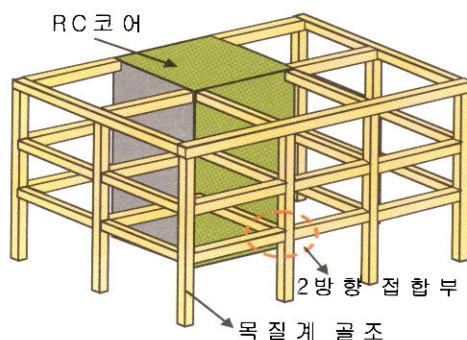


그림 1. RC코어와 목질계 골조로 구성된 복합구조

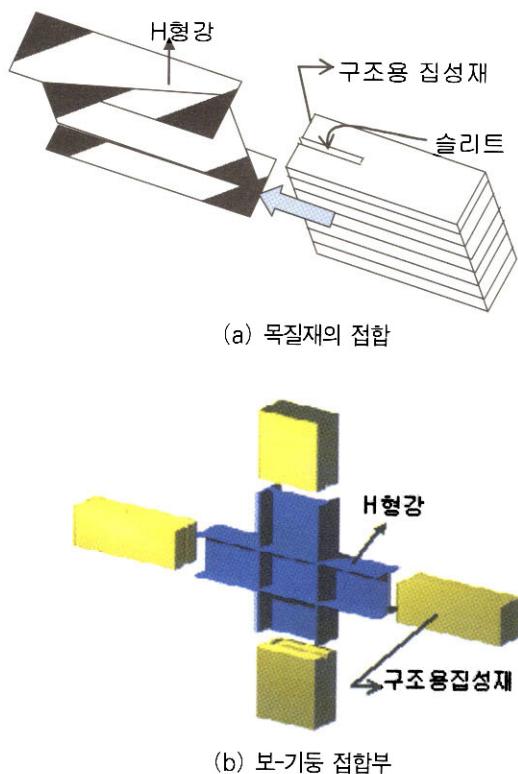


그림 2. H형강을 이용한 접합법

2. 실험개요

2.1 시험체 개요

시험체는 H형강(H-300x150x6.5x9(SS400))과 구조용집성재(300x150[9S-27B, 대칭 다른 등급])로 구성되어져 있다. 구조용집성재에는 H형강의 웨브에 삽입될 수 있도록 슬리트(slit)를 설치하였다. 실험체의 개요는 표 1과 그림 2에 나타낸 것과 같다. 주요변수로는 구조용집성재의 삽입길이(집성재의 춤(300mm)에 대해 2배, 1.5배 및 1배)와 H형강의 상·하 플랜지와 구조용집성재 상·하면의 틈새에 대한 에폭시충전 유·무로 하였다. 구조용집성재를 H형강에 삽입할 때, 구조용집성재의 가공정도에 따라 틈새가 발생하는데 H형강과 구조용집성재와의 일체성을 확보하기 위한 목적으로 에폭시를 사용하였다.

2.2 실험체의 설치상황

그림 3은 실험체 상세이며, 가력은 만능시험기(Universal Testing Machine, 1,000kN 용량)를 이용하였으며, 지지점 거리의 정 중앙에 집중하중을 가하였다. 사용된 만능시험기는 변위제어가 가능하며 분당 1mm씩 가력 하도록 제어하였다. 부재의 양단은 핀-롤러 지지로 하고, 지지점 거리는 2,000mm로 하였으며, 지지점에는 구조용집성재에 발생하는 패임을 고려하여 그림 3와 같이 철판을 덧대어 설치하였으며 회전마찰이 충분히 작은 것으로 하였다.

표 1. 실험체 일람

No.	실험체	개요
1	9F600-0-0	구조용집성재를 H형강에 600mm삽입(보축의 2배)한 실험체
2	9F600-0-EP	No.1실험체에 H형강 상·하 플랜지와 구조용집성재 상·하면의 틈새를 에폭시로 충전한 실험체
3	9F450-0-0	구조용집성재를 H형강에 450mm삽입(보축의 1.5배)한 실험체
4	9F450-0-EP	No.3실험체에 H형강 상·하 플랜지와 구조용집성재 상·하면의 틈새를 에폭시로 충전한 실험체
5	9F300-0-0	구조용집성재를 H형강에 300mm삽입(보축의 1.0배)한 실험체
6	9F300-0-EP	No.5실험체에 H형강 상·하 플랜지와 구조용집성재 상·하면의 틈새를 에폭시로 충전한 실험체

여기서, 9F:H형강 상하플랜지의 두께 9(mm)

600(450, 300):구조용 집성재의 삽입길이(mm)

