

## 복합소재를 활용한 곡면 패널 축소형 실험체의 구조 성능 평가

박희범, 박종섭, 강재윤, 정우태\*  
한국건설기술연구원 인프라안전연구본부

### An Experimental Study on the Behavior of Small Scale Curved Panel Using Composite Materials

Hee Beom Park, Jong-Sup Park, Jae-Yoon Kang, Woo-Tai Jung\*

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**요 약** 국내외에서는 CO<sub>2</sub> 저감 및 에너지 효율 증대에 관심의 초점이 되고 있으며 건설 분야 에서도 저탄소 녹색 성장을 위한 노력이 급증하고 있는 실정이다. 특히 FRP는 경량, 고강도, 고내구성 특성을 보유한 신소재로서 최근 국내외에서 제 3의 건설소재로 대두되고 있다. 그러나 아직까지 터널이나 아치형 교량 등에 활용가능한 곡면형 FRP 건설자재에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며 현재까지 곡면 구조재에 대한 연구는 프리캐스트 콘크리트에 대한 연구가 주를 이루고 있는 실정이다. 복합소재 패널 축소실험체는 실험체 실험체에 비하여 크기가 작기 때문에 다양한 실험을 수행 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 FRP 부재로만 구성된 중공형, FRP 부재에 콘크리트를 채운 단일 중실형과, 길이방향 연결부를 가지는 연결부 중실형, 그리고 FRP 부재와 콘크리트간의 부착력을 향상시킨 유사코팅 중실형에 대하여 실험을 수행하였다. 실험결과 길이 방향 연결부를 이용하여 복합소재 곡면패널을 결합할 경우에도 단일 부재와 거의 동등한 성능을 보인다고 판단된다. 하지만 실험체의 파괴시 가장 취약한 연결부에서 우선 파괴가 발생하기 때문에 향후 연결부 보강이 필요하다고 판단된다.

**Abstract** FRP is a new material that is light, has high strength and high durability, and is emerging as a third construction material inside and outside of countries. However, very few studies have been done on curved FRP construction materials that can be used for tunnels or arched bridges. Because a small composite panel specimen is smaller than a full-size specimen, it can be used in a variety of experiments under different conditions. Therefore, in this study, experiments were performed on a void section, a solid section, a connected solid section, and a sand-coating solid section. The results of the experiment show that the connection of composite curved panels with longitudinal connections provides almost equivalent performance to that of a single panel. However, it is necessary to strengthen the connections, since the connections that are most susceptible to damage will break first.

**Keywords** : connected member, curved FRP, panel, sand coating, solid, void

#### 1. 서론

최근 구조물의 대형화, 장대화 추세와 함께 이들 전통적인 재료가 갖고 있는 부식 및 고중량의 문제를 보완할 수 있는 대체 건설재료 개발에 대한 관심이 높아지고 있

다. 국내외에서는 CO<sub>2</sub> 저감 및 에너지 효율 증대에 관심의 초점이 되고 있으며 건설 분야에서도 저탄소 녹색 성장을 위한 노력이 급증하고 있는 실정이다.

따라서 섬유강화 복합재료 (Fiber Reinforced Polymer; 이하 FRP)는 기존의 건설 재료인 강재와 콘크리트

이 연구는 국토교통부 건설기술연구개발사업의 연구비지원(17SCIP-B128496-01)에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Woo-Tai Jung(KICT)

Tel: +82-31-910-0580 email: woody@kict.re.kr

Received May 10, 2018

Revised May 23, 2018

Accepted June 1, 2018

Published June 30, 2018

를 대체할 수 있는 건설 재료로 각광받고 있다[1-3]. FRP는 경량, 고강도, 고내구성 특성을 보유한 신소재로서 최근 국내외에서 제3의 건설소재로 대두되고 있다. 기존 건설 재료인 콘크리트의 열화나 강재의 부식 문제를 근본적으로 해결할 수 있으며, 구조물의 고품질화 및 시공성 개선을 도모할 수 있다. 또한 경량성 특성으로 인해 공기 및 공사비를 절감할 수 있다.

