

特輯

섬유복합재봉(FRP ROD)과 고강도 모르터를 이용한  
철근 콘크리트 구조물의 휨 보강공법(MFRI)공법

배기선\*, 박상훈\*, 이상욱\*

Reinforcing System(MFRI) for Concrete Structure using  
FRP ROD & High-Performance Mortar

Ki-Sun Bae\*, Sang-Hun Park\*, Sang-Uk Lee\*

ABSTRACT

This report is on the Reinforcing System(MFRI) for Concrete Structure using FRP ROD & High-Performance Mortar.

The main characteristic of this system is as fallow.

First, the fiber rods in this system have seven times greater tensile strength than general reinforcing steel bars(re-bar) and the weight is a fifth lighter. Garnets coated on the fiber rods' surfaces to improve adhesive strength and pull-out strength.

Second, high strength shotcrete mortar is has very good workability and low rebound rate. After installing the Fiber Rods, Shotcrete mortar is applied or sprayed to finish reinforcement.

Finally, MFRI system has excellent fire-resisting performance and sogood tolerance against external environment by inserting fiber rods and reinforcing materials into mortar which has high compressive strength. It is applied to bridge slab, utility box and tunnel of civil engineering works, and beam and slab of building structures.

**Key Words:** 섬유복합재봉(FRP ROD), 보강공법(MFRI), 고성능 모르터(High-Performance mortar), 뿔칠 모르터(Shotcrete mortar)

1. 서론

고강도 섬유보강복합재 및 고성능폴리머모르터를 이용한 보강공법은 성능 및 효과면에서 다양한 특징을 가지고 있어 그 적용성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

특히 섬유보강 복합재는 철근의 대체재로써의 적용을 위한 시도가 진행되고 있으나 우리나라의 경우, 경제성 때문에 신설공사의 시공에는 쓰이지 않고 있는 실정이다.

한편 본 공법은 최근 철근콘크리트구조물의 내력저하에 대응한 내력보강의 필요성의 증진에 따라 경제성과 우수한 재료특성을 가진 기술의 개발이 요구되는 시점에서 출현한 기술이라고 볼 수 있다.

우리나라에서는 유리섬유시트, 탄소섬유시트 및 아라미

드섬유시트나 이것을 복합시킨 판을 접착하는 공법이 적용되어 왔다. 그러나 섬유접착공법과 판접착공법은 콘크리트 표면에 접착시키므로 내화능력이 떨어지고 자외선 등에 의해 열화가 일어나며, 콘크리트의 열화진행 상태를 점검할 수 없다는 문제점이 있다. 또 콘크리트와 판의 접착불량은 구조적 보강이 되지 못한다. 따라서 이러한 문제점을 해결할 수 있는 공법의 개발 필요성에 따라 섬유복합재봉을 이용한 공법을 개발하게 되었다.

2. 기술의 내용

2.1 개요

\* (주)리폼시스템 기술연구소

본 기술은 광의적으로는 섬유보강복합재 붕을 이용한 콘크리트 구조물의 보강공법 개발이며 협의적으로는 섬유보강복합재를 콘크리트 구조물의 보강공법에 적용할 경우 단위중량당 강도와 강성이 높으나 콘크리트와의 부착성능이 낮아 부착파괴가 일어나므로 붕 표면에 가넷을 압력살포하여 이를 개선하고 이 개선된 붕을 이용한 보강시공법과 설계법을 개발한 것이다. 이들의 내용에 대해 기술하면 다음과 같다.

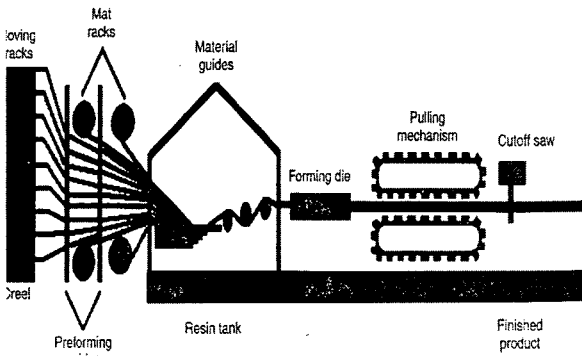
**2.2 섬유보강복합재 붕**

Table 2.1에서 탄소섬유 붕은 강도와 탄성계수가 매우 크나, 파단 시 변형율이 작아 높은 취성을 나타내고 있다. 이것을 구조물의 보강공법에 적용할 경우, 구조물의 안전성 확보상 문제점이 발생하게 된다.

