

## 폴리머-강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 보의 보수·보강

Repair and Rehabilitation of Polymer-Steel Fibrous High Strength Concrete Beams

곽 계 환\*

김 원 태\*\*

Kwak, Kac-IIwan

Kim, Won-Tac

### Abstract

This study is to investigate its use by applying stainless steel wire mesh reinforcement method of construction, which is newly developed, on the high strength concrete beam mixed with polymer-steel fiber. In this test, it is investigated and observed such as follows: the ultimate load, the initial flexure crack load, the initial diagonal tension crack load, the relation between load and deflection, load-strain relation, and also crack growth and fracture aspect by increasing load. The results of this test are: first, the stainless steel wire showed some useful reinforcement effects in multiplying the steel's resisting force of moment to the tensile force of beam or slab; second, the promoting strength and internal force was made in the process of the integration at the same reaction by using the penetrating polymer-mortar with an excellent durability and physical property. On the basis of this results, because such instances in applying stainless steel wire Mesh reinforcement method of construction have been few so far, through the experimental investigation such as this test over and over again, the efficient and useful method must be developed for the practice.

**keywords** : stainless steel wire mesh, Polymer-steel fiber, load-strain relation, load and deflection.

\* 정희원, 원광대학교 토목환경공학과 교수, 공학박사

\*\* 학생희원, 원광대학교 토목환경공학과 박사과정

E-mail : kut5520@hanmail.net 063-850-6720

● 본 논문에 대한 토의권 2002년 6월 30일까지 학회료 보내 주시면 2002년 10월호에 토론권자권 게재하겠습니다.

## 1. 서론

구조물은 시공단계에서부터 시간이 경과함에 따라 설계에서 예측하지 못했던 여러 가지 변화를 받게 된다. 시공중의 설계 변경 및 시공 불량, 구조물의 원공 후 용도변경에 따른 하중 증가, 구조물이 위치한 지역의 환경변화, 시간 경과에 따른 재료 특성의 변화 등이 있다. 특히 철근 콘크리트 구조물의 경우 균열 발생 및 시간 경과에 따른 콘크리트의 노후화는 피할 수 없다. 따라서 구조물의 유지관리 시스템이 확보되고 정기적인 점검을 통해 구조물의 변화 상태를 정확히 파악하여 이에 적절한 보수 대책 및 보강 공법을 수립해야 한다.

본 연구에서는 폴리머와 감염유를 혼입한 고강도 콘크리트 보에 최근 개발된 스테인레스 와이어 메쉬를 활용한 보수, 보강 공법에 관한 실험을 통하여 보강 공법에 의한 폴리머와 감염유를 혼입한 고강도 콘크리트 보의 역학적 거동을 파악하였다. 그리고 보수·보강 공법의 효과를 분석함으로써 실제 구조물에 있어서 최적의 보수·보강 설계 및 공법에 대한 방향을 제안하고자 한다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료의 특성

#### 2.1.1 고강도 콘크리트

1988년 건설부 제정 극한강도 구조설계규준에서 구조용 보통 콘크리트의 기준 압축강도는 150~420 kgf/cm<sup>2</sup> 이하로 한계를 정하였으나 1993년도에 개정된 "극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계규준 및 시험"에서는 콘크리트의 고강도화 경향과 신진국의 경우를 반영하여 구조용 콘크리트의 정의값 180 kgf/cm<sup>2</sup> 이상으로 하고 420kgf/cm<sup>2</sup> 상한선을 철회함으로써 고강도 콘크리트의 향후 실용화를 위한 기준을 마련하고 있다.<sup>1)2)</sup> 외국의 경우, 미국은 1984년 AC1363 위원회에서는 고강도 콘크리트에 대하여 보통중량콘크리트는 압축강도 4200kgf/cm<sup>2</sup> 그리고 경량콘크리트는 2800kgf/cm<sup>2</sup> 이상을 고강도 콘크리트라고

정의하였다.<sup>3)</sup> 일본은 건축분야의 보통중량 콘크리트는 270~360kgf/cm<sup>2</sup>로 도목분야에서는 일반적으로 600~800kgf/cm<sup>2</sup>를 고강도라 한다. 본 실험에서는 시멘트, 물, 잔골재, 완골재 및 혼화재료에 비합비를 달리하고 고성능 감수제를 첨가하여 고강도 콘크리트를 제조하였다.

