

각형강관을 이용한 스티드-런너 골조형 벽체시스템의 구조내력 성능평가

Structural Load Bearing Capacity of Wall System Framed by Studs and Runners using Square Steel Tubes

김 호 수¹⁾ · 홍 석 일²⁾ · 임 영 도³⁾
Kim, Ho Soo Hong, Seok Il Lim, Young Do

요약 : 본 논문에서 제시된 스티드-런너 골조형 벽체시스템은 일반구조용 각형강관(열간성형강)을 구조부재로 사용하여 벽체를 구성하고, 수평부재인 런너에 의해 보강되어 있기 때문에 스티하우스와 비교하여 단위벽체의 내력성능 증가 및 좌굴에 대한 효율적 거동을 기대할 수 있으며, 또한 경량기포콘크리트를 충전함으로써 차음성능 및 단열의 효과를 기대할 수 있다. 이와 같은 시스템을 중·저층(3~5층)규모의 공동주택 및 사무실건물까지 적용하기 위해, 런너의 설치간격과 경량기포콘크리트의 타설효과를 변수로 하여 실제규모의 단위벽체를 시험체로 제작하여 연직하중 및 수평하중에 대한 내력성능평가가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 경량기포콘크리트의 타설효과를 고려하여 연직하중에 대한 축내력성능평가와 수평하중에 대한 전단내력성능평가를 통해 스티드-런너 골조형 벽체시스템의 구조적성능을 분석하고자 한다.

ABSTRACT : Because the framed wall system using steel studs and runners with square steel tubes as structural elements is reinforced by the horizontal members called runners, it has more strength and load bearing capacity than the steel house wall system. Also, this system improves adiabatic and sound insulation performance by filling up the autoclaved lightweight concrete. We need to evaluate load bearing capacity according to the axial load and lateral load in case this system is applied in the housing system with 3~5 stories through variations in intervals for the runners under the placement effect of autoclaved lightweight concrete. Therefore, this study seeks to analyze axial and shear behavior of the framed wall system according to the placement effect of autoclaved lightweight concrete, and to secure safety for the vertical and lateral loads.

핵심용어 : 스티드-런너 골조형 벽체시스템, 각형강관, 경량기포콘크리트, 구조내력성능

KEYWORDS : wall system framed by studs and runners, square steel tubes, autoclaved lightweight concrete, structural load bearing capacity

1. 서론

최근 국내의 주거형태가 다양해지면서 질적인 측면에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 따라서 기존의 철근콘크리트 및 철골조공법에 의한 건축구조양식에서 벗어나 기능성, 경제성 및 시공성능을 고려한 새로운 건축형식이 요구되고 있으며, 또한 환경문제라는 관심으로 인해 건축폐자재를 줄이며, 자원을 재활용할 수 있는 새로운 건축제품의 필요성이 요구되고

있다. 이러한 요구로 인해 개발된 시스템의 대표적인 예가 스티하우스(Steel House)인데, 스티하우스는 시공이 매우 간편하여, 건설공기를 줄일 수 있으며, 환경친화적인 철강재를 사용함으로써 재활용 측면에서 매우 유용하다. 그러나, 스티하우스는 냉간성형강을 구조부재에 사용하는 벽체시스템으로 연직하중을 전달하는 스티드 부재의 축내력이 현저히 적고, 현장조립 및 시공시 볼트나 용접이 불가능하며 태핑나사나 스크류볼트로 부재를 접합해야 하는 단점이 있다. 또한 박판부

1) 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사
(Tel. 043-229-8483, Fax. 043-229-8483, E-mail : hskim@cju.ac.kr)
2) 청주대학교 건축공학과 박사과정(sigreen@paran.com)
3) 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정(alimse@chol.com)

본 논문에 대한 토의를 2005년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

재의 좌굴문제와 이로 인한 구조부재의 내력 저하 및 편접합으로 인한 수평력에 대한 안정성 문제 등으로 인해 적용 구조물의 범위가 저층형 규모의 주택에만 국한되는 문제점을 가지고 있다. 또한 아연도금강판은 동일한 단면적을 가지는 일반 구조용 각형강관에 비해 단가가 높아 전체공사비의 증가를 초래하며, 인체에 유해한 물질인 암면이나 유리면이 중단열재로 사용되고 있다. 따라서, 이러한 문제점들을 해결하고 벽체의 내력성능을 현저히 개선시키기 위해 새로운 유형의 골조시스템인 경량기포콘크리트를 충전한 스테드-런너 골조형 벽체시스템을 개발하고자 한다.

본 시스템은 공장에서 일반구조용 각형강관(열간성형강)을 구조부재로 사용하여 스테드골조를 형성하고 벽체내부에 경량기포콘크리트를 채워 넣어 단위벽체를 구성한 후, 이를 현장에서 조립, 시공하는 벽체시스템으로, 단위벽체의 내력성능 증가 및 좌굴에 대한 효율적 거동을 기대할 수 있으며, 또한 경량기포콘크리트를 충전함으로써 차음성능 및 단열의 추가적인 효과를 가져다 줄 수 있다. 특히 벽체두께, 층고 및 스테드의 간격을 조절하여 다양한 단위 벽체패널을 구성할 수 있어, 중·저층(3~5층)규모의 공동주택 및 사무실건물에까지 적용범위가 다양하며, 공장제작에 의한 단위벽체의 선행작업으로 인해 공기를 단축할 수 있는 시공성능과 경제성을 갖춘 시스템이다. 이와 같은 시스템을 중·저층 건물에 체계적으로 적용하기 위해서는 연직하중과 수평하중에 대해 충분한 내력과 소성변형능력을 보유한 안전성 확보방안이 제시되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 국내 현장에서 효율적으로 활용할 수 있는 스테드-런너 골조형 벽체시스템의 체계적인 개발을 위해 런너의 설치간격 및 경량기포콘크리트의 타설 유·무를 변수로 한 실제 규모의 단위벽체를 시험체로 제작한 후 연직하중에 대한 축내력성능평가와 수평하중에 대한 전단내력성능평가를 통해 스테드-런너 골조형 벽체시스템의 구조적성능을 파악하고자 한다.