EP:H형강 상하플랜지와 집성재 사이에 에폭시를 충전

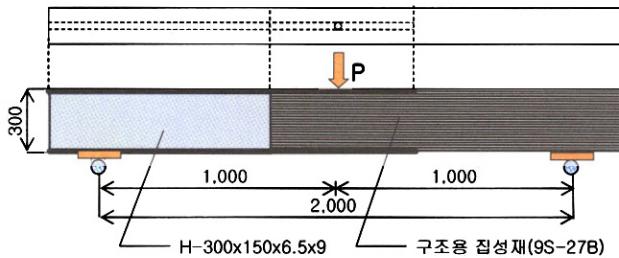


그림 3. 실험체의 상세

2.3 측정방법

측정은 그림 4에 나타낸 것과 같이 변위계(LVDT-1)를 중앙부에 설치하여 UTM의 변위를 제어하였으며, 구조용집성재의 수직변위를 측정하기 위하여 집성재의 중앙부 및 측면에 변위계(LVDT-2,3,4)를 설치하였다. 또한 H형강 단부의 국부변형을 측정하기 위한 변위계(LVDT-5,6)를 설치하였으며 H형강에 삽입된 구조용집성재의 빠짐(slip)을 측정하기 위한 변위계(LVDT-7,8)도 설치하였다. 그리고 H형강의 응력성상을 파악하기 위하여 강재용 변형계이지를 부착하였으며, 구조용집성재에도 목재용 변형계이지를 부착하여 계측하였다(그림 5). 강재용 변형계이지로 H형강 상·하 플랜지의 축방향과 직각방향의 변형도를 측정하였으며, 목재용 변형계이지 중 w1-w9는 집성재의 지압응력을 파악하기 위하여 부착하였고, w10은 축방향 변형도, w11-w12는 집성재의 곡률을 파악하기 위하여 부착하였다.

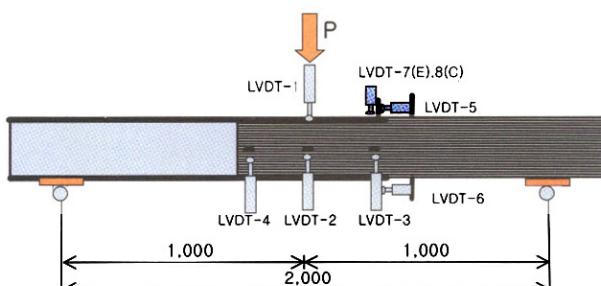


그림 4. 변위계의 설치위치

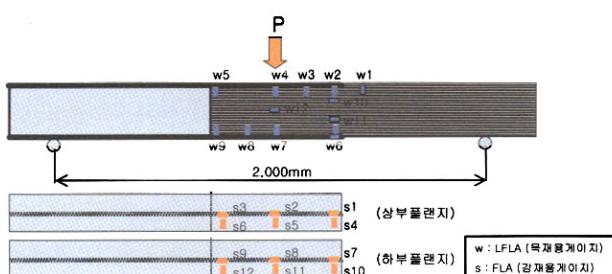


그림 5. 변형계이지의 설치위치

2.4 가력계획

가력방법은 일방향 정직가력을 행하였으며, 그림 6과 같은 이력곡선을 설정하여 변위제어를 하였다. 변위제어는 1/400rad.(2.5mm), 1/200rad.(5.0mm), 1/100rad.(10.0mm), 1/60rad.(16.7mm), 1/40rad.(25.0mm), 1/30 rad. (33.3mm), 1/20rad.(50.0mm), 1/15rad.(66.7mm), 1/10 rad. (100.0mm)로 하였다.

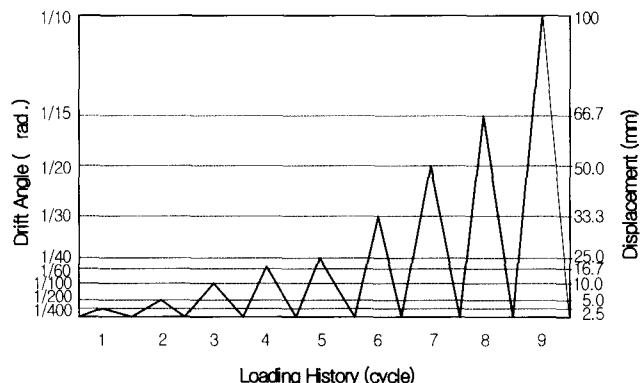


그림 6. 이력곡선

2.5 소재시험

구조용집성재에 대해서는 별도의 소재시험은 행하지 않았는데, 본 실험에서는 KS F3021에 의한 9S-27B(대칭 다른 등급)를 사용하였으므로, 허용 휨 응력 및 탄성계수는 건축구조설계기준(2005)에 있는 표 2와 같이 각각 9MPa, 8GPa이다. H형강의 재질은 SS400급이며, 인장시험체는 KS F0801에 의해 플랜지와 웨브에서 각각 3개씩 시편을 취한 후, KS B 0802에 따라 인장시험을 행하였다. 항복점은 0.2% offset법을 이용하여 평가하였으며, 연신율은 기준표점을 50mm로 하여 계산하였다. 시험결과의 평균치는 표 3과 같다.

