

V-31 純ねじりをうけるコンクリートはりについて —有限要素法による弾塑性解析—

京都大学 正員 岡田 清
京都大学 正員 ○ 児島 孝之

1 はじめに

純ねじりをうけるコンクリート部材に関しては多くの研究がなされているが、それらのほとんどが種々の破壊理論に基づく強度解析であった。しかしながら、無筋コンクリート部材の純ねじり強度を正確に算定する理論式も未だ提案されていないのが現状である。本研究では種々のコンクリートの応力～ひずみ関係を用いて、純ねじりをうけるコンクリートはりの有限要素法による弾塑性解析を試みた。また無筋および鉄筋コンクリートはりの純ねじり試験を行ない、解析結果と比較検討を行なった。

2. コンクリートはりの純ねじり試験

本試験に用いた無筋および鉄筋コンクリートはりの断面は図-1に示したもので、はり長さは120cm、ねじりスパンは100cmである。鉄筋は水平、腹鉄筋とそゆ6mmのその(降伏応力 55.4 kg/cm^2)を用い、水平鉄筋比と腹鉄筋比がほぼ一致するように配置した。はりは無筋、鉄筋とも各R2本ずつである。

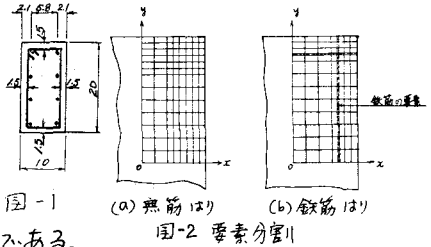


図-2 要素分割

試験時の杖令は28日で、このときのコンクリートは、圧縮強度 463 kg/cm^2 、引張強度 37.8 kg/cm^2 、曲げ強度 47.1 kg/cm^2 、せん断弾性係数 $13.6 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ である。

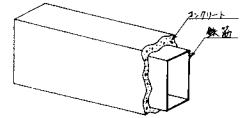
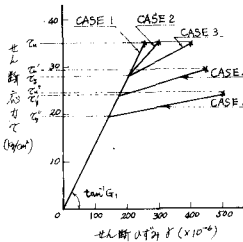


図-3 鉄筋コンクリートはりの解析モデル

3. 有限要素法による弾塑性解析

無筋コンクリートはりの断面の要素分割を図-2(a)に示した。鉄筋コンクリートはりでは、鉄筋をどのように要素に組み入れるかが問題となるが、本解析では図-3のように鉄筋は腹鉄筋の位置にあって筒状であると仮定した。鉄筋コンクリートはりの要素分割を図-2(b)に示した。

解析に用いた応力～ひずみ関係は図-4に示したものである。この図で、CASE 1～3はせん断強度 τ_u としてMohr-Coulombの破壊条件より求めた値を用いている。CASE 1は破壊に至るまで直線としたもので、CASE 2, 3は最終ひずみ $\bar{\epsilon}_u$ をそれぞれ $300, 400 \times 10^{-6}$ としたものである。この場合 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線の折れ曲がる応力 σ_y は τ_u の0.8倍とした。一般に応力解析に用いる引張強度は割裂強度よりも2割程度小さくとる方がよいというデータもあるので、せん断強度を $0.85 \tau_u, 0.7 \tau_u$ とし、 $\bar{\epsilon}_u$ を $450, 500 \times 10^{-6}$ とした $\sigma \sim \epsilon$ 曲線(CASE 4, 5)についても解析を行なった。解析においてある要素の σ が $\bar{\sigma}_u$ に達すると、無筋はりでは破壊条件とし、鉄筋はりではひびわれ条件とした。鉄筋はりではひびわれの入った後はその部分のせん断弾性係数を極端に低下させた(初期接線係数の $1/1000$)。鉄筋はヤング係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比0.3とし、降伏した後は接線係数を $1/100$ とした。



	$\tau_u (\text{kg/cm}^2)$	$\sigma_y (\text{kg/cm}^2)$	$\bar{\epsilon}_u (\times 10^{-6})$	$\bar{\sigma}_u (\text{kg/cm}^2)$
CASE 1	—	—	30.0	257.4
CASE 2	28.0	205.6	35.0	300
CASE 3	28.0	205.6	35.0	400
CASE 4	23.8	174.8	29.8	450
CASE 5	19.6	143.9	24.5	500