유리섬유 붕은 강도와 탄성계수가 작은 문제점이 있다. 이에 비해 아라미드섬유 붕은 적당한 강도와 탄성계수를 갖는 것으로 나타났다.

**Table 2.1** 시험붕의 인장강도 시험성과

보강재의 종류	한 양 대 학 교 (B사)		
	최대인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	탄성계수 (N/mm <sup>2</sup> )	파단시변형율 (×10 <sup>-6</sup> )
	ø 6mm	ø 6mm	
탄소섬유 붕	1,491	129,418	11,511
유리섬유 붕	652	43,536	14,019
아라미드섬유 붕	937	82,561	11,343



**Fig. 2.1** 펠트루전장비의 기본적인 구성.

**2.2.1 제조방법**

본 MFRI 기술의 섬유보강복합재 붕은 일정한 형상을 가지므로 펠트루전방법을 선정하였다. 펠트루전 장비의 기본 원리와 구성은 Fig. 2.1과 같다.

특히 본 MFRI 기술에서는 섬유보강복합재 붕의 부착성능을 향상시키기 위해 가넷을 압력살포시키는 공정이 필요하다. 따라서 이를 기계화에서 처리할 수 있도록 펠트루전 장비를 개량하였다.

**2.3 섬유보강복합재 붕의 표면에 가넷을 압력살포하여 콘크리트와의 부착성능을 향상시키는 기술**

**2.3.1 가넷**

가넷은 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>의 화학식을 갖는 규산염광물의 총칭이다. 이의 화학식에서 A는 Fe<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>, Mg 또는 Ca이고 B는 Al, Fe<sub>3</sub> 또는 Cr<sub>3</sub>이다. 이의 물성은 Table 2.2와 같다.

**Table 2.2** 가넷의 물성

항 목	단 위	성 과
파괴강도	N/mm <sup>2</sup>	0.24
경 도	모스경도	7.5
용 해 도	°C	1,250

**2.3.2 부착성능 향상기술의 원리**

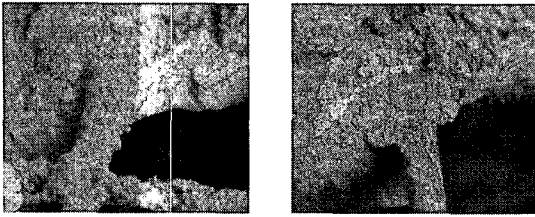
가넷은 300µm~800µm 크기의 매우 작은 골재로서 골재의 입자 하나하나가 강모래나 규사와 달리 많은 각을 가지고 있다. Table 2.2와 같이 높은 경도와 파괴강도를 가지고 있으므로 이것을 섬유복합재 붕에 압력살포시켰을 경우, 콘크리트 속에서 높은 부착성능을 갖는 표면조직을 형성시킬 수 있다. 또 용해도도 섬유복합재의 제조시의 온도보다 훨씬 높아 제조 시 문제점이 발생하지 않는다.

**2.3.3 가넷 살포방법**

본 MFRI 기술에서는 가넷을 살포하기 위해 펠트루전장비를 개량하였다. 가넷은 수지의 방출시 2회에 걸쳐 살포되도록 하여 품질의 균일성을 갖도록 하였다.