표 2. 구조용집성재의 기준 허용응력 (단위: MPa)

등급	기준 허용응력						
	X-X축에 대한 휨	Y-Y축에 대한 휨	축하중				
	$F_{bx-x}^{1)}$	$E_{x-x}^{2)}$	$F_{by-y}^{3)}$	$E_{y-y}^{4)}$	$F_t^{5)}$	$F_c^{6)}$	$E^{7)}$
9S-27B	9	8000	6	7000	6	7	7000

- 1) X-X 축에 대한 기준 허용휨응력(하중 또는 처짐의 방향이 적층면과 직교하게 작용하는 경우)
- 2) X-X 축에 대한 기준 휨 탄성계수(MOE)
- 3) Y-Y 축에 대한 기준 허용휨응력(Y-Y축은 하중 또는 처짐의 방향이 적층면과 평행하게 작용하는 경우)
- 4) Y-Y 축에 대한 기준 휨 탄성계수(MOE)
- 5) 기준 섬유방향 인장 허용응력
- 6) 기준 섬유방향 압축 허용응력
- 7) 기준 탄성계수

표 3. H형강의 소재시험

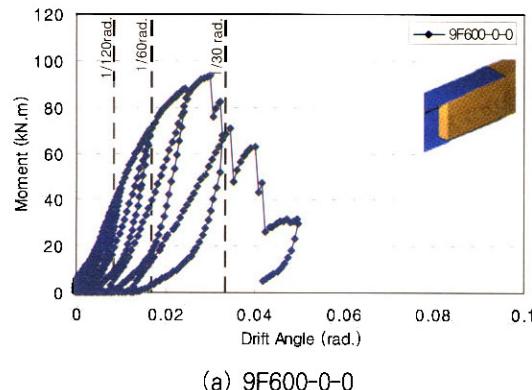
H-300x150x6.5x9	항복점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
플랜지	301	434	26.0
웨브	312	447	29.0

3. 실험결과

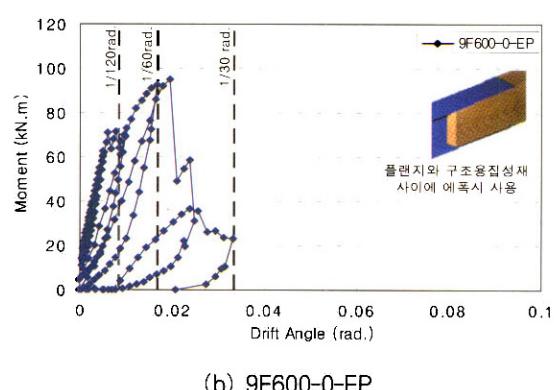
3.1 모멘트-변형각의 곡선

그림 7(a)에서 9F600-0-0실험체의 최대모멘트 및 그 때의 변형각은 93.19kN.m, 1/33rad. 이었다. 1/60rad.까지는 탄

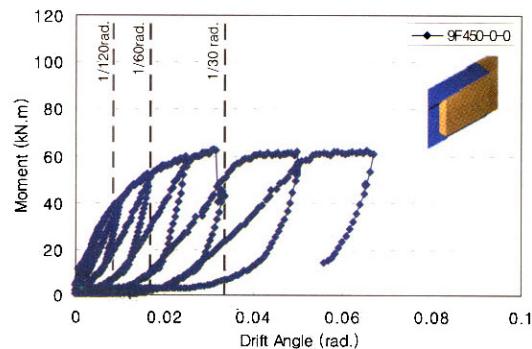
성역이고, 이후는 항복하면서 1/33rad. 부근까지 변형하고 있다. 단순 삽입한 실험체에서도 어느 정도 높은 내력을 유지하면서, 인성능력도 확보되는 것을 알 수가 있다. 예폭시로 충전한 9F600-0-EP실험체의 최대모멘트와 그 때의 변형각은 94.8kN.m, 1/50rad.로 기록되었으며 1/160 rad.까지는 탄성역이고, 횡단 균열로 일시적으로 하중이 떨어지기도 하였으나, 9F600-0-0실험체에 비하여 H형강 플랜지와 접성재상·하면의 틈새에 예폭시를 충진 함으로써 초기강성이 높음을 알 수 있다. 삽입길이가 줄어 1.5배인 9F450-0-0실험체의 최대모멘트와 그 때의 변형각은 62.3kN.m, 1/33rad.로 측정되었다. 1/120rad.까지는 탄성역을 보이다가 이후는 항복하면서 1/15부근까지 변형하고 있다. 그리고 H형강 상부플랜지부



