

## 고강도 폴리머 콘크리트 휨부재의 응력블럭

김관호<sup>1)\*</sup> · 김남길<sup>2)</sup> · 연규석<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>농업기반공사 농어촌연구원 <sup>2)</sup>강원대학교 농공학과

(2001년 10월 9일 원고접수, 2002년 8월 23일 심사완료)

## Stress Block of High Strength Polymer Concrete Flexural Members

Kwan-Ho Kim<sup>1)\*</sup>, Kyu-Seok Yeon<sup>2)</sup>, and Nan-Ji Jin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation Rural Research Institute, Ansan, 425-170, Korea

<sup>2)</sup> Dept. of Agricultural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

(Received October 9, 2001, Accepted August 23, 2002)

### ABSTRACT

The stress-strain relationship of polymer concrete flexural member was evaluated using C-shaped polyester concrete specimen, the compressive strength of which is 1400 kgf/cm<sup>2</sup>. Eccentric compression test was performed to estimate the parameters,  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma$  for equivalent rectangular stress block. The ultimate moment strength were obtained from the bending test on reinforced polymer concrete beams which were prepared with 5 different tensile steel ratios with a shear span ratio of 4.0. These values were compared with theoretical ultimate moment strengths, which were obtained using the parameters  $\alpha=0.61$  and  $\beta_1=0.73$  from stress-stain curves of C-shaped specimens. The results showed that, when tensile steel ratio was over  $0.50\rho_b$ , the experimentally obtained moment strengths were well matched with theoretically calculated values.

In order to develop accurate criteria for polymer concrete flexural members, however, many other experimental studies for parameter determination are necessary using C-shaped specimens which have various compressive strengths and different sizes.

**Keywords :** high strength polymer concrete, c-shaped specimen, effective rectangular stress block.

### 1. 서 론

최근 건설산업분야에서 신소재로 대두되고 있는 폴리머 콘크리트는 압축, 휨 및 인장강도 등 역학적 성질이 매우 우수할뿐더러 내약품성 및 내동결융해성이 뛰어나 내구성이 문제시 되고 있는 일반 시멘트 콘크리트의 대용으로서 지하, 해양 등 극심한 환경조건하에서의 이용이 증가하고 있으며 그 응용범위도 영구거푸집, 파일, 교량이나 교각 등 다양한 분야로 확대되고 있는 추세이다.

폴리머 콘크리트의 물리·역학적 성질에 대한 연구는 국내외적으로 비교적 많이 이루어지고 있으며, 실용화에 대한 연구도 일본, 미국, 독일, 영국 등을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. 또한 ACI Committee 548에서는 각종 기초자료를 마련중에 있는 것으로 알려져 있으나<sup>1)</sup>, 현재까지 폴리머 콘크리트 구조물설계에 적용할 수 있는 규준은 제정되어 있지 않은 실정이다.

특히 압축강도 800~1000 kgf/cm<sup>2</sup> 정도를 갖는 폴리머 콘크리트의 재료적 성질이나 휨부재에 대한 연구는 다소 이루어졌으나<sup>2-5)</sup>, 압축강도 1400 kgf/cm<sup>2</sup> 정도의 고강도 폴리머 콘크리트를 사용한 부재의 구조적 특성에 대해서는 거의 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구는 고강도 폴리머 콘크리트를 박스구조물, 슬래브, 보, 기둥 등 구조적 부재로 적용키 위한 구조적 특성에 관한 기초연구의 일환으로 폴리머 콘크리트 휨부재의 응력분포특성을 구명함으로써 폴리머 콘크리트를 이용한 휨부재의 설계나 해석을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 결합재

결합재는 스티렌 모노머가 38% 포함된 불포화 폴리에스터 수지(UP), 축진제는 옥탄산 코발트 8% mineral turpentine 용액(CoOc), 촉매제는 메틸에틸케톤 프록사이

\* Corresponding author  
Tel : 031-400-1792 Fax : 031-400-1897  
E-mail : man2@karico.co.kr

드(MEKPO)가 사용되었으며, 무기질의 골재와 유기질의 결합재 사이의 부착력 증진을 위하여 시란(silane)을 사용하였다. 사용된 불포화 폴리에스터 수지의 성질은 Table 1과 같다.

