

## 철근콘크리트 휨 부재에서 인장, 압축 및 횡보강근이 연성률에 미치는 효과

연구원<sup>1)\*</sup> · 박찬수<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>충북대학교 건축공학과

(2001년 3월 30일 원고접수, 2001년 11월 6일 심사완료)

### Effect of Tension, Compression and Lateral Reinforcement to Ductility Ratio in RC Flexural Members

Kyu-Won Yeun<sup>1)\*</sup>, and Chan-Soo Park<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

(Received on March 30, 2001, Revised on November 6, 2001)

#### ABSTRACT

The ductility capacity should be estimated for inelastic analysis and design of reinforced concrete flexural members. Therefore, to estimate the ductility capacity, the model of moment-curvature relationship of reinforced concrete flexural member is assumed in this study. The curvature, rotation, and displacement(deflection) of reinforced concrete cantilever beams are analyzed and tested. The analytical results are compared with the test results.

According to the analytical and test results, the assumed model of moment-curvature relationship in this study is adequate in flexural analysis of reinforced concrete members because the analytical results are well agreed with the test results, and it is reasonable to express the ductility capacity in the rotation or displacement ductility. Because the curvature ductility is the limited index in a certain section. It is investigated that the ductility capacity is proportional to lateral reinforcement and compression reinforcement and inversely proportional to tension reinforcement.

**Keywords :** reinforced concrete flexural member, transverse reinforcement, ductility ratio, moment-curvature relationship

#### 1. 서 론

철근 콘크리트가 구조재료로 사용된 후 설계이론 및 방법은 많은 발전을 거듭하여 왔으며, 해석 및 설계방법이 탄성범위로 제한되던 것이 비탄성범위로 확대되어 오늘에 이르게 되었다. 그러나, 구조물의 내진 성능향상을 위해서는 재료 및 구조물의 연성적 성질이 필수적인데, 콘크리트는 취성적 재료라는 단점을 갖고 있음에 따라, 이를 개선하기 위하여 횡보강근을 사용하는 것이 일반화되고 있다.

한편, 비탄성 범위를 고려한 철근콘크리트 구조물의 해석 및 설계에서 가장문제가 되는 것은 제한된 범위의 비탄성 회전 능력을 파악해야하며 이를 해결하기 위해서는 휨부재의 기본성질을 나타내는 모멘트 곡률 관계를 규정해야한다.

그리고, 일반적으로 규정하는 연성능력은 곡률연성, 즉 극한곡률에 대한 항복 곡률의 비를 나타내고 있으나, 이는 단면에 한정적인 상태를 나타내는 것이므로 부재 및 구조물의 연성능력을 평가하기 위해서는 회전량 혹은 변위량(처짐)에 의한 개념으로 정의하는 것이 합리적이라 생

각각된다. 또한 철근 콘크리트 휨단면 및 부재에 관련된 모든 요소가 연성능력에 영향을 미치고 있으나, 지금까지의 연구결과 주된 요소는 인장철근, 압축철근 및 횡보강근인 것으로 밝혀지고 있다<sup>1)</sup>. 따라서 본 연구에서는 인장철근, 압축철근 및 횡보강근을 주요변수로 하여 철근콘크리트 휨 부재의 모멘트-곡률의 모델을 설정하고, 이를 근거로하여 회전량 및 처짐량을 해석적 방법으로 구한다. 다음으로 해석결과와 실험결과를 비교하여 설정된 모델의 타당성을 구명하고 인장철근, 압축철근 및 횡보강근이 곡률, 회전량 및 변위량에 의한 연성능력에 미치는 효과를 비교 검토하여 보다 합리적인 철근콘크리트 구조물의 해석 및 설계방법에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

#### 2. 모멘트 및 변형해석

##### 2.1 콘크리트

##### 2.1.1 콘크리트의 압축응력-변형률 관계

콘크리트의 압축 응력-변형률 관계는 Fig. 1과 같이 Park, R.<sup>2)</sup>의 수정모델을 적용한다.

①  $\epsilon_c < \epsilon_0$  인 경우

\* Corresponding author

Tel : 043-261-2432 Fax : 043-263-2635

E-mail : kyuwonyeun@hanmail.net

$$f_c = K \cdot f_{ck} [2 \epsilon_c / \epsilon_0 - (\epsilon_c / \epsilon_0)^2] \quad (1)$$

②  $\epsilon_c > \epsilon_0$  인 경우

$$f_c = K \cdot f_{ck} [1 - Z_m(\epsilon_c / \epsilon_0)] \quad (2)$$

$$\text{단. } Z_m = \frac{0.5}{\frac{0.21 + 0.29 f_{ck}}{145 f_{ck} - 70} + \frac{3}{4} \rho_s \sqrt{\frac{b'}{s} - \epsilon_0}}$$

$f_{ck}$ : 콘크리트실린더강도

$\rho_s$ : 구속부체적비

$b'$ : 단면의 구속부분폭

$s$ : 횡보강근의 배근간격

### 2.1.2 철근의 응력-변형률 관계

철근의 응력-변형률 관계는 Fig. 2와 같은 모델을 적용한다.