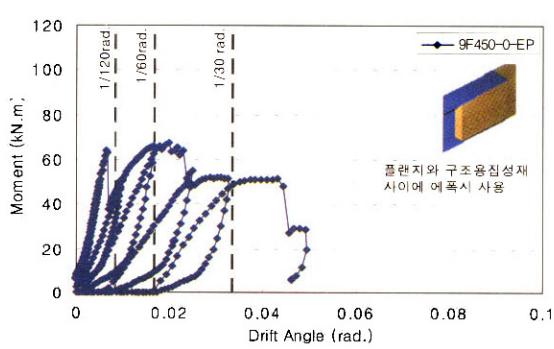
(a) 9F600-0-0



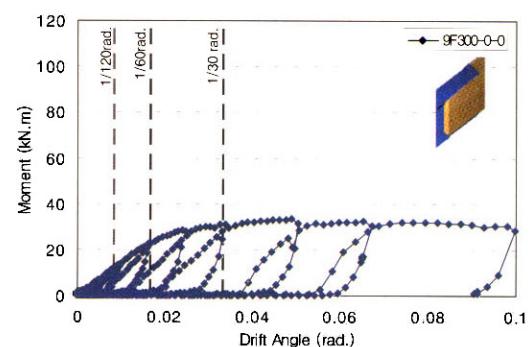
(b) 9F600-0-EP



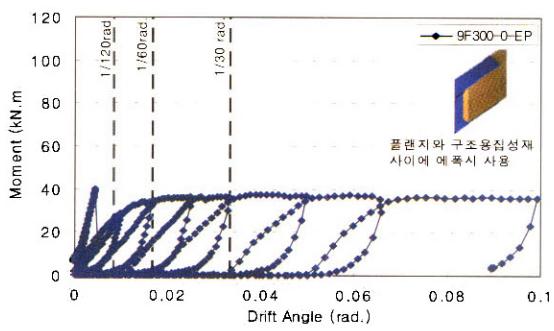
(c) 9F450-0-0



(d) 9F450-0-EP



(e) 9F300-0-0



(f) 9F300-0-EP

그림 7. 모멘트-변형각 관계

분과 구조용집성재의 하부에서 헌지가 발생하였다. 9F450-0-EP실험체의 최대모멘트와 그때의 변형각은 67.2kN.m, 1/50rad.이며 1/150rad.까지는 탄성역으로 나타났으며, 최대모멘트 이후에는 하중이 급격히 떨어지는 것을 알 수가 있다.

9F300-0-0실험체의 최대모멘트와 그때의 변형각은 3.17kN.m, 1/20rad.이다. 1/60rad.까지는 탄성역이고, 이후는 항복하면서 1/10rad.부근까지 변형하고 있다. 이는 구조용집성재가 H형강에서 빠지면서 변형되기 때문으로 높은 인성능력과 상대적으로 에너지 흡수능력도 뛰어남을 알 수 있다. 9F300-0-EP실험체의 최대모멘트와 그때의 변형각은 39.8kN.m, 1/220rad.이었으며 1/220rad.까지는 탄성역이고, 예폭시 박리 및 횡전단 균열로 인해 일시적으로 내력이 떨어지지만, 9F300-0-0실험체와 마찬가지로 1/10rad.까지 내력의 큰 저하 없이 큰 변형능력을 발휘하고 있으며 뛰어난 에너지 흡수능력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 사진 1은 실험체의 파괴형상으로, 그림 8(a), (b)는 9F600-0-0실험체와 9F450-0-EP실험체의 횡전단 파괴를 보여주고 있으며, 사진 1(c)는 9F300-0-0실험체에서 구조용집성재가 H형강에서 빠진 상태를 보여주고 있다. 마지막으로 그림 8(d)는 H형강 상부플랜지가 구조용집성재의 지압력에 의해 국부변형된 상태를 보여주고 있다.