## 2.2 충전재 및 골재

충진재로서는 중질 탄산칼슘(heavy calcium carbonate)을 사용했으며, 잔골재로는 5 mm이하의 규사를, 굵은 골재로는 최대치수가 13 mm인 편마암 쇄석을 사용하였다. 충전재 및 골재는 110±5 °C에서 24시간 건조시킨 후 냉각시켜 사용하였다.

## 3. 시험체 제작

### 3.1 배합비 결정

폴리머 콘크리트의 배합비는 사용목적, 결합재의 종류, 골재 형상 및 입도 등 여러가지 요인에 의해 달라지고, 시멘트 콘크리트와 같이 배합의 결정방법이 정립되어 있지 못하므로 반복실험에 의해 구하는 것이 바람직하다. 고강도 폴리머 콘크리트를 제작하기 위하여 반복실험에 의해 결정된 폴리머 콘크리트의 배합비는 Table 2와 같다.

### 3.2 혼합 및 타설

시험체는 KS F 2419(폴리에스터 레진 콘크리트의 강도 시험용 시험체 제작방법)에 규정된 방법에 의하여 원주형 공시체(φ7.5×15 cm)와 각주형공시체(6×6×24 cm)를 각각 제작하였다.

### 3.3 C형 시험체 제작

등가 직사각 응력분포를 구명하기 위해 C형 시험체를 제작하였다. 시험시 주요 거동 부위인 중앙부는 무근으로 하였고, 양쪽 단부는 자체 파괴없이 중앙부에 편심하중을 전달하기

Table 1 Properties of unsaturated polyester resin

Specific gravity	Viscosity (25°C, poise)	Acid value	Styrene content (%)
1.12±0.02	30	24	38

Table 2 Mix proportion of polymer concrete (unit : wt. %)

Binder			Filler	Aggregate	
UP	S.R.A	Silane (phr*)		Fine	Coarse
8.3	2.7	2.0	12	49.8	27.2

Phr : parts per hundred parts of UP  
S.R.A : shrinkage reducing agent

위해 철근으로 보강하였다. Fig. 1은 시험체의 형상 및 치수에 대한 세부사항을 나타낸 것이다.

## 3.4 철근보강 폴리머 콘크리트 보 제작

본 시험에서는 폴리머 콘크리트 보의 극한 모멘트의 시험값과 이론값을 비교하기 위해 전단스팬비가 4.0이고 인장 철근비를 달리하는 5종의 철근보강 폴리머 콘크리트 보가 제작되었다. 전단지간에는 직경 10 mm인 스트립을 사용하였고, 순수 휨지간에는 압축철근 및 스트립을 배근하지 않았다. 시험체에 대한 세부사항은 Table 3과 같다.

## 4.1 강도 및 탄성계수

압축강도 시험은 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 따라 실시하였고, φ7.5×15 cm인 원주형 공시체를 사용하였다.

## 4. 시험방법

탄성계수는 KS F 2438(콘크리트 원주공시체의 정탄성계수 및 프야송비 시험방법)에 규정된 2가지 측정방법중 와이어 스트레인 게이지법을 이용하여 구해진 응력-변형률 곡선의 활선탄성계수로 하였다.

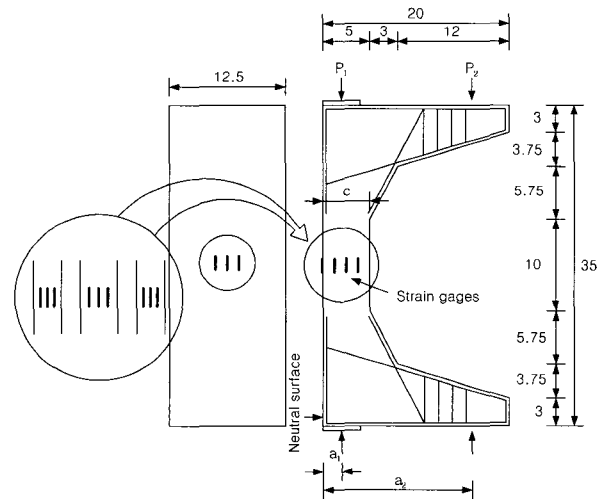


Fig. 1 Detail of C shaped specimen (unit : cm)