2. 단위 벽체시스템의 구성 형식

단위 벽체시스템의 구성형식은 그림 1과 같다. 주요 구조부재의 경우 KS D 3568(일반구조용 각형강관)에 명시된 SPSR 400과 SPSR 490 강재를 사용하여 메인스테드, 서브스테드, 런너를 설치하며, 벽체 내부에 경량기포콘크리트를 타설하고 단열재 또는 마감재를 부착한 후 마감을 하게 된다. 단위벽체의 양측 가장자리에 위치하며 단위벽체의 면외전도에 대해 강축으로 배치되어 면외력에 주로 저항하는 메인스테드는 좌우의 다른 벽체와 용접 및 접합철물으로써 연결되며, 각종 트러스, 포스트 및 헤더와의 접합이 이루어지는 부재이다. 단

위벽체의 내부에 설치되는 서브스테드는 단위벽체의 면내전도에 대해 강축으로 배치되어 면내력에 주로 저항하며 메인스테드와 서브스테드를 연결하여 주는 런너는 메인스테드와 서브스테드의 직각방향으로 양측면에 설치되어 수평하중이 작용시 브레이스의 역할을 수행한다. 벽체 내부에 타설되는 경량기포콘크리트는 기건비중 $3\text{kN}\sim 5\text{kN}/\text{m}^3$ 정도를 사용하여 단열 및 방음 효과와 수평하중을 일부분 부담하는 역할을 한다. 스테드-런너 골조형 벽체시스템은 모든 부재에 각형강관을 사용함으로써 충분한 강성 및 내력을 가지며, 미리 용접에 의해 공장에서 정밀제작 되어 현장으로 운반 후 조립 및 시공되기 때문에, 시공품질의 향상과 공사기간의 단축이 가능하고, 또한 기존 철골조 구조물과 혼합적용 및 시공이 가능한 벽체시스템이다.

표 1. 일반구조용 각형강관의 기계적성질

기호	인장강도 (MPa)	항복점 또는 내구력(MPa)	신장률(%) (5호 시험편)
SPSR 400	400	245	23이상
SPSR 490	490	325	23이상

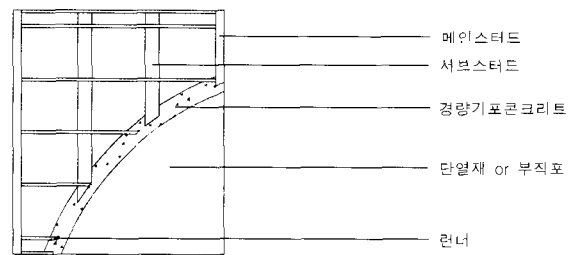
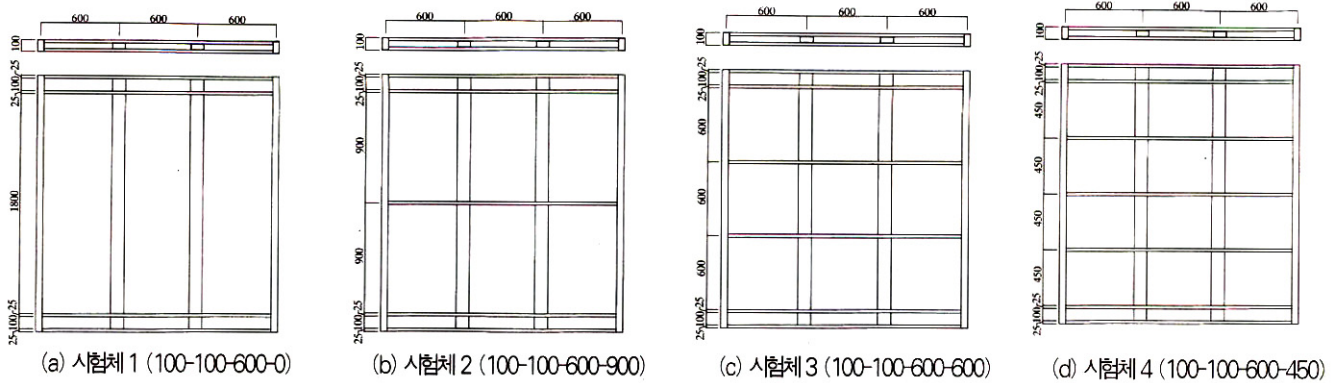