#### 2.1.2 감염유 혼입 콘크리트

감염유 혼입 콘크리트는 일반 콘크리트에 비하여 인성, 인장, 전단 및 휨 강도가 증가하고, 내충격성, 내마모성, 내피로성의 증가 및 건조수축의 감소 등의 장점이 있다. 이러한 콘크리트는 주로 스포티드로 많이 사용되며 터널의 보수, 용벽 정사면 보호, 세그먼트 라이닝 및 내부 터널 라이닝 등의 다양한 용도로 이용되고 있다. 감염유 혼입 콘크리트의 내구성은 주로 감염유의 부식에 대한 것이 문제가 된다. 부식은 표면에 노출된 것과는 내부 감염유 조직의 증성화에 대한 것이 있다. 정자의 부식에 대한 문제는 스테인레스강 또는 방청처리된 한 감염유를 이용함으로써 해결할 수 있고 실용상 큰 문제가 되지 않는 것으로 알려져 있다. 후자의 경우 경화 후에도 증성화의 진행은 느리게 진행되지만 내부에서 부식된 감염유는 철근과 같이 팽창하지 않고 소멸하는 경향이 있으며 오히려 균열 구속능력이 우수하기 때문에 내구성은 향상된다.<sup>4)5)</sup>

#### 2.1.3 폴리머 포틀랜드 시멘트 콘크리트

고분자재료를 사용하는 폴리머 콘크리트는 보통 콘크리트에 비하여 강도, 연성, 인성, 화학저항성 및 내구성이 크게 향상되므로 구조용 재료뿐만 아니라 비구조용 재료로 활용되고 있다. 이러한 폴리머 콘크리트는 배합 및 제조방법에 따라 폴리머 침투 콘크리트(Polymer Impregnated Concrete, PIC), 폴리머 포틀랜드 시멘트 콘크리트(Polymer Portland Cement Concrete, PPCC), 및 폴리머 콘크리트(Polymer Concrete, PC)로 크게 3종류로 나눌 수 있다.<sup>6)</sup> 본 연구에서는 폴리머 포틀랜드 시멘트 콘크리트(PPCC)를 사용했고 비합은 실용해 또는 유성화 폴리머가 배합시 첨가되는 것으로 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트 배합과 같다.

### 2.1.4 스테인레스 스틸 와이어메쉬

#### 1) 보강원리

스테인레스 스틸 와이어 메쉬에 의한 보강의 기본 원리는 철근과 콘크리트의 부착 강도가 크고, 철근은 인장에 강하고 콘크리트는 압축에 강하며, 콘크리트 속의 철근은 부식하지 않는다는 철근 콘크리트의 정립 원리와 같다. 또한, 응력분포의 구성 구조 체계도 같다. 다만, 철근 대신에 스테인레스 스틸 와이어 메쉬를 사용하여 보강면에 부착하고 침투성 폴리머 모르타르로 피복을 형성하는 것이다. 따라서 노출된 철근 콘크리트의 감성 부록에 따른 보강 차원에서 스테인레스 스틸 와이어가 침투성 폴리머 모르타르에 의해 기존 콘크리트와 부착되어 보 또는 습배트의 인장력에 저항하는 철근의 모멘트 저항력을 증가시켜 보강 효과를 발휘하게 된다.<sup>5)</sup>

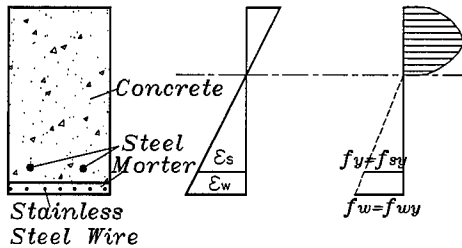


Fig. 1 보강의 구조적 원리

#### 2) 구성

인정한 간격으로 짜여진 스테인레스 스틸 와이어 메쉬와 와이어 메쉬를 치지않도록 당기기 위한 인장기 및 이를 콘크리트 구조물에 고정 시키기 위한 앵커핀, 그리고 와이어 메쉬를 도포하고 보강하기 위한 보강용 모르타르(MC-A0401)로 구성되어진다. 시공순서는 골면면에 앵커핀을 주입하고 표면을 매끄럽게 처리한 다음 스테인레스 스틸 와이어에 인장기를 이용하여 인장력을 도입한 후 앵커핀을 이용하여 견속한다. 그리고 보강용 모르타르를 도포한 후 양생을 실시한다.