Table 3 Details of test beams

Beam No.	b(cm)	d(cm)	Tensile reinforcement	ρ (As/bd)
FB-1	16	21	2-D29	0.038
FB-2	16	21	2D-32	0.047
FB-3	16	21	4-D29	0.076
FB-4	16	21	2-D29, 2-D32	0.085
FB-5	16	21	4-D32	0.094

## 4.2 C형 시험체의 휨 압축 실험

C형 시험체 중앙부의 깊이별 변형률을 측정하기 위해 중앙부의 압축, 인장 및 측면에 12개의 스트레인게이지를 부착하였다. 또한 시험체의 단부에 대한 중앙부의 상대적 처짐을 측정하기 위해 시험체 중앙부의 압축측에 2개의 변위측정기(LVDT)를 설치하였으며, 여기서 얻은 데이터의 평균치는 휨모멘트의 재하시 편심거리 보정에 사용되었다.

재하과정은 Fig. 2에서와 같이 먼저 시험체 중앙부 인장측 연단에 부착된 스트레인 게이지의 초기값이 특정값( $100 \times 10^{-6}$ )에 도달할 때까지 주하중( $P_1$ )을 가한 후, 이 상태에서 인장측 연단의 변형률이 0에 도달 할 때 까지 편심하중( $P_2$ )을 서서히 증가시켰다. 이렇게 인장측 변형률이 0이 되게 주하중( $P_1$ )과 편심하중( $P_2$ )을 비례적으로 증가시키면서 시험체가 파괴할때까지 반복하였다. 이때 단계별 하중과 위치별 변형률 및 LVDT 값은 데이터로그에 의해 연속적으로 기록되었다. 축력을 유발시키는 주하중( $P_1$ )은 200 tonf 용량의 만능시험기로 변위 제어방식에 의해 가력하였으며, 휨모멘트를 유발시키는 편심하중( $P_2$ )은 20 tonf 용량의 수동식 유압잭과 20 tonf 용량의 load cell을 사용하였다. Fig. 3은 C형 시험체 설치광경을 나타낸 것이다.

## 4.3 철근보강 폴리머 콘크리트 보

철근보강 폴리머 콘크리트 보의 휨 시험은 3등분점 재하방식으로 하였으며, 보의 휨 파괴를 유발하기 위해 전단 스패니(a/d)는 4.0으로 하였고 재하에는 용량 50 tonf인 만능시험기를 사용하였다. 보의 재하점에는 지름이 4 cm인 강봉을 설치하고, 강봉과 시험체 사이에는 응력집중과 미끄럼을 방지하기 위해 8 mm 두께의 고무판을 삽입하였으며 가력용 강봉과 하중 측정용 load cell사이에는 I형빔을 설치하였다. 하중은 극한강도를 결정지을 수 있도록 파괴 시까지 재하하였으며, 변형률, 처짐 및 하중은 데이터로그에 의해 연속적으로 측정되었다.

Fig. 4에 보 시험체 설치광경을 나타내었다.

## 5. 결과 및 고찰

### 5.1 강도 및 탄성계수

시험결과 폴리머 콘크리트의 압축강도는  $1400 \text{ kgf/cm}^2$ , 휨강도는  $304 \text{ kgf/cm}^2$ 로 나타났으며 탄성계수는 응력-변형률 곡선으로부터 파괴강도의 40 %수준에서 할선탄성계수로 구한 결과, 그 값은  $2.99 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 로 나타났다. 이는 압축강도가  $1000 \text{ kgf/cm}^2$ 인 폴리머 콘크리트의 탄성계수가  $2.51 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 인 것과<sup>6)</sup> 비교하면 상대적으로 높은 값이지만 압축강도  $1000 \sim 1300 \text{ kgf/cm}^2$ 인 초고강도

시멘트 콘크리트의 탄성계수  $4.10 \sim 4.48 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$  인 것과<sup>7)</sup> 비교하면 상당히 작은 값이다. 또한 극한 변형률은 약 0.008로서 일반 시멘트 콘크리트의 극한 변형률이 0.003인 것에 비해 상당히 크게 나타났다.

폴리머 콘크리트의 강도특성 및 고강도 철근의 인장강도 특성을 Table 4에 나타내었다.