**2.3.4 살포량 결정**

가넷의 살포는 2회에 걸쳐 압력살포하는 것으로 하였으며 이것은 모르타르와의 부착성능을 비교실험하여 결정하였다. 이의 비교실험결과, 1차 압력살포 시는 계면분리 및 박리가 일어났으며, 2차에 걸친 압력살포 시는 Fig. 2.2와 같이 높은 부착성능을 나타냈다. 이를 통해 2차로 압력살포하여 균일한 살포가 되도록 하였다. 살포량은 수회의 시험제조를 통해 결정하였다. 초기 살포시는 수지의 경화가 초기인 경우이므로 많은 양을 살포할 경우, 붕의 표면 속으로 가넷이 혼입 되었다. 따라서 1차의 압력살포는 표면부에 가넷이 일부 침투되도록 하고 2차의 압력살포 시는 표면에 가넷이 형성되도록 하였다. 이와 같은 제조치침과 시험제조를



<과괴시험 후 모르터와 로드의 일체된 모습>

<모르터와 일체된 모습>

Fig. 2.2 2차 압력살포된 로드와 모르터의 부착상태.

통해 1차의 압력살포량은 로드길이에 대해 15gr/m, 2차의 압력살포량은 25gr/m, 총 40gr/m으로 결정하였다.

## 2.4 섬유 복합재 봉을 이용한 구조물 보강공법용 보강모르터 개발

### 2.4.1 요구성능

섬유복합재 봉을 이용한 구조물 보강용 모르터가 갖추어야 할 특성은 다음과 같다. 따라서 다음과 같은 특성을 갖는 모르터를 개발하는데 주안점을 두었다.

#### 1) 부착성

보강 후 응력 발생시 기존 콘크리트와의 계면에서의 부착파괴를 막고 기존 콘크리트 및 섬유로드와의 일체성을 높이기 위하여 부착성이 높아야 한다.

#### 2) 뽐칠시공

기존 구체표면의 미세공극을 채우고 섬유로드사이로 몰탈이 밀실하게 채워져 높은 점착력을 유지하여 고품질의 시공을 할 수 있도록 일정 압력으로 뽐칠 작업이 가능하여야 한다. 또한 보수부위는 열화상태에 따라 시공두께가 달라질 수 있으므로 충분한 두께까지 부착이 가능하여야 한다.

#### 3) 조강성능

보수부위가 교량이나 하수암거, 전력공동구, 지하차도, 고가교 등의 경우 보수시공 시 교통통제 없이 시공이 가능할 수 있도록 조강성능이 우수해야 한다.

#### 4) 시공성

보강공사는 높은 장소, 수중등과 같은 작업환경이 다양하므로 시공성이 좋아야 한다.

#### 5) 고강도

보수재가 역학적 성능을 가질 수 있는 충분한 강도를 유지하여야 한다.

#### 6) 내후성과 내약품성

구조물 혹은 구조부재의 기본적인 기능을 유지하기 위해서는 재료에 작용하는 자외선, 가스, 액체, 열, 하중 등의 열화외력에 대해서 내구성을 유지하는 성능이 필요하다.

#### 7) 열팽창계수

재료에 변형을 초래하고 부착력의 저하와 박리의 원인이 되는 온도변화에 대한 열팽창계수를 고려해야 하며 기존 콘크리트와 열팽창계수가 유사해야 한다.

#### 8) 내투수성, 내투습성, 균열저항성, 내염화물이온 침투성

단면보수재의 경우 수증기를 차단하는 재료를 사용하게 되면 기본 콘크리트에서 발생하는 수분이 보수재료와의 경계면에서 부착을 저해하는 경우가 있다. 따라서 기존 콘크리트와 유사한 정도의 투습성을 가지는 것이 바람직하다.

#### 9) 콘크리트 구조체와의 일체성

하중을 지지하기 위해서 재료의 강도 외에 보수부위의 콘크리트와의 일체성이 요구된다.(부착력, 건조수축성, 열팽창계수 등)

#### 10) 보수성

시멘트는 4가지로 소성된 클린커 성분과 약간의 석고가 첨가, 분쇄된 것으로 물과 반응하여 Calcium Silicate, C<sub>3</sub>A, CAF, Ca(OH)<sub>2</sub>, Ettringite를 생성시키고, 경화과정을 거치면서 재결정화 된다. 수화물의 생성과 강도의 증가는 연속적으로 일어나며 응결은 시간에 의존하는데, 수화에 필요한 수분은 이 시기에 소모된다. 이 경우 시멘트의 적용은 두꺼운 벽체 구조물이나 시공면적이 작은 곳에는 별 문제가 없지만, 시공면적이 크거나 박막인 경우는 하거나 건조한 바탕 등으로 물을 급격히 빼앗기기 때문에 시멘트의 완전한 수화는 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 보수성이 요구되어진다.

