

# 비정질 강섬유 보강 일방향 콘크리트 슬래브의 전단성능에 대한 실험적 연구

## An Experimental Study of Shear Capacity for One-way Concrete Slabs Reinforced with Amorphous Micro Steel Fibers

김선두<sup>1\*</sup> · 최경규<sup>2</sup> · 최완철<sup>2</sup> · 최세진<sup>3</sup>

Seon-Du Kim<sup>1</sup> · Kyoung-Kyu Choi<sup>2</sup> · Oan-Chul Choi<sup>2</sup> · Se-Jin Choi<sup>3</sup>

(Received August 19, 2013 / Revised September 5, 2013 / Accepted September 12, 2013)

In this study, one-way shear tests were performed to investigate the shear capacity of amorphous steel fiber-reinforced concrete slabs. Primary test parameters were the shear reinforcing method (Stirrups or amorphous steel fibers) and shear reinforcement ratio (0.25 and 0.5%). A series of four one-way slab specimens including a specimen without shear reinforcement and three specimens with shear reinforcements (stirrup, 0.25%, and 0.5% amorphous steel fibers) were tested. The test results showed that 0.25% amorphous steel fibers improved the shear capacity, but 0.5% amorphous steel fibers did not improve the shear capacity compared to the specimen with conventional shear reinforcement of 0.25%. Additional study is needed to understand the variation of shear capacity according to fiber volume fraction.

**키워드 :** 비정질강섬유, 연성, 전단강도, 전단보강, 섬유보강콘크리트

**Keywords :** Amorphous steel fibers, Ductility, Shear strength, Shear reinforcement, Fiber reinforced concrete

## 1. 서론

KCI 2012와 ACI 318-11 등 현행 설계기준에서는 철근콘크리트 휨부재에 최소 전단보강근을 배근하도록 규정하고 있지만, 예외적으로 슬래브에서는 최소전단보강근이 요구되지 않는다. 이는 슬래브는 다른 부재에 비해 길이의 차이로 인해 전단파괴 보다는 휨파괴가 우선시 되며, 부재의 두께가 제한되기 때문에 전단보강근의 설치에 어려움이 있기 때문이다 (Caldentey et al., 2011).

하지만 과하중이나 집중하중이 슬래브에 재하될 경우나 주철근 비가 낮을 경우에는 취성적 파괴가 발생 할 수 있으며 이러한 파괴에 대비하기 위해 일정 값 이상의 최소전단보강근의 설치가 필요하다. 이러한 이유로 Table 1에 제시되어 있듯이, fib 12, MC 2012 등 유럽의 설계기준에서는 최소전단보강근의 설치를 요구하거나 섬유보강을 통한 대체 규정을 제시하고 있다.

섬유보강 콘크리트를 사용하게 되면 일반 콘크리트에 비해 인성, 연성 및 충격에 대한 저항능력이 향상된다 (Harajli et al 1995). 강섬유는 수급이 비교적 용이하고, 강섬유보강 콘크리트 (SFRC : Steel Fiber Reinforced concrete)의 높은 인장강도와 균열면에서

Table 1. One-way slab minimum reinforcement ratio

| Design methods          | Slab minimum shear reinforcement ratio                      |
|-------------------------|---|
| KCI(ACI318)             | -   |
| Eurocode2               | $\rho_{v,min} = 0.08 \times \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$   |
| fib bulletin56, MC 2010 | - Slab<br>$\rho_{v,min} = 0.2 \times \rho_t$                |
|                         | - FRC structure<br>$f_{Flik} \geq \frac{\sqrt{f_{ck}}}{20}$ |

\* Corresponding author E-mail: bean1303@ssu.ac.kr

<sup>1</sup> 숭실대학교 건축학부 석사과정 (Soongsil University, Seoul, 156-743, Korea)

<sup>2</sup> 숭실대학교 건축학부 교수 (Soongsil University, Seoul, 156-743, Korea)

<sup>3</sup> 포항산업과학연구원 책임연구원 (Research Institute of Industrial Science & Technology, Incheon, 406-840, Korea)

섬유의 가교효과(bridging effect)가 전단성능을 향상시키고(Quan et al. 2000), 취성적인 전단파괴를 감소시켜 연성능력을 증진시킬 수 있다(Mehta et al. 2006, Benter et al. 1990, Balaguru et al. 1992, Benthia et al. 2007, Ellouze et al. 2010), Kwon et al. (2003) 에 의하면 전단성능에 대한 연구결과는 강섬유 혼입에 의해 SFRC의 전단성능이 향상되고, Kal et al.(2010)에 의하면 혼입률에 따라 전단강도가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 SFRC의 전단강도가 보통 콘크리트에서와 마찬가지로 압축강도, 주철근량, 전단지간-깊이 비 및 부재의 복부두께 등에 영향을 받는 것으로 나타난다(Yao et al. 2003, Swamy et al. 1982, Benter et al. 1990). 이러한 실험연구결과를 바탕으로 SFRC의 전단강도를 평가하기 위한 평가식 등이 제안되고 있다. Narayanan(1987), Ashour(1992) 및 Kwak(2002) 등이 강섬유 보강 콘크리트의 전단강도 평가식을 제안하고 있다.