## 2.2 모멘트 및 곡률해석

단면의 모멘트 및 곡률의 해석에서 콘크리트의 압축응력 분포는 등가 사각형 분포를 적용하지 않고 Fig. 1 및 Fig. 3과 같이 일반단면 이론<sup>3)</sup>을 적용하여 다음과 같이 계산한다.

### 2.2.1 응력분포계수( $\alpha$ ) 및 응력중심계수( $\gamma$ )

Fig. 1과 Fig. 3에서 응력 분포계수( $\alpha$ )와 응력 중심계수( $\gamma$ )는 다음과 같이 계산된다.

①  $\epsilon_c < \epsilon_0$  인 경우

$$\alpha = \epsilon_c / \epsilon_0 - (\epsilon_c / \epsilon_0)^2 / 3 \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{4 - \epsilon_c / \epsilon_0}{12 - 4(\epsilon_c / \epsilon_0)} \quad (4)$$

②  $\epsilon_c > \epsilon_0$  인 경우

$$\alpha = 1 - \epsilon_0 / 3 \epsilon_c - Z_m(\epsilon_c - \epsilon_0)^2 / 2 \epsilon_c \quad (5)$$

$$\gamma = 1 - \frac{\epsilon_c^2 / 2 - \epsilon_0^2 / 12 - Z_m(\epsilon_c^3 / 3 - \epsilon_0 \epsilon_c^2 / 2 + \epsilon_0^3 / 6)}{\epsilon_c^2 - \epsilon_c \epsilon_0 / 3 - Z_m \epsilon_c (\epsilon_c - \epsilon_0)^2 / 2} \quad (6)$$

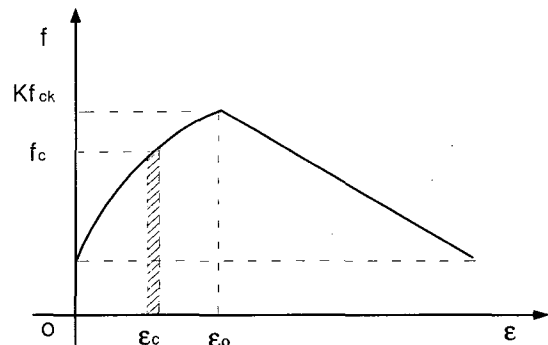


Fig. 1 Compressive stress-strain relationship of concrete

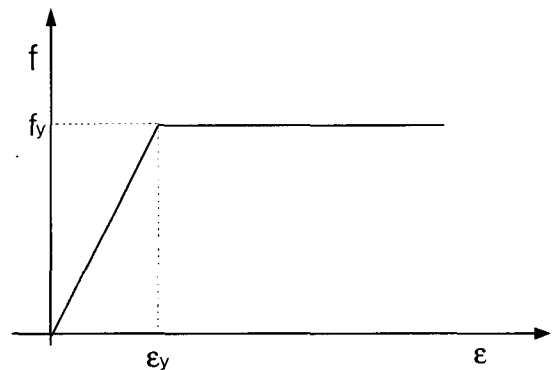


Fig. 2 Stress-strain relationship of reinforcing bar

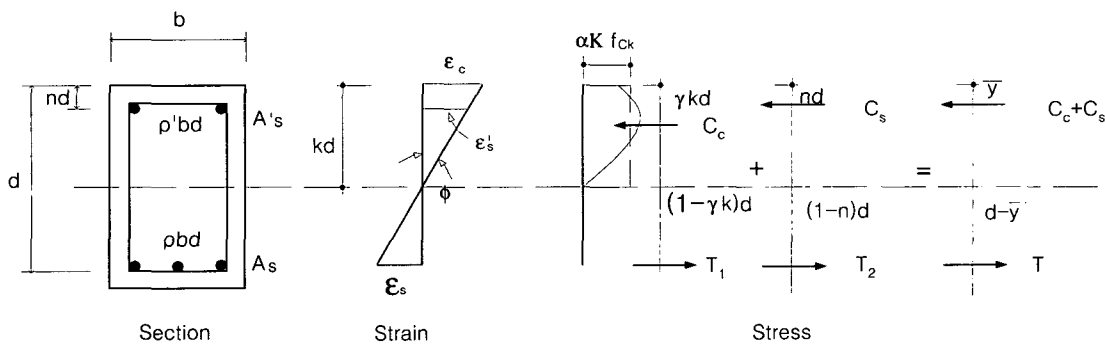


Fig. 3 Strain and stress distribution of section

## 2.2.2 모멘트 및 곡률

Fig. 3에서 힘의 평형조건을 적용하여 중립축 비( $k$ ) 및 응력중심( $\bar{y}$ )을 구하면 다음과 같다.