## 5.2 등가 직사각형 응력분포

휨부재에서의 콘크리트의 휨압축응력의 분포형상에 대한

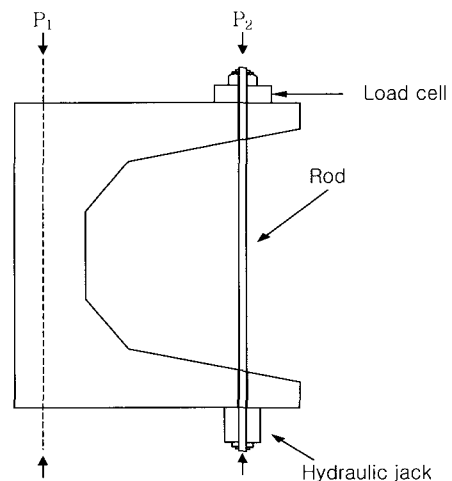


Fig. 2 Loading equipment of C shaped specimen

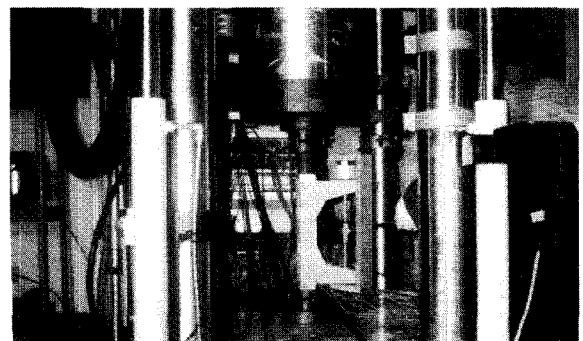


Fig. 3 Setting equipment of C shaped specimen



Fig. 4 Setting equipment of beam specimen

Table 4 Materials properties

Materials	Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Elastic modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )
Polymer concrete	1,400	2.99×10 <sup>5</sup>
Steel bar	4,400	2.0×10 <sup>6</sup>

가설은 포물선 응력분포, 삼각형 응력분포, 직사각형 응력분포, 사다리꼴 응력분포 등이 있다. 그러나 응력블럭의 형상에 관계없이 콘크리트 부재단면에서의 압축합력  $C$ 와 그 작용점의 위치를 알 수 있다면 실제의 응력분포가 어떠한 부재의 단면에 대한 등가적 이론해석이 가능하다<sup>8)</sup>. 또한 휨압축 부재에서의 압축력  $C$ 와 그 작용점의 위치는 Hognestad 등이 제안한 C형 시험체에 대한 휨압축시험을 통하여 시험적으로 구할 수 있다. 본 연구에서는 Whitney가 제안한 기하학적 형상이 비교적 단순한 직사각형 응력블럭에 대한 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 를 C형 시험체에 대한 휨압축시험을 통하여 구명하였다.

Fig. 5은  $\phi 7.5 \times 15$  cm 원주형공시체와 C형 시험체의 응력-변형률 관계곡선을 나타낸 것이다.

C형 시험체의 응력-변형률 곡선은 하중단계별로 측정되는 축력  $P_1$ , 편심압축력  $P_2$  및 편심거리 그리고 C형시험체 중앙부의 수평변위  $\delta$ , 과 시험체 중앙부의 단면적, 단면2차 모멘트 등에 의해 결정되는 압축부의 응력과 압축부에 부착된 스트레인게이지에 의해 측정되는 변형률로부터 나타낼 수 있다.

Fig. 6에서 볼 수 있듯이 고강도 폴리머 콘크리트 원주형공시체와 C형 시험체의 응력-변형률 곡선은 거의 같은 경향을 나타내어 원주형공시체의 응력-변형률 곡선을 휨압축부재의 응력분포에 사용할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 다만, 두 곡선 사이에는 약간의 차이가 있었는데 C형 시험체의 탄성계수나 극한응력이 원주형 공시체에서 얻어진 탄성계수나 극한응력보다 조금 작게 나타났다. 이러한 결과는 기존의 일반 시멘트 콘크리트에서 얻어진 결과와는 상반되는 결과로 이는 시험에 사용된 원주형 공시체의 크기효과에 기인된 것이라 판단된다.