최근에 국내에서 개발한 비정질 강섬유(Amorphous steel fiber, 이하 ASF)는 마이크로 단위의 섬유두께를 가지고 있으므로 동일한 섬유 혼입율의 경우 기존의 일반 강섬유보다 콘크리트 단면에 섬유개수가 증가하는 효과가 있다. 이는 시멘트 페이스트와 섬유간의 부착 표면적이 증가하므로 균열에 대한 저항성이 크게 개선되어, 기존의 일반 강섬유보다 인장강도 및 에너지 흡수율이 우수하여 콘크리트의 취성적 인장파괴와 건조수축 등에 의한 미세균열을 효과적으로 방지할 수 있다(Choi et al.2012).

Table 2. Amorphous steel fiber property

| Property              | Posamorphous Fiber   |
|-----------------------|--|
| Thickness (μm)        | 32   |
| Length (mm)           | 30   |
| Width (mm)            | 1.1 ~ 1.2  |
| Tensile strenth (MPa) | 1,380(±20)   |
| density               | 7.2  |
| Component ratio       | Iron, Chromium(80%)+Silicon, Boron, Phosphorus(P), Mangan(20%) |

Table 3. Test specimens property

| Specimens | b (mm) | d (mm) | ℓ (mm) | ρ     | ρ <sub>v</sub> | Bottom longitudinal re-bars | Top longitudinal re-bars | Shrinkage and temperature reinforcement | Stirrup | Fiber (g) |
|-----------|--------|--------|--------|-------|----------------|-----------------------------|--------------------------|---|---------|-----------|
| Standard  | 150    | 500    | 1,000  | 0.027 | -              | 8-HD16                      | -                        | 8-HD13                                  | -       | -         |
| SR-EC2    | 150    | 500    | 1,000  | 0.027 | 0.0025         | 8-HD16                      | 4-HD10                   | 8-HD13                                  | 8-HD10  | -         |
| ASF-0.25  | 150    | 500    | 1,000  | 0.027 | 0.0025         | 8-HD16                      | -                        | -                                       | -       | 1,472     |
| ASF-0.5   | 150    | 500    | 1,000  | 0.027 | 0.005          | 8-HD16                      | -                        | -                                       | -       | 2,944     |

본 연구에서는 비정질 강섬유보강슬래브의 전단성능을 평가하기 위하여 일방향 콘크리트 슬래브를 제작하여 일면 전단 실험을 수행하였다. 실험결과를 바탕으로 균열양상과 파괴특성을 비교 분석하였다.

## 2. 실험 연구

### 2.1 사용 재료

본 실험에서는 국내에서 개발된 비정질 강섬유를 사용하였다. 이 섬유는 Table 2에 제시되어 있듯이, 두께와 넓이가 일반적인 강섬유와는 다른 특성을 보인다. 비정질 강섬유는 동일한 섬유 혼입율의 경우 기존의 일반 강섬유보다 콘크리트 단면에 섬유개수가 증가하는 효과가 있다. 이는 시멘트 페이스트와 섬유간의 부착 표면적이 증가하므로 균열에 대한 저항성이 크게 개선되어, 기존의 일반 강섬유보다 인장강도 및 에너지 흡수율이 우수하여 콘크리트의 취성적 인장파괴와 건조수축 등에 의한 미세균열을 효과적으로 방지할 수 있다.

또한 비정질 강섬유는 섬유 두께가 마이크로 단위로 얇고 가는 형상으로써 휘어지는 특성을 가지고 있으며 섬유의 비중이 낮아서 콘크리트 배합시 분산성이 우수하다(Hameed et al. 2009). 즉 기존 강섬유에 비해 유동성 저하가 심하지 않으며 섬유 뭉침 현상이 개선되어 시공성이 우수하다.