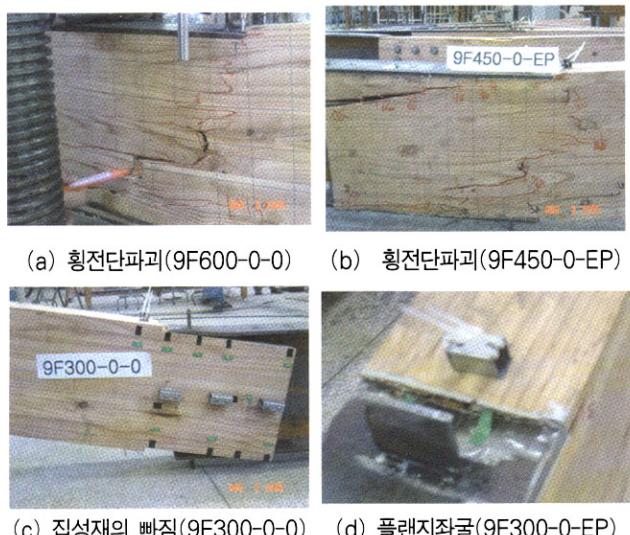


그림 8. 실험체의 파괴형상

3.2 파괴형상

그림 9은 실험종료 후의 집성재의 균열성상을 나타내고 있다. 기본형 실험체(9F600-0-0)는 상부 플랜지의 국부변형에

의해 높은 에너지 흡수능력을 보였으나, 최종적으로는 1/33rad.에서 집성재의 횡전단 파괴로 내력이 저하되었다.

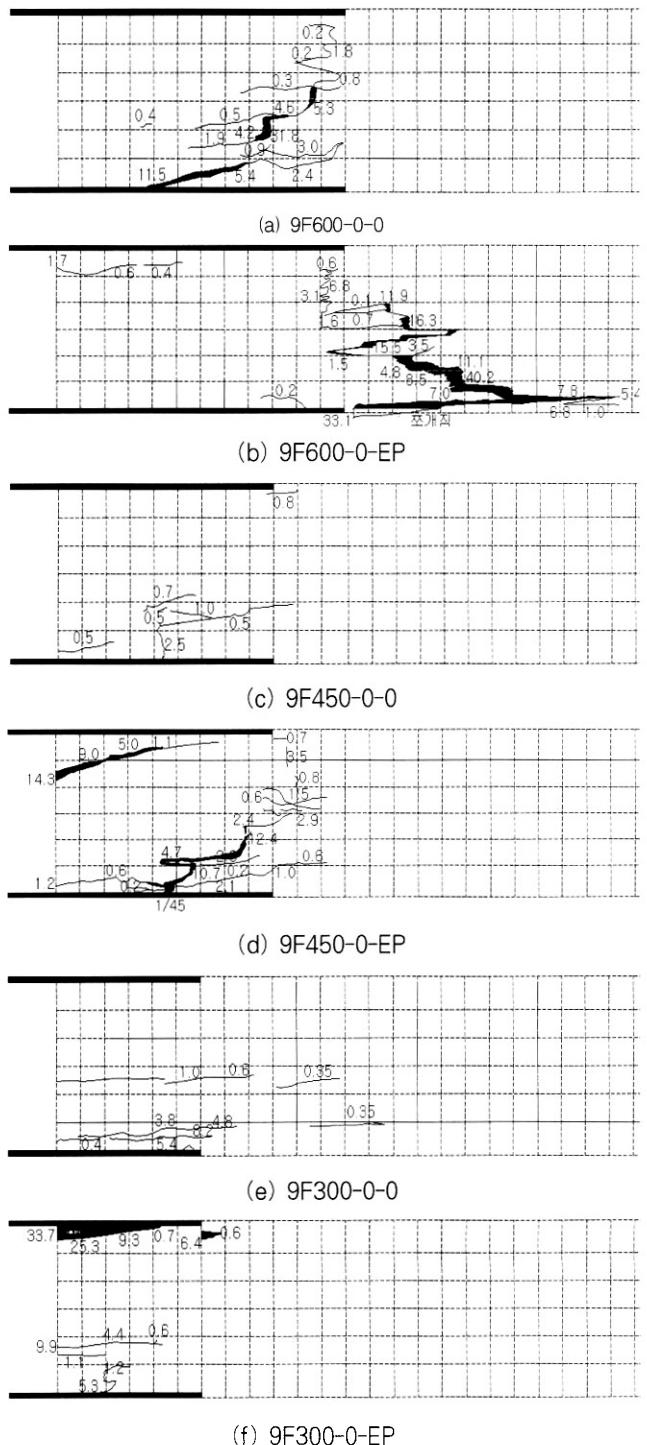


그림 9. 집성재의 균열성상(mm)

집성재의 빠짐길이는 10mm정도이며, 최대균열의 크기는 31.8mm정도였다. 예폭시를 충전한 9F600-0-EP실험체는 1/100rad.에서 예폭시 박리가 확인되었다. 1/60rad.에서 H

형강 상부플랜지가 약간의 국부변형이 발생하였으며, 1/52rad에서 횡전단 파괴로 내력이 저하되었다. 집성재의 빠짐길이는 에폭시의 충전영향으로 5mm로 측정되었지만 최대 균열은 40.2mm로 9F600-0-0보다 크게 나타났다. 삽입길이가 기본형 실험체의 3/4인 9F450-0-0실험체와 9F450-0-EP 실험체는 각각 1/40rad.와 1/50rad.에서 전단파괴로 내력이 저하되었고, 최대 균열폭은 각각 2.5mm와 12.4mm였다. 그리고 빠짐길이는 각각 25mm, 12mm로 에폭시의 충전에 따른 영향이 비교적 크게 나타났다.