또한 폴리머 콘크리트 휨 부재에서 재하 단계별 보의 깊이  $y$ 에 따른 변형률 변화를 알아보기 위해 Fig. 6 와 같이 깊이와 변형률 관계를 나타내었는데 변형률은 하중단계별로 보의 깊이( $y$ )관계를 식 (1)과 같이 표시 할 수 있다.

$$\epsilon = k \cdot y \quad (1)$$

아울러 휨부재에서의 응력-변형률 관계는 식(2)와 같은 다항식으로 표시할 수 있다<sup>2)</sup>.

$$f(\epsilon) = a_1\epsilon + a_2\epsilon^2 + a_3\epsilon^3 + \dots + a_n\epsilon^n \quad (2)$$

여기서,  $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$  은 Fig. 7와 같이 C형 시험체 중앙부에서 폴리머 콘크리트에 의한 단면 저항모멘트와 외력  $P_1, P_2$ 에 생기는 모멘트의 차이를 최소화(최소자승법) 시키는 데서 얻어지는 미정계수이다. 이를 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

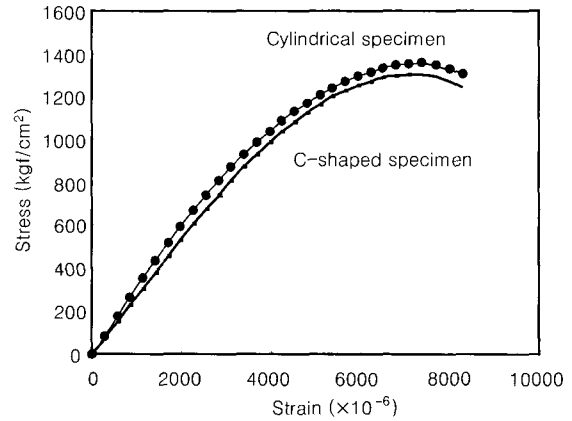


Fig. 5 Stress-strain curves for C-shaped and cylindrical specimen

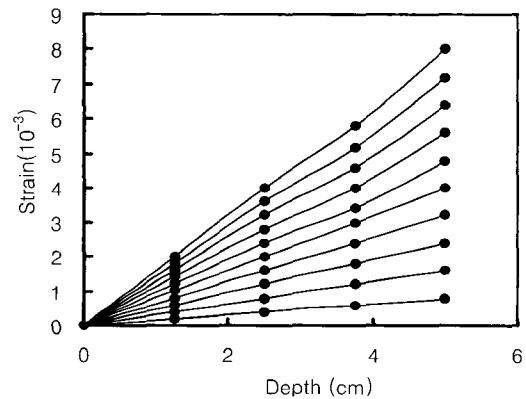


Fig. 6 Stress-depth relations of C-shaped specimen

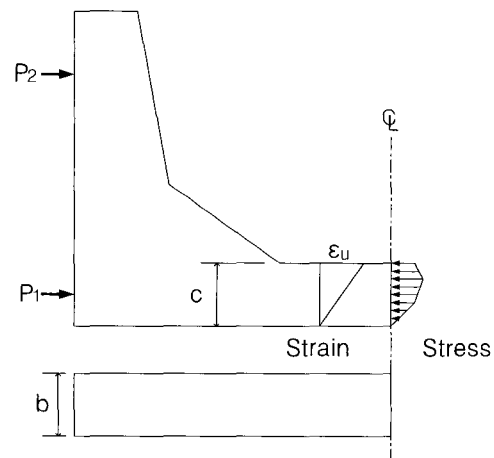


Fig. 7 Stress block of C-shaped specimen at ultimate load

$$\Delta \min = \sum_{i=1}^n \left\{ b \cdot \int f(\epsilon_i) y dy - [P_{1i} a_1 + P_{2i} (\delta_i + a_2 - a_1)] \right\}^2 \quad (3)$$

여기서,  $\delta_i$ 는 C형 시험체 중앙부 수평변위이다.

