

# 壓縮力を 받는 鐵骨 部材에 있어서 좌굴대책

金 喆 煥\*

## 1. 머릿말

트러스등과 같은 철골 구조물에 있어서 부재가 중심 압축력을 받을 때, 적은 하중하에서는 탄성적인 軸方向 變形을 일으키지만, 하중이 증가함에 따라 어느 하중에 이르러서는 순간적인 側方向 變形(좌굴)을 일으키며 내력도 급격히 저하하게 된다. 이러한 경우 트러스 구조물에 있어서 인접부재에 과다한 부하가 발생하게 되어, 종국적으로는脆性적인 붕괴현상을 일으킬 위험이 있다.

본고에서는 이러한 좌굴현상을 방지하기 위해 진행되고 있는 연구 동향의 일부를 소개하고 있다.

## 2. 應力制限機具(F.L.D.=Force Limiting Device)

응력제한기구는 1960년 초반 De Runtz등에 의해 재료 변형형[1]이 제안된 이후 1979년 Schmidt등에 의해 본격적인 연구[3]가 시작되었다. 이는 압축 하중을 받을 때 사전에 산정된 압축 하중(제한하중)에서 항복을 일으켜 내력의 저하 없이 소성 변형을 진행시키는 기구를 말한다. 이러한 응력 제한기구(이하, FLD라 한다)는 그림 1 과 같이 좌굴을 일으킬 수 있는 압축하중을 받는 부재에 삽입됨에 따라, 부재가 좌굴하중에 도달하기 이전에 FLD부분이 압축하중에 의해 항복하게 되어 그림 2에서와 같이 안정된 하중-변형의 이력을 나타낼 수 있다.

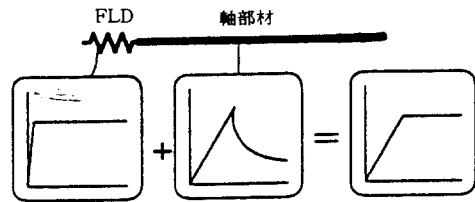


그림 1. FLD부재의 기본 개념

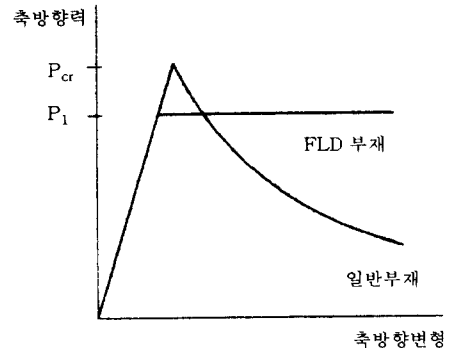


그림 2. FLD부재의 하중-축방향변형 관계

이러한 FLD가 갖추어야할 사항은 아래와 같다.

- ① 하중-변형곡선은 가능한한 완전 탄소성형에 근사될 것
  - ② 제한하중 P1에 대한 신뢰성 문제
  - ③ 충분한 축방향 변형이 허용될 것
- 상기의 필요사항을 고려하여, 현재 개발되고 있는 FLD는 다음의 3종류로 나눌 수 있다.

### 2.1 FLD의 種類

- ① 압력식-그림 3에 나타난 형식으로서, 축방

\* 대한주택공사 주택연구소, 선임연구원, 공박

항력에 의해 발생하는 압력이 제한 하중에 의한 압력보다 커지게 되면 측면의 도출구로 압력을 도출시키므로 축방향력을 제한하중으로 일정하게 유지시키는 기구이다.