스테인레스 스틸 와이어의 특성은 다음과 같다. 첫째, 녹이 슬지 않고 응력 손실에 대한 저항성이 우수하다. 둘째, 릴렉세이션(relaxation)이 적고 직선성을

유지하여 와이어 매쉬 제작이 용이하며 신장률이 우수하다. 셋째, 콘크리트(모르타)와의 부착력이 우수하고 피로강도가 좋으며 인장강도가 높아 작은 단면에서 큰 힘을 발휘한다. 넷째, 매쉬 제작시 와이어의 신장에 따른 비치간격 조정 가능하고 폭외에 이르기까지 높은 응력에 견디며 항복비(항복점 응력의 인장강도에 대한 비분율)가 크다.<sup>5)</sup>

또한, 보강용 모르타르(MC-A0401)의 특성은 첫째, 무수축으로 균열이 전혀 발생하지 않으며 강도의 발현성이 우수하여 조기에 와이어 메쉬를 시방할 수 있다. 둘째, 화학약품에 대한 저항성이 우수하고 응출시험 결과 유독성분이 없어 인체에 해롭지 않으며 이산화탄소의 투과성이 적어 콘크리트의 중성화를 예방한다. 셋째, 작업중 리바운드가 발생하지 않고 동결융해에 대한 저항성 및 장기 내구성이 우수하다 넷째, 염화물의 침투 저항성이 우수하여 내부 철근의 부식을 방지하고 기존 콘크리트와 역학적 거동이 동등하여 장기 부착 성능이 우수하다.<sup>5)</sup>

#### 3) 탄소섬유 보강 및 강판집하 보강과 스테인레스 스틸 와이어메쉬 보강 기술과의 비교<sup>5)</sup>

탄소섬유 보강공법의 장점은 다음과 같다.

- ① 사화중 및 단면의 증가가 적다.
- ② 시공성이 양호하다.
- ③ 수지의 집착력에 의해 정착되기 때문에 앵커 등이 필요 없어 구조물을 손상시키지 않는다.

그러나, 단점으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 100℃ 이상의 열에 약하다.
- ② 보강된 콘크리트 구조물의 강도를 장기간 유지할 수 없다.
- ③ 시공시 레진이 바다 또는 벽 등에 떨어지게 되면 처리가 곤란하다.
- ④ 주차재인 탄소섬유가 고가품이다.
- ⑤ 집착력이 우수하다 해도 콘크리트 모래가 막힌 경우에는 모래 계면에서 박리가 일어나게 된다.

스테인레스 스틸 와이어메쉬는 습윤 환경에서도 시공이 가능하며 경량으로 인해 소수의 전문인력으로 시공이 가능하다. 또한, 와이어 메쉬를 현장에서 차단하기 때문에 시공이 간편하고 미관이 양호하다.

강관 침착공법은 콘크리트 부재의 인장축 외면에 강관을 정착시키고 양자간여 전단면을 전달시켜 기존의 콘크리트와 강관의 일체화를 이루어 철근으로 단면보강효과를 기대하는 보강공법이다. 그러나 단점으로 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 실제 적용 시에는 상호 완전한 정착이 이루어져야 본 공법의 최대의 효과를 발휘할 수 있으므로 충분한 정착깊이를 확보할 수 없는 경우에는 보강효과가 떨어진다.
- ② 부식으로 인해 습윤면 시공이 불가능하고 증착으로 인해 많은 인력이 필요하다.

스테인레스 스틸 와이어 배워는 모체와 구조적 거동이 동일한 무기계 재료를 쓰므로 계면 안정성을 확보할 수 있고 내염성도 우수하다. 특히, 침투성 물질은 투수가 가능하기 때문에 습윤 환경에서도 철근이 부식될 염려가 없고 보수와 보강이 동시에 적용되는 공법으로 뛰어난 보강효과를 발휘한다.

## 2.2 시험체 형상 및 치수

폴리머-강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트를 사용한 철근콘크리트 보의 전단거동을 연구하기 위하여 시험체의 크기는 단면  $15 \times 30\text{cm}$ 의 보를 길이별로 다르게 하였고 시험체의 주요변수들을 고려하여 정칙시험용 시험체 9개를 제작하였다. 여기서 강도별로 PSNS는 폴리머-강섬유를 혼입한 보통강도, PSHS는 폴리머-강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트를 나타내고 각각 전단시간 길이비로 1.5, 2.8, 3.6으로 하였다. 각 시험체의 하중에 따른 철근의 변형율을 측정하기 위하여 인장철근에 스트레인 게이지를 부착한다. 본 실험에서 사용한 스트레인 게이지의 저항은  $120 \pm 0.4\Omega$ , 게이지 Factor 값은 2.10, 2.09이다. Fig. 2는 PSHS1-3

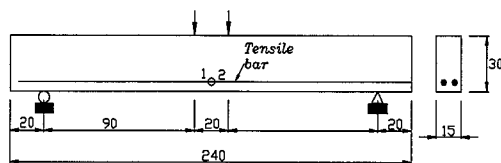


Fig. 2 PSHS1-3의 단면형상(cm)

시험의 정칙부재의 재원 및 스트레인 게이지 부착 위치 관계를 나타냈다.

