

# 면외하중을 받는 보형 SC구조 시험체의 휨 및 전단특성에 관한 실험적 연구-시험방법을 중심으로-

## Experimental Study on Bending and Shear Behavior of SC Structures under Out of Plane Load

박동수\*

정원섭\*\*

Park, Dong Su

Jeoung, Won Seoup

---

### ABSTRACT

This is an experimental study on the out of plane load behavior of SC (Steel Plate Concrete) wall module under bending and shear loading. 4 tests were conducted to verify structural performance according to rib reinforcement ratio, stud reinforcement ratio and shear reinforcement ratio. On the basis of test results, it is found that rib reinforcement ratio is a main factor of flexural strength of SC structures.

### 요 약

구조실험에서 실험장치의 구성방법은 실험 결과에 결정적인 영향을 미치는 중요한 요소이다. 가력장치와 치구를 어떻게 구성하느냐에 따라서 의도하는 실험조건이 구현될 수 있다. 특히, 실물구조물과 같은 대형 실험체를 이용하여 실험하는 경우에는 실험장치를 구성하는 경제적 비용을 감안하여 정확한 하중을 가력하기 위한 실험장치의 구성이 더욱 중요하다.

본 논문은 이와 같은 필요성에 의하여 구조실험시설에서 일반적으로 이용하고 있는 설비를 이용하여 경제적이고 효과적인 실험장치를 구성하여 대형 보형실험체의 실험을 수행하고 그 결과를 기술하기 위하여 작성되었다.

### 1. 서 론

일반적으로 보형 실험체의 전단/휨 실험을 실시하기 위한 실험장치를 구성하는 방법으로는 보통 유압가력기(Actuator) 및 유압잭 또는 UTM을 이용하여 실험할 수 있다. 그러나 실험체에 가력하는 가력점 2개 이상인 다점이고, 가력하중이 큰 실물규모 실험체이며 가력점의 가력하중이 서로 다르면 UTM을 이용할 수 없고 각 가력점 마다 각각의 프레임을 구성하여 유압가력기 및 유압잭을 이용하여야 하는데 실험장치의 구성이 복잡하며, 많은 비용이 소요된다는 문제점이 있게된다. 이에 따라 본 논문에서는 기존의 시험설비를 이용하여 경제적이고 효과적으로 실험장치를 구성하는 방법을 개발하였다.

---

\* 정희원, 한국전력공사 전력연구원, 선임연구원

\*\* 정희원, 한국전력공사 전력연구원, 선임연구원

## 2. 본론

### 2.1 실험장치의 필요성

유압잭을 이용할 경우는 가력하중이 상이한 지점의 가력을 위하여는 각 가력지점마다 상이한 하중을 가압하기 위한 가압펌프 조절장치가 필요하게 된다. 또한, 본 유압조절장치는 로드셀을 이용하는 하중조절 방법이 아니라 유압의 조절에 의한 하중조절법으로 정밀하게 하중을 조절할 수 없고 가력속도의 조절이 어려워 정밀한 실험을 수행 하기에는 부족한 점이 있다.

유압가력기를 이용하여 하중을 가력하는 경우는 유압가력기 구입에 고가의 비용이 소요되며, 유압가력기는 저압을 이용한 서보밸브 시스템에 의하여 하중을 조절하므로 기본적으로 크기가 커서 유압가력기를 지지하는 프레임의 크기가 매우 커지는 경향이 있다. 이에 따라 기존의 대형 구조실험실에 일반적으로 갖추어진 시험설비인 대형 UTM(Universal Testing Machine)을 이용하여 다점·다하중 휨가력실험장치를 구성하는 방법을 개발하였다.

