

# FRP 보강근의 표면처리 및 돌기형상에 따른 부착거동 특성 비교

## Consideration on Bond Behavior of FRP Rebars with Various Surface Treatments and Deformation Shapes

유영준\*      박지선\*      박영환\*\*      김금환\*\*\*      김형열\*\*      유영찬\*\*  
You, Young Jun    Park, Ji Sun    Park, Young Hwan    Kim, Keung Hwan    Kim, Hyeong Yeol    You, Young Chan

---

### ABSTRACT

This paper presents the comparison of the bond behavior of various FRP rebars. A total of 9 specimens including steel reinforcement were tested through direct pull-out test procedure. The test results have revealed that the bond behavior was affected by the deformation shapes and surface treatments. The newly proposed FRP rebar by KICT showed good bond strength and ductile behavior after failure.

---

### 1. 서 론

섬유복합재료(Fiber Reinforced Polymer, 이하 FRP)는 기존 철근에 비해 많은 장점을 가지고 있으며 특히 내부식성 재료이기 때문에 이를 이용하여 철근 콘크리트 교량에서 부식문제가 발생하지 않는 보강근에 대한 연구가 일본과 유럽을 중심으로 진행되고 있다. 국내에서도 철근 대체재로서 콘크리트 구조물에 적용할 수 있는 FRP 보강근의 개발 연구가 진행 중에 있다(한국건설기술연구원, 2004).

철근 콘크리트 구조물의 거동은 철근과 콘크리트 사이의 부착성능에 크게 영향을 받기 때문에 FRP 보강근을 철근 대체재로 사용하기 위해서는 콘크리트와의 부착성능이 확보되어야 한다. FRP 보강근과 콘크리트 사이의 부착력을 확보하기 위하여 보강근의 표면을 여러 가지 형태로 처리한 다양한 보강근이 상용화되어 있으며, 한국건설기술연구원에서도 현재 FRP 보강근의 부착성능을 높이기 위하여 다양한 형태의 돌기에 대한 연구가 진행 중이다(2004).

보강근과 콘크리트 사이의 부착은 일차적으로 강한 부착 저항력이 중요 관심사항이지만 이와 더불어 최대 부착강도 후의 거동 역시 중요하다. 이에 본 연구에서는 FRP 보강근을 철근 대체재로 사용하기 위해 적절한 부착거동을 발현하는 표면처리 및 형상을 연구하고자 다양한 표면처리 및 돌기형상을 가진 FRP 보강근에 대한 부착실험을 실시하여 그 거동을 비교하였다.

---

\*정회원, 한국건설기술연구원 연구원  
\*\*정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원  
\*\*\*정회원, 한국건설기술연구원 연구위원

## 2. 다양한 FRP 보강근의 돌기형상과 표면처리

현재 상용화되어 있는 FRP 보강근의 일례를 그림 1에 나타내었다. 제조특징에 따라 보강근 표면에 규사와 같은 입자가 코팅된 형태(ISOROD), 장력(ASLAN100)이나 금형을 이용하여 돌기를 형성하는 형태, 브레이딩으로 표면에 요철을 형성하는 형태(FiBRA) 또는 두 가지 방식 이상을 혼합하는 형태 등으로 구분할 수 있다.

그림 2는 한국건설기술연구원에서 개발한 FRP 보강근 중 일부로서 (a)와 (b)는 RTM(Resin Transfer Method) 방법으로, (c)는 Pultrusion 방법으로 제작한 보강근이다.