## 2.3 실험방법

철근의 중앙부에 변형률 게이지(거푸집 조립시 설치)와 시간의 중앙부에 치짐계(LVDT)를 이용하여 하중의 증가에 따른 철근의 변형률, 중앙 치짐 관계를 관찰하며 DAS 16CH로 정칙 변형율과 치짐을 측정하였다. 시험에는 10cm간격으로 장방향선을 그려 균열의 성장과정, 초기 사인장균열하중 및 초기 침강량 하중을 관찰하였다.

KS F 2408과 JIS A 1106의 콘크리트 취 감도 시험방법에 의하여 200ton 용량의 만능시험기를 이용하여 하중변위 제어 방법으로 실험을 실시하고 하중 속도는 KS F 2408과 JIS A 1106의 규정에 의해 미분  $8 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ 의 속도로 하중을 가한다.

## 3. 실험결과 및 고찰

폴리머와 1.0% 강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 압축강도 실험에서 세 가지 시리즈로 분류하여 PSNS1-시리즈는  $w/c=35\%$ , PSHS1-시리즈는  $w/c=30\%$ , PSHS2-시리즈는  $w/c=30\%$ 로 하였으며 각 시리즈 별로 실험한 28일 압축강도검체는 다음 Table 1과 같다.

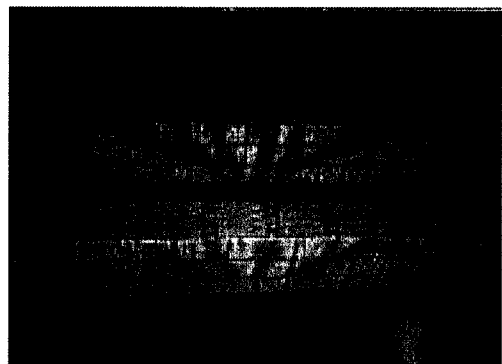


Photo 1. 스테인레스 스틸 와이어 배워 보강

Table 1 압축강도 및 인장강도의 실험 결과

Series	W/c (%)	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	인장강도차 인장강도의 비 (fc/fsp)
		28 day	28 day	
PSNS1	35	320	34.2	9.35
PSHS1	30	436	45.6	9.52
PSHS2	30	520	55.1	9.43

### 3.1 하중증가에 따른 균열성장폭 파괴양상

#### 3.1.1 균열성장

플러머-강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 보는 압축 강도에 상관없이 평균열은 하중 재하 초기에 순수휨수 간에서 발생하여 하중을 증가시킴에 따라 미세하게 계속 성장하였다. 하중의 증가에 따라 사인장균열은 전 단시간내의 부부중량에서 단독으로 급작스럽게 발생하거나 지지점에서 1.0d~1.5d 만큼 떨어진 곳에서 균열이 발생하며 성장하였다. 이와 같이 발생한 사인장균열은 하중을 증가시킴에 따라 뒷부분의 전단균열은 하중점을 향하였고 이 뒷부분의 전단균열은 지지점을 향해 성장하여 결국은 극한하중에서 파괴되어 사인장균열에 의한 전단인장 혹은 전단압축파괴의 양상을 나타내었다. 전단균열은 어느 정도 수준에서 균열의 전진이 멈추었으며 파괴에 미치는 영향은 아주 작았다. 이러한 사인장 균열은 하중의 증가에 따라서 스텝이 없는 경우에는 재하점 방향과 지지점 방향으로 약 45° 각도를 가지고 전진되어 대부분은 최종적으로 인장철근을 따르는 환형파괴로 보가 파괴되었다. 균열성장과정에서 가장 손상이 뚜렷한 것은 지지점에서 d/2만큼 떨어져서 재하점을 향하는 사인장 균열이었다. 한편 스테인레스 스틸 와이어 대위로 보강된 보의 경우에는 전단시간 길이비에 따라 균열강도차이는 있었으나 균열성장 과정은 보강전과 유사함을 보였다.

균열 성장 그림은 시간별로 Fig. 3~8에 나타내었다.