그림 1. 스테드-런너 골조형 벽체시스템의 구성형식

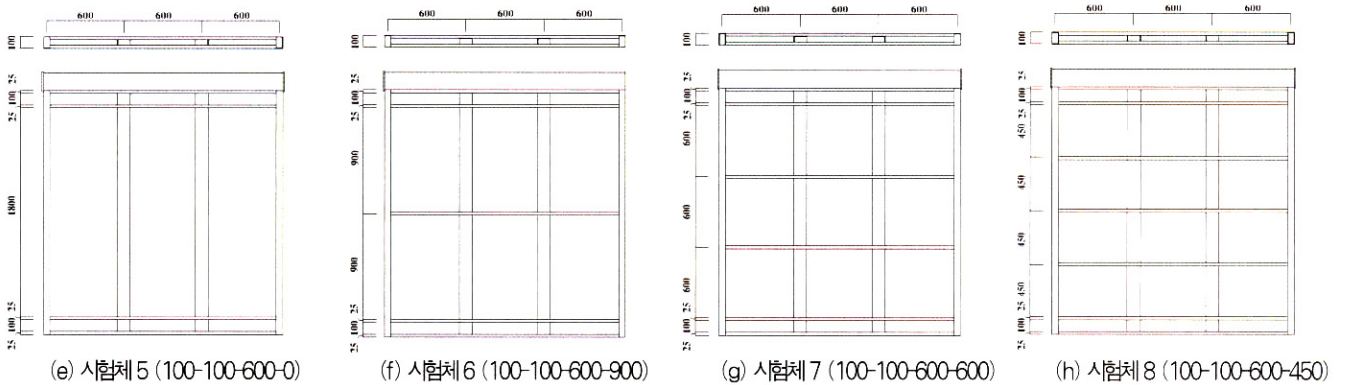
3. 단위 벽체시스템의 내력실험

3.1 시험체 제작

스테드-런너 골조형 벽체시스템의 연직하중 및 수평하중에 대한 성능평가를 위한 단위벽체 시험체는 국내현장의 시공조건을 바탕으로 계획되었다. 단위벽체 시험체는 SPSR 400의 일반구조용 각형강관부재를 사용하여 메인스테드, 서브스테드 및 런너부재를 조합하여 구성하며, 스테드-런너 골조형 벽체시스템의 축내력 및 전단내력에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 런너의 설치간격과 경량기포콘크리트의 타설 유·무를 변수로 두었다. 런너의 설치간격은 0, 450, 600, 900mm로 적용하여, 런너의 설치간격에 따른 스테드부재의 좌굴길이 변화와 런너의 횡지지역할의 기여도를 알아보고자



* 시험체9~12은 시험체1~4에 추가적으로 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 것
(A) 축내력 시험체



* 시험체13~16은 시험체5~8에 추가적으로 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 것
(B) 전단내력 시험체

그림 2. 실험체 형상 및 치수

표 2. 시험체 종류 (단위 : mm)

호칭	시험체명	스타드부재 사용단면	런너부재 사용단면
시험체 1.5	100-100-600-0	□-100×50×2.3	□-25×25×1.6
시험체 2.6	100-100-600-900		
시험체 3.7	100-100-600-600		
시험체 4.8	100-100-600-450		
시험체 9.13	100-100-600-0	□-100×50×2.3 (경량기포 콘크리트타설)	□-25×25×1.6 (경량기포 콘크리트타설)
시험체 10.14	100-100-600-900		
시험체 11.15	100-100-600-600		
시험체 12.16	100-100-600-450		

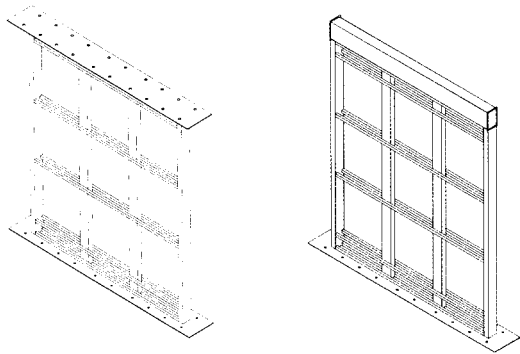
* 시험체 명 : 100-100-600-450
1 : 2 : 3 : 4

1 : 메인스타드 단면폭
2 : 서브스타드 단면폭
3 : 스타드 설치간격
4 : 런너의 설치간격

한다. 여기서 런너의 설치간격 0mm는 런너부재를 설치하지 않는 시험체를 의미한다. 또한, 경량기포콘크리트를 타설하였을 경우 단위 벽체시스템의 수직하중 및 수평하중에 대한 내력성능 평가를 위해 경량기포콘크리트의 타설 유·무를 실험 변수로 도입하였으며, 본 실험체에는 기건비중 4kN/m³의 경량기포콘크리트가 타설되었다. 모든 시험체는 하중을 가력할 경우 편심이 발생하지 않도록 공장제작시 수평, 수직을 정확히 맞추어 가공, 조립하며 모든 부재의 접합은 공장용접을 실시하였다. 시험체에 대한 분류별 명칭은 표 2와 같이 시험체 4와 8을 기본형으로 하여 총 16개의 시험체로 나누었고, 그림 2는 표 2에 따른 시험체 모형을 보여준다. 표 2에서 시험체 9~12와 13~16은 각각 시험체 1~4와 5~8의 동일한 조건에서 경량기포콘크리트를 타설한 경우이다.

3.2 시험체 상·하단부의 처리방안

스터드-런너 골조형 단위벽체의 상·하단부는 현장시공시 콘크리트 슬래브에 의해 10~15cm 정도 묻혀 변위 및 회전 에 대한 구속을 받고 있다. 따라서 이와 같은 단부조건을 실험 에 반영하기 위해 미리 축내력 시험체의 상·하단부에 충분한 강성을 가진 보강플레이트를 공장용접으로 부착하였으며, 시험체 상단부는 가력시 균등한 하중이 전달될 수 있도록 만능 시험기(U.T.M)에 미리 설치된 가력보와 볼트로 체결하여 밀착시키고, 하단부는 바닥에 설치되어있는 T-bolt와 체결하였다. 또한 전단내력 시험체의 상단부에는 액츄에이터 (Actuator)로부터 가해지는 수평하중이 시험체 전체에 균등 하게 전달될 수 있도록 가력용 보강부재를 설치하였으며, 시험 체의 하단부는 축내력 시험체와 같이 충분한 강성을 가진 보 강플레이트를 미리 공장용접으로 부착하고 이를 스트롱프레이밍 에 고력볼트로 체결하였다.