### 2.2 실험체 계획 및 변수

본 연구에서는 다양한 전단보강재를 사용한 4개의 실험체가 사용되었다. 무전단보강 슬래브가 기준 실험체로 제작되었으며, 전단보강 실험체는 스트럽과 비정질 강섬유를 각각 사용하여 제작되었다. 실험체의 총 길이는 1,000mm, 폭 500mm, 높이 150mm 이다. 상부주근은 HD10, 하부주근은 HD16, 온도수축철근은 HD10, 전단철근은 HD10을 사용하였다. 실험체는 총 11개가 제작되었으며, 형태는 Fig. 10에 나타났다.

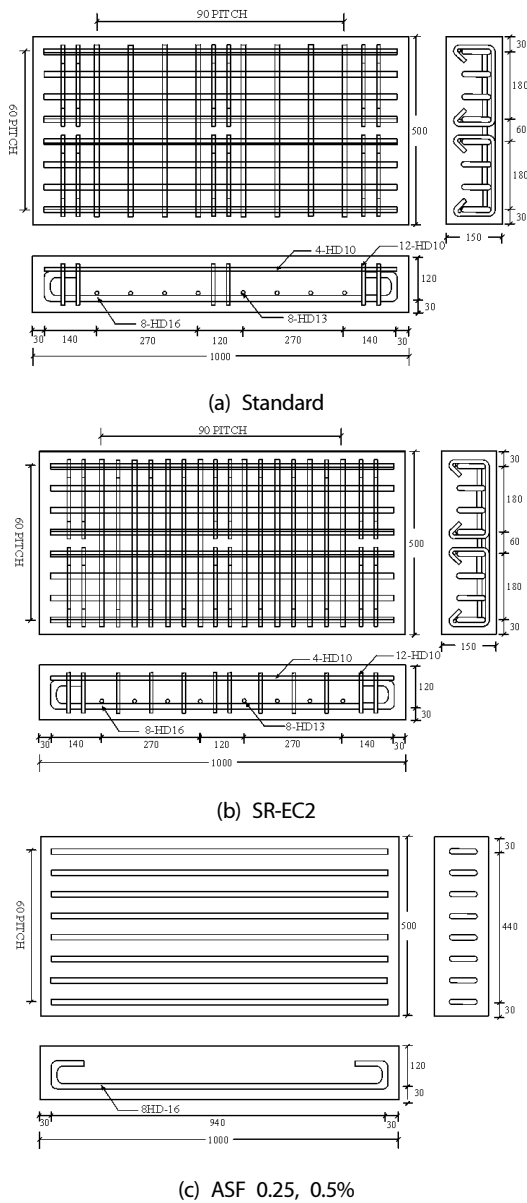


Fig. 1. Specimens sectional detail unit : mm

### 2.3 가력 및 계측 계획

실험체는 2,400×3,400mm의 반력 프레임에 실험체를 고정 후 단순지지하여 최대용량 500kN 용량의 액츄에이터(Actuator)를 이용하여 3mm/min의 변위제어로 서서히 가력 하였다. 양 지점에서부터 각각 350mm 떨어진 가력점에서 4점 가력하였고, 실험체 중앙 하부에 LVDT를 설치하여 실험체의 수직변위를 측정하였다. 실험체의 데이터 측정은 슬래브의 처짐을 측정하기 위한 LVDT를 슬래브의 중심부 하단에 설치하여 측정하였다. 철근의 변형을 파

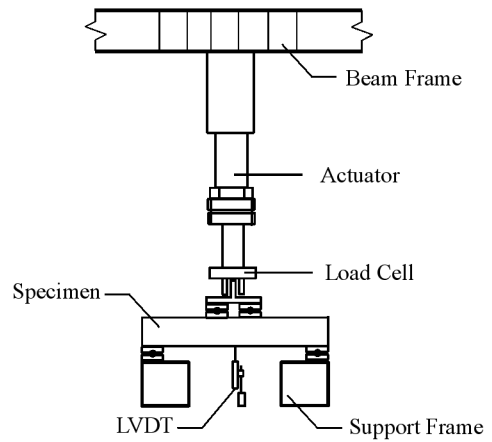


Fig. 2. Loading set up

Table 4. Concrete compressive strength result

| Mix no. | Fiber volume ratio(%) | Compressive strength(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----------------------|--|
| 1       | -                     | 18.84                                    |
|         |                       | 18.06                                    |
|         |                       | 20.46                                    |
| 2       | 0.25                  | 16.38                                    |
|         |                       | 16.56                                    |
|         |                       | 16.99                                    |
| 3       | 0.5                   | 13.32                                    |
|         |                       | 15.27                                    |
|         |                       | 13.58                                    |

악하기 위해 변형률 게이지를 부착하여 철근의 변형률을 측정하였다. UCAM-500A를 사용하여 하중, 변위 및 변형률의 데이터를 수집하였다. 실험체 셋팅 및 LVDT 부착위치를 Fig. 2에 나타내었다.