식(2)를 4차다항식으로 표시하고 식(3)과 같이 회귀분석하여 구하면 식(4)와 같은 응력-변형률 상관관계식을 얻을 수 있다.

$$f(\epsilon) = 0.2547\epsilon + 7.979 \times 10^{-6}\epsilon^2 - 3.203 \times 10^{-9}\epsilon^3 + 1.011 \times 10^{-13}\epsilon^4 \quad (4)$$

Fig. 8과 같이 극한상태에서의 실제응력분포를 직사각형 응력분포로 등가변화 시키기 위해서는 다음과 같은 두 가지 조건을 만족해야 한다.

1) 합력의 크기  $C$ 가 같아야 한다.

$$C = \int f(\epsilon) dy = \alpha f_{ck} cb = \gamma f_{ck} ab \quad (5)$$

2) 합력의 작용점 위치가 같아야 한다.

$$\frac{\beta_1}{2} c = \frac{a}{2} = c - \frac{\int f(\epsilon) y dy}{\int f(\epsilon) dy} \quad (6)$$

여기서,  $\alpha$  : 부재에서의 최대 압축력에 대한 평균 압축응력 비

$\beta_1$  : 부재의 중립축길이에 대한 압축연단에서 압축합력까지의 거리비

$\gamma$  : 등가직사각형 응력블럭에서 최대압축응력에 대한(공시체 압축응력) 평균압축응력 비

식 (1), (3), (4), (5), (6)을 연립하여 풀면 Table 5와 같이 등가직사각형 응력블럭의 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta_1$  및  $\gamma$ 를 구할 수 있다.

일반 시멘트 콘크리트에서는 응력블럭 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta_1$  값은 강도의 증가에 따라 작은 값을 취하는데  $f_{ck} \geq 560 \text{ kgf/cm}^2$  이면  $\alpha=0.56$ ,  $\beta_1=0.65$ 의 일정한 값을 취하도록 규정되어 있다<sup>8)</sup>. 또한 같은 수준의 압축강도를 갖는 압축강도  $700 \text{ kgf/cm}^2$  의 MMA폴리머 콘크리트의 경우  $\alpha=0.71$ ,  $\beta_1=0.86$ 의 값으로 일반 시멘트 콘크리트에 비해 큰 수준이다<sup>9)</sup>.

본 시험에서 직사각형 응력블럭 변수는  $\alpha=0.61$ ,  $\beta_1=0.74$ 로 나타나 일반 시멘트 콘크리트 보다는 크고 MMA콘크리트보다는 작은 값을 보였다.

이는 불포화 폴리에스터 수지를 결합제로 한 고강도 폴리머 콘크리트가 고강도 시멘트 콘크리트에 비해 탄성계

수가 작은 반면 소성영역이 매우 크고, MMA 폴리머 콘크리트에 비해서는 소성영역이 비슷한 반면 탄성계수가 크기 때문인 것으로 판단된다.

또한  $\alpha$ 와  $\beta_1$ 의 비례 값인  $\gamma$ 는 강도크기에 관계없이 0.85의 거의 일정한 값을 보인다는 기존의 연구결과와<sup>8)</sup> 비슷한 0.845의 값을 보였다.

### 5.3 철근보강 폴리머 콘크리트 보의 극한 모멘트

철근보강 폴리머 콘크리트 보의 극한 모멘트 산정식은 직사각형 응력블럭의 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta_1$ 를 알면 식(7)과 같이 산출할 수 있다.

$$M_n = A_s f_y d \left( 1 - \frac{\beta_1}{2\alpha} \cdot \frac{f_y}{f_{ck}} \cdot \rho \right) \quad (7)$$

여기서,  $A_s$  : 인장철근 단면적

$f_y$  : 철근 인장강도

$d$  : 압축연단에서 철근중심까지 거리

$f_{ck}$  : 폴리머 콘크리트 압축강도

$\rho$  : 인장철근비

인장철근비를 달리하는 5종 보의 극한모멘트에 대한 시험결과 값과 Table 4의 파라미터를 사용하여 그에 상응하는 이론 극한모멘트 ( $M_{p1}$ ,  $M_{p2}$ ,  $M_{p3}$ )를 비교하여 Table 6에 나타내었다. 이 표에서 볼 수 있듯이 인장철근비( $\rho$ )가 7.6~9.4%(0.50~0.61  $\rho_b$ )의 범위에서 본 실험에서 구한 파라미터를 이용한 이론값이 시험값과 매우 잘 부합됨을 확인할 수 있었다.