#### 3.1.2 파괴양상

플러머-강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 보는 전단

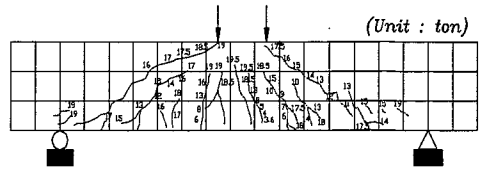


Fig. 3 PSNS1-2부재의 하중과 균열성장

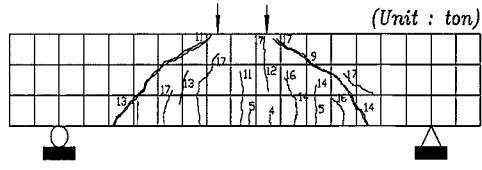


Fig. 4 PSHS1-2 보수·보강 부재의 하중과 균열성장

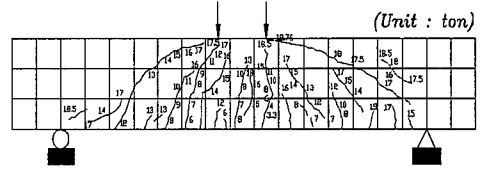


Fig. 5 PSHS1-2부재의 하중과 균열성장

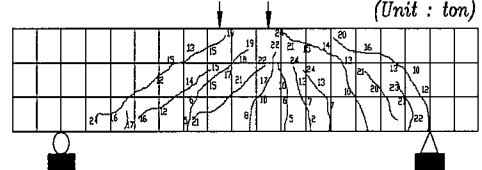


Fig. 6 PSHS1-2 보수·보강 부재의 하중과 균열성장

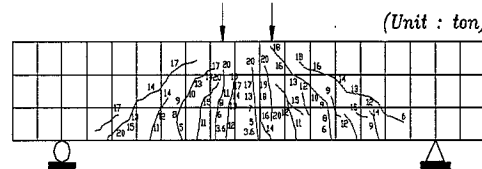


Fig. 7 PSHS2-2부재의 하중과 균열성장

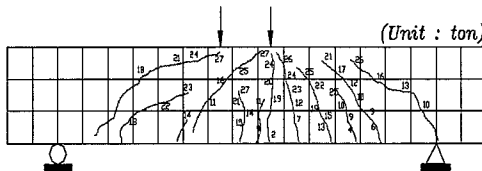


Fig. 8 PSHS2-2 보수·보강 부재의 하중과 균열성장

지간 깊이비 1.5 및 2.8에서는 전단파괴가 유발되었고, 전단지간 깊이비 3.6에서는 휨파괴가 유발되었다.

폴리머-강섬유를 혼입한 보는 하중을 가하는 과정에서 휨균열의 발생으로 부재 내부에서는 내력의 재분배가 생기며 균열이 생긴 단면에서 철근의 변형율이 현저히 커지는 것을 관찰할 수 있다. 하중이 점점 증가하면 균열은 서서히 재하점을 향하여 발전하는데 그 균열의 발전속도는 보통 콘크리트보 보다 훨씬 느리다. 이때 중립축은 계속 위로 상승하며 압축응력은 점점 커진다. 그리고 폴리머를 콘크리트에 혼합하므로써 인장력이 증대되었음을 알 수 있고 하중이 극한 하중에 이르렀어도 부재는 곧바로 파괴되지 않으며 강섬유의 뿔힘 작용에 의하여 어느 정도 내하력을 갖고 있다. 결국 부재는 강섬유의 뿔힘 작용에 의하여 파괴를 일으킨다. 강섬유가 콘크리트에서 뿔히는 소리는 실험에서 직접 들을 수 있으며 파괴직전에 시편은 새로운 균열이 불규칙적으로 많이 발생한다. 이는 폴리머와 강섬유가 아직도 콘크리트와 부착되어 있으며 그 파괴는 섬유의 뿔힘으로써 파괴되는 것을 확인할 수 있었다. 한편 스테인레스 스틸 와이어 매쉬로 보강된 보의 경우 보강전의 보와 유사한 파괴양상을 보였으나 극한 강도는 2배이상 증가하였으며 스테인레스 스틸 와이어의 파단과 동시에 시편이 파괴되었다.

### 3.2 작용하중과 중앙 처짐 관계

본 실험은 하중제어 방식으로 하중을 가력 하였고 보의 중앙 처짐은 부재의 중앙부에 설치한 다이알게이지 값으로 구하였다. 폴리머-강섬유를 혼입한 콘크리트 각각의 부재에 대한 하중과 중앙 처짐 관계는 보통 강도, 고강도로 구별하여 전단지간 깊이비(a/d)별로 Fig. 9~10에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 보의 중앙 처짐은 초기에는 하중에 비례해서 비교적 직선임을 알 수 있으며 일정한 선형탄성 부재임을 알 수 있다. 하중이 증가하고 직선관계를 벗어나면서 휨과 사인장균열이 발생하여 보의 강성을 감소시켜 처짐이 증가했다. 또한 파괴 직전에 있어서는 하중이 증가될 때 처짐이 급격히 증가했다. 본 실험을 통하여 균열발생 이전의 중앙 처짐은 하중이 증가함에 따라 선형적

으로 증가하다가 균열이 발생한 이후에는 콘크리트의 처짐에 대한 저항력이 약화되어 비선형으로 증가함을 알 수 있었다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 실험에서 사용된 모든 보의 초기 처짐의 기울기는 전단지간비(a/d)로 다르게 나타냈다. 사인장 균열이 발생하기 전에는 보의 거동은 선형적이고 보의 강성은 보의 길이에 따라 변한다. 전단지간·깊이비(a/d) 1.5인 짧은 보에서는 강성의 변화가 거의 없으나 전단지간 깊이비(a/d) 2.8, 3.6인 보에서는 강성의 변화가 심하였다. 보통강도 콘크리트인 보에서는 하중과 중앙 처짐 곡선을 비교할 때 동일한 처짐에서 고강도 콘크리트 시편 일수록