단,  $A = aKf_{ck}$

$$\epsilon_s = (k - n)\epsilon_c / k$$

$\epsilon_y$  : 압축철근의 항복변형률

$f_y$  : 압축철근의 항복강도

### 1) 항복상태

항복상태는 인장철근이 항복한 경우 즉,  $\epsilon_s = \epsilon_y$ 인 경우로 한다.

#### ① $\epsilon_s < \epsilon_y$ 인 경우

$$k = \frac{\sqrt{(\epsilon_c E_s \rho - \rho f_y)^2 + 4A\epsilon_c E_s \rho n} - (\epsilon_c E_s \rho - \rho f_y)}{2A} \quad (7)$$

$$\bar{y} = \frac{A\gamma k^2 + \epsilon_s E_s \rho nd}{Ak + \epsilon_s E_s \rho} \quad (8)$$

#### ② $\epsilon_s > \epsilon_y$ 인 경우

$$k = (\rho f_y - f_y \rho) / A \quad (9)$$

$$\bar{y} = \frac{A\gamma k^2 + f_y \rho nd}{Ak + f_y \rho} \quad (10)$$

위의  $k$  및  $\bar{y}$ 에 따라서 항복 모멘트( $M_y$ ) 및 항복곡률( $\phi_y$ )은 다음과 같이 된다.

$$M_y = A_s f_y (d - \bar{y}) \quad (11)$$

$$\phi_y = \epsilon_y / (1 - k)d \quad (12)$$

### 2) 극한상태

극한상태의 정의는 연구자에 따라서 많은 차이를 보이고 있으나 본 연구에서는 Mattock A.H.<sup>4)</sup>의 다음 식(13)에 따라서  $\epsilon_c = \epsilon_u$ 인 경우로 한다.

$$\epsilon_u = 0.003 + 0.002 b/z + 0.2 \rho_s \quad (13)$$

여기서,  $b$  : 부재의 폭 (cm)

$z$  : 전단span (cm)

$\rho_s$  : 횡보강근의 구속부 체적비

#### ① $\epsilon_s < \epsilon_y$ 인 경우

$$k = \frac{\sqrt{(\epsilon_u E_s \rho - \rho f_y)^2 + 4A\epsilon_u E_s \rho n} - (\epsilon_u E_s \rho - \rho f_y)}{2A} \quad (14)$$

$$\bar{y} = \frac{A\gamma k^2 + \epsilon_s E_s \rho nd}{Ak + \epsilon_s E_s \rho} \quad (8)$$

#### ② $\epsilon_s > \epsilon_y$ 인 경우

$$k = (\rho f_y - f_y \rho) / A \quad (9)$$

$$\bar{y} = \frac{A\gamma k^2 + f_y \rho nd}{Ak + f_y \rho} \quad (10)$$

위의  $k$  및  $\bar{y}$ 에 따라서 극한 모멘트( $M_u$ ) 및 극한곡률( $\phi_u$ )은 다음과 같이 된다.

$$M_u = A_s f_y (d - \bar{y}) \quad (15)$$

$$\phi_u = \epsilon_u / kd \quad (16)$$

### 3) 계산순서

계산순서는 Fig. 4에서 처럼  $\epsilon_c$ 를 미소 증분 시키면서  $\epsilon_c = \epsilon_u$ 까지  $k, \bar{y}, M, \phi$ 을 fortran으로 programming하여 계산한다.

## 2.3 모멘트-곡률관계의 모델

철근콘크리트 휨부재의 모멘트-곡률 관계에 대한 연구<sup>5,6)</sup>는 다수가 발표되고 있으나 해석상 적용하기가 복잡한 모델을 제외하고, 변형 연화 현상이 나타나는 경우를 제외하여, Fig. 5와 같이 단순화 시켜서 적용한다.  $M_y, \phi_y$ , 및  $M_u, \phi_u$ 는 식(11),(12) 및 식(15),(16)에서 계산되며, 항복상태이후의 기울기 계수( $g$ )는 식(17)이 된다.

$$g = \frac{\phi_u - \phi_y}{M_u - M_y} \frac{M_y}{\phi_y} - 1 \quad (17)$$

### 2.4 회전 및 처짐의 해석

Fig. 6(a)와 같은 cantilever 보에서 모멘트 분포는 Fig. 6(b)와 같이 되고 이때의 곡률 분포는 Fig. 5의 모멘트-곡률 관계를 적용하면 Fig. 6(c)와 같이 된다. Fig. 6(c)에서 빗금친 부분은 비탄성 회전량에 해당되며 Fig. 6(b)와 Fig. 6(c)의 관계에서 소성hinge의 길이는 식(18)이 된다.