図-4 解析に用いた応力-ひずみ関係

弾塑性解析法は、荷重漸増法に準じた方法で行なっ

たが、詳細についてはここでは省略する。

4. 解析結果とその考察

無筋はりの解析結果として、ねじりモーメント M_t ~ ねじり角 θ の関係を図-5 に、 M_t とはり側面中央のせん断ひずみ γ との関係を図-6 に示した。ねじり破壊モーメントを表-1 に示した。表-1 によれば、弾性解 (case 1) による破壊モーメントは従来知られているように実験値を16%程度下回っている。実験値に最も近いのは case 4 で、ついで case 3, 2 となっている。しかし $M_t \sim \theta$, $M_t \sim \gamma$ 曲線 (図-5, 6) によると、 τ として Mohr-Coulomb による値を用いたもの (case 1~3) はいずれも実験値とは合わず、本解析では case 4 の $\tau \sim \gamma$ 曲線を用いたものが、実験結果に最もよくあった。

図-7 は鉄筋はりについての $M_t \sim \theta$ 曲線を示したもので、鉄筋はりでは case 4 の場合についてのみ解析

表-1 ねじり破壊モーメント

種別	計算値 (t-cm)	計算値 実験値	実験値 (t-cm)
無筋	case 1	18.13	0.84
	case 2	20.09	0.93
	case 3	22.78	1.06
	case 4	21.06	0.98
	case 5	18.36	0.85
鉄筋	case 4	23.22	1.16
		30.46	1.00

* ひびわれ ** 破壊

を行なった。鉄筋が降伏したモーメントを破壊モーメントとすれば、実験値と計算値とはかなりよくあっている。

$M_t \sim \theta$ 曲線でひびわれ発生後実験値と計算値とは非常に異なるが (図-7 で破壊の部分) これは試験機特性その他によるものと考えられ、大略において計算値は実験曲線と同様の傾向を示しているものと考えられる。

詳細は、講演会当日に発表する。

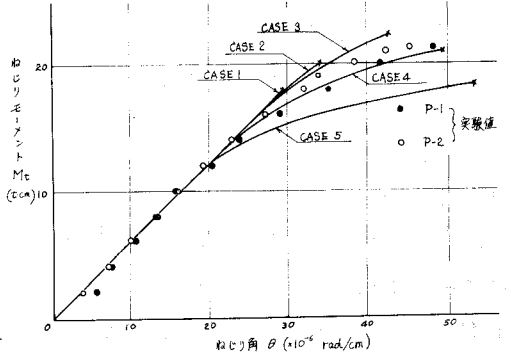


図-5 $M_t \sim \theta$ 曲線

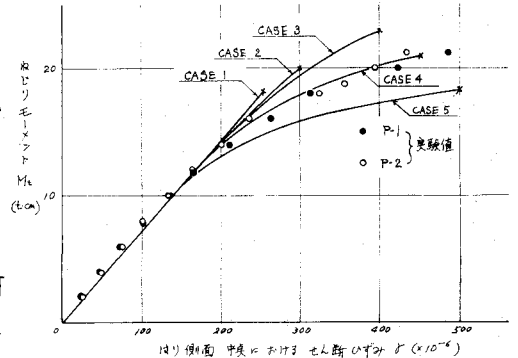


図-6 $M_t \sim \gamma$ 曲線

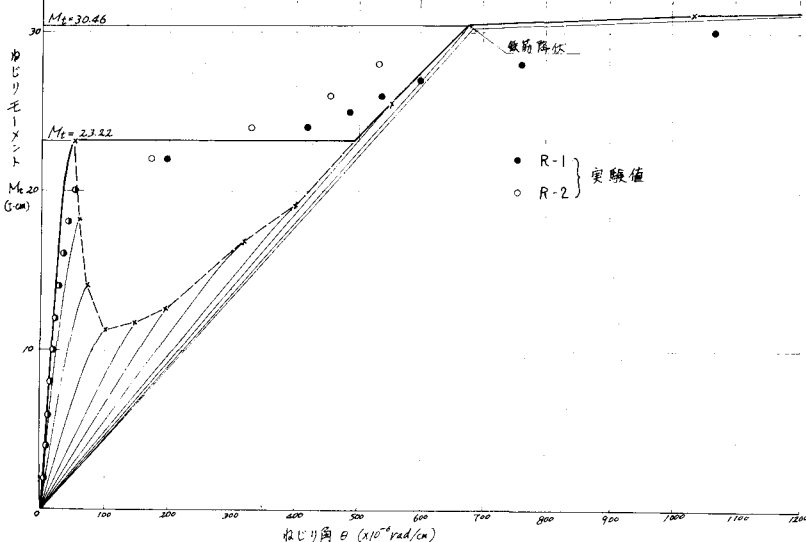


図-7 $M_t \sim \theta$ 曲線 (鉄筋コンクリートはり)

〔参考文献〕

- 1) 児島, 矢村, 浦沢;
「引張り応力下における
コンクリートの力学的
特性について」セメン
ト技術年報 才24巻,
昭和46年2月発行予定