② 재료변형식-그림 4(a), (b)에 나타난 형태

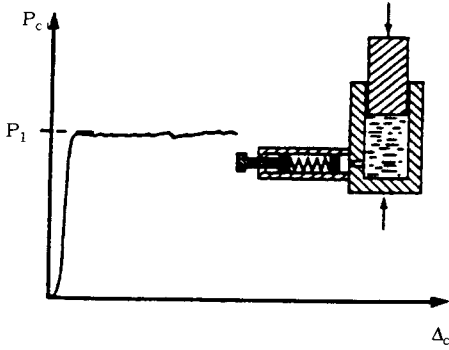


그림 3. 압력식 FLD

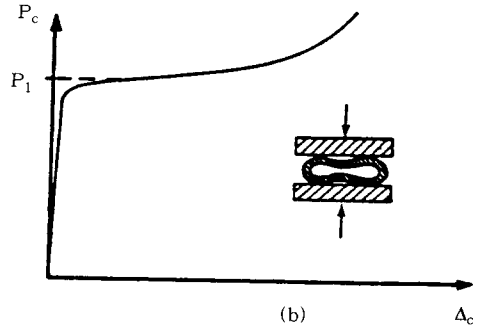
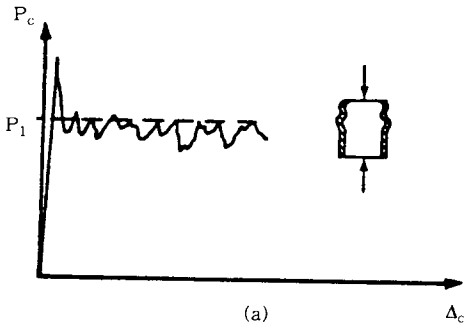


그림 4. 재료 변형식 FLD

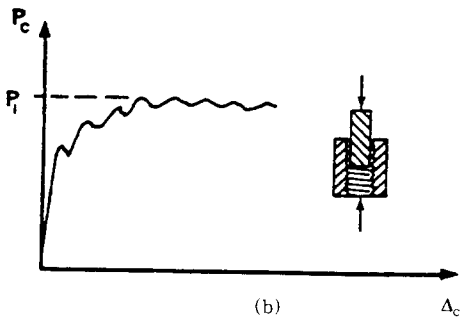
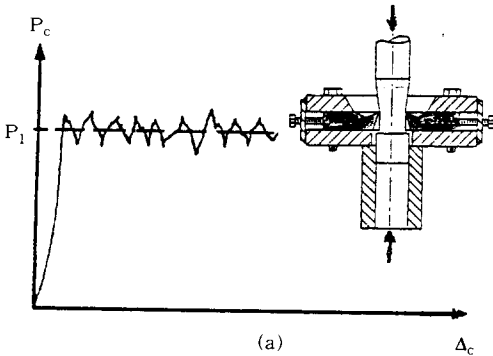


그림 5. 마찰식 FLD

로서, 단부를 절삭가공하거나 플랫 튜브를 삽입하여, 축력이 제한하중보다 높아지면 절삭가공 부분 또는 삽입한 튜브가 변형하게 되어 하중을 일정하게 유지시키는 기구이다.

③ 마찰식-그림 5(a), (b)에 나타난 형식으로, 부재를 볼트-너트처럼 요철가공하거나 측면에서 볼트를 죄어, 마찰력으로써 제한하중을 유지시키는 기구이다.

### 2.2 트러스에 있어서 FLD 插入의 效果[4]

연직하중을 받는 트러스 구조물에 있어서, 압축력을 받는 부재에 FLD를 삽입한 경우와 일반적인 트러스구조물에 대해 재하능력을 해석적으로 검토한 결과를 소개한다.

해석대상은 그림 6에 나타난 바와 같이 7×7 그리드의 2층입체 트러스이며, 구성부재는 적재하중

과 자중을 고려한 하중에 대해 단기허용 응력도 설계를 한 것을 대상으로 하고 있다. 또한 FLD부재의 하중-변형관계에 있어, 제한하중은 부재의 단기허용압축축력으로, 2차강성은 초기강성의 1%로 하며, 또한 재료의 항복 응력도는  $2.4t/cm^2$ 으로 한다.

해석 결과를 그림 7에 나타낸다. 그림중의 종축은 설계하중으로 무차원화한 연직하중이며, 횡축은 상부절점의 평균치짐을 설계하중시의 평균치짐으로 무차원화한 것이다. 해석결과에서 알 수 있듯이, 일반적인 트러스의 경우에는 조기에 내력저하가 일어남에 반해, FLD트러스의 경우에는 내력의 저하없이 큰 변형능력을 나타내고 있다.