따라서 Fig. 6(a)의 cantilever보에서 극한상태일 때 자

유단의 회전각은 Fig. 6(c)의 면적에 해당되어서 식(19)로 되고 자유단의 극한상태 처짐은 Fig. 6(c)의 지지단에 대한 면적 모멘트로 식(20)이 되며, 항복상태일 때의 회전각 및 처짐은 각각 식(21), (22)가 된다.

$$L_p = (M_u - M_y)l / M_u \quad (18)$$

$$\theta_u = (l + L_p g) \phi_y M_u / 2M_y - L_p g \phi_y / 2 \quad (19)$$

$$\delta_u = M_u \phi_y l^2 / 3M_y + L_p g \phi_y (M_u - M_y) (l - L_p / 3) / 2M_y \quad (20)$$

$$\theta_y = l \phi_u M_u / 2M_y \quad (21)$$

$$\delta_y = M_u \phi_y l^2 / 3M_y \quad (22)$$

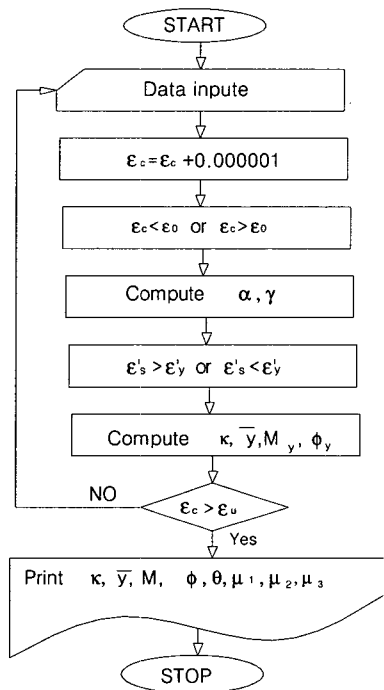


Fig. 4 Flowchart for moment and deformation analysis

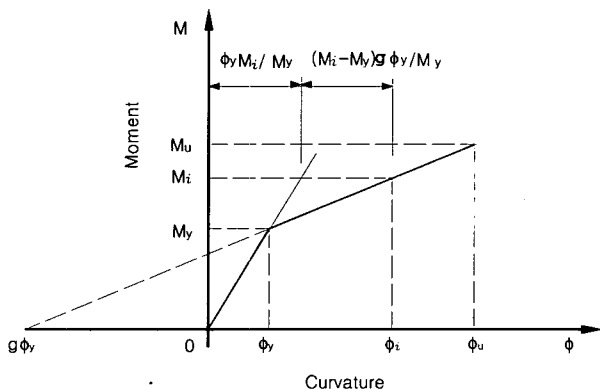
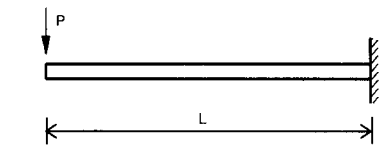
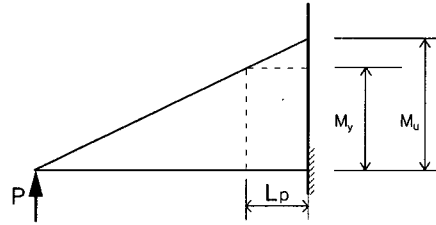


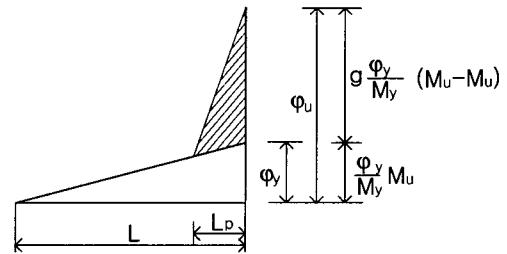
Fig. 5 Assumed moment-curvature relation



(a) Cantilever beam



(b) Moment diagram



(c) Cantilever beam curvature distribution

Fig. 6 Moment and curvature distribution of cantilever beam

## 2.5 연성률에 대한 비교

철근콘크리트 휨 부재의 연성능력을 나타내는 데는 식 (23)과 같이 곡률연성률로 표시하는 것이 일반적이지만, 이는 특정단면에 한정된 지수이다.

그러나, 휨 부재가 항복되기 시작하면 변형은 소성hinge에 집중되어서 부재 전체의 연성능력을 곡률연성률로 표시하는 것은 합리적이지 못하며, 탄성범위 이후 소성hinge가 형성되면 곡률연성률은 변위(처짐)연성률 보다 아주 크게된다<sup>3)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 철근콘크리트 휨 부재의 연성능력을 보다 합리적으로 나타내기 위해서 식(23)의 곡률 연성률과, 식(24)의 회전 연성률 및 식(25)의 변위(처짐) 연성률의 변화상태를 해석값 과 실험값을 비교 검토하기로 한다.

$$\mu_1 = \phi_u / \phi_y \quad (23)$$

$$\mu_2 = \theta_u / \theta_y \quad (24)$$

$$\mu_3 = \delta_u / \delta_y \quad (25)$$

### 3. 실험 조건 및 방법

앞의 해석방법의 전개에서는 cantilever보를 예로 하였으나 실험조건이 복잡성을 고려하여 Fig. 7과 같은 단순보의 한측을 유사 cantilever보로 하여 해석방법에 적용하기로 한다. Table 1은 실험에 사용된 단면, 배근상태, 재료강도등을 나타낸 것으로 주된 변화 요소는 압축 철근량, 인장철근량, 횡보강근의 간격 및 부재의 폭과 구속부재 제적비( $\rho_s$ )등이다.