### 2.4.2 재료선정

보강 모르터는 전술한 모르터의 요구성능을 맞추기 위해 수회의 화학적 시험배합에 의해 Table 2.3과 같은 재료를 선정하였다.

표 2.3과 같은 재료의 선정경위를 요약하면 다음과 같다.

#### 1) 고강도화 및 안정성

시멘트, 팽창재, 고강도 혼합재, 슬래그 등을 사용하여 수축, 팽창에 대한 안정성을 높였다. 슬래그는 브레인인 8,000cm<sup>3</sup>/g 으로 매우 미세하게 분쇄한 슬래그와 특수혼화제를 주성분으로 한 고강도용 혼합재로 작업성을 개선시키고 수화열에 의한 균열저감효과가 있다. 또, 내화확성을

증대시키며 시멘트 제품의 고강도화를 가져올 수 있다. 고강도 혼합재의 사용으로 조강성능이 우수하여 공기단축을 꾀할 수 있다.

Table 2.3 보강모르터용 재료선정

항 목	재 료	
시 멘 트	보통포틀랜드 시멘트 아크릴 공중합 수지 에멀전	
혼 화 재	슬래그 분말 소석회	
혼 화 재	고강도용 혼화제	유동화제
	증점제	보수제
	지연제	촉진제
	경화제	소포제
	방부제	
골 재	규사 가넷	
물	정수된 이온수	

## 2) 작업성 및 보수성

대부분의 시공부위는 노출환경이 많다. 이러한 노출환경에서는 시공 후 양생 시 시멘트의 수화가 어렵게 되고 수화를 촉진시키기 위한 습윤양생도 어렵게 된다. 따라서 이러한 노출환경 양생조건에서 시멘트가 수화반응을 마칠 때까지 충분한 수분을 유지할 수 있도록 셀룰로즈 섬유계 증점제를 사용하여 보수성을 높였으며 제품의 혼합이나 시공 시에 셀룰로즈 섬유에서의 물의 이탈현상으로 접도가 복구되어 처짐을 줄여준다. 또한 starch계의 증점제의 사용으로 증점효과와 접착력을 향상시킨다.

증점제의 사용으로 기대되는 효과는 다음과 같다.

- 제품의 침강방지 및 분리방지
- 건조 및 경화재료에 보수성 부여
- 처짐 방지
- 유효성 및 미장성 부여
- 접착력 향상과 응집효과

## 3) 부착성능

고기능성 혼화제의 사용으로 부착력이 우수하며 스프레이 작업 시 1회 최대 20cm까지 시공이 가능하다. 작업 시 리바운드량이 5%미만으로 탈락률이 적고 연속적 공정의 연결로 작업소요시간을 단축시킬 수 있다. 또한 섬유로드 및 바탕 콘크리트와의 우수한 부착성능으로 일체화된 구조체를 형성한다.

## 4) 폴리머의 사용

폴리머의 사용으로 시멘트의 단점인 늦은 경화, 작은

인장강도, 큰 건조수축, 낮은 내약품성 등을 보완하고 골재와 시멘트 풀 사이의 부착력을 증대시키며, 콘크리트 부재의 변형기간동안에 보다 많은 파괴에너지(fracture energy)를 흡수할 수 있다. 또, 미세공극(micro pore)까지 침투하므로 수화된 시멘트와 미수화된 시멘트를 결합시키는 효과를 얻을 수 있다. 또한 경화 후에는 조기에 고강도가 발현되고 이 고강도 때문에 부재의 단면을 작게 할 수 있으며 접착력 및 내마모성, 내피로성, 내약품성 및 내충격성 등이 우수하게 된다.