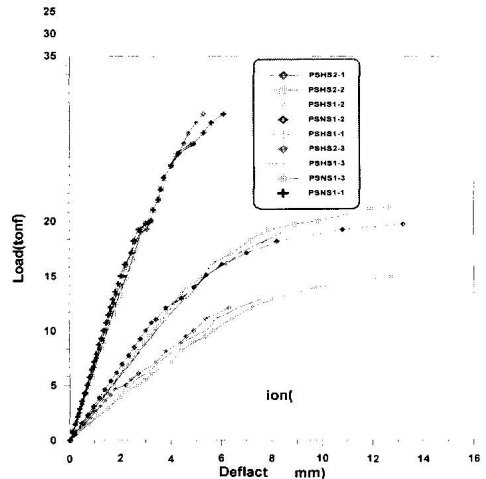


Fig. 9 부재의 하중-중앙 처짐

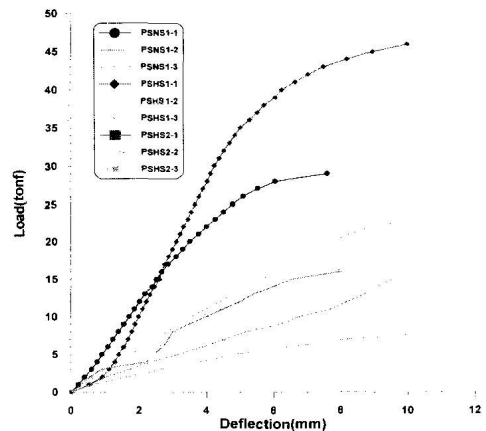


Fig. 10 보수·보강된 부재의 하중-중앙 처짐

하중이 더 커짐을 알 수 있었다. 그럼에서 알 수 있듯이 콘크리트 탄축강도 변화에 따른 보의 실험결과로서 동일한 전단지간 길이비(a/d)를 가진 보에서 콘크리트 강도가 보다 고강도인 경우 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 강성이 커져 처짐이 점차 작아짐을 나타냈다. Fig. 10에서 스테인레스 스틸 와이어로 보수·보강된 보의 초기 처짐 기울기는 원만하였고 하중과 처짐이 감소함을 알 수 있었다.

### 3.3 작용 하중과 변형률 관계

보의 변형률은 철근에 부착한 변형계치(steel strain gage)를 이용하여 측정하였다. 폴리머와 강섬유를 혼입한 콘크리트 각자의 부재에 대한 하중과 변형을 관계는 보통강도와 고강도로 구별하여 전단지간 길이비(a/d)별로 Fig. 12~17에 나타내었다. 인장철근의 변형률은 하중의 증가에 따라 일정한 기울기를 가지고 증가하였다. 초기 직선부분에서 인장철근은 콘크리트와 동일한 변형률로 거동하였으나 콘크리트의 취굴점이 발생한 후 철근과 강섬유만이 인장력을 부담하므로 변형률의 기울기가 증가하며 이때 부재 내부에서는 내력의 재분배가 생긴다. 즉, 균열단면의 철근의 용력과 변형률은 제일 코너 균열사이의 콘크리트는 여전히 외력에 저항하기 때문에 철근의 용력과 변형률은 모두 감지 않는 변화를 일으키는데 균열단면과 멀리 떨어져 있을수록 철근의 변형률은 작으며, 용력도 작아진다. 하중이 계속 증가하면 응집속도 직선에 따라 변화하는 것이 아니라 균열의 발생과 함께 변한다. 전체 하중을 가하는 과정에서 폴리머와 강섬유를 혼입한 고강도 콘크리트의 철근 변형률의 증가가 보통 고강도 콘크리트보다 작다. 이는 폴리머와 강섬유도 철근과 함께 외력에 저항하기 때문이다. 즉, 동일한 하중에서 폴리머와 강섬유를 혼입함으로써 부재의 파괴되는 시간은 보통 콘크리트보다 길다.

Fig. 11~16의 대부분 과정에 있어서 부재는 단성 거동을 하며 강재가 항복한 후의 소성변형은 아주 짧은 시간 내에 진행된다. 스테인레스 스틸 와이어로 보수·보강된 부재의 변형을 곡선은 허용강도가 크게 증가하였고 변형률도 크게 증가함을 보였다.