실험은 Fig. 7과 같이 중앙부에 하중을 가력하여 양쪽 지지점에서 반력과, 중앙부 처짐을 측정하였고 stub양측의 위험단면에서 압축 및 인장철근에 변형 게이지를 부착하여 압축 및 인장 변형률을 측정하여 이들의 비례관계를 이용하여 하중 재하에 따른 중립축의 위치와 단면의 곡률을 구하였다. Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10은 실험결과 측정된 하중-처짐관계를 나타낸 것이다.

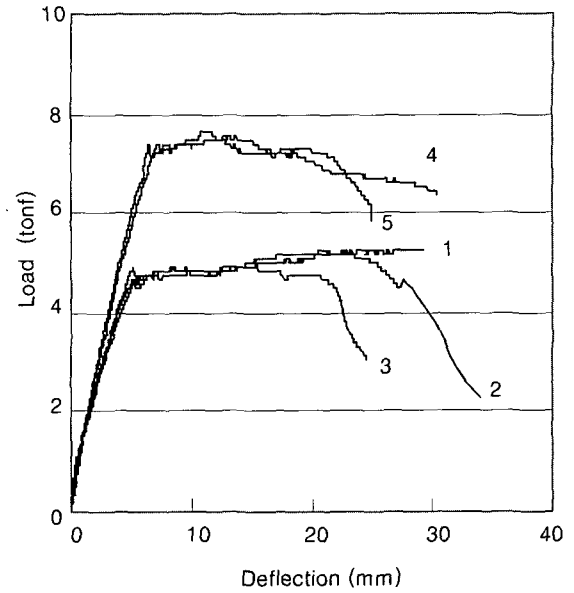


Fig. 8 Test results of load-deflection relationship

### 4. 해석 및 실험 결과 분석

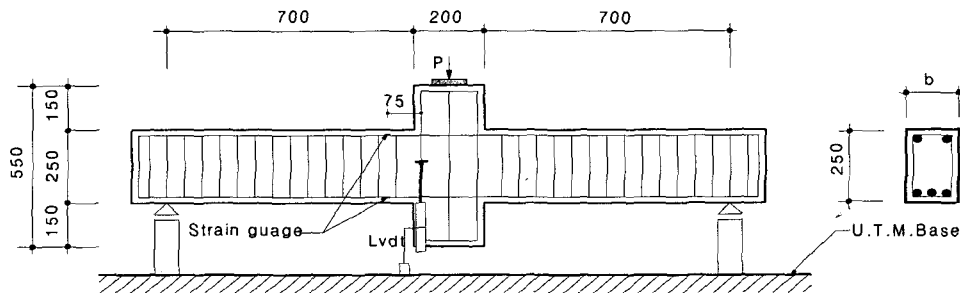


Fig. 7 Test device and section

Table 1 Details of test specimens

Specimen No.	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A'_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sk}$ (cm <sup>2</sup> )	$b$ (cm)	$b'$ (cm)	$d$ (cm)	$s$ (cm)	Common factors
1	4028	3.98	0.71	0.71	12	8	21.2	5	$f_{ck} = 268 \text{ kgf/cm}^2$ $f'_y = 4348 \text{ kgf/cm}^2$ $f''_y = 4348 \text{ kgf/cm}^2$ $d' = 3.5 \text{ cm}$ $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
2	4028	3.98	0.71	0.71	12	8	21.2	10	
3	4028	3.98	0.71	0.71	12	8	21.2	15	
4	4028	5.97	0.71	0.71	15	8	21.2	5	
5	4028	5.97	0.71	0.71	15	8	21.2	10	
6	4028	7.96	0.71	0.71	20	16	21.2	5	
7	4028	7.96	0.71	0.71	20	16	21.2	10	
8	4028	7.96	0.71	0.71	20	16	21.2	15	
9	4363	5.74	0.71	0.71	20	16	21.05	5	
10	4363	5.74	0.71	0.71	20	16	21.05	10	
11	4363	5.74	1.42	0.71	20	16	21.05	5	
12	4363	5.74	2.13	0.71	20	16	21.05	5	
13	4028	7.96	1.42	0.71	20	16	21.2	10	
14	4028	7.96	2.13	0.71	20	16	21.2	10	

