

V-268 二軸応力下にあるRC板要素の引張挙動に関する一考察

東京工業大学大学院 学生員 曾我 寿孝
 東京工業大学工学部 正会員 長瀧 重義
 東京工業大学工学部 正会員 岡本 享久
 鹿島建設（株） 安達 孝行

1. はじめに

RC構造物の挙動解析法の一つとして、構造物を板要素の集合体として扱う方法がある。その時RC板要素内の鉄筋及びコンクリートの平均応力－平均ひずみ関係を正しく評価することが、解析精度に大きく関わる。既往の研究に於て実験的アプローチから数々の提案式が発表されてきた。しかしながらこれらの多くは一軸引張部材に基づくものであり、これらをせん断あるいはねじりを受ける二軸の圧縮－引張応力状態の板要素に適用することは、実際と異なる仮定をしていることとなる。そこで本報では水平方向にのみ鉄筋を配置したRC板を製作し、鉄筋軸方向に引張力を、鉛直方向に圧縮力（側圧）を作用させる載荷試験を実施し、検討を加えた。それらを取りまとめて報告する。

2. 実験概要

試験体は図1に示すように高さ300、幅80、長さ600mmのRC供試体で、板厚方向中央にD-10鉄筋を75mm間隔で4本配置した。鉄筋比は1.06%であり、コンクリートの配合はW/C=65%である。鉄筋軸方向

のひずみ分布を知るため鉄筋には溝切り鉄筋を用い、供試体中央部の検査領域全長24cmにわたって長さ2mmのストレインゲージを2cm間隔に貼付した。また検長の平均ひずみを知る目的でコンクリート表面

載荷条件	配筋 D10×4本 鉄筋比 1.06%
側圧一定載荷 圧縮応力 $\sigma_c = 0$ 引張応力変化	○
側圧一定載荷 圧縮応力 $\sigma_c = 0.25f_c$ 引張応力変化	○ ○
側圧一定載荷 圧縮応力 $\sigma_c = 0.50f_c$ 引張応力変化	○ ○ ○
引張力 = 0 圧縮応力変化	無筋コンクリート ○ ○ ○
同時載荷 引張応力 / 圧縮応力 = 0.25	○
同時載荷 引張応力 / 圧縮応力 = 0.50	○

表1 実験計画

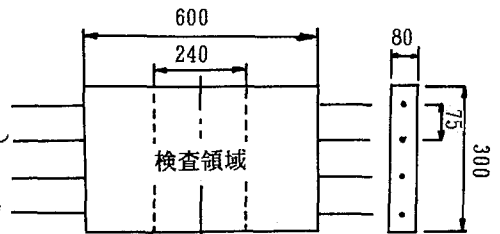


図1 試験体

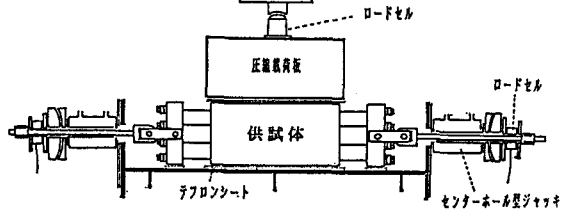


図2 載荷装置概要

にバイゲージを貼付した。載荷装置の概要を図2に示す。圧縮力は載荷板を通して供試体長辺に均等な分布となるように与え、引張力は両方向からセンターホールジャッキにより鉄筋に与えた。なお供試体と載荷板及び載荷台との摩擦をとる目的で、シリコングリースを挟んだ1mm厚のテフロンシート3枚を挿入した。表1に実験計画を示す。圧縮力による側圧の条件としては、圧縮強度 f_c の0、25、50%の3種類を行った。また載荷経路として、圧縮一定引張載荷（Aタイプ）と圧縮－引張同時載荷（Bタイプ）を実施し比較を行った。その結果両者に有意な差が認められなかったため、Aタイプの方を用いて検討を行う。

3. 実験結果と検討

本実験ではAタイプの載荷経路を採用しているため、純粋な鉄筋の引張力によるひずみとポアソン効果によるひずみの二種類が存在することになる。そこで全ひずみからポアソンひずみを除去して考察を行う。

図3に鉄筋の平均引張応力－平均ひずみ関係を示す。RC要素内

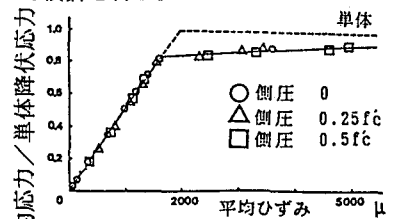


図3 鉄筋の平均応力－ひずみ関係

の鉄筋の平均的な挙動は単体の挙動に較べ小さな応力で剛性が低下することが指摘されている¹⁾が、ここでもその傾向が認められた。また側圧の有無の差は殆どなく、鉄筋比が0.8%~1.2%程度と変化しても図3に示す関係には殆ど影響を及ぼさないと思われる。

次に図4にRC要素内のコンクリートの平均引張応力-平均ひずみ関係を側圧をパラメータにして示す。なおこれは全引張力から図3で示した鉄筋による分担分を差し引いて求めた。初ひび割れ発生までの $\sigma_c - \epsilon$ の関係は側圧の影響を受けずほぼ同一の剛性を有するが、それ以後は側圧が大きいほど引張剛性の低下の割合が小であった。これは側圧が大きいほど鉄筋とコンクリートとの界面直角方向に生じる微細ひび割れの振幅が抑制され、その結果界面直角方向に発生する微細ひび割れの本数が増えることによるものと思われる。