### 3. 二重鋼管 部材[5]

좌굴 현상은 좌굴 변형각식에서 알 수 있듯이

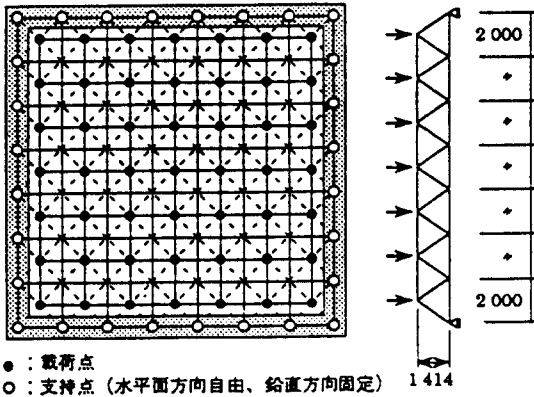


그림 6. 해석 대상

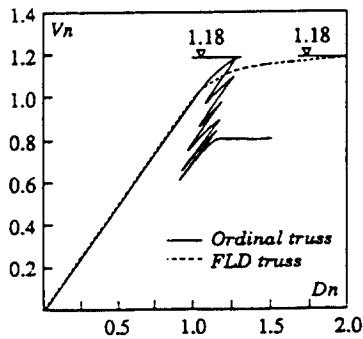


그림 7. 해석 결과

부재의 휨剛性이 저하함에 따라 일어난다고 말할 수 있다. 따라서, 압축을 받는 부재에 있어 축력을 부담하지 않는 별도의 부재를 설치함에 따라 압축 부재에 작용하는 축력에 좌우되지 않고 휨강성을 유지할 수 있는 補剛材로서의 유효한 기능을 발휘할 수 있다. 이와같은 補剛방법은 상기의 FLD부재와는 달리, 補剛材가 주축과 동일 직선상에 설치되어야 하며, 또한 주부재의 전장에 걸쳐 연속적으로 보강되어야 한다.

이러한 개념하에서 그림 8에 나타낸 것과 같은 2개의 강관으로 이루어진 2중 강관이 제안[5]되어 있다. 2중 강관은 외관을 압축부재로 內管을 補剛材로한 것으로서, 內管에 축력이 작용하지 않도록 양단부에 클리어런스(그림 8의 D)가 확보되어 있다. 그림에서 알 수 있듯이 外管에 압축하중이 작용하여 側面 변형이 일어나면, 內管에도 側面 변형이 일어나게되어 補剛力이 발생하여 外관의 側面 변형에 저항하게 된다.

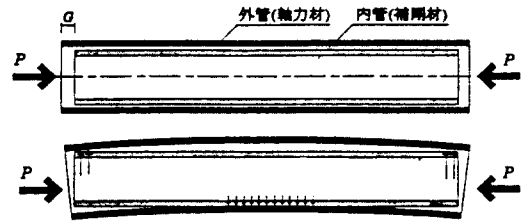


그림 8. 이중강관의 개념

#### 二重鋼管의 效果

상기의 2중 강관부재에 대한 보강 효과를 검토하기 위해 행해진 실험 결과를 아래에 소개한다.

二重강관 및 單鋼管의 실험체의 제원은 아래와 같다.

단강관 및 2중강관의 외관 :  $\phi 76.3 \times 2.8$ (mm), 세장비 : 75

2중강관의 내관 :  $\phi 70.0 \times 5.0$ (mm)

실험결과를 그림 9에 나타낸다. 그림에서 종축은 시험체의 내력을 외관의 항복내력으로 무차원화한 것이며, 횡축은 외관의 항복내력시 축방향 변형으로 무차원화한 축방향 변형을 나타낸다.