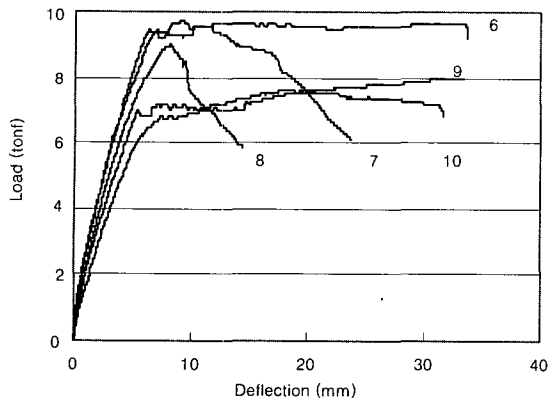


Fig. 9 Test results of load-deflection relationship

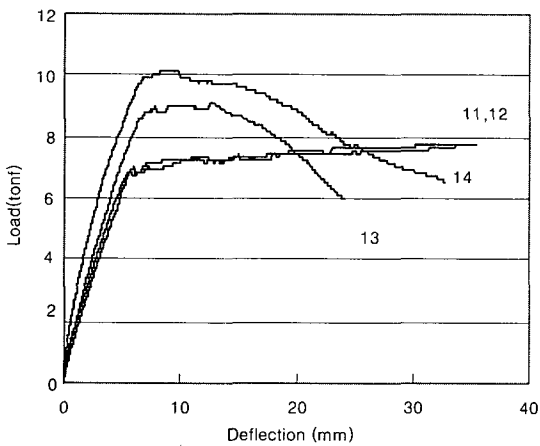


Fig. 10 Test results of load-deflection relationship

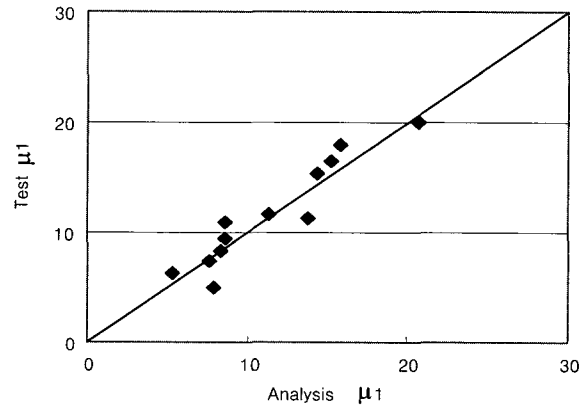
철근 콘크리트 휨 부재에서 연성 능력에 영향을 미치는 요소는 부재에 관계된 모든 요소가 해당되지만 지금까지 연구된 바로는 재료 강도, 인장 철근, 압축 철근 및 횡보강근이 주 요소로 작용됨이 구명되고 있으나<sup>1)</sup>, 재료강도에 의한 영향을 별도로 고려하면, 철근량에 의한 경우가 지배적이라고 생각할 수 있다.

또한, 인장 및 압축 철근만에 의한 효과는 균형 철근비 ( $\rho_b$ )의 50% 이내 범위에서 효과를 인정하거나, 콘크리트의 극한 압축 변형률 ( $\epsilon_{cu}$ )가 0.003으로 제한되는 등, 변형의 범위가 낮으므로, 지진 해석 등의 고응력 상태에서는 실용성에 적합하지 않으므로 횡보강근으로 콘크리트의 압축부를 구속하여 변형 능력을 높이는 것이 합리적이다.

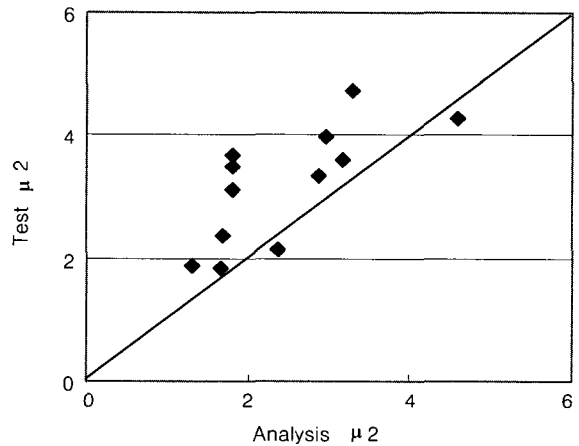
그리고, 인장 철근, 압축 철근 및 횡보강근이 연성 능력에 미치는 효과는 각 각 단독으로 나타나지 않고 서로 연관되어서 나타나는 것으로 보는 것이 타당하다고 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 인장 철근, 압축 철근 및 횡보강근이 연성 능력에 미치는 효과를 복합적으로 고려하고, 앞에서 설명된 바와 같이 식(23), (24), (25)에서 나타낸  $\mu_1$ ,