구조물의 장수명화에 대한 관심이 증가하면서 내부식, 고내구성이 뛰어난 재료적 특성으로 인해 유지관리 비용이 현저히 절감되는 FRP를 건설 구조물에 활용하기 위한 연구가 다방면에서 시도되고 있다. 항공우주분야의 첨단소재로 개발된 FRP는 1980년대 이후 건설 분야의 보수, 보강시장을 중심으로 도입되기 시작했으며, 최근에는 철근 및 긴장재의 대체품 및 교량 바닥판 구조재 등으로 신설 구조물에서의 활용도가 증가하는 추세이다[4-8].

그러나 아직까지 터널이나 아치형 교량 등에 활용가능한 곡면형 FRP 건설자재에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며 현재까지 곡면 구조재에 대한 연구는 프리캐스트 콘크리트에 대한 연구가 주를 이루고 있는 실정이다[9].

본 연구에서 대상으로 하는 복합소재 패널은 곡선을 가지는 부재로서 터널 등의 구조물에 가장 많이 사용되는 아치형 부재이다. 기존의 복합소재 패널은 직선구조재만 생산이 가능하였기 때문에 Fig. 1(a)에 나타난 바와 같이 다수의 패널이 응력 방향으로 연결되어 저항성 측면에서 불리한 구조 형태였다. 또한 터널과 같은 공간에서의 시공성 측면에서도 매우 불리한 형태였다. 하지만 본 연구에서 구조거동을 분석하려고 하는 복합소재 패널은 FRP를 곡면으로 생산이 가능하기 때문에 Fig. 1(b)와 같이 응력 교축방향으로 패널의 배치가 가능하다. 따라서 응력 저항성 측면에서도 매우 유리하고, 터널과 같은 구조물의 시공이 가능하다.

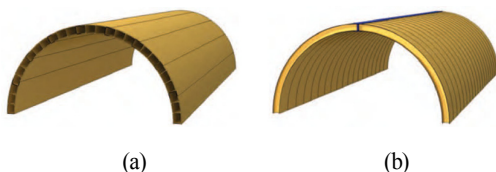


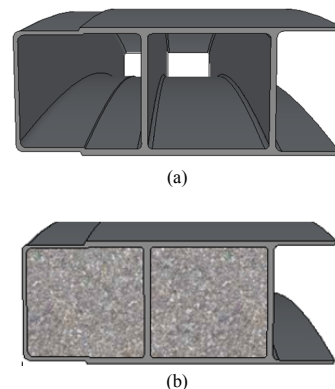
Fig. 1. Composite materials curved panel  
(a) Existing method (b) Improvement method

본 연구의 목적은 곡면인발성형을 통해 생산된 FRP 곡면 패널의 다양한 구조적 성능을 분석하는 것이다. 이를 위해 FRP 곡면패널의 축소모형을 제작하고 다양한 조건에서 휨 부재 성능실험을 수행하였다. 본 논문에서는 이러한 연구 내용 및 결과에 대해서 상세히 기술하였다.

## 2. 구조거동 분석 실험

### 2.1 개요

FRP 부재로만 구성된 중공형, FRP 부재에 콘크리트를 채운 단일 중실형과, 축방향 연결부를 가지는 연결부 중실형, 그리고 FRP 부재와 콘크리트간의 부착력을 향상시킨 규사코팅 중실형의 4가지 조건을 변수로 결정하였다. 실험체의 4가지 변수는 Fig. 2에서 자세히 나타나고 있다. Fig. 2(a)에서 볼 수 있듯이 중공형 실험체는 FRP 단일 곡면 부재로만 이루어져 있다. Fig. 2(b)에서는 단일 중실형 실험체를 나타냈으며 FRP 곡면 부재의 내부 공간에 콘크리트를 채워넣은 형태이다. 연결부 중실형 실험체는 중실형 실험체를 단일형태로 제작하지 않고 Fig. 2(c)와 같이 중앙에 연결재를 이용하여 연결부를 가지는 형태이다. 규사코팅 중실형 실험체는 FRP 곡면 패널과 내부 충전 콘크리트의 부착력을 키우기 위해 Fig. 2(d)와 같이 FRP 곡면 패널 벽면에 규사코팅을 수행한 뒤 콘크리트를 충전하는 형태이다. 실험체의 제원은 외부 곡면길이가 2.5 m, 폭은 약 500 mm이고 1개의 부재로 구성되며 각 실험체는 변수별로 3개씩 제작하여 실험을 수행하였다.