4. ねじり部材への適用

以上の実験結果から、図3、4の実線に示すような定式化を行った。コンクリートの平均引張応力-平均ひずみ関係に関し、一次ひび割れ発生については前川ら²⁾の二軸応力下の引張破壊基準により求め、それま図4で側圧の有無によらず同一直線とした。引張剛性が一定の区間については実験値より、剛性低下の曲線については下降曲線を指数関数で仮定し最小二乗法で求めた。鉄筋については側圧の影響が殆どないことから、側圧の相違に関わらず同一の関係式で表せるとした。これらを以下に示す。

- (1) 鉄筋 $\sigma_s = E_s \epsilon_s$ ($0 \leq \epsilon_s \leq 0.83 \epsilon_{sy}$) ϵ_{sy} : 単体降伏ひずみ
 $\sigma_s = 0.83 \sigma_{sy} + 0.17 \sigma_{sy} / (15000 - \epsilon_{sy}) (\epsilon_s - 0.83 \epsilon_{sy})$ ($\epsilon_s \geq 0.83 \epsilon_{sy}$)
 なお鉄筋挙動は側圧によらない。
- (2) コンクリート

領域	側圧 0	側圧 0.25f _c	側圧 0.5f _c
一次ひび割れ発生前 $0 \leq \epsilon_c \leq 75 (\mu)$	$\sigma_c = E_c \times \epsilon_c$	$\sigma_c = E_c \times \epsilon_c$	$\sigma_c = E_c \times \epsilon_c$
降伏域 (一次ひび割れ) $75 \leq \epsilon_c < \epsilon_{tu} (\mu)$	基本式: $\sigma_c = K \times f_{ct}$ $K=1.0$	基本式: $\sigma_c = K \times f_{ct}$ $K=0.97$	基本式: $\sigma_c = K \times f_{ct}$ $K=0.87$
ひずみ軟化域 $\epsilon_{tu} \leq \epsilon_c (\mu)$	基本式: $\sigma_c = f_{ct} (\epsilon_{tu} / \epsilon_c)^C$ $C=0.48$	基本式: $\sigma_c = f_{ct} (\epsilon_{tu} / \epsilon_c)^C$ $C=0.49$	基本式: $\sigma_c = f_{ct} (\epsilon_{tu} / \epsilon_c)^C$ $C=0.34$

こうして得られた鉄筋とコンクリートの平均応力-平均ひずみ関係をねじり部材解析³⁾に適用した。解析対象とした断面寸法を図5に示し、なお新たにかぶりコンクリートの剥離現象を実験結果³⁾に基づき、ねじり角の増大と共に表面から線形的に進むと仮定した。図6に解析結果を実験値と共に示す。これよりねじり角が小さい段階では側圧0の式が、またねじり角が大きくなると側圧0.5f_cの式がよい整合性を示しており実際の挙動を表現できていることがわかる。

5. あとがき

二軸圧縮-引張応力下のコンクリートの引張剛性は側圧の影響を受け、側圧により鉄筋とコンクリートの界面に生じる微細ひび割れの進展状況が変化し、ひび割れ発生後の剛性の低下割合が小となる。また鉄筋の引張挙動には側圧の影響は殆ど現れない。以上のことが明らかになった。今後は更に鉄筋比、側圧をパラメータとして加味し検討を加えていく予定である。

(参考文献) 1)玉井ら; 一軸引張部材における鉄筋の鉄筋降伏以降の平均応力-ひずみ関係、土木学会論文集、No.378, 1987 2)前川ら; 二軸応力下 (圧縮-引張領域) にあるコンクリートの変形特性、コンクリート工学 No.83, 3-2, 1983 3)長瀬ら; 鉄筋コンクリート部材のねじり耐荷機構に関する一考察、土木学会論文集、No.390, 1988

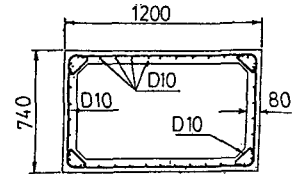
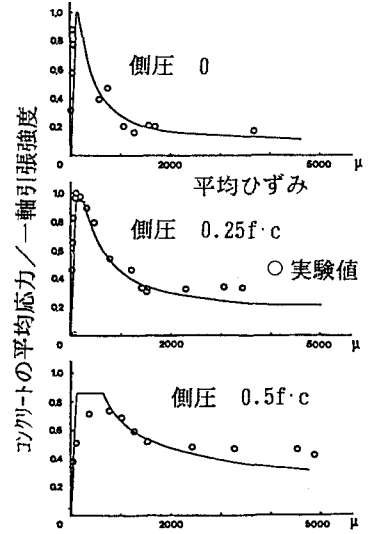


図5 解析対象の寸法

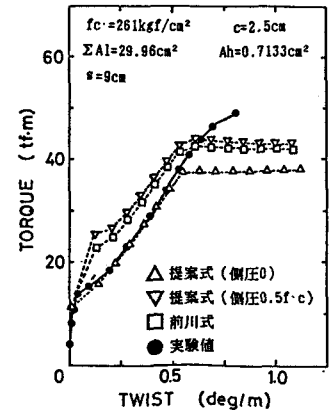


図6 解析結果