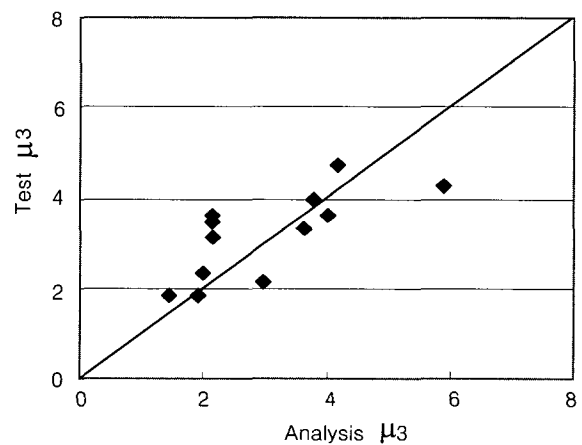
$\mu_2$ ,  $\mu_3$ 에 대하여 실험과 해석 값의 분포 상태를 비교한 것이 Fig. 11이다. Fig. 11(a)는 곡률 연성의 분포 상태를 비교한 것으로 실험 값과 해석 값이 거의 일치하고 있으나, Fig. 11(b)의 회전 연성은 실험 값이 해석에 비하여



(a) Curvature ductility



(b) Rotation ductility



(c) Displacement ductility

Fig. 11 Comparison of ductility ratio, test and analysis results

다소 높게 나타나고 있다.

이는 실험 결과의 자료가 회전각을 직접 측정한 것이 아니고, 처짐에 대한 부재거리비를 근거로 회전각을 계산한 결과 다소의 오차가 포함된 것으로 생각되며, Fig. 11(c)의 변위(처짐) 연성률은 실험 값과 해석 값이 잘 일치하는 것으로 나타나고 있다. 따라서, 앞장의 모멘트 및 변형 해석 방법과 Fig. 5의 가정된 모멘트-곡률 관계는 실용성에 문제가 없는 것으로 판단된다.

다음으로, Fig. 12는 인장 철근비, 압축 철근비 및 횡보강근의 구속부 체적비의 조합과 각 연성률의 관계를 실험 값과 해석 값으로 나타낸 것이다.

Fig. 12에서, 가로축의 요소로 인장 철근, 압축 철근 및 횡보강근의 관계를 다양하게 조합시켜 본 결과,  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 의 조합이 가장 적합한 것으로 나타났다.

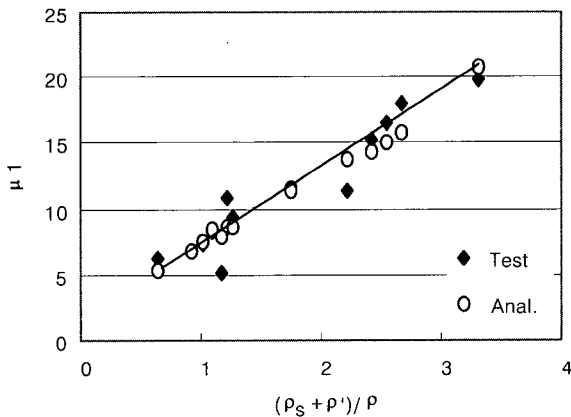
즉,  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 과 곡률 연성, 회전 연성 및 변위 연성의 관계는 실험 값과 해석 값이 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 각 연성률은 대체적으로 직선 변화하는 것임을 알 수 있다. 따라서 각 연성률과  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 의 관계를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\mu_1 = 1.5 + 5.5(\rho_s + \rho')/\rho \quad (26)$$

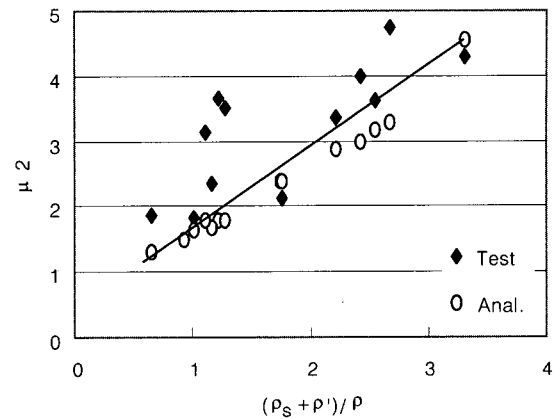
$$\mu_2 = 0.6 + (\rho_s + \rho')/\rho \quad (27)$$