(a) 축내력시험체 (b) 전단내력시험체
그림 3. 단위 벽체 시험체의 상세도

3.3 시험체 설치 및 실험방법

3.3.1 축내력실험

축내력시험체 각 부재의 변형을 측정과 부재의 좌굴 및 파괴형상을 분석하기 위해 스트레인게이지(Strain Gauge)를 스테드부재의 중앙부 양면에 부착하고, 그림 4와 같이 시험체 의 상·하단부에 미리 설치된 보강플레이트를 U.T.M 헤드와 바닥사이에 볼트로 체결하여 고정시킨다. 변위계(LVDT)는 단위벽체의 수직변위를 측정하기 위해 벽체상단 중앙부와 단 부에 각각 설치하였으며, 단위벽체의 면내변위 및 면외변위를 측정하기 위해 서브스터드 및 메인스터드의 중앙부 런너 밑면 에서 상부쪽으로 100mm 위치에 좌굴방향(약축)단면쪽으로 설치하였다. 하중가력은 2,000kN 용량의 U.T.M을 사용하였 으며, 단위벽체에 가해지는 하중이 등분포를 이룰 수 있도록 가력보를 시험체 상부에 설치하여 재하하였다. 시험체의 가력

은 처음부터 붕괴시까지 10kN/min의 속도로 일정하게 하였 고, 최대하중이후 최대하중의 1/4값까지 하중을 재하하였다.

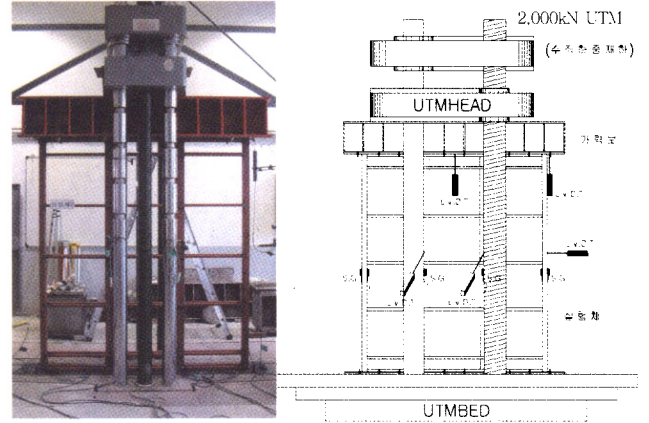
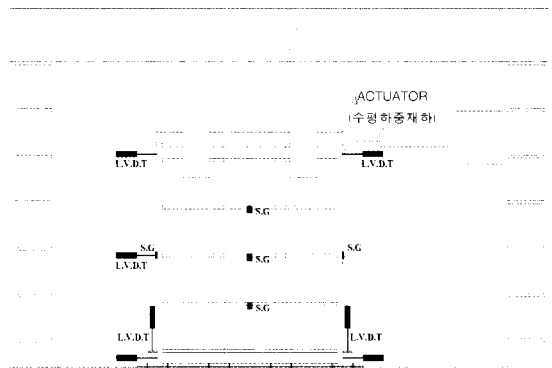


그림 4. 축내력실험을 위한 시험체 설치 현황

3.3.2 전단내력실험

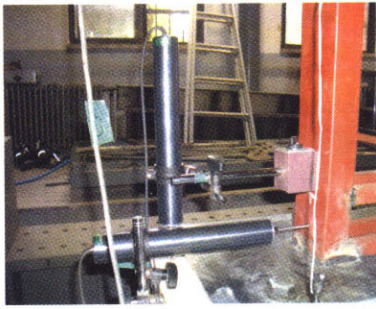
전단내력의 실험 및 계측방법은 ASTM 규준을 기준으로 하 며, 일부 상세히 규정되지 않은 부분은 JIS 규준을 보완하는 방법을 택하였다.



(a) 시험체 설치 현황



(b) 수평하중 가력장치 및 가이드 롤러



(c) LVDT 설치

그림 5. 전단내력실험을 위한 시험체 설치

그림 5와 같이 먼저 시험체 각 부재의 변형률을 측정하기 위해 메인스티드와 런너부재의 중앙부에 스트레인게이지를 부착하고, 시험체의 하단부에 미리 설치된 보강플레이트를 가력 프레임에 고력볼트로 체결시켜 시험체를 고정시킨다. 시험체의 변위는 벽체의 전단변형각을 측정하기 위한 중요한 데이터로서 측정점의 위치는 ASTM 및 JIS 규준에서 제시하는 위치를 중심으로 그림 5와 같이 LVDT를 설치하여 수평, 수직변위를 측정함으로써, 벽체의 전단변형 및 모멘트에 의한 휨변형량을 동시에 측정하고 이를 보정한 전단변형각을 산출한다. 또한 시험체의 면외방향의 변위를 제어하기 위해 ASTM 및 JIS 규준에 따라 시험체에 미리 설치된 가력용 보강부재의 설치부위에 가이드 롤러(Guide Roller)를 설치한다. 500kN 용량의 액츄에이터를 사용하여 단위벽체에 가해지는 수평하중이 시험체 전체에 균등하게 전달될 수 있도록 가력용 보강부재에 직접 가력하였으며, 최대전단하중 이후 시험체가 파괴되거나, 소성거동을 보일 때까지 수평방향으로 단조하중을 가하였다.

액츄에이터로부터 가력되는 하중이 모멘트의 효과 없이 순수 수평하중 만이 가력될 수 있도록, 시험체와 가력장치 사이의 접합은 핀접합으로 처리하였다.

3.4 실험결과

3.4.1 시험체의 파괴형상

먼저 축내력시험시 시험체의 파괴형상을 살펴보면 런너를 설치하지 않은 시험체 1과 900mm간격으로 런너를 1개 설치한 시험체 2는 최대축내력값 부근에서 메인스티드와 서브스티드의 약축방향으로 전체좌굴이 발생하여, 스티드부재의 중앙부가 꺾이면서 국부좌굴이 발생하였으며, 전체좌굴 후에는 팽음이 발생하는 동시에 축내력이 급격히 저하하였다. 또한 600mm, 450mm 간격으로 런너를 각각 2개, 3개 설치한 시험체 3, 4는 수직하중을 가하는 동안 스티드 상·하단부에 국