한편, 철근보강 보통 시멘트 콘크리트 휨부재에서 인장

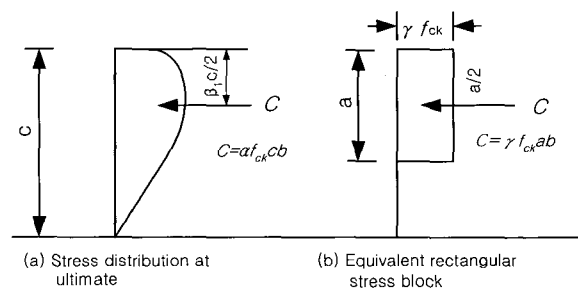


Fig. 8 Analysis of rectangular stress block

Table 5 Comparison of parameter coefficients of stress block

Description	$\alpha$	$\beta_1$	$\gamma$
Cement concrete <sup>8)</sup> ( $f_{ck} \geq 560 \text{ kgf/cm}^2$ )	0.56	0.65	0.86
MMA polymer concrete <sup>2)</sup> ( $f_{ck}=700 \text{ kgf/cm}^2$ )	0.71	0.86	0.85
UP polymer concrete <sup>(Test)</sup>	0.61	0.73	0.845

Table 6 Comparison of observed and predicted ultimate moments of polymer concrete beams (unit :  $\times 10^3$  kgf · cm)

Beam No.	$\rho$	$\rho / \rho_b$	$M_u$	$\alpha=0.56$ $\beta_1=0.65$ ( $M_{p1}$ ACI 318)	$M_{p1}/M_u$	$\alpha=0.71$ $\beta_1=0.86$ ( $M_{p2}$ ) <sup>2)</sup>	$M_{p2}/M_u$	$\alpha=0.61$ $\beta_1=0.73$ ( $M_{p3}$ ) <sup>(test)</sup>	$M_{p3}/M_u$
FB-1	0.038	0.25	11.9	10.98	0.92	10.93	0.92	10.52	0.88
FB-2	0.047	0.31	14.5	13.34	0.91	13.27	0.91	12.64	0.87
FB-3	0.076	0.50	17.6	20.32	1.15	20.16	1.14	18.49	1.05
FB-4	0.085	0.56	19.1	22.30	1.16	22.09	1.15	20.00	1.04
FB-5	0.094	0.61	20.1	24.18	1.20	23.92	1.19	21.37	1.06
Average					1.068		1.066		0.98

Note  $M_{p1}$  ACI 318 ; Predicted ultimate moment of cement concrete with compressive strength of 560 kgf/cm<sup>2</sup>  
 $M_{p2}$  ; Predicted ultimate moment of MMA polymer concrete with compressive strength of 700 kgf/cm<sup>2</sup>  
 $M_{p3}$  ; Predicted ultimate moment of unsaturated polyester polymer concrete with compressive strength of 1,400 kgf/cm<sup>2</sup> (Test)

철근비( $\rho$ )가 7.6~9.4 %의 높은 값을 갖는 경우는 거의 없으나 초고강도 ( $f_{ck}=1,400$  kgf/cm<sup>2</sup>) 폴리머 콘크리트 휨부재에서는 피면키 어려운 실정이다. 이러한 철근보강 초고강도 폴리머 콘크리트 휨부재는 염해나, 동결융해, 중성화의 우려가 없으므로 해안과 같은 열악한 환경조건하에서 그 효과를 극대화 할 수 있다.

아울러, 철근배근이 과소일 경우(철근비 3.8~4.7 %)에는 압축부 폴리머 콘크리트의 압축응력이 극한응력에 도달하기 전에 인장측의 철근이 항복하여 시험값과 이론값의 정확도가 다소 떨어지는 경향을 나타냈다.