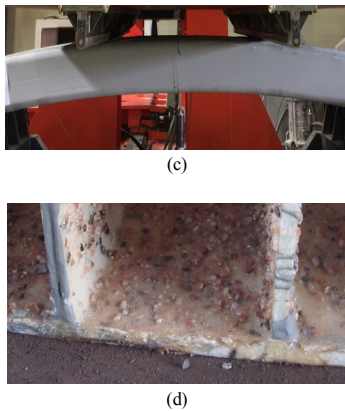


Fig. 2. Test variable

- (a) Void section, (b) Solid section,
- (c) Connected solid section,
- (d) Sand soating solid section

본 연구에서 복합소재 곡면패널 제작을 위해 Fig. 3과 같이 단면설계를 수행하였다. FRP 복합소재 곡면패널의 단면은 높이 200 mm, 상부판 두께 4 mm, 하부판 두께 4 mm, 단위 폭 503 mm로 설계하였다. 또한 접합부 안정성 확보를 위해 본 연구에서는 접합부 길이를 약 100 mm로 적용하여 설계하였다.

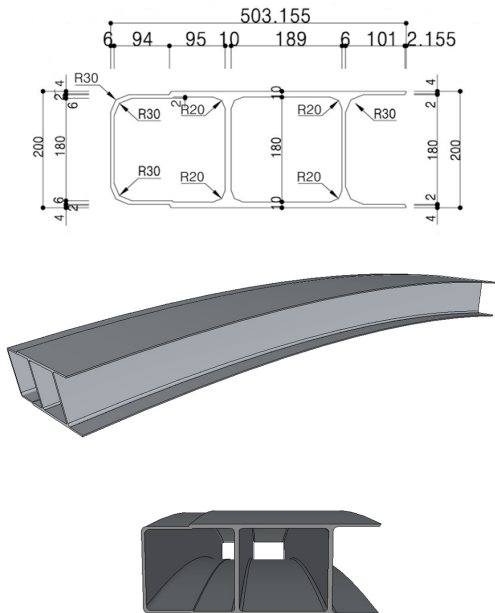


Fig. 3. FRP panel dimensions (unit: mm)

중실형 복합소재 패널 실험체를 제작하기 위해서는 콘크리트를 중공형 복합소재 내부에 충전해야 한다. 충전하는 콘크리트의 압축강도는 보통콘크리트 강도인 24 MPa를 사용하였다. 실험체 타설시 함께 제작한 압축 공시체를 본 실험 기간 중 압축강도 실험을 수행하였다. 양생일로부터 33일 경과된 평균 압축강도는 23.3 MPa, 40일 경과된 압축강도는 평균 24.9 MPa로 나타났으며, 44일 경과된 평균 압축강도는 25.1 MPa로 나타나 기간증가에 따라 압축강도도 조금씩 증가하는 것으로 나타났다. 3주에 걸친 공시체의 평균 압축강도는 24.43 MPa로 설계상의 24 MPa의 101.8% 수준으로 나타났다.

중실형 실험체의 경우는 중공형 복합소재 곡면패널 내부를 콘크리트로 충전하여 실험체를 제작하였다. 단일 중실형과, 연결부 중실형, 규사코팅 중실형 실험체는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 FRP 패널 내부에 콘크리트 타설 및 다짐 작업을 수행하였다. 특히 규사코팅 중실형 실험체 경우에는 FRP 부재와 콘크리트간의 부착력을 향상시키기 위하여 Fig. 5와 같이 내부에 규사코팅을 수행한 후 콘크리트를 타설하여 실험체를 제작하였다.



Fig. 4. Manufacture of solid section

- (a) Concrete placing, (b) Concrete compaction



Fig. 5. Sand coating solid section

## 2.2 계측 방법 및 센서 설치

2.5 m 길이의 복합소재 패널 축소실험체의 하중단계

별 변위를 측정하기 위한 계측센서 설치 위치는 Fig. 6과 같다. 실험체 중앙 하부 전, 후면에 150 mm 간격으로 변위계 2개를 설치하여 수직방향 변위를 측정하였다.