부좌굴이 먼저 발생하였으며, 최대축내력값에 도달 후에 런너가 더 이상의 힘을 받지 못하면서 벽체 면외방향으로 휘어지는 동시에 서브스티드에서 전체좌굴형태의 파괴형상이 나타났다. 이때 스티드 부재가 꺾이면서 스티드 부재의 중앙 하단부에 국부좌굴이 발생하였다. 또한 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 시험체 9~12의 파괴형상은 대부분 메인스티드의 상·하단부에서의 국부좌굴로 발생하였으며, 벽체상단부의 런너부재가 벽체 면외방향으로 솟아나오면서 기포콘크리트가 탈락되는 양상을 나타냈다. 특히, 그림 8과 같이 기준시험체인 시험체 4에 대해 메인스티드 및 서브스티드 중앙에 설치된

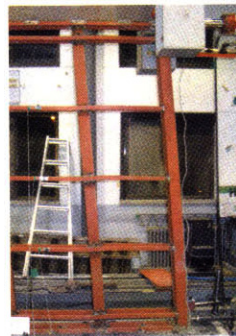


(a) 시험체 2의 파괴형상



(b) 시험체 3의 파괴형상

그림 6. 축내력시험체의 파괴형상 모습



(a) 시험체 8의 파괴형상



(b) 경량기포 콘크리트를 타설한 시험체의 파괴형상

그림 7. 전단내력시험체의 파괴형상 모습

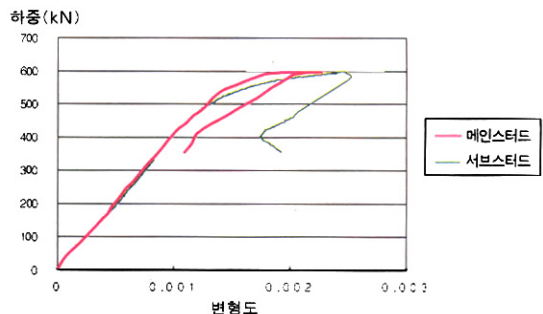


그림 8. 시험체 4의 축내력에 대한 하중-변형도 곡선

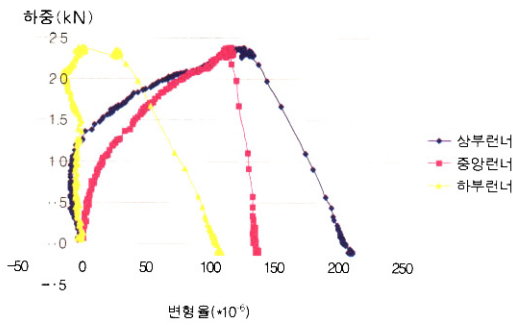


그림 9. 시험체 4의 전단내력에 대한 하중-변형도 곡선

변형률계를 통해 500kN까지 선형적으로 축변형이 발생한 후 소성변형이 일어남을 알 수 있으며, 최대내력 발생 후 내력이 급격히 저하되는 현상을 볼 수 있다.

또한 전단내력시험시 각 시험체의 파괴형태를 살펴보면 시험체 5~8의 경우 수평하중을 계속 가하는 동안 시험체의 전단변형이 발생하며 런너와 스테드 골조 사이의 용접부위의 파괴를 암시하는 소리가 실험도중 발생하였다. 다음으로 상부런너에서 좌굴이 발생하기 시작하여 중앙런너, 하부런너 순으로 좌굴이 계속 진행된 후 하중가력쪽 반대편 메인스테드 하단부위에 국부좌굴이 발생하였다. 즉, 각 골조의 접합부 특히 런너와 서브스테드의 용접부위가 주로 탈락되며 파괴가 일어나는 모습을 볼 수 있었다. 특히 상부런너, 중앙런너, 하부런너순으로의 좌굴현상이 일어나는 현상은 시험체의 런너 중앙부위에 미리 부착시켜놓은 변형률계를 통해서도 분석할 수 있는데, 수평하중을 계속 가하는 동안 시험체의 상부런너, 중앙런너, 하부런너에 발생하는 변형률을 측정한 그림 9에서와 같이 초기

에 상부런너에 변형이 시작되어 중앙런너, 하부런너 순으로 변형이 계속 진행되는 것을 알 수 있었고, 상부런너, 중앙런너, 하부런너 순으로 변형률이 크게 발생하였음을 보여주었는데 이를 통해 런너의 저항성능은 상단에 배치될수록 더욱 크게 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 시험체 13~16은 콘크리트와 런너가 만나는 부근에서 균열이 발생되기 시작하여 점차적으로 전체로 균열이 계속 진행되어 콘크리트의 파괴가 발생한 후 골조의 파괴로 이어지는 파괴형상을 볼 수 있었다.

3.4.2 시험체의 최대내력평가 비교

표 3은 런너의 설치간격과 경량기포콘크리트의 타설 유·무의 변수를 고려한 시험체의 최대내력값 비교를 보여준다.

1) 런너 설치간격의 영향

런너의 설치간격(0, 900, 600, 450mm)을 변수로 한 최대내력값을 살펴보면, 먼저 축내력실험의 경우 기준시험체 4를 기준으로 하여 시험체 1은 약 8.2%, 시험체 2는 3%, 시험체 3은 1.5%의 최대축내력 감소를 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 런너부재를 추가로 설치하면 최대축내력값은 증가하나 2개이상의 런너부재 설치시 시험체의 축내력성능의 효율성은 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 용접접합 감소의 증가로 인한 잔류응력영향으로 인해 국부적으로 내력이 저하되기 때문이라 볼 수 있다.

