

V-50

鉄筋コンクリートはりの変形の解析モデルについて

横浜国立大学 正会員 池田 尚治
 横浜国立大学 正会員 山口 隆裕
 横浜国立大学 ○ 学生員 南雲 広幸

1. 結論 鉄筋コンクリートはりの変形解析には、設計に用いる実用的な設計式の他にファイバーモデル、有限要素法等があるが、そのモデル化は必ずしも確立されていない。そこで本研究では、せん断変形を考慮したファイバーモデル、及び鉄筋コンクリート要素を使用した有限要素法を用いて実験値と対比しモデルの適用性を検討したのでその概要を報告する。

2. 実験概要 実験に使用した供試体の概略図を図-1に示す。せん断支間けた高比 $a/d = 2.6$ のはりと、 $a/d = 1.5$ のはりである。引張鉄筋比 1.47% 、スターラップは曲げ破壊がせん断破壊に先行するように腹鉄筋比 0.42% とした。またせん断力-スターラップの応力度関係(以降、 $S-\sigma_{sv}$ 関係)を得るためにひずみゲージを図-1に示すように貼付し $a/d = 2.6$

た。載荷方法は対称2点集中荷重とした。最初に降伏荷重(引張鉄筋の応力度が降伏点となる荷重でこのときの変位を $1\delta y$ とする)まで載荷、除荷し以降変位制御でそれを $2\delta y$ 、 $4\delta y$ と繰り返した後、変位を増大させてはりを破壊させた。

3. 解析方法 ファイバーモデルにおけるせん断変形 $a/d = 1.5$

の導入について、鉛直方向から 45° 方向の応力場を考える。鉛直方向の鉄筋のひずみを ϵ_v 、 45° 方向の鉄筋のひずみを ϵ_d とすると、 $\epsilon_v = \epsilon_d/2$ の関係にある。また 45° 方向の変位を鉛直方向の変位に変換することによりせん断変位 δ_v は次式で表せる。

$$\delta_v = 2\epsilon_v \cdot la = 2 \cdot \sigma_{sv} \cdot la / E_s \quad (1)$$

ここに、 la : せん断支間、 σ_{sv} : スターラップの応力度、 E_s : 鉄筋のヤング率

上式を σ_{sv} の関数として考え $S-\sigma_{sv}$ 関係を用い、せん断変形による変位の式としてファイバーモデルによる曲げ変形と加え合わせた。一方、鉄筋コンクリート要素を用いた有限要素法については、その構成式は鉄筋の特性を主として代表する構成式とコンクリートの特性を主に代表する構成式との単純和で表現した。すなわち、平面応力状態におけるその応力-ひずみマトリックスは(2)式で表現した。

$$(D) = E_c / (1 - \nu^2) \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1 - \nu)/2 \end{bmatrix} + E_s \begin{bmatrix} p_x & 0 & 0 \\ 0 & p_y & 0 \\ 0 & 0 & \beta \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここに、 E_c, E_s : それぞれ、コンクリート、鉄筋のヤング率 ν : コンクリートのポアソン比

p_x, p_y : それぞれ、X, Y方向の鉄筋比 β : タワル係数

このモデルでは鉄筋とコンクリートの間に完全な付着が存在するとし、ひび割れに関しては分散型ひび割れを使用した。

4. 実験結果 図-3、4に実験から得られた $S-\sigma_{sv}$ 関係を示す。両図から分かるように斜めひび割れが発生するまでスターラップには応力が発生しないが、一旦応力が生ずると原点を通る(3)式で示される計算上のスターラップの応力度の直線にほぼ平行な直線として応力が発生している。この差がコンクリートの負担するせん断力であるが、この値を定式化すれば実験値においてその傾きが計算値とほぼ平行であること

から $S - \sigma_{sv}$ 関係が決定され、これを (1) 式に代入することによりせん断変形量とスターラップの応力度とが関連づけられる。

$$\sigma_{sv} = S \cdot s / (A_s \cdot j \cdot d) \quad (3)$$

ここに、 S :せん断力 s :スターラップの間隔

A_s :スターラップの断面積 $j \cdot d$:腕長

コンクリートのせん断抵抗については限界状態設計法にもとづく RC 示方書の式を準用することとする。

すなわち

$$f_{vcd} = 0.9 \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \sqrt{f_{cd}} \quad (4)$$