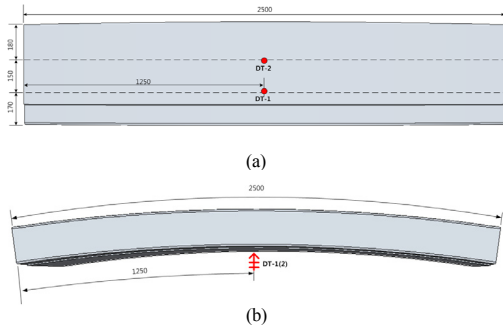


Fig. 6. Installation of LVDT  
(a) Plane section, (b) Side section

Fig. 7에서 보이는 바와 같이 실험체의 상, 하부에 길이방향으로 1/4, 1/2, 3/4 지점에 변형률 게이지를 3개 설치하였다. 하부의 경우는 중앙부 1개소에 변형률 게이지를 추가 설치 하였으며, 그 위치는 변위계 D-2와 동일한 위치에 설치하였다.

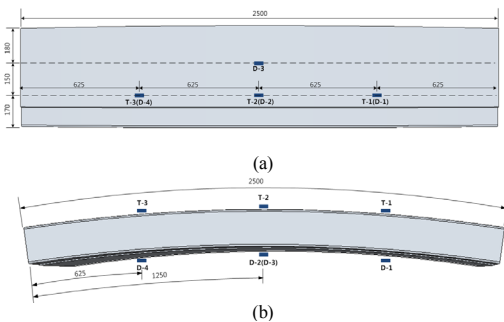


Fig. 7. Installation of strain gauges  
(a) Plane section, (b) Side section

복합소재 곡면패널의 휨 거동 실험은 하중용량 2,000 kN, 스트로크 300 mm 액츄에이터 1기를 이용하여 수직 하중을 인가하였고, 하중용량 1,000 kN, 스트로크 300 mm 액츄에이터 2기로 양측 단부를 횡방향 구속하여 정적실험을 수행하였다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 800 mm 간격으로 4점 재하를 수행하였다. 재하 장비와 실험체간의 유격을 없애기 위해 양측 횡방향에는 2 kN 동시에 수직방향에는 5 kN의 초기하중을 가력 하였다. 하중

제하는 양측횡방향 액츄에이터는 변위고정 조건을 유지하고 수직 액츄에이터를 1 mm/min의 속도로 변위제어하여 하중을 가력하였다.

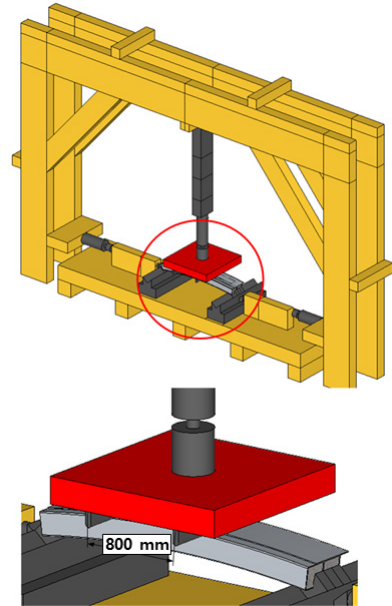


Fig. 8. Loading test setup

실험체 양측 지점부는 곡면패널의 기하학적 특성으로 지점지그를 제작하여 설치하였다. 지점지그 단면은 Fig. 9(a)에 나타난 도면과 같으며 100 mm의 폭으로 제작되었다. 실험중 실험체가 단부에 작용하는 횡방향 수평력으로 인하여 지점지그가 슬립이 발생하여 상향으로 이동하는 결과를 보였다. 따라서 Fig. 9(b)와 같이 지그 배열을 변경하였고 지점사이를 용접하여 보강하였다. 또한 실험체 단부 파괴를 방지하기 위하여 4.5 mm 철판을 제작하여 지점을 보강하였다. FRP 복합소재 곡면패널 실험체의 휨 거동 실험 전경은 Fig. 10에 나타난 바와 같다.