또한 전단내력 실험의 경우 시험체 8을 기준으로 하여 시험

표 3. 시험체의 최대내력값 비교

축내력시험				전단내력시험				
호칭	최대 축내력 (kN)	런너의 설치간격에 따른 최대축내력 비교 (시험체/기준시험체)	경량기포콘크리트의 타설 유·무에 따른 최대축내력 비교	호칭	최대 전단내력 (kN)	런너의 설치간격에 따른 최대전단내력비교 (시험체/기준시험체)	경량기포콘크리트의 타설 유·무에 따른 최대전단내력 비교	
시험체1	564.0	0.913	(경량기포콘크리트를 타설한 시험체 / 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체)	시험체5	17.6	0.746	(경량기포콘크리트를 타설한 시험체 / 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체)	
시험체2	599.0	0.970		시험체6	18.0	0.763		
시험체3	608.5	0.985		시험체7	20.6	0.873		
시험체4 (기준시험체)	617.5	1.000		시험체8 (기준시험체)	23.6	1.000		
시험체9	582.5	0.924		시험체13	46.2	0.783		시험체13/시험체5=2.63
시험체10	610.1	0.968		시험체14	55.1	0.934		시험체14/시험체6=3.06
시험체11	627.5	0.995		시험체15	57.0	0.966		시험체15/시험체7=2.77
시험체12 (기준시험체)	630.5	1.000		시험체16 (기준시험체)	59.0	1.000		시험체16/시험체8=2.50
				시험체9/시험체1=1.03				
				시험체10/시험체2=1.02				
				시험체11/시험체3=1.03				
				시험체12/시험체4=1.02				

체 5는 25.4%, 시험체 6은 23.7%, 시험체 7은 12.7%의 최대전단내력의 감소를 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 런너의 설치간격이 전단저항성능에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 하지만, 런너를 설치하지 않은 시험체 5와 중앙에만 하나의 런너를 설치한 시험체 6의 값의 차이는 매우 미비하여 중앙에만 하나의 런너를 설치하는 경우에는 런너가 전단성능에 큰 영향을 발휘하지 못함을 알 수 있다.

특히 경량기포콘크리트를 타설한 시험체에 대한 런너 설치간격의 영향을 살펴보면, 최대축내력값의 경우 기준시험체 12를 기준으로 하여 시험체 9는 7.6%, 시험체 10은 3.2%, 시험체 11은 0.5% 감소함을 볼 수 있으며, 또한 최대전단내력값의 경우 시험체 16을 기준으로 시험체 13은 21.7%, 시험체 14는 6.6%, 시험체 15는 3.4%의 감소를 보여주고 있다. 이와 같은 실험결과를 통해 경량기포콘크리트를 타설한 시험체의 경우, 런너를 설치하지 않은 경우의 축내력 시험체 9와 전단내력 시험체 13에 비해 런너를 900mm간격으로 1개 설치한 축내력 시험체 10과 전단내력 시험체 14의 축내력과 전단내력값이 크게 증가하여 런너의 설치 유·무가 축내력 및 전단저항성능에 큰 역할을 하고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 런너를 900mm간격으로 1개 설치한 축내력 시험체 10과 전단내력 시험체 14에 비해 런너를 600mm간격으로 2개, 런너를 450mm간격으로 3개 설치한 축내력 시험체 11, 12와 전단내력 시험체 15, 16의 최대축내력 및 최대전단내력값의 증가가 매우 작아 런너 설치간격에 의한 전단저항기여도는 매우 낮다는 것을 알 수 있었다.

2) 경량기포콘크리트 타설 유·무의 영향

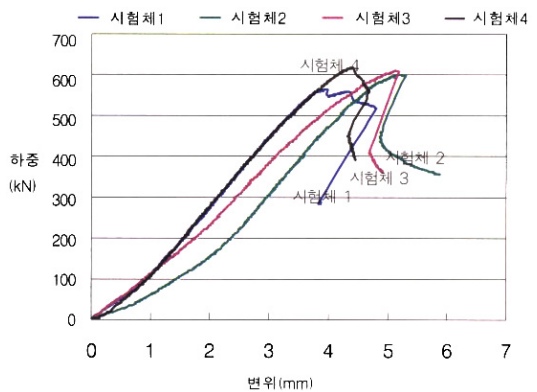
경량기포콘크리트의 타설 유·무에 따른 최대내력 성능을 살펴보기 위해 먼저 시험체 1과 9, 시험체 2와 10, 시험체 3과 11, 시험체 4와 12에 발생하는 최대축내력값을 비교해 본 결과, 표 3과 같이 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 1~4에 비해 추가적으로 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 시험체 9~12가 약 2~3%의 아주 적은 최대축내력값의 증가만이 있어 경량기포콘크리트 타설에 따른 축력저항성능의 기여도가 아주 낮다는 것을 알 수 있었다. 이는 경량기포콘크리트의 타설이 단위벽체의 최대축내력증가와 무관하며, 최대축내력이후의 소성변형능력의 증가효과와 단열 및 차음재로서 역할을 수행하는 것으로 판단된다. 또한, 시험체 5와 13, 시험체 6과 14, 시험체 7과 15, 시험체 8과 16에 발생하는 최대전단내력을 비교해본 결과, 표 3과 같이 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 5~8에 비해 추가적으로 경량기포콘크리트를 타설하여 양생시킨 시험체 13~16이 약 250~

306%의 최대전단내력이 증가함을 볼 수 있다. 이를 통해 경량기포콘크리트 타설이 매우 커다란 전단성능향상효과를 보여주고 있음을 알 수 있으며, 이는 경량기포콘크리트로 타설된 벽체가 끼움벽체의 효과를 가져다줌으로써 전단성능이 크게 향상되는 것으로 판단된다.