$$\mu_3 = 0.4 + 1.4(\rho_s + \rho')/\rho \quad (28)$$

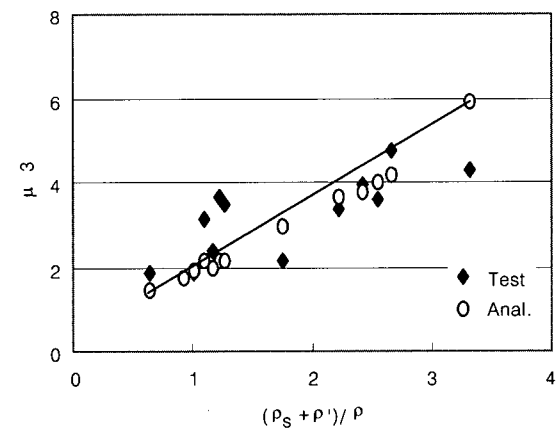
그러나, Fig. 12의  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 의 요소는 횡보강근 및 압축 철근이 없는, 인장 철근만 있는 부재에서는 적용되지 않는 한계점을 갖고 있으나, 앞에서 언급된 바와 같이 횡보강근이 없는 경우는 극히 낮은 극한 변형 상태에서 서만 적용가능 함으로, 이런 경우의 세부적인 연성 검토는 별도로 고려되어야 할 것이다.



(a) Curvature ductility



(b) Rotation ductility



(c) Displacement ductility

Fig. 12 Test and analytical results for ductility ratio

또한 본 연구에서 제안한 연성률과 철근량과의 관계를  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 로 단순하게 표현하고 있으나, 이는 제한된 실험범위를 근거로 나타낸 것으로 좀더 다양하고 많은 실험을 실시하여 다소의 수정 보완이 필요한 것으로 생각된다.

## 5. 결 론

철근 콘크리트 휨 부재에서 인장 철근, 압축 철근 및 횡보강근이 연성률에 미치는 효과를 구명하기 위하여, 일반 단면 이론을 적용한 응력-변형 관계를 통해 모멘트-곡률 관계 및 연성률을 해석하고, 실험을 통하여 해석의 타당성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 가정된 모멘트-곡률 관계를 적용한 해석 값과 실험 값은 비교적 일치하는 것으로 나타나므로, 본 연구에서 가정한 모멘트-곡률 관계의 모델은 타당한 것으로 판단된다.
- 2) 철근 콘크리트 휨 부재의 연성 능력은 일반적으로 곡률 연성률로 나타내고 있으나, 이는 일부 단면에 한정된 지수임으로 부재에 대한 연성 능력은, 본 연구의 실험범위

에서는, 회전 연성률 혹은 변위 연성률로 나타내는 것도 합리적이다.

3) 철근 콘크리트 휨 부재의 연성 능력은 횡보강근과 압축 철근량에 비례하고 인장 철근량에 반비례하며,  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 의 관계를 나타내는 것이 적절한 것으로 판단된다.

이상의 결론은 제한된 실험 결과를 근거해서 나온 것이므로 추후 다양한 실험 자료를 보충하여 보완할 필요가 있으며, 횡보강근과 압축 철근이 없는 인장 철근만 있는 부재에 대해서는 별도의 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. 박찬수, "철근콘크리트 단면의 응력-변형률 관계 및 비탄성회전 능력에 대한연구," 고려대학교 대학원 박사학위논문, 1987, 8.
2. Park, R., Priestly, M. J. N., and Gill, W. D., "Ductility of Square-Confined Concrete Columns," *Journal of Structural Division*, ASCE, ST4, April, 1982. pp.929~950.
3. Park, R., and Paulay, T., "Reinforced Concrete Structures," John Wiley & Sons., 1975.
4. Mattock, A. H., "Rotational Capacity of Hinging Regions in Reinforced Concrete Beams," *Proc. of the International Symposium on the Flexural Mechanics of Reinforced Concrete*, ASCE-ACI, Nov. 1964, pp.143~181.
5. Sozen, M. A., et al., "Load-Deformation Characteristic of Concrete Prisms with Rectilinear Transverse Reinforcement," Structural Research Series, No. 260, Civ. Eng. Studies, Univ. of Ill., Sept. 1961.
6. ACI-ASCE Committee. 428, "Progress Report on the Code Clauses for Limit Design," *ACI Journal*, Sept. 1968.

---

### 요 약

철근콘크리트 휨부재의 비탄성해석 및 설계를 위해서는 연성능력의 평가가 필요하며, 이를 위해서는 모멘트-곡률 관계가 정의되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 모멘트-곡률관계를 가정하여 철근콘크리트 휨부재의 연성능력을 해석적 방법으로 구하고, 실험결과와 비교한 결과, 실험값과 해석값은 거의 일치하였으므로 가정한 모멘트-곡률관계는 적합한 것으로 판명 되었다. 또한, 연성률은 곡률연성, 회전연성, 변위연성을 비교하였으며, 철근콘크리트 휨부재의 연성능력에 주로 영향을 미치는 요소는 인장철근, 압축철근 및 횡보강근으로 보고, 실험값과 해석값을 다양하게 분석한 결과  $(\rho_s + \rho')/\rho$ 의 향으로 연성능력을 나타냄이 적절한 것으로 나타났다.

**핵심용어** : 철근콘크리트 휨부재, 횡보강근, 연성률, 모멘트-곡률 관계

---