마지막으로 삽입길이를 기본형 실험체의 1/2로 적게 한 9F300-0-0실험체와 9F300-0-EP실험체는 내력의 큰 저하 없이 1/10rad.부근까지 변형되어 상당한 에너지 흡수능력을 보여 주었다. 최대 균열폭은 5.4mm와 6.2mm, 빠짐길이는 42mm와 36mm정도였다. 그리고 H형강 상부플랜지 부분과 집성재의 하부에서 헌지가 발생하였으며 상부플랜지의 국부변형현상과 집성재의 압축파괴현상이 관찰되었다.

3.3 집성재의 변형도 분포의 특성

그림 10는 1/100rad.의 변형각에서, H형강에 삽입된 구조용집성재의 변형도 분포와 내부 모멘트를 나타내고 있다. 모든 실험체는 구조용집성재의 상·하측선단과 H형강의 플랜지 경계영역에서 높은 변형도를 보여주고 있다. 이는 집합부에 하중이 가해질 경우, 구조용집성재가 H형강 플랜지와 접촉하여 하중전달이 지압력에 의해 전달되고 있다는 것을 의미하고 있다. 또한, H형강 플랜지의 상측선단의 일부에서는 플랜지의 국부변형으로 인해 인장변형도가 나타나는 곳도 있다.

3.4 H형강 플랜지의 변형도 분포

그림 11에서는 삽입길이와 에폭시 충전 유무가 H형강의 상부플랜지에 미치는 영향을 검토하기 위해 휨모멘트와 상부플랜지의 변형도 분포를 나타내고 있다. 상부플랜지 선단의 재축에 평행방향의 변형도와 재축에 직교방향인 변형도를 측정하였다. 재축의 평행방향은 9F300-0-EP실험체를 제외한 다른 실험체는 작은 변형도 값을 나타내었다. 그러나 재축의 직교방향에 대해서는 큰 변형도를 보여주고 있으며, 에너지 흡수능력이 높은 것을 알 수가 있다.

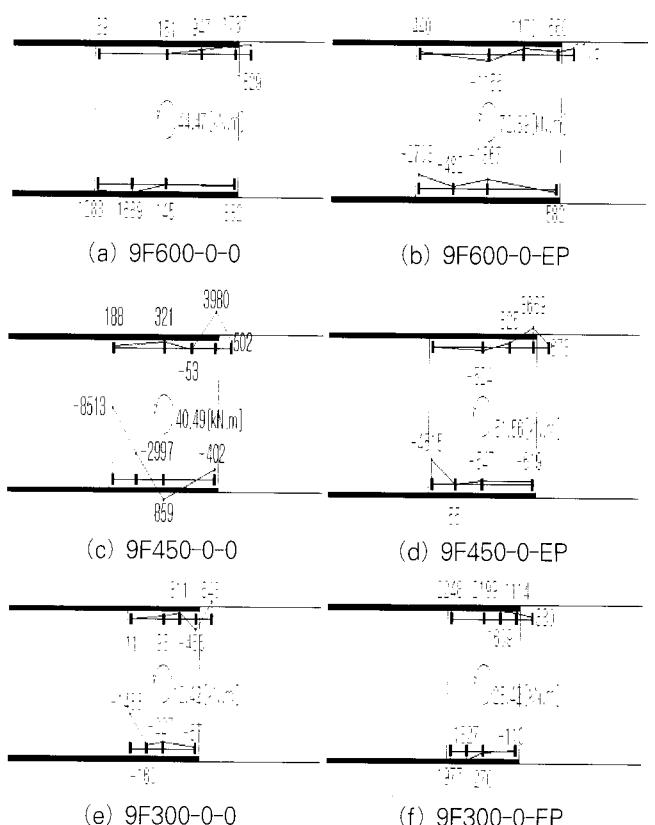
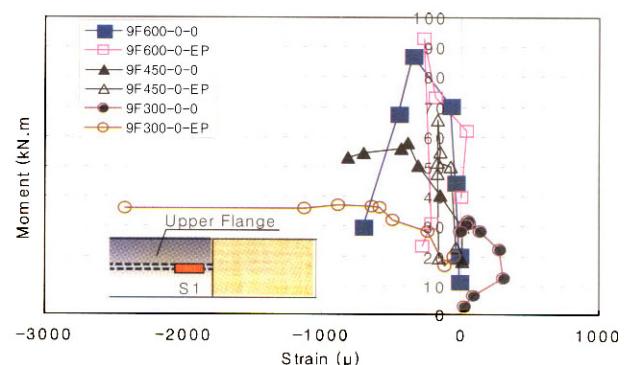
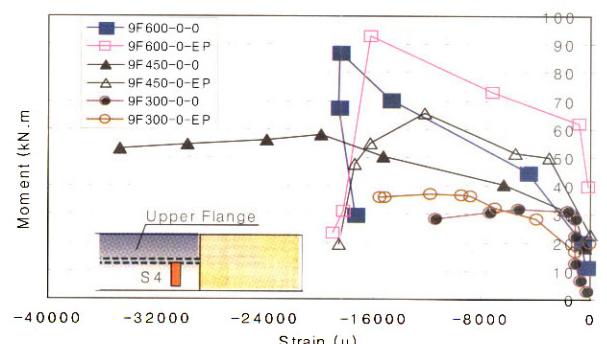