### 2.2 가력프레임의 구성

실험가력 조건은 아래의 그림과 같이 가력점 4점 중 중간의 2점에는 2P의 하중을, 양단의 2점에는 P의 하중을 각각 가력하여야 한다. 이를 위하여 UTM의 로드셀 하부에 가압프레임을 제작하여 설치하고, 가압프레임 하부의 가력점에 중간의 2점 2P의 하중이 가압되는 지점은 200 Ton 용량의 유압잭 2개를 병렬로 각각 설치하고, 양단의 P의 하중이 가력되는 지점은 200 Ton 용량의 동일한 유압잭 1개를 각각 설치하였다. 이러한 방법으로 총 6개의 유압잭을 설치한 후 유압잭을 동일한 유압회로로 구성하고 끝단을 막아 폐쇄회로로 만들었다. 즉, 유압잭의 모든 압축측 유압포트는 동일한 회로로 구성하고 인장측 유압포트도 동일한 회로로 구성하고 끝단을 폐쇄하였다. 유압잭 스트로크 총 450 mm의 스트로크 중 중간점인 225mm를 내밀도록 유압을 공급하고 유압회로를 외부회로와 단절하였다.

유압잭 스트로크를 450mm로 길게 제작한 이유는 실험중 각 가력점이 해당하는 실험체 부분 응력에 따라 변위가 상이하게 발생하므로 가력점에 가해지는 힘과는 상관없이 실험체 변형에 대응할 수 있도록 유압잭의 스트로크 길이를 고려하였다. 장치의 작동은 UTM에 의하여 프레임이 가력되면, 프레임의 하부에 설치된 유압잭의 압축측이 가압되며 6개의 유압잭이 동일한 회로로 구성되어 있기 때문에 각각의 유압잭 1개가 받는 힘은 UTM의 가력되는 힘의 증가에 따라 계속 동일한 비율의 힘을 유지하게 된다. 또한, 실험체의 변형에 따라 스트로크는 나오기도 하고 들어가지기도 한다. 중간의 2P부분의 유압잭이 2개 설치된 부분은 유압잭이 2개이므로 2배의 하중이 가력되며 외부의 1P부분은 유압잭이 1개 이므로 1배의 하중이 가력되게 된다. 본 가력시스템의 장점은 보통의 유압잭을 이용한 가력방법에서는 가력 방법으로 유압펌프에 의한 유압잭에 유량을 증가시켜 가력하는 방법으로 정밀한 유량제어가 어려워 실험속도의 제어가 불가능하였다. 그러나 본 시스템에서는 가력을 UTM에 의하여 가력하므로 UTM의 정밀실험 수준으로 실험을 진행할 수 있다.

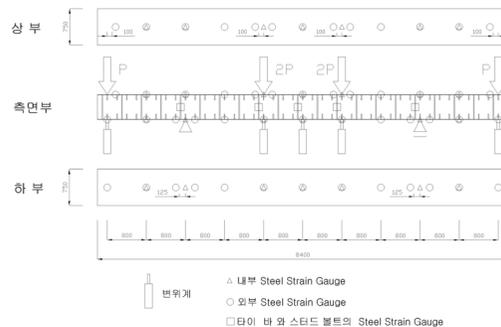


그림 1. 실험체 가력하중의 분배 및 센서설치 상황

실험체를 설치하기 위한 장치로는 제작한 실험체가 개당 중량이 7.5ton 및 길이가 8,400mm에 달하기 때문에 보통 실험동에 설치된 오버헤드 크레인(Overhead Crane)을 이용하여 실험체 설치시 UTM 및 프레임, 유압잭에 의하여 접근이 불가능하기 때문에 유압받침 및 레일을 가력프레임과 수평방향으로 설치하여 실험체의 설치 및 해체가 간편하도록 설계하였다. 유압받침에는 내부에 용량 10ton의 유압잭이 8개가 설치되어 최대 중량 80ton의 실험체를 이동하여 설치할 수 있도록 하였다. 실험체 프레임의 도면과 실제 프레임 설치 사진은 그림 2와 11과 같다.