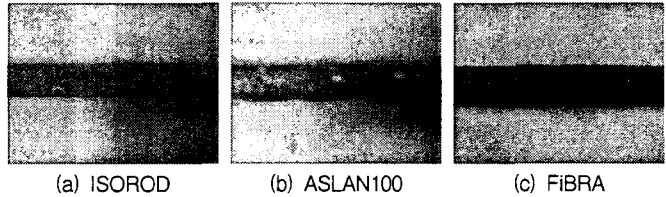


그림 1 상용화된 FRP 보강근의 예시

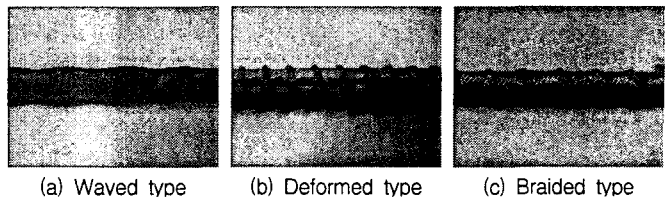


그림 2 개발된 FRP 보강근의 예시

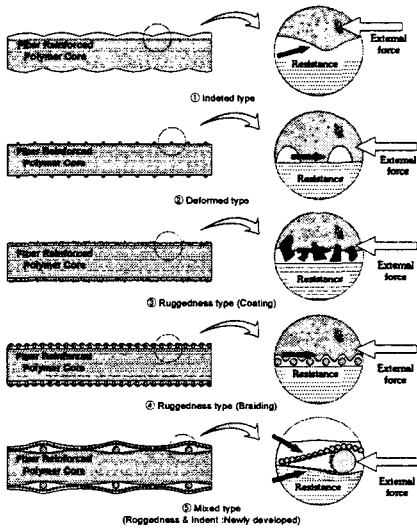


그림 3 돌기형상/표면처리에 따른 부착메커니즘

표 1 상용 FRP 보강근의 표면처리에 방법에 따른 분류

표면 형상	제품명 또는 제조사명
Indented type	Leadline(Mitsubishi Rayon Co., Ltd.)
	Arapree(Kajima Corp.)
	MBarTMFRP(MAC spa, Master Builders)
Deformed type	Composite Rebar Tehcnonlogy
	C-Bar(Marshall Industries Composites)
	Leadline(Mitsubishi Rayon Co., Ltd.) Technora(Sumitomo Construction Co., Ltd.)
Ruggedness type (sand coating, braiding)	ISOROD(Puttrall, ADS Composite Group)
	FiBRA(Mitsui Construction Co., Ltd.)
	BPE NSMR(BPE System) DWGR(동원건설)
Mixed type	ASLAN100(Indent&Coating) Glasspress Rod(Indent&Coating)

Waved type은 상용화되어 있는 ASLAN100과 같이 Indented 형식의 돌기를 갖도록 제작되었으며, Deformed type은 철근과 유사한 돌기형태를 갖도록 제작되었다. 이들은 각각의 형태로 가공된 금형에 섬유와 수지를 진공충진하여 생산된 제품이다. Braided type은 수지가 함침된 주섬유(섬유코어) 주위를 브레이딩으로 감싼 형태로, 돌기가 겉에 노출되도록 브레이딩하는 섬유와 동시에 제작하는 방식(Braid OUT)과 돌기용 섬유로 섬유코어를 먼저 감싸고 이후 브레이딩하여 돌기가 브레이딩 속에 존재하는 방식(Braid IN) 2가지로 보강근을 제작하였다.

조사된 바에 따르면 현재 상용화되어 있는 FRP 보강근의 부착 저항을 위한 표면처리 방법 또는 돌기형상은 표 1과 같이 크게 네 가지로 분류할 수 있으며, 이들의 부착저항 메커니즘은 그림 3과 같이 설명할 수 있다.

본 연구에서 개발 중인 FRP 보강근 중 Braid IN 방식의 경우에는 일반 브레이딩 형식(그림 3-④ 참고)에 돌기를 형성하는 섬유에 장력을 가하여 Indented 방식이 추가로 도입되도록 한 형태이다. 이럴 경우 돌기 섬유와 Indented 부분 사이의 공극에는 수지가 충전되어 브레이딩 섬유와 함께 썩기작용을 하도록 고안된 것이다(그림 3-⑤ 참고).

### 3. FRP 보강근의 부착거동

그림 4는 각 돌기형상 및 표면처리에 따른 FRP 보강근의 부착거동 특성을 보여준다. 부착실험은 CSA 규격(2002)에 따라 시편을 제작하여 실험하였고, 사용된 보강근의 공칭직경은 12.7 mm, 부착길이는 직경의 4배이다. 이중 국내에서 제작된 FRP 바인 DWGR(공칭직경 9.0 mm)과 현재 개발 중인 Braid IN과 Braid OUT은 규격에 따른 부착시편을 제작하지 않고 초속경 모르터를 사용하여 부착실험을 실시하였다. 각 FRP 보강근의 부착거동을 상대적으로 비교하기 위하여 그래프는 하중과 변위를 각각 최대하중과 최대변위로 나누어 표시하였다.

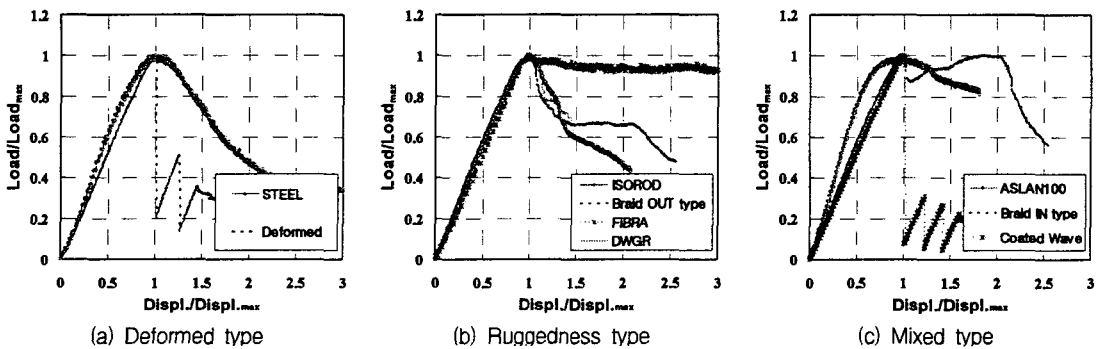


그림 4 돌기형상과 표면처리에 따른 보강근의 부착거동

각종 보강근의 부착거동은 돌기형태와 표면처리 방법에 따라 최대 부착강도 발현 후 거의 수직으로 하중이 감소하는 취성파괴를 보이거나, 서서히 하중이 감소하는 연성파괴를 보이고 있다.