그림 10. 집성재의 변형도 분포($\times 10^{-6}$, 1/100rad)



(a) 재축의 평행방향



(b) 재축의 직교방향

그림 11. 상부플랜지 선단의 변형도 분포

4. 실험고찰 및 분석

구조용집성재의 삽입길이와 에폭시 층전 유·무에 따른 초기 강성, 항복내력, 최대내력, 강성의 변화 및 에너지 흡수능력에 대하여 평가하였다.

4.1 초기강성

그림 12은 삽입길이와 에폭시의 층전 유·무에 따른 초기강성을 나타내고 있다. 9F600-0-0실험체의 초기강성은 8.03kN/mm이었다. 그리고 구조용집성재의 삽입길이를 기본형 실험체의 3/4배인 9F450-0-0실험체와 1/2배인 9F300-0-0실험체의 초기강성은 각각 6.79kN/mm, 2.64kN/mm이었다. 따라서 삽입길이에 따른 강성의 변화가 크다는 것을 알 수 있다. 한편 구조용집성재와 H형강 상·하 플랜지 사이의 틈새를 에폭시로 충전한 9F600-0-EP의 강성은 17.97kN/mm로 9F600-0-0실험체에 비해 2.24배정도 증가하였다. 그리고 9F450-0-EP실험체 및 9F300-0-EP 실험체는 에폭시를 사용하지 않은 9F450-0-0실험체와 9F300-0-0실험체에 비해 각각 2.49배, 4.2배정도 증가하였다. 즉 에폭시로 충전하지 않은 실험체의 경우, 집성재의 가공정도에 따라 구조용집성재와 H형강 플랜지와의 틈새로 인해 지압력 및 마찰력을 기대할 수 없어서 하중초기에는 철골부재만이 모멘트에 저항하게 된다. 따라서 집성재의 가공정도에 따른 영향을 없애기 위해서는 H형강 상·하 플랜지와 구조용집성재 사이의 틈새를 에폭시로 충전하거나 볼트로 체결함으로써 일체성이 확보해야 한다.

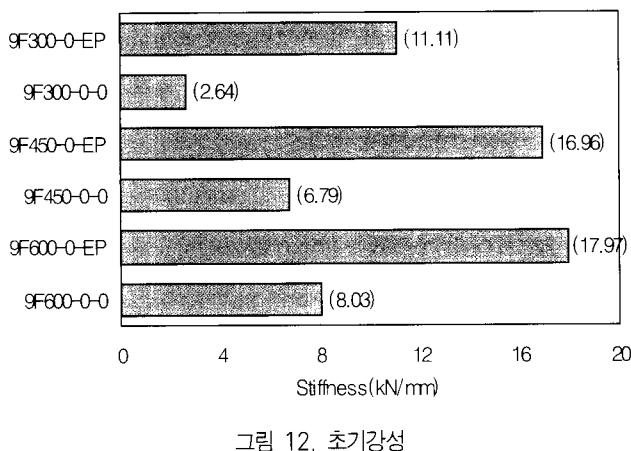


그림 12. 초기강성

4.2 항복내력

그림 13은 H형강에 구조용집성재를 삽입하는 삽입길이와 에

폭시의 층전 유·무에 따른 항복내력을 나타낸 것이다. 먼저 에폭시를 사용하지 않는 경우, 9F600-0-0실험체의 항복내력은 70.24kN.m이며, 삽입길이가 기본형 실험체에 비하여 짧은 9F450-0-0실험체와 9F300-0-0실험체의 항복내력은 39.13kN.m(9F600-0-0의 55%), 22.27kN.m(9F600-0-0의 31%)로 상당히 낮은 값으로 나타났다. 구조용집성재와 H형강의 상·하 플랜지 사이의 틈새를 에폭시로 충전할 경우, 9F600-0-EP의 항복내력은 70.91kN.m이며 9F450-0-EP 실험체와 9F300-0-EP실험체의 항복내력은 각각 63.87kN.m(9F600-0-EP의 90%), 39.76kN.m(9F600-0-EP의 56%)로 에폭시를 사용하지 않은 실험체에 비해서는 다소 높지만 삽입길이의 감소에 따라 항복내력이 감소하는 경향이 나타났다. 따라서 집성재의 항복허용내력을 최대한 활용하기 위해서는 충분한 삽입길이가 필요한 것으로 사료된다. 에폭시의 층전 유·무에 따른 항복내력의 변화를 살펴보면, 9F600-0-EP는 9F600-0-0실험체와 거의 유사한 값을 보였지만, 9F450-0-EP실험체와 9F300-0-EP실험체는 9F450-0-0실험체와 9F300-0-0실험체에 비해서 각각 1.63배, 1.79배 증가하였다. 이는 구조용집성재와 H형강의 상·하 플랜지 사이의 틈새를 에폭시로 충전함에 따라 구조용집성재와 H형강과 일체성이 확보되었기 때문으로 판단된다.