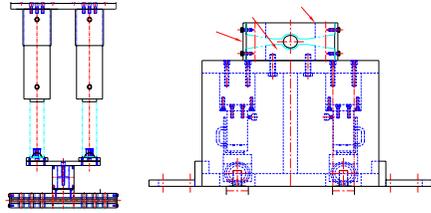
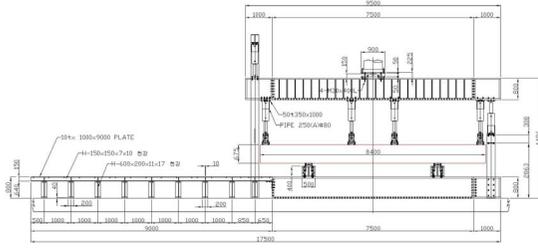


그림 2. 하중 가력프레임 및 레일시스템    그림 3. 2P 부분 유압잭 조립도    그림 4. 지지점

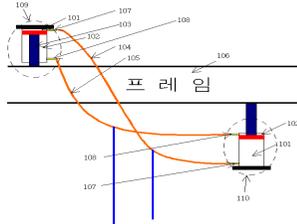


그림 5. 수평유지 유압잭의 설치 및 작동원리    그림 6. 유압잭 설치 및 유압포트 연결 상황



그림 7. 좌측    그림 8. 우측 수평유지 유압잭    그림 9. 실험 진행상황

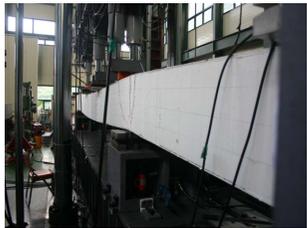
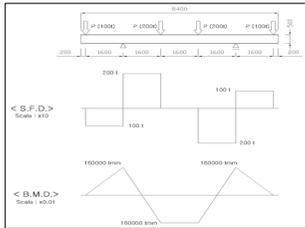


그림 10. 가력지점 및 최대하중에서의 다이어그램    그림 11. 실험체 설치 및 실험결과

### 2.3 실험방법

실험방법은 UTM의 실험방법과 동일하다. 실험체에 가해지는 총 가력하중은 UTM의 하중이며, 각 가력지점에 가해지는 하중은 하중비율에 따라 분할되어 가력된다. 다만, 한가지 다른 점은 유압잭을 지지하는 UTM 하부에 체결되는 프레임이 실험체의 실험진행에 따른 변형에 의하여 수평에서 기울어지는 경우 UTM의 로드셀 및 장비에 의도되지 않는 하중에 의하여 변형이 유발될 수 있어, UTM의 로드셀과 프레임이 힌지를 매개로 결합되어 실험중 프레임의 기울어짐을 허용하였다. 그러나, 과도하게 프레임이 기울어지면 실험체에 가력되는 지점이 이동되고, 수직력 뿐 아니라 수평력 발생되기 때문에 프레임을 수평상태로 유지하여야 한다. 이를 위하여 실험체에 가력하는 목적의 유압잭외의 별도의 유압잭을 프레임 좌/우에 1개씩 유압잭을 설치하여 수평을 유지하도록 하였다. 이로 인하여 좌/우의 유압잭이 실험체에 순수하게 분담하여야 할 UTM의 하중을 얼마간 소모하게 되므로 실험체의 각점에 정확하게 가력되는 하중을 측정하기 위해, 각 지점에 로드셀을 장착하여 각 지점의 하중을 실시간으로 측정하였다.

좌우 유압잭을 2개 설치하여 수평을 유지하는 원리는 유압잭의 압축측 포트, 인장측 포트끼리 공통회로를 만들고 폐쇄하고 한쪽 유압잭을 뒤집어 설치하면, 한쪽을 누르면 다른 쪽도 같은 길이가 줄어들게 되어 유압잭의 전체 길이가 같이 지게 되고 같은 방법으로 한쪽의 유압잭을 당기면 다른 쪽의 유압잭도 당겨져와 역시 유압잭의 길이는 같아지게 된다는 원리를 이용한 것이다.