그림 4(a)에서 철근과 동일한 형태의 이형 FRP 보강근의 경우에는 돌기가 수지만으로 구성되어 있기 때문에 보강근의 부착강도는 수지의 전단강도에 지배되며 이 돌기의 파괴에 따라 취성적이며 순차적으로 파괴되는 모양을 나타내었다.

그림 4(c)의 Coated waved 보강근 경우에는 그림 2(a)의 보강근 표면에 알루미늄 옥사이드를

표 2 각종 보강근의 부착강도 비교

시편	최대부착강도 (MPa)	철근대비 (%)
STEEL	22.5	-
ISOROD	15.1	67
ASLAN100	12.1	54
Braid IN type	15.2	68
Braid OUT type	16.6	74
Coated waved	16.6	74
Deformed	18.9	84
FiBRA	11.1	49
DWGR	16.2	72

코팅한 것으로서 돌기형상은 Indented 형식이나 부착저항은 주로 코팅된 입자가 담당하기 때문에 부착강도는 ISOROD 제품의 경우와 마찬가지로 코팅에 사용된 수지의 성능에 지배받게 되며(유영준, 2005), 코팅입자가 마디 별로 파괴되면서 그림과 같이 취성적인 실험결과를 나타낸 것으로 판단된다.

이외의 보강근에서는 최대 부착강도 발현 후 하중이 서서히 감소하는 연성파괴의 형태를 나타내었다. FiBRA 제품의 경우에는 하중 감소정도가 다른 제품에 비해 상당히 작아 연성파괴 측면에서 뛰어

난 성능을 나타내었으나 표 2에서 보듯이 최대 부착강도가 상대적으로 작은 값을 나타내고 있다. 브레이딩 제작방식의 보강근(DWGR, Braid OUT) 경우에는 최대 부착강도 발현 후 하중이 어느 정도 감소하다가 하중이 유지되는 구간이 존재하는 특징을 나타내었고, Braid IN 형식의 경우에는 최대 부착강도 후 하중이 다소 감소하다가 다시 증가하며 연성거동을 나타내었다.

부착강도는 Braid IN이 Braid OUT의 경우에 비해 다소 낮았지만 이는 현 개발단계에서 설비문제로 인해 돌기를 고안한대로 그림 3-⑤과 같이 섬유코어 내부로 들어가게 할 수 없었기 때문이며, 향후 설비 개선을 통해 강한 긴장력을 도입하여 이 문제를 해결함으로써 목표한대로 돌기섬유와 브레이딩 섬유 사이에 수지로 구성된 썬치를 형성시켜 보다 나은 부착강도를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 각종 FRP 보강근의 돌기형상이나 표면처리에 따른 부착거동을 상호 비교검토하기 위한 것으로 철근을 포함하여 총 9종의 보강근에 대한 부착실험결과를 비교하였다. 이를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) FRP 보강근 표면에 수지로 이형 철근과 유사한 돌기를 형성시킨 경우에는 돌기의 파괴로 인해 부착은 최대강도 발현 후 취성적 거동을 한다.
- 2) 규사와 같은 입자를 코팅한 형식의 경우(ISOROD)에는 상대적으로 덜 취성적인 파괴거동을 보이나, Indented 형식과 혼합한 경우(Coated waved bar)에는 취성적인 거동을 나타내었다.
- 3) 보강근 표면을 브레이딩 방식으로 감쌀 경우(FiBRA, DWGR, Braid OUT) 연성파괴에는 유리하나 부착강도가 상대적으로 낮아질 수 있고, 부착파괴는 브레이딩 섬유를 함침하는 수지의 전단강도에 지배받는다.
- 4) 부착강도와 거동을 동시에 고려할 경우 본 연구에서 개발 중인 Braid IN 형식이 가장 우수한 거동을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 부착강도가 Braid OUT 형식보다 다소 낮았으나 이는 향후 설비변경을 통하여 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 공공기술연구회 정책연구사업인 "FRP 복합재료 보강재 개발 및 이를 활용한 콘크리트 구조물 건설기술 개발" 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, FRP 복합재료 보강재 개발 및 이를 활용한 콘크리트 구조물 건설기술 개발, 1차년도 최종보고서, 2004.
2. 유영준, 박지선, 박영환, 유영찬, 김공환, 김형열, "물결 형태의 표면형상을 가진 GFRP 보강근의 부착성능에 관한 이론적 고찰", 한국구조물진단학회 봄학술발표회, 2005.
3. CSA Standard, Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers, Canadian Standards Association, S806-02, 2002.