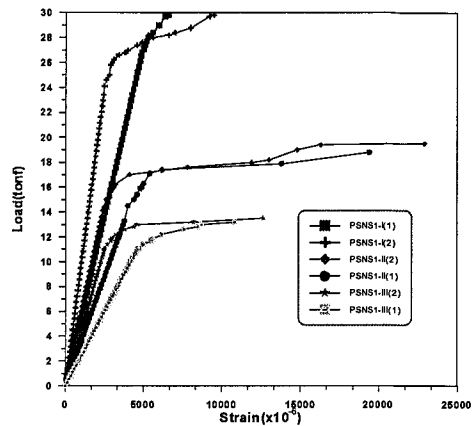


Fig. 11 PSNS1 부재의 하중-변형률 관계

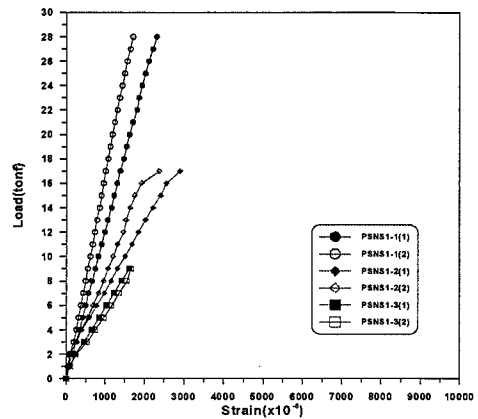


Fig. 12 PSNS1 보수·보강 부재의 하중-변형률 관계

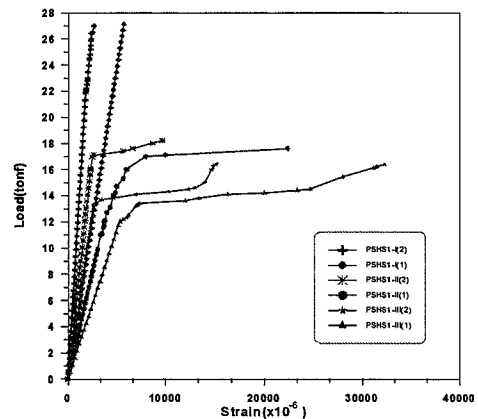


Fig. 13 PSHS1 부재의 하중-변형률 관계

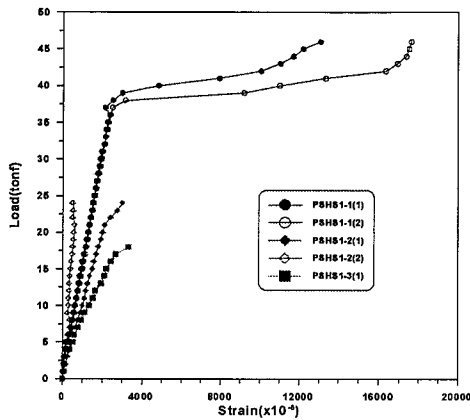


Fig. 14 PSHS1 보수, 보강 부재의 하중-변형률 관계

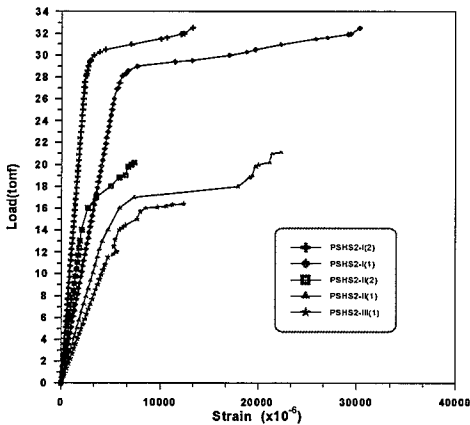


Fig. 15 PSHS2부재의 하중-변형률 관계

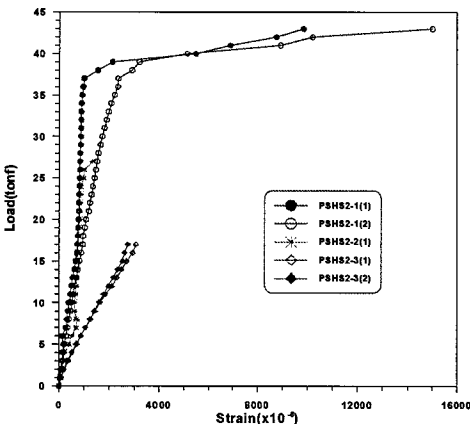


Fig. 18 PSHS2 보수, 보강 부재의 하중-변형률 관계

Table 2 보수, 보강 전, 후 시험의 정적실험 결과

시편명	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$t_w/d$	$F_y(F)$	$V_y(F)$	$V_u(F)$	파괴 형태
PSHS1-1	320	1.5	4,213.0	141.23	29,630	전단
PSHS1-2	320	2.8	3,614.5	119.5	19,177.5	전단
PSHS1-3	320	3.6	4,013.5	13,675	15,508.9	취
PSHS1-1	436	1.5	3,918.0	141.14	27,044	전단
PSHS1-2	436	2.8	3,312.0	121.0	18,7025	전단
PSHS1-3	436	3.6	2,713.0	10.7	18,3018	취
PSHS2-1	520	1.5	4,814	141.17	33,451	전단
PSHS2-2	520	2.8	3,612.0	111.2	21,027.3	전단
PSHS2-3	520	3.6	2,312.0	1408	17,1018	취