ここに、 $\beta_d = \sqrt{100/d}$ d :けた高 $\beta_p = \sqrt{100 \cdot pw}$

pw :引張鉄筋比 $\beta_n = 1$ f_{cd} :コンクリートの圧縮強度

ただし (4) 式は設計式であるので安全側の値を示すことからここではこれを 1.5 倍して補正することとした。以上より $S - \sigma_{sv}$ 関係をモデル化すると

$$\sigma_{sv} = (S \cdot \alpha \cdot f_{vcd} \cdot bw \cdot d) \cdot s / (A_s \cdot j \cdot d) \quad (5)$$

ここに、 α :補正係数 bw :断面幅

5、適用結果及び考察 図一4、5に供試体支間中央における荷重—たわみ関係を示す。 $a/d = 2.6$ の場合せん断変形を考慮したものは、ほぼ実験値と一致している。

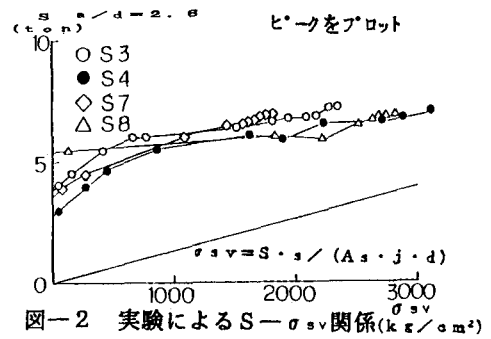
$a/d = 1.5$ のはりにおいては、実験値よりもたわみ量が若干大きくでている。なお、実験による $S - \sigma_{sv}$ 関係を一回帰により求めた値を使用した場合には、実験値とよく一致している。有限要素法モデルの解析結果は曲げひび割れ発生近傍の変形過程をよく表現している。

6、結論 ファイバーモデルにおいて $S - \sigma_{sv}$ 関係を定式化しせん断変形として加え合わせるにより鉄筋コンクリートはりの変形を表すことができた。また実験値による $S - \sigma_{sv}$ 関係を一回帰した値を使うとほぼ実験値と一致した。鉄筋コンクリート要素を使用した有限要素解析は曲げひび割れ発生近傍の変形状態と実験値とがほぼ一致した。

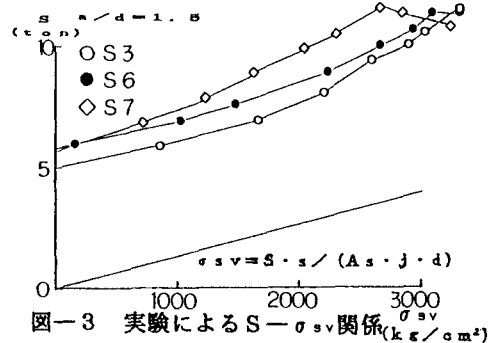
<謝辞>本研究を実施するにあたり、森下 豊技官の多大の協力を得た、ここに深く感謝の意を表します。

<参考文献>

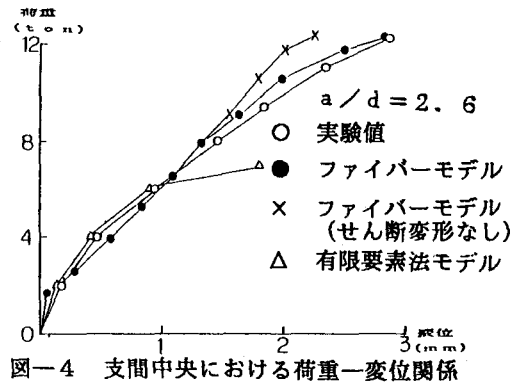
- 1) Ikeda S, Tsubaki T: Application of the Finite Element Method to the Design of Concrete Structures Seminar on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures, Tokyo, May 21-24, 1985 vol. 2
- 2) 土木学会、昭和61年制定 コンクリート標準示方書 設計編



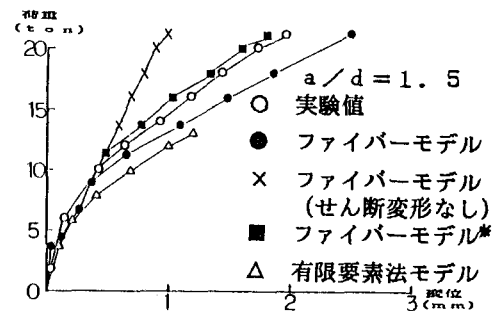
図一2 実験による $S - \sigma_{sv}$ 関係 ($k \text{ g} / \text{cm}^2$)



図一3 実験による $S - \sigma_{sv}$ 関係 ($k \text{ g} / \text{cm}^2$)



図一4 支間中央における荷重—変位関係



図一5 支間中央における荷重—変位関係
* 実験値による $S - \sigma_{sv}$ 関係の一回帰直線使用