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 재료실험 결과

콘크리트의 압축강도는 원주형 공시체를 제작하여 각 실험체와 같은 양생조건에서 양생시킨 후, 실험체의 재하 실험일에 측정하였다. 압축강도 공시체의 크기는  $\phi 100 \times 200$ mm이고 무보강콘크리트, 0.25%, 0.5% 섬유보강콘크리트 각 3개씩 9개를 측정하였다. 공시체의 압축강도 측정결과를 Table 4에 나타내었다.

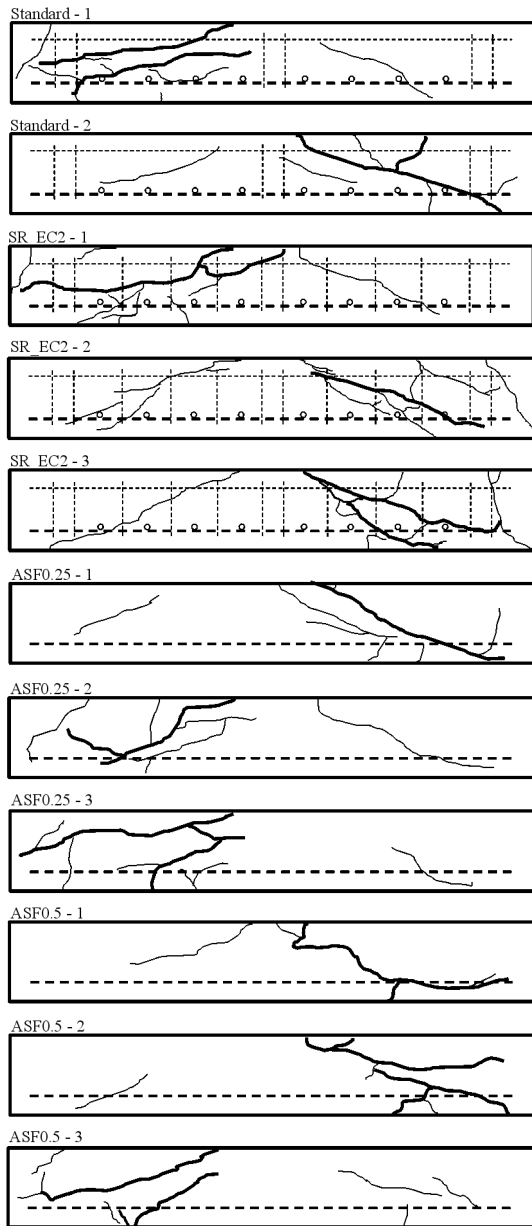


Fig. 3. Crack pattern

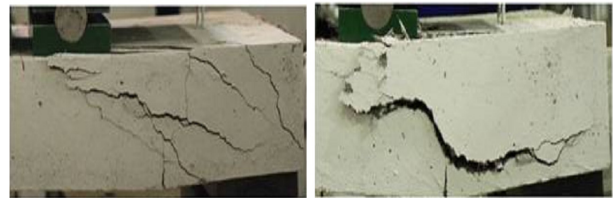
### 3.2 전단 거동 및 파괴 양상

부재의 균열 및 파괴양상을 파악하기 위하여 부재가 파괴 될 때까지 하중을 재하하여 각 하중단계에 따른 균열진전 양상을 고찰하였다. 하중 범위 측정 결과값은 Table 5 에 나타내었다.

Standard는 실험체의 전단성능을 평가하기 위한 기준 실험체인 무전단보강 실험체이다. 기준 실험체인 Standard의 경우, 64~69kN의 하중이 재하되었을 때 실험체 지점지간의 중앙에서

Table 5. Test result

| specimen   | Initial force |                    | Maximum force |                 |
|------------|---------------|--------------------|---------------|-----------------|
|            | $V_{cr}$ (kN) | $\delta_{cr}$ (mm) | $V_u$ (kN)    | $\delta_u$ (mm) |
| Standard-1 | 69.48         | 2.75               | 100.73        | 6.49            |
| Standard-2 | 64.81         | 2.88               | 110.63        | 9.45            |
| SR-EC2-1   | 96.35         | 3.89               | 159.82        | 10.95           |
| SR-EC2-2   | 99.07         | 3.43               | 185.26        | 10.66           |
| SR-EC2-3   | 96.51         | 3.08               | 176.82        | 10.03           |
| ASF0.25-1  | 85.18         | 2.97               | 136.22        | 9.81            |
| ASF0.25-2  | 84.95         | 3.13               | 125.28        | 8.72            |
| ASF0.25-3  | 79.96         | 3.11               | 104.55        | 8.66            |
| ASF0.5-1   | 82.79         | 3.22               | 113.11        | 8.98            |
| ASF0.5-2   | 79.26         | 3.15               | 110.09        | 8.96            |
| ASF0.5-3   | 75.76         | 3.48               | 98.77         | 9.58            |