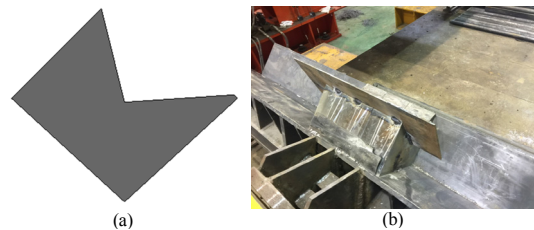


Fig. 9. Panel Support  
(a) Support section, (b) Installation of support

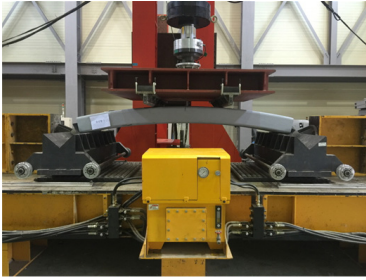


Fig. 10. Loading test



Fig. 12. Void section fracture mode

### 3. 실험 결과 및 분석

Table 1에는 중공형 실험체의 휨 실험결과를 나타내었고, Fig. 11에는 하중-변위 곡선을 나타내었다. 실험결과 중공형 실험체 3개의 평균 수직파괴하중은 115.4 kN로 나타났고 중앙 하부에서 측정한 평균 변위는 22.46 mm로 측정되었다. 그림에서 볼 수 있듯이 중공형-1 실험체의 경우 지점지그에서 슬립현상이 발생하여 파괴하중이 다소 낮게 나타났다. 중공형-2, 3 실험체의 경우 지점지그의 철판보강으로 인해 파괴하중이 중공형-1에 비해 상승하였고 수직파괴하중은 약 120 kN으로 유사하게 나타났다. 실험체의 파괴양상은 Fig. 12와 같으며 모두 단부로부터 진행된 FRP 패널의 복부 및 하부 부분에서 분리 파괴로 나타났다.

Table 1. Void section test results

| Group   | Normal Load (kN) | Displacement (mm) | Horizontal Load (kN) | Top Strain ( $\mu\epsilon$ ) | Bottom Strain ( $\mu\epsilon$ ) |
|---------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Void-1  | 101.9            | 22.67             | 93.6                 | -778                         | 666                             |
| Void-2  | 123.8            | 26.46             | 151.1                | -508                         | 486                             |
| Void-3  | 120.6            | 18.26             | 66.7                 | -887                         | 978                             |
| Average | 115.4            | 22.46             | 103.8                | -724                         | 710                             |

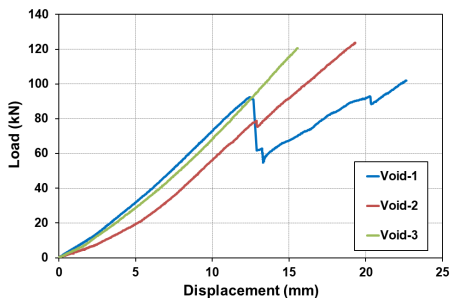


Fig. 11. Void section load-displacement curve

Table 2에서는 중실형 실험체의 실험결과를 나타내었고, Fig. 13에서는 하중-변위 곡선을 나타내었다. 실험결과 중실형 실험체 3개의 평균 파괴하중은 277.9 kN로 나타났고 중앙 하부 단면에 설치한 평균 수직 변위는 22.15 mm로 나타났다. 중실형-1 실험체의 경우 지그를 분리 배치하였고 지점부에 용접을 하지 않아 실험중 지그가 상향으로 이동하는 문제가 발생하여 수직하중이 작게 나타났다. 파괴양상도 모서리부에 지그가 설치되어 FRP 패널의 복부 및 하부에서 분리 파괴 나타났다. 중실형-2, 3 실험체의 경우 지그 설치를 변경하였고 지점부에 용접하여 지그 상향이동이 나타나지 않았으며 수직하중이 증가하는 효과가 나타났다. 파괴양상은 Fig. 14에서 볼 수 있듯이 우측 모서리부 복부판 파열과 실험체 상부 FRP가 박리되는 형태로 나타났다.