실험결과에서 단강관은 최대하중이후 전체좌굴

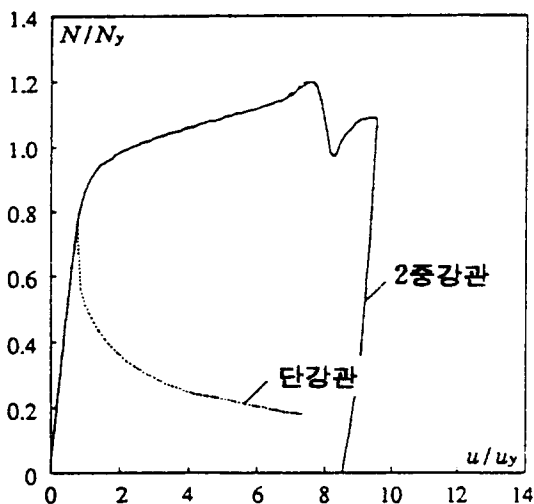


그림 9. 이중강관 실험 결과

이 일어남에 따라 내력이 급격히 저하되고 있음에 반해, 2중강관은 전체 좌굴을 일으키기 이전에 외관의 단부에서 국부소성좌굴이 일어남에 따라 내력의 저하없이 축방향변형이 진행되고 있음을 나타낸다.

#### 4. 맺음말

본고에서는 철골 구조물에 있어서 일어나고 있는 좌굴에 대해, 현재 외국에서 진행중인 연구의 일부를 소개하였다. 이들의 기본 개념은 좌굴이 일어날 수 있는 압축부재에 있어서 최대내력, 즉 좌굴이 일어나기 이전에 부재를 압축에 대해 항복 시킴으로서, 좌굴을 방지하려는 연구의 일종으로서, 부재의 강도면에 있어서는 큰 손실이 뒤따르게 된다. 하지만, 트러스 등의 구조물에 있어서 압축보다 인장에 대해서 사전에 항복하도록 설계(선인장 항복 설계)가 이루어진 경우일지라도, 인장 항복만으로 붕괴기구가 형성되지 않는한 압축부재의 좌굴에 의해 붕괴기구가 형성된다. 또한, 일반적으로 트러스를 제작함에 있어서 시공상의 오

차가 발생할 가능성이 상존하고 있으며, 부정확하게 시공된 구조물에 있어서는 설계시 상정된 파괴기구와는 다른 형태의 파괴기구가 형성될 가능성이 있다.

따라서, 안정항복하여 큰 소성변형이 필요한 경우에는 상기의 방법이 유효하다고 사료된다.

한편 본고에서 예로 다루고 있는 2중강관구조에 있어서는, 외관과 내관의 단면적비가 약 1 : 1.5 정도이며, 보강재로 사용되는 내관을 아무리 저급의 제품을 사용한다해도 불경제적이 될 가능성이 크다. 따라서 금후, 내관의 단면 결정을 위한 많은 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] De Runtz, J.A., Hodge, P.G. : Crushing of a Tube between Rigid Plates, J. Appl. Mech., 30, pp.391-395, 1963.
- [2] Schmidt, L.C., Morgan, P.R. and Clarkson, A. : Space Trusses with Brittle-Type Strut Buckling, Journal of the Structural Division ASCE, Vol.102, No.ST7, pp.1479-1492, 1976.7.
- [3] Schmidt, L.C. and Hanaor, A. : Force Limiting Devices in Space Trusses, Journal of the Structural Division ASCE, Vol.105, No. ST5, pp.939-951, 1979.5.
- [4] G.A. Roger Parke : The Behaviour of Space Trusses Incorporating Noval Compression Members, Thesis submitted to the University of Surrey, at Surrey, England, in 1988, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Ph.D.
- [5] 多田元英 : 應力制限機構を挿入した2層立體トラス載荷能力に関する研究, 日本建築學會構造系論文報告集, No.433, pp.103-112, 1992.3.
- [6] 桑原進, 外 : 二重鋼管 補剛性能 關 研究, 日本建築學會構造系論文報告書, No.445, pp. 151-158, 1993.3.