이것은 본 시험에서 얻어진 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta_1$ 를 사용하여 적절히 배근된 철근 보강 고강도 폴리머 콘크리트 휨부재의 극한 모멘트를 예측할 수 있음을 보여주는 결과이다

## 6. 결 론

본 연구는 폴리머 콘크리트 C형 시험체의 응력-변형률 곡선으로부터 등가직사각형 응력분포의 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma$ 를 산출하고 인장철근비를 달리하는 5종의 철근보강 폴리머 콘크리트 보의 휨시험에서 얻은 극한모멘트 시험값과 파라미터를 이용하여 산출되는 이론 극한모멘트 값을 비교한 것으로서 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 본 시험에 사용된 폴리머 콘크리트의 압축강도, 휨강도 및 탄성계수는 각각 1400 kgf/cm<sup>2</sup>, 304 kgf/cm<sup>2</sup>,  $2.99 \times 10^5$  kgf/cm<sup>2</sup> 이었다.

2) 폴리머 콘크리트 C형 시험체에 대한 휨압축시험을 통하여 등가 직사각 응력블럭에 대한 파라미터를 산출하여 보았던 바, 각각  $\alpha=0.61$ ,  $\beta_1=0.73$ ,  $\gamma=0.845$ 였다.

3) 철근보강 폴리머 콘크리트 보의 극한 모멘트는 인장철근비가 0.50  $\rho_b$  이상에서 시험값과 파라미터를 이용하여 산출되는 이론값이 비교적 잘 부합됨을 확인 할 수 있었다.

4) 철근보강 고강도 폴리머 콘크리트 보에 대한 보다 정확한 구조설계를 위해서는 압축강도와 공시체 크기를

변수로 하는 C형 시험체 및 폴리머 콘크리트 보의 휨거동에 대한 보다 많은 실험적 데이터가 필요 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 강원대학교 석재복합신소재 제품연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. Flower, D. W., "Structural Design of Polymer Concrete," *Proceedings of the 3rd Southern African Conference and ICPIIC Workshop*, 1997, pp.375~387.
2. Hsu, H. T., "Flexural Behavior of Polymer Concrete Beams," Ph. D. Dissertation, The University of Texas at Austin, 1984.
3. Yeon, K. S., Fowler, D. W., and Wheat, D. L., "Static Flexural Behavior of Various Polymer Concrete Beams," *Proceedings of the 5th ICPIIC*, Brighton, U. K., 1987, pp.85~90.
4. 연구석, "철근보강 폴리머 콘크리트보의 변형특성," 한국농공학회지, 제30권 1호, 1988, pp.63-72.
5. Knab, L. I., "Flexural Behavior of Conventionally Reinforced Polyester Concrete Beams," Ph.D. Dissertation, The University of Cincinnati, 1972.
6. Okada, K., Kobayashi, K., and Tokunaga, M., "Fundamental Studies on Structural Use of Resin Concrete," *Proceedings of the 3rd ICPIIC*, Koriyama, Japan, 1983, pp.538~552.
7. 정일영, "고강도 콘크리트에 폴채성능이 미치는 영향에 관한 연구" 대한건축학회 논문집, 제5권 6호 1989, pp.287~296.
8. 변동균, 신현목, 문제길, "철근 콘크리트 구조설계, 구미서관," 1992, pp.79-264.

---

## 요 약

본 연구에서는 압축강도  $1,400 \text{ kgf/cm}^2$  를 갖는 불포화 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 이용하여 제작한 C형 시험체에 대한 편심압축 시험을 통하여 폴리머 콘크리트 휨부재의 응력-변형률 관계를 구명하고 등가직사각형 응력블록의 파라미터  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  를 산출하였다. 아울러 인장철근비를 달리하는 5종의 전단스팬비 4.0인 철근 보강 폴리머 콘크리트 보에 대한 휨시험에서 얻어진 극한모멘트 시험값과 C형 시험체 응력-변형률 곡선에서 산출되는 파라미터  $\alpha=0.61$ ,  $\beta=0.73$  를 이용하여 계산된 이론적인 극한모멘트 값을 비교하여 보았던 바, 인장철근비가  $0.50\rho_b$  이상일때 시험값과 이론값이 비교적 잘 부합됨을 확인 할 수 있었다.

그러나 폴리머 콘크리트 휨 부재에 대한 보다 정확한 설계기준의 마련을 위해서는 압축강도와 크기를 변수로 하는 C형 시험체에 대한 보다 많은 시험을 통한 파라미터의 체계적인 연구가 필요하다.

**핵심용어** : 고강도 폴리머콘크리트, C형 시험체, 등가직사각형 응력블록

---