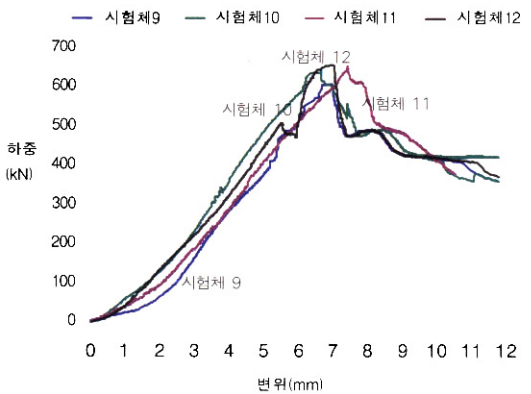
3.4.3 시험체의 연성도 평가비교

1) 축내력시험체의 하중-변위 관계곡선

그림 10은 축내력시험체에 미리 설치해 둔 변위계와 U.T.M 내부의 로드셀을 통해 측정된 자료를 통해 작성된 하중-변위관계곡선을 보여준다. 먼저 그림 10(a)의 시험체 1~4의 그래프를 살펴보면, 시험체 1과 3의 경우는 최대축내력에 도달할 때까지는 선형적으로 변위가 증가하여, 최대내력 도달 후, 시험체의 내력이 저하되는 과정에서 약간의 소성구간이 발생함을 보여주고 있으며, 시험체 2와 4의 경우는 최대축내력에 도달할 때까지는 선형적으로 변위가 증가하



(a) 시험체 1~4



(b) 시험체 9~12

그림 10. 축내력 시험체의 하중-변위 관계곡선

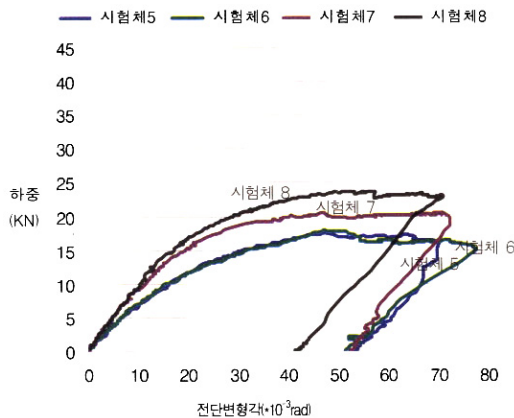
여, 최대 내력 도달 후, 시험체의 내력이 급속하게 저하되는 양상을 보여준다. 또한 시험체 1~4에 추가적으로 경량기포 콘크리트를 타설한 그림 10(b)의 시험체 9~12의 그래프를 살펴보면, 그림 10(a)의 시험체 1~4에 비해 최대내력 도달 후, 붕괴시까지의 연성적인 거동과 소성변형능력이 크게 증가함을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 용접접합 개소의 증가로 인한 잔류응력영향으로 인한 국부적 내력감소에 의해 런너부재의 소성변형능력에 대한 효과는 매우 미비하나, 경량기포콘크리트 타설의 소성변형능력에 대한 효과는 매우 큰 것으로 판단된다.

2) 전단내력시험체의 하중-전단변형각 곡선

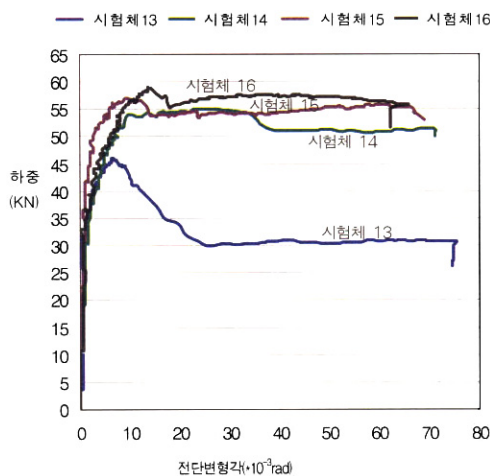
그림 11은 런너의 설치간격(0, 900, 600, 450mm)을 변수로 고려한 전단내력시험체 5~8과 추가적으로 경량기포콘크리트를

타설한 전단내력시험체 13~16의 하중-전단변형각 곡선을 보여준다. 먼저 그림 11(a)의 시험체 5~8의 그래프를 살펴보면, 최대전단변형각은 $70.5 \times 10^{-3} \sim 77.7 \times 10^{-3} \text{rad}$ 의 값을 갖고 있으며, 시험체 모두 하중재하의 초기에는 선형적으로 전단변형각이 증가하여 최대전단하중에 도달 후 완만한 곡선을 가진 소성흐름구간이 발생하는 것을 볼 수 있으며 또한, 런너의 간격이 증가 할수록 초기 하중-전단변형각 곡선의 기울기와 최대전단하중값이 감소함을 볼 수 있다.

그림 11(b)의 시험체 13~16의 그래프를 살펴보면, 경량기포콘크리트를 타설한 모든 시험체가 최대전단내력에 도달 후 소성구간이 매우 크게 발생하여 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체에 비해 소성변형능력이 매우 크게 증가함을 볼 수 있었으며, 전단내력값 또한 매우 크게 증가함을 볼 수 있다. 이는 경량기포콘크리트를 타설함에 의한 끼움벽체 효과로 면내전단강성이 매우 증가된 벽체가 면내전단력을 부담함으로써 전단성능 및 연성도가 크게 향상되는 것으로 판단된다.



(a) 시험체 5~8



(b) 시험체 13~16

그림 11. 전단내력 시험체의 하중-전단변형각 곡선

3.4.4 전단성능 평가

표 4는 전단내력시험체 5~8, 13~16의 전단성능을 평가하기 위해 항복하중, 항복변위, 최대변위, 초기강성, 변형능력을 분석한 것이다.

표 4. 시험체별 전단성능평가

시험체명	P_y (kN)	δ_y (cm)	δ_u (cm)	K_i	μ
시험체 5	10.0	4.86	13.28	2.06	2.73
시험체 6	11.0	4.75	13.24	2.32	2.79
시험체 7	11.5	4.45	13.20	2.58	2.97
시험체 8	14.0	3.99	12.12	3.51	3.04
시험체13	30.0	1.27	14.17	23.62	11.16
시험체14	34.0	1.16	13.51	29.31	11.65
시험체15	34.2	1.12	13.09	30.54	11.69
시험체16	37.5	1.06	12.52	35.38	11.81

P_y (항복하중), δ_y (항복변위), δ_u (최대변위),
 $P_y / \delta_y = K_i$ (초기강성), $\delta_u / \delta_y = \mu$ (변형능력)

1) 초기강성

초기강성 K_i 는 항복하중 P_y 와 항복변위 δ_y 를 이용하여 식 (1)과 같이 산정한다.

$$K_i = \frac{P_y}{\delta_y} \quad (1)$$

표 4에서 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 5~8은 초기강성 K_i 가 2.06~3.51에 분포하며 런너의 설치간격이 감소할수록 초기강성이 증가함을 알 수 있었다. 또한 경량기포콘크리트를 타설한 시험체 13~16의 경우는 초기강성 K_i 가 23.62~35.38에 분포하여 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 5~8에 비해 초기강성이 약 10배 증가함을 알 수 있었으며, 시험체 5~8과 마찬가지로 런너의 설치간격이 감소할수록 초기강성이 증가함을 알 수 있었다.