## 5) 작업시간 단축

기존의 미장 작업보다 스프레이 작업 시 작업시간이 단축되며, 재료 자체의 조강성으로 인하여 후속작업시간을 단축시킬 수 있어 공기단축의 효과를 얻을 수 있다.

## 6) 고강도 골재의 사용

가넷이라는 특수골재를 사용하여 부착력을 향상시키고, 7.5의 고경도 재료가 갖는 특성으로 인한 강도증진 및 마모성, 내구성 향상 등의 효과를 얻을 수 있다.

## 7) 열팽창계수

골재의 적절한 배합과 고기능성 팽창제 및 수축저감제의 사용으로 인하여 온도변화에 따른 재료 자체의 변화가 거의 나타나지 않으며 기존 콘크리트와 유사한 값을 가진다. 따라서 재료의 변형이 없으며 이로 인한 부착력 저하와 박리현상 등이 발생하지 않는다.

## 8) 내후성과 내약품성

우수한 폴리머의 사용과 미세하게 분쇄한 슬래그와 특수 혼화제를 사용하여 수화열에 의한 균열을 저감시키며 내화성을 증대시켰다. 또, 시멘트 제품의 고강도화를 이루어 장기적으로 내후성 및 내약품성이 우수하게 된다.

### 2.4.3 배합비 결정

배합비의 결정을 위해 수회의 시험 배합을 실시하였다. 이러한 시험 배합을 통해 보강모르터의 배합비를 결정하였다. A제와 B제는 현장조건에 따라 혼합, 사용하여 시공성을 향상시키도록 하였다. 또 보강모르터는 본 MFRI 기술의 로드설치 후 밀실한 보강모르터의 시공이 필수적인 점을 고려하여 타설과 뿔칠이 동시에 가능하도록 하였다. 즉, 로드 거치 전 보강표면의 미장은 타설공법, 로드 거치 후 타설은 뿔칠공법을 적용하도록 하였다. 이 경우도 A제와 B제의 혼합비를 조정하여 시공이 가능하도록 하였다.

## 2.5 섬유보강복합재 봉을 이용한 콘크리트 구조물 보강공법

2.5.1 공법 정립의 주안점

본 MFRI 기술에서 시공법을 정립하기 위하여 다음과 같은 사항에 주안점을 두었다.

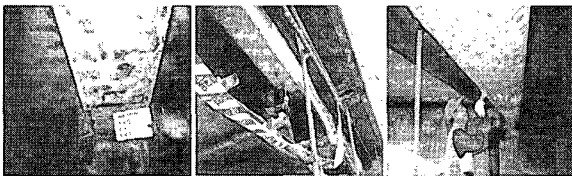
- ① 섬유보강복합재 봉을 콘크리트 구조물보강공법에 적용하기 위한 시공표준을 결정하였다.
- ② 실물실험을 통해 부착과피를 최소화할 수 있는 U자형 정착방법을 정립하였다.
- ③ 섬유복합재 봉과 구조적 특성이 균형을 이룰 수 있도록 보강모르터를 개발하였다.
- ④ 보강부위와 시공환경에 적합한 보강모르터의 적용범위를 설정하였다.

2.5.2 보강표준

본 MFRI 기술에서는 수회의 실험과 평가를 통해 보강공법의 표준을 설정하였다.

2.5.3 시공 Flow

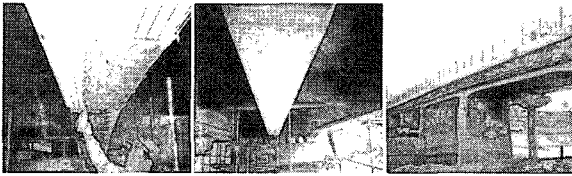
본 MFRI 기술의 시공 Flow는 Fig. 2.3.1 및 Fig. 2.3.2와 같다.



<시공전>

<표면처리>

<구조체 밀도증가제 도포 및 가넷접착모르터 솔처리>



<섬유로드 설치 및 미장>

<보강모르터 뿔칠 후 미장>

<시공후>

Fig. 2.3.1 공법의 시공순서.