Table 2. Solid section test results

| Group   | Normal Load (kN) | Displacement (mm) | Horizontal Load (kN) | Top Strain ( $\mu\epsilon$ ) | Bottom Strain ( $\mu\epsilon$ ) |
|---------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Solid-1 | 212.0            | 9.87              | 98.7                 | -1104                        | 1975                            |
| Solid-2 | 336.2            | 25.19             | 251.9                | -1108                        | 2580                            |
| Solid-3 | 285.6            | 31.39             | 313.9                | -1458                        | 1732                            |
| Average | 277.9            | 22.15             | 221.5                | -1233                        | 2096                            |

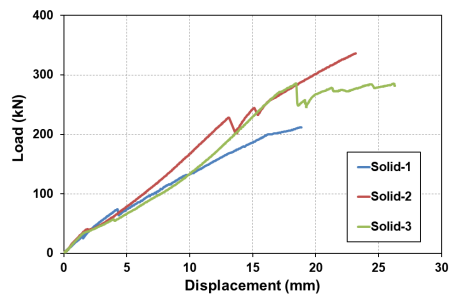


Fig. 13. Solid section load-displacement curve

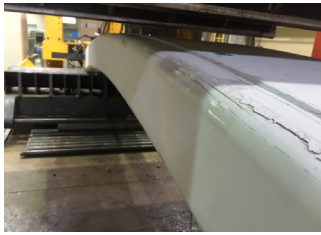


Fig. 14. Solid section fracture mode

연결부 중실형 실험체의 실험결과를 Table 3에 나타내었으며, Fig. 15에서는 하중-변위 곡선을 나타내었다. 실험결과 연결부 중실형 실험체 3개의 평균 하중은 301.9 kN로 나타났고 중앙 하부 단면에 설치한 평균 수직변위는 47.57 mm로 조사되었다. 연결형 실험체의 경우 파괴양상은 Fig. 16에서 볼 수 있듯이 연결부 벌어짐과 중앙부 모서리부 복부 파열과 반대편 상부 FRP 파열 형태로 나타났다.

Table 3. Connected solid section test results

| Group     | Normal Load (kN) | Displacement (mm) | Horizontal Load (kN) | Top Strain ( $\mu\epsilon$ ) | Bottom Strain ( $\mu\epsilon$ ) |
|-----------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Connect-1 | 317.3            | 26.69             | 337.2                | -6659                        | 488                             |
| Connect-2 | 303.9            | 71.59             | 395.7                | -9363                        | 48                              |
| Connect-3 | 284.6            | 44.44             | 368.9                | -5408                        | 390                             |
| Average   | 301.9            | 47.57             | 367.3                | -7143                        | 308.7                           |

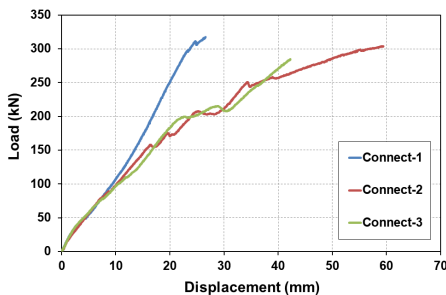


Fig. 15. Connected solid section load-displacement curve



Fig. 16. Connected solid section fracture mode

Table 4에서는 규사코팅 중실형 실험체의 실험결과를 나타내었고, Fig. 17에서는 하중-변위 곡선을 나타내었다. 실험결과 규사코팅 중실형 실험체 3개의 평균 하중은 373.8 kN로 나타났고 중앙 하부 단면에 설치한 평균 변위는 29.45 mm로 조사되었다. 실험체의 파괴양상은 Fig. 18에 나타낸 바와 같이 단부로부터 FRP 복부 및 하부 분리 파괴와 반대편 상부 FRP가 일부분이 파열되었다.