2) 변형능력

변형능력 μ 는 항복변위 δ_y 와 최대변위 δ_u 를 이용하여 식 (2)와 같이 산정한다.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

표 4에서 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 5~8은 변형능력 μ 가 2.73~3.04에 분포하며 런너의 설치간격이 감소할수록 변형능력이 증가함을 알 수 있었다. 또한 경량기포콘크리트를 타설한 시험체 13~16의 경우는 변형능력 μ 가 11.16~11.81에 분포하여 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체 5~8에 비해 변형능력이 약 4배 증가함을 알 수 있었으며, 시험체 5~8과 마찬가지로 런너의 설치간격이 감소할수록 변형능력이 증가함을 알 수 있었다. 특히 兵田伸一 등이 제안한 문헌을 살펴보면, 시험체의 변형능력 μ 가 2이상의 값을 갖는 경우 변위 측면에서 비교적 안정적인 거동을 하는 것으로 볼 수 있다고 제시되어 있다. 따라서 본 연구의 경우 시험체 모두 변형능력 μ 가 2이상 범위에 분포하므로 변위 측면에서 모두 안정적인 거동을 하고 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

런너의 설치간격 및 경량기포콘크리트의 타설 유·무를 고려한 스타드-런너 골조형 벽체시스템의 구조내력성능 평가시험을 통해 얻은 실험데이터 및 파괴형상을 근거로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 축내력시험시 런너의 설치간격을 감소시킬 경우 좌굴길

이의 감소로 인한 전체좌굴이 방지됨으로써 스타드 상·하단부에 국부좌굴형태의 파괴가 발생하였으며, 전단내력시험시 시험체의 파괴형태는 주로 런너와 서브스터드의 용접부위가 주로 탈락되며 파괴가 일어났으며 런너부위는 상부런너, 중앙런너, 하부런너 순으로 좌굴이 진행되었다. 경량기포콘크리트를 타설한 시험체의 파괴형상은 축내력시험, 전단내력시험 모두 시험체의 런너와 경량기포콘크리트가 만나는 부근에서 주로 균열이 발생하였다.

- (2) 축내력시험체의 경우 런너부재의 추가 설치시 최대축내력값은 증가하나 런너를 많이 설치한다고 해서 단위벽체의 축내력값이 계속 증가하지 않음을 알 수 있었다. 또한 전단내력시험체의 경우 런너를 많이 설치함에 따라 전단저항성능효과가 매우 증가함을 알 수 있었고, 경량기포콘크리트를 타설한 시험체의 경우 축내력시험체와 전단내력시험체 모두 런너의 설치 유·무가 축내력 및 전단저항성능에 큰 역할을 하고 있는 것을 알 수 있었다.
- (3) 경량기포콘크리트의 타설 유·무에 따른 내력성능 비교시 경량기포콘크리트 타설에 따른 축내력저항성능에 대한 기여도는 아주 낮으나, 경량기포콘크리트가 최대축내력 이후의 소성변형능력이 증가하며, 전단성능향상효과에 있어서는 경량기포콘크리트로 타설된 벽체가 기음벽체의 효과를 가져다줌으로써 전단성능이 크게 향상되는 것으로 판단된다.
- (4) 경량기포콘크리트의 타설 유·무에 따른 연성도 비교시 경량기포콘크리트를 타설한 모든 시험체가 최대내력에 도달 후에 소성구간이 매우 크게 발생하여 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체에 비해 연성적인 거동과 소성변형능력에 매우 큰 효과를 주는 것을 알 수 있다.
- (5) 경량기포콘크리트의 타설로 인해 초기강성과 변형능력이 경량기포콘크리트를 타설하지 않은 시험체에 비해 상당히 향상된 것을 알 수 있었으며, 특히 모든 시험체의 변형능력 μ 가 2이상의 값을 갖고 있어, 변위의 측면에서 안정적인 거동을 하고 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 논문은 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호 : R05-2003-000-11711-0)

참 고 문 헌

이상섭, 배규용(2004), 경량기포모르터와 합성한 경량형강 벽체의 전단 저항, 한국강구조학회 논문집, 제16권, 4호, pp.397-406

이팔갑(1999), 스틸하우스 내력벽체의 내력성능에 관한 연구, 대한건축학회지, 제43권, 3호, pp.17-23

박준배, 이상섭, 윤명호, 문태섭(1998), 스틸하우스 조립벽체의 구조적 거동에 대한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 제14권, 2호, pp.3-11

홍건호, 이승은(2002), 축력을 받는 스틸하우스 면재 전단벽체의 전단성능평가, 대한건축학회논문집, 제18권, 9호, pp.13-20

兵田伸一외 4인(1998), 스틸하우스 내력벽의 기준내력을 구하기 위한 면내전단시험-시험방법, 일본건축학회 학술강연집, pp.849-850

清水秀夫외 2인(1998), 연직하중을 받는 스틸하우스 내력벽의 면내전단시험, 일본건축학회 학술강연집, pp.983-984

일본공업규격(1994), 건축용구성재(판넬)에 대한 구조부분의 성능시험방법

ASTM(2000), Standard Practice for Static Load Test for Shear Resistance of Framed Walls for Buildings, *ASTM E 564-95*

(접수일자 : 2005. 3. 15 / 심사일 2005. 3. 24 / 심사완료일 2005. 5. 16)