2.6 보강모르터의 물리적 특성

본 특성의 시험은 전술한 배합비에서 A제와 B제를 (1) : (0.14 ~ 0.15)로 배합하는 것을 대상으로 하였다. Table 2.4에 서와 같이 보강모르터는 7일 양생 시 부착강도 274 N/cm<sup>2</sup>,

압축강도 4,250 N/cm<sup>2</sup>, 휨강도 786 N/cm<sup>2</sup>로서 높은 조기강도를 나타낸다. 또 탄성계수는 8.8×10<sup>5</sup> N/cm<sup>2</sup>이고 건조수축율은 0.002%이다. 이상의 내용을 종합할 때 MFRI 기술의 모르터는 보강모르터가 갖추어야 할 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.

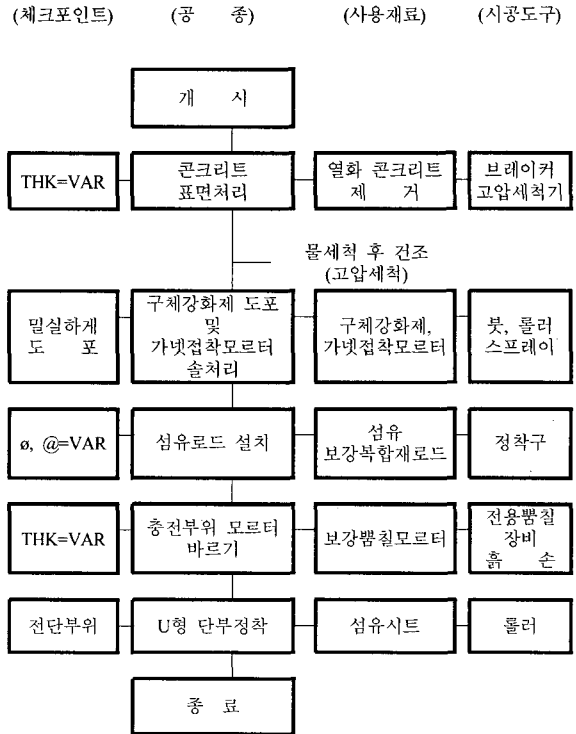


Fig. 2.3.2 시공 Flow.

Table 2.4 보강모르터의 품질

항 목	단 위	결 과
부착강도	7일	274
	28일	323
압축강도	7일	4,250
	14일	5,020
	28일	5,190
휨강도	7일	786
	14일	812
	28일	865
흡수비	1시간	1.75
	5시간	2.15
	24시간	3.38
건조수축율	%	0.002
탄성계수	N/cm <sup>2</sup>	8.8×10 <sup>5</sup>

## 2.7 표면에 가넷을 압력살포한 섬유복합재 봉의 부착 성능

### 2.7.1 시험목적

본 부착성능 평가를 위한 시험은 MFRI 기술인 표면에 가넷을 압력살포한 섬유복합재 봉, 무처리봉, 표면에 돌기가 있는 봉과 규사를 함유한 봉을 대상으로 하였다. 이를 통해 본 MFRI 기술과 기존기술의 부착성능을 비교 평가하고자 인발시험을 실시하였다.

### 2.7.2 시험방법

인발시험은 본 MFRI 기술에서 개발한 보강모르터와 섬유복합재 봉을 대상으로 하여 할열 인발시험을 실시하였다.

인발시험은 1차로 원형 섬유복합재 봉을 대상으로 하였으나 이 시험은 할열파괴가 유발되지 않고 바로 Slip이 일어나 부착강도를 측정할 수 없었다.

따라서, 기존기술인  $\phi 7\text{mm}$ 의 이형 섬유복합재 봉,  $\phi 6\text{mm}$ 의 규사함침 섬유복합재 봉 그리고, MFRI 기술인  $\phi 6\text{mm}$ 에 가넷을 압력살포한 봉에 대해 인발시험을 실시하였다. 이의 정착깊이는 부착면적이 동일하도록,  $\phi 7\text{mm}$ 의 것은 93mm,  $\phi 6\text{mm}$ 는 100mm로 하여 비교하였다.