(a) fiber reinforcement (b) Steel bar reinforcement

Fig. 4. Crack pattern according to Reinforcement method

열이 발생하기 시작하여 사인장 균열 형태로 증가하였다. 균열은 서서히 증가하여 사인장 균열 중 특정균열 중앙부의 균열폭이 증가하여 주균열로 발전하면서 100~110kN의 하중에 도달하였을 때 파괴되었다.

SR-EC2는 전단철근보강슬래브의 최소전단보강성능을 파악하기 위하여 EC2 기준에 따라 최소전단보강된 실험체이다. 전단철근보강실험체인 SR-EC2의 경우, 96~99kN의 하중이 재하되었을 때 지점지간의 중앙에서 균열이 발생하기 시작하였다. 하중이 재하되면서 주균열은 크게 증가하지 않고, 주균열 주변에서 부분적인 사인장 균열이 증가하면서 160~185kN의 하중에 도달하였을 때 파괴되었다.

ASF 0.25는 비정질 강섬유보강슬래브의 최소전단보강성능을 파악하기 위하여 전단철근보강슬래브와 동일한 최소전단철근비 0.25%로 보강된 실험체이다. 비정질 강섬유 0.25% 보강실험체인 ASF 0.25의 경우, 80~85kN의 하중이 재하되었을 때 지점 지간의 중앙에서 균열이 발생하기 시작하여 사인장 균열형태로 증가하였다. 발생한 균열은 서서히 증가하여 특정 균열 중앙부의 균열폭이 증가하여 주균열로 발전하면서 105~136kN의 하중이 재하되었을

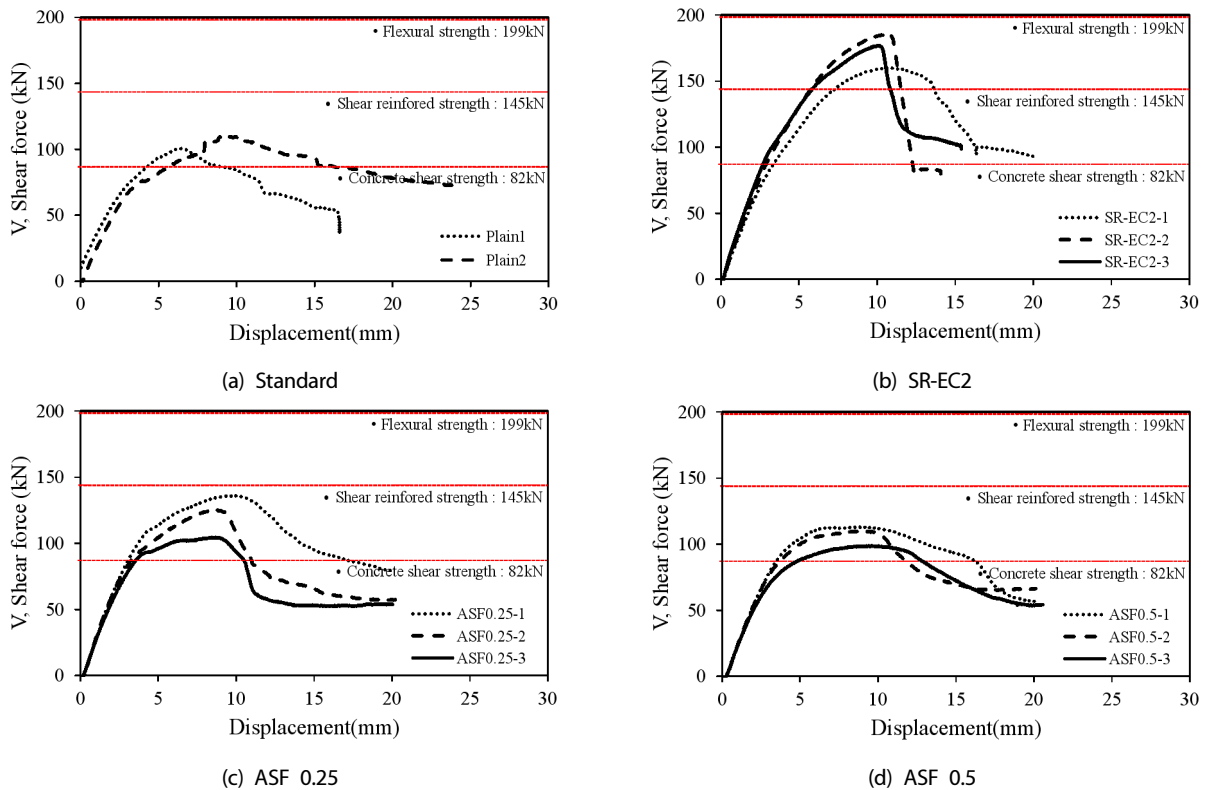


Fig. 5. Force-Displacement curve

때 최대하중에 도달하면서 파괴되었다.