Table 4. Sand coating solid section test results

| Group   | Normal Load (kN) | Displacement (mm) | Horizontal Load (kN) | Top Strain ( $\mu\epsilon$ ) | Bottom Strain ( $\mu\epsilon$ ) |
|---------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Sand-1  | 373.2            | 30.27             | 314.7                | -2451                        | 3553                            |
| Sand-2  | 330.3            | 28.34             | 325.7                | -1775                        | 2374                            |
| Sand-3  | 417.8            | 29.74             | 371.3                | -857                         | 3123                            |
| Average | 373.8            | 29.45             | 337.2                | -1694                        | 3017                            |

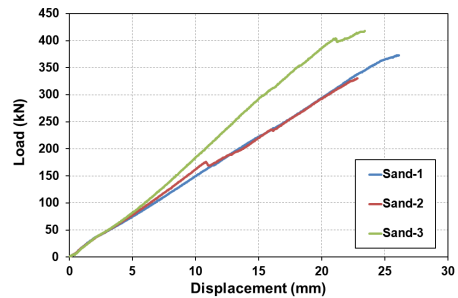


Fig. 17. Sand coating solid section load-displacement curve



Fig. 18. Sand coating solid section fracture mode

실험체 별 휨 강도 실험 결과를 비교하여 Table 5에 나타냈으며 표에서 볼 수 있듯이 FRP 부재와 콘크리트 간의 부착력을 향상시킨 규사코팅 중실형이 최대 휨강도를 나타냈으며 길이방향 연결부를 가지는 연결부 중실형, FRP 부재에 콘크리트를 채운 단일 중실형, FRP 부재로만 구성된 중공형 순으로 휨 강도가 나타났다. 하지만 이 결과는 가장 처음 실험했던 중실형-1 실험체의 지

점부 지그가 실험 중 제 위치에서 벗어나면서 지점부 국부파괴를 먼저 나타냈기 때문에 발생한 결과로 실험체-2 및 3의 평균값을 보였으며, 이 경우 중실형 실험체의 평균 휨 강도는 연결부 중실형 평균 휨 강도와 유사하다. 이를 통해 길이방향 연결부를 이용하여 복합소재 곡면패널을 결합할 경우에도 단일 부재와 거의 동등한 성능을 보인다고 판단된다.

Table 5. Composite materials panel test results

| Group           | Maximum Normal Load (kN) |       |       |       |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|
|                 | #1                       | #2    | #3    | Ave.  |
| Void            | 101.9                    | 123.8 | 120.6 | 115.4 |
| Solid           | -                        | 336.2 | 285.6 | 310.9 |
| Sand Coating    | 373.2                    | 330.3 | 417.8 | 373.8 |
| Connected Solid | 317.3                    | 303.9 | 284.6 | 301.9 |

\* The result of Solid-1 is excluded from the result due to movement of the support at the point.

Fig. 19에서는 모든 실험체의 하중-변위 곡선을 나타내었으며 그림에서 볼 수 있듯이 규사코팅형 중실형과 단일 중실형의 경우는 중공형에 비해 파괴하중이 크게 나타났다. 이는 FRP 패널과 내부에 충전된 콘크리트가 일체화된 거동을 하기 때문에 더 큰 강도를 나타내는 것으로 판단된다. 또한 연결부 중실형 실험체의 경우는 연결부가 존재하기 때문에 실험체 중앙에 위치한 연결부 하부가 벌어지게 되면서, 중실형에 비해 약 2.5배 정도 처짐이 크게 발생하였다. 따라서 실험체의 파괴시 가장 취약한 연결부에서 우선 파괴가 발생하기 때문에 연결부 보강이 필요하다고 판단된다.