### 2.7.3 시험성과 및 평가

인발시험성과의 내용을 요약하면 Table 2.5와 같다.

Table 2.5에서와 같이 MFRI 기술의 인발강도가 기존기술의 봉들보다 높은 값을 나타내고 있다. 따라서, 가넷을 압력살포시킴에 의해 섬유 봉의 부착성능은 크게 개선됨을 알 수 있다.

Table 2.5 인발시험 성과

봉 종류	정착깊이	센서부착 위치	변형률 ( $\times 10^{-3}$ )	인발강도 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	비 고
가넷압력살포 봉 (MFRI 기술)	100mm	1지점	15,000	1,020	그림 3.1 참조
		1/3지점	4,000	1,020	"
표면에 돌기가 있는 이형봉 (기존기술)	93mm	1지점	600	132	"
		1/3지점	500	153	"
규사 함침봉 (기존기술)	100mm	-	5,000	7.4	-

## 3. 현장 적용사례

섬유복합재봉(FRP ROD)과 고강도 모르터를 이용한 철근 콘크리트 구조물의 휨 보강공법(MFRI)공법을 활용한 기술이 발전하여 장대터널이나 교량, 복개도로의 보수 및

보강용으로 적용되는 기술적 성과가 있었다. 이러한 사례 중 주요한 것을 소개하면 다음과 같다.

### (1) 경부고속철도용 터널의 기존구간 성능개량공사

본 공사의 개요는 다음과 같다.

- 1) 공사내용 : 경부고속철도 기존선 활용에 따라 시행하는 대구-부산간 기존 터널내 전차선 설치를 위한 부축 높이 확보
- 2) 공사범위 : 대구-부산간 4개 터널,
- 3) 공사기간 : 2002년 5월 ~ 2002년 11월 (※ 실제 공사기간은 47일간)
- 4) 적용공법 : 고성능폴리머시멘트모르타르(보강용 결합재) 및 보강용 FRP봉(보강재)을 사용한 터널 라이닝 재구축 공법
- 5) 주요공정 : 주요공정은 다음 Fig. 2.3.3과 같다.

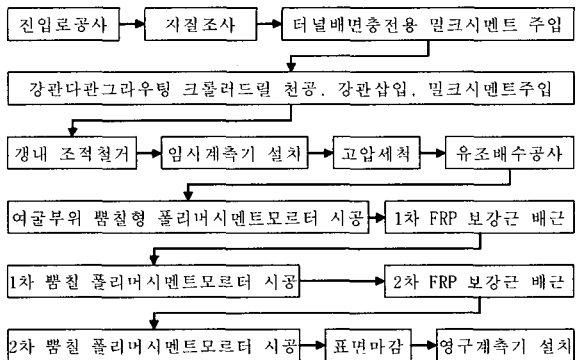


Fig. 2.3.3 공정 Flow.

참고로 본 공법과 관련된 주요공정은 Fig. 3.1과 같다.

### (2) 서울 청계천 복원공사를 위한 복개천의 성능보강공사

본 공사의 개요는 다음과 같다.

- 1) 공사내용 : 서울 청계천 복원공사에 있어서의 기존의 복개천 슬랩의 도로용으로서의 장기적 사용을 위한 휨 보강공사
- 2) 공사범위 : 제2공구(통칭, LG구간), 총연장 5km 정도
- 3) 공사기간 : 2003년 10월 ~ 2004년 5월경
- 4) 적용공법 : 보강용 복합재(FRP봉)와 고성능폴리머시멘트모르타르(보강용 결합재)를 사용한 철근콘크리트조 복개천의 상판의 휨 보강공법
- 5) 주요공정 : 본 공사의 주요공정은 Fig. 3.2와 같다.