ASF 0.5는 비정질 강섬유보강비에 따른 전단성을 파악하기 위하여 ASF 0.25 실험체 보강비에 2배인 0.5%의 비정질 강섬유를 보강한 실험체이다. 비정질 강섬유 0.5% 보강실험체인 ASF 0.5의 경우, 75~82kN의 하중이 재하되었을 때 균열이 발생하였다. 하중이 재하되면서 부분적인 사인장 균열은 증가하지 않고 주균열의 폭이 급속히 증가하면서 98~113kN의 하중이 재하 되었을 때 파괴되어 ASF 0.25 실험체에 비하여 15% 감소된 하중이 측정되었다. 섬유부피비의 증가에 따른 전단성능 향상 효과는 나타나지 않았다.

모든 실험체는 공통적으로 초기 사인장 균열이 발생하였을 때 최대모멘트 단면인 하중 작용점 근처에서 휨 균열은 발생하지 않았다. 이러한 균열형상은 전형적인 복부 전단균열 형상을 나타낸다. 전단보강재의 종류에 따라서 균열 양상은 다르게 나타났다. 비정질 강섬유 보강 실험체의 경우, 비정질 강섬유의 균열제어성능으로 인하여 부분 균열의 증가는 크지 않고 주균열이 증가하면서 파괴되는 것으로 나타났다. 이와 다르게 전단철근보강실험체의 경우 하중이 증가할수록 균열이 확장되면서 파괴되는 것으로 나타났다. 균열 양상의 차이는 Fig. 4.에 나타내었다.

실험체의 하중 변위 곡선을 Fig. 5.에 나타내었다. 각 부재의

하중-처짐 곡선에서 초기단계에서 처짐은 하중에 비례하여 거선형으로 증가하며, 초기균열이후 하중-처짐 관계는 비선형 관계를 나타낸다.

전단철근보강실험체의 경우, 기준실험체에 비하여 초기 균열하중이 약 45% 높은 성능을 보였고, 최대하중은 65% 높은 성능을 보여 전단성능 향상 효과를 확인 하였다. 최대하중 이후 거동은 전단파괴 특성에 따라 최대 하중에 도달한 후 하중이 급격히 저하되는 것으로 나타났다. 0.25% 비정질 강섬유보강실험체의 경우, 기준실험체에 비하여 초기 균열하중이 약 24% 높은 성능을 보였고, 최대하중은 15% 높은 성능을 보여 전단철근보강실험체보다 전단성능 향상 효과를 보이지 못하였다. 최대하중 이후 거동은 최대하중에 도달한 이후에도 실험체가 파괴될 때까지 비교적 연성적인 거동을 보였다. 0.5% 비정질 강섬유보강실험체의 경우, 초기 균열하중이 18%, 최대하중은 2% 향상되는 것으로 나타나 섬유부피비의 증가에 따른 전단성능 향상 효과는 나타나지 않았다.