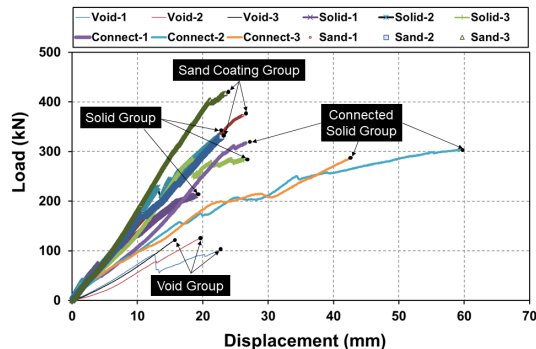


Fig. 19. Composite materials panel load-displacement curve

## 4. 결론

복합소재 패널 축소실험체는 실대형 실험체에 비하여 크기가 작기 때문에 기타 조건에선의 다양한 실험을 수행할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 FRP 부재로만 구성된 중공형, FRP 부재에 콘크리트를 채운 단일 중실형과, 길이방향 연결부를 가지는 연결부 중실형, 그리고 FRP 부재와 콘크리트간의 부착력을 향상시킨 규사코팅 중실형에 대하여 실험을 수행하였다. 본 연구를 수행하여 도출한 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 실험결과 FRP 부재와 콘크리트간의 부착력을 향상시킨 규사코팅 중실형이 최대 휨강도를 나타냈으며 이후 길이방향 연결부를 가지는 연결부 중실형, FRP 부재에 콘크리트를 채운 단일 중실형의 실험결과는 비슷한 휨 성능 결과를 보였다. 마지막으로 FRP 부재로만 구성된 중공형이 가장 낮은 휨 성능 결과를 보였다. 이를 통해 길이방향 연결부를 이용하여 복합소재 곡면패널을 결합할 경우에도 단일 부재와 거의 동등한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.
- 연결부 중실형의 경우는 연결부가 존재하기 때문에 실험체 중앙에 위치한 연결부 하부가 벌어지게 되면서, 중실형에 비해 약 2.5배의 처짐을 보였다. 따라서 실험체의 파괴시 가장 취약한 연결부에서 우선 파괴가 발생하기 때문에 향후 연결부 보강이 필요하다고 판단된다.

## References

- [1] Kim, D. H., "Composite Structure for Civil and Architectural Engineering", *E & FN SPON, Chapman & Hall*, London, 1995.  
DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203474969>
- [2] Benjamin Tang, & Walter Podolny, Jr, A Successful Beginning for Fiber Reinforced Polymer(FRP) Composite Materials in Bridge Applications, FHWA Proceedings, International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures. Dec., 1998.
- [3] Luc R. Taerwe & Stikn Matthys, "FRP for Concrete Construction : Activities in Europe", *Concrete International*, Vol. 21, No. 10, pp. 33-36, Oct. 1999.
- [4] L.C. Hollaway, "A review of the present and future utilization of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties", *Construction Building Materials*, 24, pp. 2419-2445,

2010.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.062>

- [5] Burningham, E. A., Development of a carbon fiber reinforced polymer prestressing system for structural applications, Ph. D. thesis, The University of Utah, USA, 2011.
- [6] Cosenza, E., Manfredi, G., and Realfonzo, R., Behavior and modeling of bond of FRP rebars to concrete, *Journal of composites for construction*, vol. 1, no. 2, pp. 40-51, 1997.  
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(1997\)1:2\(40\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(1997)1:2(40))
- [7] KICT, Development of Bridge Strengthening Methods using Prestressed FRP Composites, Tech. Rep., 2015.
- [8] Jung, Woo-tai, Park, Jong-sup, Kang, Jae-yoon, Keum, Moon-seoung, and Park, Young-hwan, "Flexural Behaviour of RC Beams Strengthened with Prestressed CFRP NSM Tendon Using New Prestressing System", *International Journal of Polymer Science*, Vol. 2017, Article ID 1497349, 9 pages
- [9] MOLIT, Development of Precast Composite Panel and Technology for Using Water Tunnel, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Korea, 2010.

## 박 희 범(Hee Beom Park)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경희대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 경희대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 신진연구원

<관심분야>

토목구조, 구조물 유지관리, 보수·보강

## 박 종 섭(Jong-Sup Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 명지대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 명지대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1993년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

유지관리, FRP, 구조재료

## 강 재 윤(Jae-Yoon Kang)

[정회원]



- 1995년 2월 : 동국대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 동국대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

합성구조, 구조재료, 구조해석

## 정 우 태(Woo-Tai Jung)

[정회원]



- 2000년 2월 : 명지대학교 대학원 토목환경공학과 (공학석사)
- 2009년 8월 : 명지대학교 대학원 토목환경공학과 (공학박사)
- 2000년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

FRP 보강, FRC 포장, 구조재료