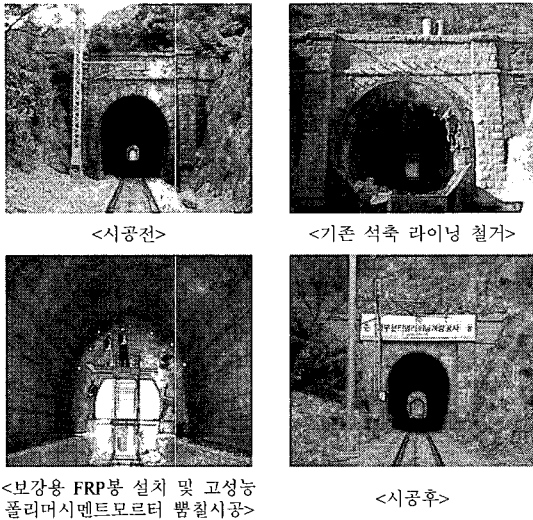


Fig. 3.1 경부고속철도용 터널의 기존구간 성능개량공사.

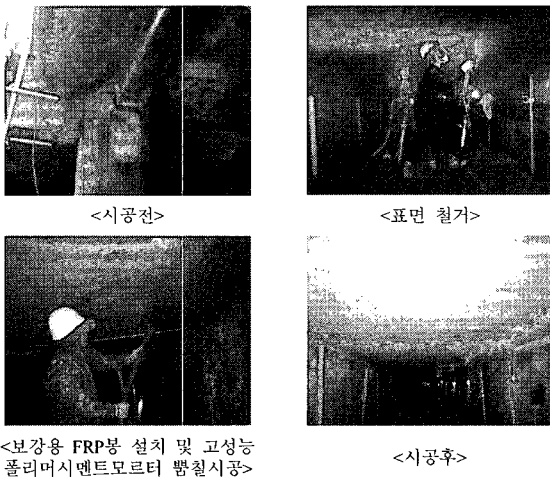


Fig. 3.2 서울 청계천 상판의 성능보강공사.

간략히 할 수밖에 없음을 아쉽게 생각한다. 차후에 기회가 주어진다면 충분히 보완하도록 노력 할 것이다.

### 참고문헌

- 1) 표면에 가넷이 압력 살포된 아라미드 섬유 봉(ROD)을 이용한 철근 콘크리트 구조물의 휨 보강공법(2004), 신기술, 403호, (주)리폼시스템.
- 2) 윤순중(1999) 탄소섬유 그리드를 이용한 콘크리트 구조물의 보수·보강공법 연구, 연구보고서, 홍익대학교 부설 과학기술연구소.
- 3) 이리형(2000), 아라미드 섬유 보강 복합재 봉을 이용한 콘크리트 구조물 보강공법에 관한 방화성능 및 실물구조실험 보고서, 연구보고서, 한양대학교 초대형구조시스템 연구센터, (주)리폼시스템.
- 4) 콘크리트 구조물의 보수·보강 New Fiber Grid-NEFMAC 공법, M.S.Asia.
- 5) ACI Committee 440(2000), Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bar, American Concrete Institute, U.S.A.
- 6) Aiello, M. A. and Ombres, L.(2000), "Load-Deflection Analysis of FRP Concrete Flexural Members," *Journal of Composites for Construction*, ASCE, Vol.4, No.4, November, pp. 164-171.
- 7) Cosenza, E., Greco, C., Manfredi, G., and Pecce, M.(1997), "Flexural Behaviour of Concrete Beams Reinforced with Fiber Reinforced Plastic(FRP) Bars," *Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Proceedings of the Third International Symposium*, Vol. 2, October, pp. 479-486.

## 4. 결 언

본 내용은 구조물의 폴리머를 사용한 보수보강기술의 확충 및 전파의 차원에서 최근 폭넓게 적용되고 있는 본 MFRI 기술의 기술적 내용, 이론, 과학, 공학적 원리, 실제적 적용 등에 관하여 개괄적으로 서술해 보았으나 전문적인 견지에 볼 때는 부족한 점이 많을 것으로 판단된다. 특히 기술, 공학 그리고 적용을 위한 설계 등의 측면에 있어서 추가해야할 내용이 많으나 지면의 성격 및 범위상