하중가력은 변위제어 방식의 단조가력으로 하고, 실험체 항복 시 까지 가력한다. 가력속도는 변위 제어의 방법으로 0.005mm/sec의 속도로 가력을 하고, 가력단계마다 실험체 측면부의 콘크리트 균열을 점검한다. 그리고 실험체 항복 후, 실험체의 균열과 최종변위를 확인한다.

#### 2.4 실험결과와 분석

본 시스템의 하중배분과 프레임의 수평유지를 측정한 결과 그림 12 및 그림 13과 같이 의도한 대로 시스템이 작동하였음을 알 수 있었다.

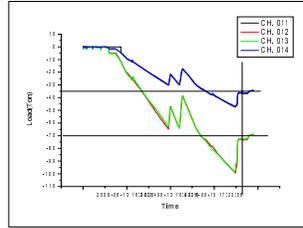


그림 12. 각 지점의 하중 분배

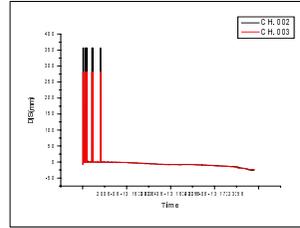


그림 13. 프레임 양단의 처짐량

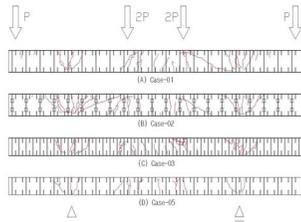


그림 14. 실험 결과 그림 15. 단부의 하중-변위 관계 그림 16. 중앙부의 하중-변위 관계

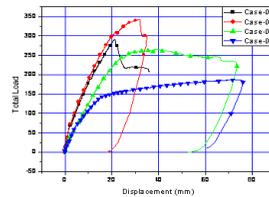
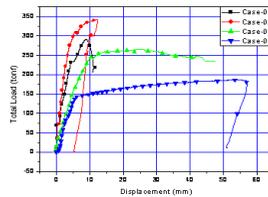


그림 14는 실험결과와 균열현황을 나타낸다. 실험체의 구조성능에 따라 차이는 있지만 실험체의 각 부분이 균일하다고 가정하면 실험체 전체적으로 좌우 대칭 및 각 지점에서 균열에 의하여 각 지점에 의도한 가력하중에 정확하게 가력되었다고 볼 수 있다. 그림 15 및 그림 16은 각 실험체의 형식에 의한 결과를 나타내고 있다.

### 3. 결 론

UTM 및 유압잭을 이용한 가력시스템을 이용하여 SC구조의 면외하중 특성실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 대형 보형시험체를 다점 및 다하중의 조건으로 시험하기 위하여 구조시험동에 마련된 UTM과 유압잭을 이용하여 시험한 결과 의도한바와 같이 각 지점에 정확하게 하중이 가력되었으며, 시험이 원활하게 진행되었다.
- ② 프레임 양단은 시험의 진행에 따라 동일한 처짐량을 보였다.
- ③ 프레임 양단의 처짐량을 제어하기 위하여 설치한 유압잭에는 시험에서 무시할 만한 수준의 하중이 부과되어 프레임 양단의 처짐량을 제어하기 위한 기구로 만족할 만한 결과를 보였다.
- ④ 레일 시스템에 의한 시험체의 설치 및 해체로 좁은 공간을 효율적으로 이용할 수 있었으며, 시험이 빠르게 진행되었다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년도 산업자원부 기반기금과제인 “SC구조 기술기준 개발” 과제의 일부로서 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. B.Mckinley, L.F.Boswell. Behavior of double skin composite construction. Journal of Constructional Steel Research 58(2002)
2. 일본전기협회(2005) 강판콘크리트구조내진설계기술지침 JEAG 4618-2005