### 3.3 변형능력 검토

실험체의 변형능력을 검토하기 위해 본 실험에서는 Fig. 5 하중

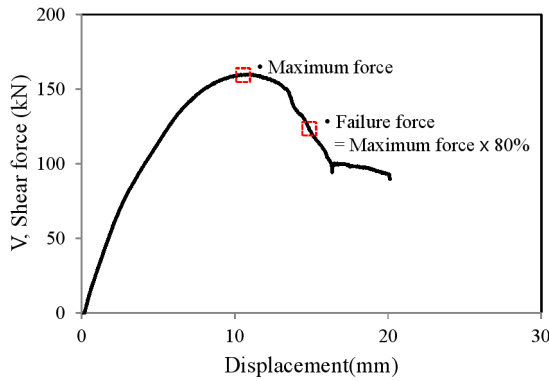


Fig. 6. Deformation capacity evaluation method

Table 6. Deformation capacity evaluation result

| specimen   | $\delta_y$<br>(mm) | $\delta_u$<br>(mm) | $\delta_u - \delta_y$<br>(mm) | $\mu_\delta$ | $\mu_{\delta i} / \mu_{\delta s1}$ |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------------|
| Standard 1 | 6.49               | 10.70              | 4.20                          | 0.64         | 1.00                               |
| Standard 2 | 9.45               | 15.82              | 6.37                          | 0.67         | 1.04                               |
| SR-EC2 1   | 10.95              | 14.66              | 3.71                          | 0.33         | 0.52                               |
| SR-EC2 2   | 10.66              | 11.14              | 0.48                          | 0.04         | 0.07                               |
| SR-EC2 3   | 10.03              | 10.68              | 0.64                          | 0.06         | 0.09                               |
| ASF0.25 1  | 9.81               | 13.16              | 3.35                          | 0.34         | 0.52                               |
| ASF0.25 2  | 8.72               | 10.30              | 1.57                          | 0.18         | 0.27                               |
| ASF0.25 3  | 8.66               | 10.65              | 1.99                          | 0.23         | 0.35                               |
| ASF0.5 1   | 8.98               | 15.66              | 6.67                          | 0.74         | 1.14                               |
| ASF0.5 2   | 8.96               | 11.71              | 2.75                          | 0.30         | 0.47                               |
| ASF0.5 3   | 9.58               | 14.05              | 4.46                          | 0.46         | 0.71                               |

-변위 결과를 분석하여 변형능력을 평가하였다. 일반적으로 부재의 변형능력에 대한 평가방법은 Fig. 6와 식 (1)과 같이 실험체의 변형량으로써 처짐  $\delta$ 의 비  $\mu_\delta$ 로 나타낸다. 여기서 처짐  $y$ 와  $u$ 는 각각 최대하중 및 파괴하중 상태를 나타낸다. 파괴하중은 최대하중 이후 하중이 80%에 도달 하였을 때를 파괴하중으로 평가하였다. 변형능력 결과값은 Table 6에 나타내었다.

$$\mu_\delta = (\delta_u - \delta_y) / \delta_y \quad (1)$$

전단철근 보강 실험체의 경우 보강된 전단철근으로 인해 무전단보강실험체에 비하여 변형능력이 상당히 저하되는 것으로 나타났다. 섬유보강실험체의 경우 무전단보강 실험체에 비해 변형능력이 저하 되는 것으로 나타났지만, 전단철근보강 실험체보다 변형능력이 향상 되는 것으로 나타났다. 이는 비정질 강섬유에 의한 균열제어성능으로 인하여 저항이 유지되는 것을 알 수 있다. 섬유

부피비에 따른 변형능력을 평가한 결과, 0.5% 비정질강섬유실험체의 변형능력이 0.25% 비정질강섬유실험체에 비해 50% 향상된 변형능력이 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구는 일반 강섬유의 성능을 개선한 비정질 강섬유보강슬래브의 전단성능을 평가하기 위하여 전단성능평가 실험을 수행하였다. 무전단보강, 전단철근보강, 비정질 강섬유 0.25%, 0.5% 보강 실험체 4가지 종류의 11개 실험체를 수행하였으며, 하중-변위를 측정하고 분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 모든 실험체는 공통적으로 초기 사인장 균열이 발생하였을 때에 최대모멘트 단면인 하중 작용점 근처에서 휨 균열은 발생하지 않았다. 이러한 균열형상은 전형적인 복부 전단균열 형상을 나타낸다. 전단철근보강실험체의 경우 주균열은 크게 증가하지 않고, 주균열 주변에서 부분적인 사인장 균열이 증가하면서 파괴되었다. 무전단보강실험체와 섬유보강실험체의 경우 주균열의 폭이 증가하면서 파괴되었다.
2. 0.25% 비정질 강섬유보강실험체의 실험 결과, 기준실험체에 비하여 초기 균열하중이 약 24% 높은 성능을 보였고, 최대하중은 15% 높은 성능을 보여 전단성능 향상 효과가 나타났다. 변형능력 평가 결과, 무전단보강 실험체에 비해 변형능력이 저하되는 것으로 나타났지만, 전단철근보강 실험체보다 변형능력이 향상 되는 것으로 나타나 섬유보강을 통한 취성적 파괴를 일부 개선할 수 있는 것으로 나타났다.
3. 섬유부피비에 따른 전단성능을 평가하기 위한 0.5% 비정질 강섬유보강실험체의 실험 결과, 초기 균열하중이 18%, 최대하중은 2% 향상되는 것으로 나타나 섬유부피비의 증가에 따른 전단성능 향상 효과는 크지 않았다. 섬유 보강비에 따른 전단보강 효과를 파악하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 포항산업과학연구원이 지원하는 “용선 기반 마이크로 스틸파이버 콘크리트의 실용화”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