### 3.4 정적실험 결과

정적실험에 대한 결과는 Table 2에 정리하였다.

$f'_c$ 는 콘크리트 압축강도,  $V_y$ 는 파괴시 정적극한 하중,  $F_y$ 는 초기 평균연하중,  $V_u$ 는 초기 사인장균 연하중을 나타낸다. 괄호안의 숫자는 보수·보강 시험의 실험 결과 값이다.

## 4. 결론

콘크리트 보강재로 최근 사용되는 스테인레스 와이어 메쉬로 보수, 보강된 콘크리트 보에서 강도 및 변형 특성에 대한 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) PHS1 시험의 극한 강도 증가는 없었다. PHS1 시험은 10%, PHS2 시험은 60% 정도 강도가 증가하였고, 보강 시험의 처짐 제어 효과가 있었다. 변형률은 보강된 시험과 유사한 양상을 보이고 있어 변형제어와 연성파괴 유도 효과가 있는 것으로 판단된다.
- 2) 파괴된 철근 콘크리트의 강성 부족에 따른 보강 치위에서 스테인레스 스틸 와이어가 침투성 폴리머 모르타르에 의해 기존 콘크리트와 부착되어 보 또는 슬래브의 인장력에 저항하는 철근의 모멘트 저항력을 증가시켜 보강 효과를 발휘하게 된 것으로 사료된다.



- 3) 극한하중값은 와이어매쉬 보강후 PSHS1시편에서 전단지간 길이비가 3.6일 때 10%, 2.8일 때 36%, 1.5일 때 63%강도가 증가되었다. PSHS2시편에서는 전단지간 길이비가 3.6일 때 5%, 2.8일 때 30%, 1.5일 때 36%의 강도 증가 효과를 보였다.
- 4) 물성 및 내구성이 우수한 시멘트계 침투성 폴리머 모르타를 사용하여 복원하므로 강성의 증진 및 내하력 향상뿐만 아니라 동일한 거동에 의한 밀폐화가 가능하였다.
- 5) 기존 콘크리트와의 부하력 강화 효과를 발휘하고 물성 및 내구성이 우수한 침투성 폴리머 모르타의 사용으로 표면상의 문제를 해결하고 밀폐화가 이루어져 구조거동이 기존 콘크리트와 동일하게 작용하며 보강에 의한 강성의 증진 및 내하력 향상이 이루어졌다. 본 연구를 통하여 적절한 실험 방법과 순서 및 보강 후의 역학적 거동을 파악할 수 있었으며, 향후 단면보강과 더불어 측면보강에 대한 보강이론을 정립하고 보강제의 단위량과 단면을 구체적으로 정량화 할 수 있는 실험과 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

#### 결사의 글

본 논문은 2002년도 원광대학교의 교비지원에 의해 연구되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부 "콘크리트표준시방서" 한국콘크리트학회 1999. 01 pp.53-59.
2. 건설교통부, "건축공사 표준시방서", 대한건축학회, 1999. 01.
3. 학회원의 2인, "신폴리머 침근콘크리트 보외 전단 저모저동에 관한 연구", 대한토목학회 제 13권 제 3호 1993. 07 pp.35-44.
4. 서상교, "강섬유보강콘크리트 균열 이후의 인장 거동에 관한 실험적 연구" 콘크리트학회 논문집 1991.03 pp.79-81.
5. 건설교통부 지정 연구용 제222호 투입 시방서 (단면 보수), "(RC-A0401)를 이용한 콘크리트 구조물 단면 보수공법.
6. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95)", American Concrete Institute, 1995.
7. ACI Committee 234, "Guide for the Use of Silica Fume in Concrete", ACI Materials Journal, Vol.92, No.4 July-August 1995, pp.437-440.
8. ACI Committee 363, "Research Needs for High-Strength Concrete", ACI Materials Journal, November-December 1987, pp.559-561.
9. K.H.Kwak, J. Suh and C.T.P. Hsu, "Shear-Fatigue Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams", ACI Structural Journal, Vol. 88, No.2 November - December 1992, pp. 658-664.

(접수일자 : 2001년 11월 28일)