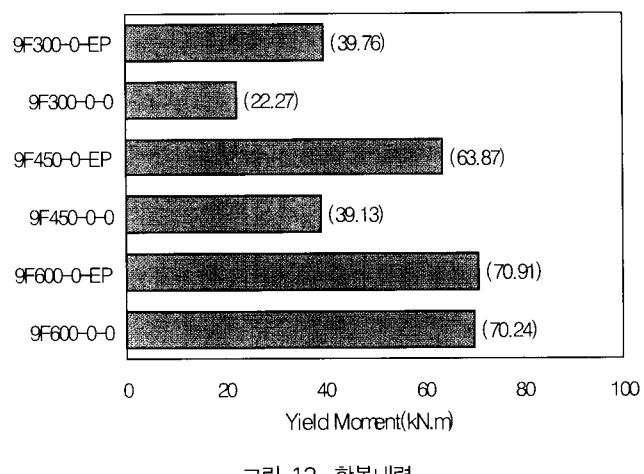


그림 13. 항복내력

4.3 최대내력

구조용집성재의 삽입길이와 에폭시 층전 유·무에 따른 최대내력은 그림 14과 같다. 9F600-0-0의 최대내력은 93.18kN.m이며, 삽입길이를 짧게 한 9F450-0-0실험체와 9F300-0-0실험체의 최대내력은 62.67kN.m(9F600-0-0의 67%), 33.17kN.m(9F600-0-0의 35%)로 작게 나타났다. 다소 차이는 있지만 항복내력과 마찬가지로 구조용집성재

- 유·무에 의해 큰 영향을 받는다. 특히 초기강성은 구조 용집성재의 가공오차에 따른 영향이 크며, 이를 보완하기 위해서는 에폭시 충전 또는 볼트접합 등을 통하여 H형강과 구조용집성재와의 일체성을 확보할 필요가 있다.
- (2) 항복내력은 집성재의 삽입길이가 짧은 실험체의 경우에 는 에폭시 충전 유·무에 따라 큰 차이가 있지만, 삽입길이가 보 춤의 2배 이상인 경우는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.
- (3) 최대내력의 경우는 에폭시 충전 유·무에 따른 영향은 거의 없었으며, 집성재의 삽입길이와 밀접한 관계를 가지고 있었다. 구조용집성재의 허용응력을 최대로 활용하기 위해서는 집성재의 삽입길이를 보충의 2배 이상으로 확보할 필요가 있는 것으로 나타났다.
- (4) 에폭시 충전에 따른 애너지 흡수능력의 경우, 삽입길이가 600실험체와 450실험체는 차이가 거의 없지만, 삽입길이가 300실험체는 에폭시 충전에 따른 애너지 흡수능력이 크게 향상되었다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성 사업의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 현

- 이은용 외 5인(2004), 국내산 목재의 목구조 적용을 위한 물리적 특성에 관한 연구, *대한건축학회 학술발표논문집*
- Sakamoto I., et al.(2004), Final Report and Development Project on Timber-based Hybrid Building Structures, *Proceeding of 8th WCTE*, Finland.
- Inoue, M., et al.(2001), Strengthening Method of Fastener Joints by Glued in Rod System in Timber Structures, *Proceedings of the International RILEM Symposium*, Stuttgart, Germany.
- Inoue, M., et al.(2002), Development of Connecting System between Reinforced Concrete and Timber, *Proceeding of 7th WCTE*
- 樋口 聰 他3人(2003), 木質ハイブリッド構造の試験技術の開発
(その1 構造システム概要), AIJ大会学術講演概要集
- 樋口 聰 他3人(2003), 木質ハイブリッド構造の試験技術の開発
(その2 弦材(鋼板・集成材複合材)の座屈性状・実験概要と曲げ剛性から推定した座屈荷重), AIJ大会学術講演概要集

(접수일자 : 2005. 10. 10 / 심사일 2005. 11. 1 /
심사완료일 2006. 2. 13)