## References

- Design standards on structural Concrete. (2012). "Chapter,6 Slab," 285.
- ACI 318-11. (2011). "Building Code Reinforcements for Structural Concret and Commentary."
- A. P. Caldentey, P. P. Lavaselli, H. C. Peiretti and F. A. Fernadez. (2011). "Influence of stirrup detailing on punching shear strength of flat slabs," *Engineering Structures*, **49**, 855-865.
- M. H. Harajli, D. Maalouf and H. Khatib. (1995). "effect of fibers on the punching shear strength of slab-column connections" *Cement and Concrete Composites*, **17(2)**, 161-170.
- C. X. Quan and P. Stroeven. (2000). "Fracture properties concrete reinforced with steel-polypropylene hybrid fibres," *Cement Concrete Composites*, **22(4)**, 343-353.
- P. K. Mehta and P. J. Monteiro. (2006). "Concrete: Microstructure, properties and materials," 3rd edition, Mc Graw-Hill, Inc., New York.
- A. Benter and S. Mindess. (1990). "Fiber-reinforced cementitious composites," Elsevier Science, London, 1-4.
- P. N. Balaguru and S. P. Shah. (1992). "Fiber-reinforced cement composites," McGraw-Hill, Inc., New York, 1-5.
- N. Banthia and M. Sappakittipakorn. (2007). "Toughness enhancement in the steel fiber reinforced concrete through fibers hybridization," *Cementand Concrete Research*, **37**, 1366-1372.
- A. Ellouze, M. B. Ouezdou, and M. A. Karray. (2010). "Experimental study of steel fiber concrete slabs part I: Behavior under uniformly distributed loads," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, **4(2)**, 113-118.
- J. H. Kwon, W. S. Kim, S. M. Baek and Y. K. Kwak. (2003). "Shear-Flexure Capacities of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams" *Architectural Institute of Korea Journal*, **19(3)**, 41-51.
- K. W. Kal, K. S. Kim, D. H. Lee, J. H. Hwang and Y. H. Oh. (2010). "An Experimental Study on Shear Strength of High-Strength Reinforced Concrete Beams with Steel Fibers," *Korea institute for Structural Maintenance Inspection Journal*, **14(3)**, 160-170.
- W. Yao, J. Li and K. Wu. (2003). "Mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concrete at low volume fraction," *Cement and Concrete Research*, **33(1)**, 27-30.
- R. N. Swamy and S. A. R. Ali. (1982). "Punching Shear Behavior of Reinforced Slab-Column Connections Made with Steel Fiber Concrete," **79(5)**, 392-406.
- A. Benter and S. Mindess. (1990). "Fiber-reinforced cementitious composites," Elsevier Science, London, 1-4.
- R. Narayanan and I. Y. S. Darwish. (1987). "Use of Steel Fibers as Shear Reinforcement," *ACI Structural Journal*, **84(3)**, 216-227.
- S. A. Ashour, G. S. Hasanain and F. F. Wafa. (1992). "Shear Behavior of High-Strength Fiber Reinforced Concrete Beams," *ACI Structural Journal*, **89(2)**, 176-184.
- Y. K. Kwak, M. O. Eberhard, W.S. Kim. (2002). "Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams without stirrups," *ACI Structural Journal*, **99(4)**, 530-538.
- H. J. Choi, K. K. Choi, O. C. Choi and Y. J. Hwang. (2012) "A Prediction Model of Shrinkage Cracking of Steel Fiber Reinforced Concrete", *Architectural Institute of Korea Journal*, **28(6)**, 59-66.
- R. Hameed, A. Turatsinz, F. Duprat, and A. Sellier. (2009). "Metalic fiber reinforced concrete : Effect of fiber aspect ratio on the flexural properties," *ARPN Journal of engineering and applied science* **4(5)**, 67-72.

### 비정질 강섬유 보강 일방향 슬래브의 전단성능에 대한 실험적 연구

본 연구에서는 비정질 강섬유보강 콘크리트 슬래브의 전단성능을 분석하기 위하여 일면 전단 실험을 수행하였다. 주요 변수는 전단보강방법과 전단보강비이며, 1종류의 무전단보강실험체와 3종류의 전단보강실험체(전단철근, 0.25%, 0.5% 비정질 강섬유 보강 실험체)의 일방향 슬래브 실험체를 제작하여 실험하였다. 실험결과, 0.25% 비정질 강섬유보강실험체는 전단 성능이 향상 되었지만 0.5% 실험체는 0.25% 보강실험체에 비해 전단성능이 향상되지 않았다. 섬유 보강비에 따른 전단보강 효과를 파악하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.