

斜せん断補強筋を有する RC 柱の正負水平交番載荷実験

JR 東日本(株) 上信越工事事務所 正会員

菅野 貴浩 高井 剣

五十嵐 弘記 田原 孝

●背景および目的

平成7年1月の阪神・淡路大震災以来、地震の影響の大きい構造物に対する耐震設計法の見直しが進められている。その結果、鉄道構造物においては、大地震に対し変形性能で地震力を吸収しようとする考え方を基本とし、曲げ耐力に対するせん断耐力の余裕を十分にとることになった。これは、スターラップ・帯鉄筋等のせん断補強筋の密な配筋につながる。そこで本研究ではこの点の解消を目指し、斜せん断補強筋と従来配筋並用の効果を検証するため、同鉄筋を有する RC 柱の正負水平交番載荷実験を行い、その地震時変形性能の確認および設計上の考え方についての検討を行った。

●実験概要

【1】 **実験供試体**：実験に用いた供試体および載荷の概要を図-1 に、供試体の諸元を表-1 に示す。No.1 は示方書¹⁾に基き設計した供試体（部材のじん性率 ≥ 10 ）、No.2 は斜せん断補強筋（図-1 参照）を配置し、No.1 に比べ帯鉄筋量を約 2/3 程度に減らした供試体、No.3 は同様に、帯鉄筋量を 1/2 に減らした供試体である。なお、2 段に配置した斜せん断補強筋のうち、上側の鉄筋は主にせん断補強を、下側の鉄筋は軸方向鉄筋および内部コンクリートの拘束効果をねらったものである。

表-1 供試体諸元および実験結果

No	柱断面 寸法 $b \times h$ (mm)	有効 高さ d (mm)	せん断 スパン a (mm)	せん断 スパン比 a/d (mm)	軸方向 鉄筋 P_t (%)	帯鉄筋 P_w (%)	斜せん 断補強 筋	実験結果				
								降伏荷重 P_y (tf)	降伏変位 σ_y (mm)	最大荷重 P_{max}	終局変位 σ_u (mm)	じん性率 μ
1	400×400	350	1,150	3.29	D16×12 1.49	D10-1@60 0.59	-	14.5	6.0	16.8	60.8	10.1
2	400×400	350	1,150	3.29	D16×12 1.49	D10-1@90 0.40	D10×2	15.2	5.8	17.3	58.4	10.1
3	400×400	350	1,150	3.29	D16×12 1.49	D10-1@120 0.30	D10×2	16.3	6.1	18.4	52.3	8.6

【2】 載荷方法

一定軸方向応力度（10kgf/cm²）のもとで、柱頭部付近を載荷点とする載荷点とする静的正負水平交番載荷を行う。再外縁の軸方向鉄筋のひずみが鉄筋の降伏ひずみに達したとき

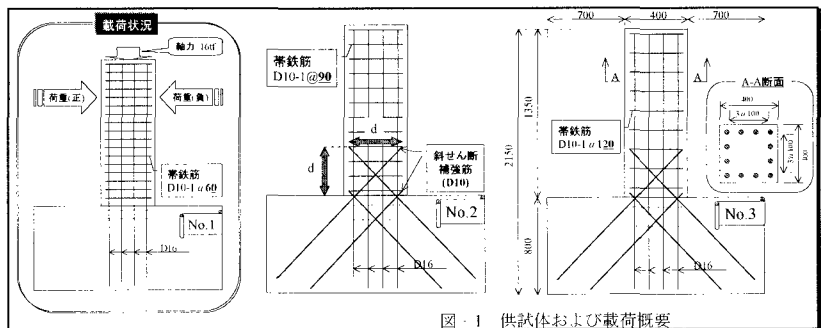


図-1 供試体および載荷概要

の変位を（降伏変位： δy ）とし、これ以降 δy を片振幅とした変位制御による載荷を、 δy の整数倍について各1サイクルずつ行った。なお実験から得られた（荷重－変位曲線）の包絡線が降伏時の荷重（降伏荷重： P_y ）を下回るときを終局とし、終局時の変位（終局変位： σu ）を σy で除した値をじん性率 $\mu (= \sigma u / \sigma y)$ と定義し、地震時変形性能の指標とした。

【キーワード】 じん性率、地震時変形性能、斜せん断補強筋

【連絡先】 〒370-0841 群馬県高崎市栄町6番26号 TEL:027-324-9363

【3】試験結果:

実験結果を表-1に、荷重—変位曲線の例を図-2に示す。また、荷重—変位曲

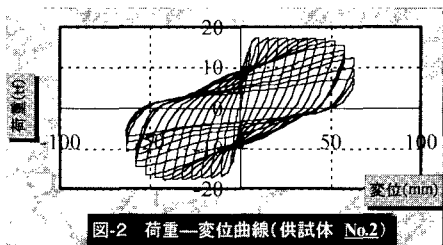


図-2 荷重—変位曲線(供試体 No.2)

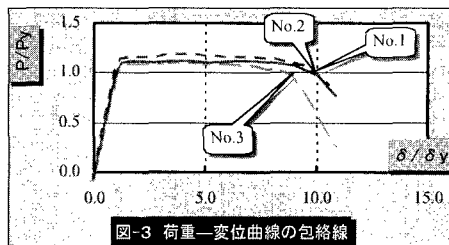


図-3 荷重—変位曲線の包絡線

線を P_y 、 δ_y で無次元化した包絡線を図-3に示す。図-3より、各供試体ともに比較的安定した耐荷挙動を示していることがわかる。また、示方書に基き設計した No.1 に対して、帯鉄筋量を減らした No.2 供試体も、ほぼ同じレベルの地震時変形性能を有していることがわかった。

●解析および考察

【1】設計値と実験値の比較: 設計値と実験値を比較したグラフを図-4に示す。ここで、設計値は示方書および鉄道標準²⁾に基き算定した。これより、示方書に基く No.1 は設計どおりの実験結果が得られたこと、No.2, 3 は斜せん断補強筋の効果により、設計値を大きく上回るじん性率が得られたこと、No.2 は No.1 とほぼ同程度のじん性率が得られたことがわかる。

【2】解析: 斜せん断補強筋を有する RC 柱の設計上の考え方について検討するために、実験時の材料実強度を用いて求めた解析値と実験値の比較を図-6に示す。なお解析にあたり、斜めせん断補強筋のせん断力抵抗機構を図-5のようにモデル化し、その効果を考慮しせん断耐力を算定した。じん性率は鉄道標準の原式である石橋らの算定式³⁾により求めた。図-6より、解析値と実験値はほぼ一致することがわかり、

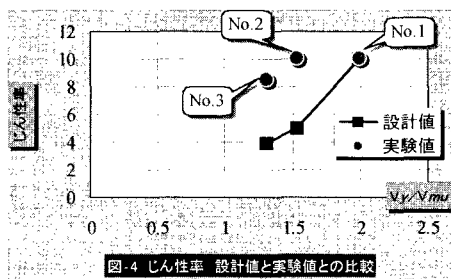


図-4 じん性率 設計値と実験値との比較

斜せん断補強筋を有する RC 柱のじん性率は、同鉄筋のせん断耐力を考慮し、現行設計法により算定すれば良いと言える。なお、本解析結果では下側の斜せん断補強筋のじん性率への影響は小さかった。

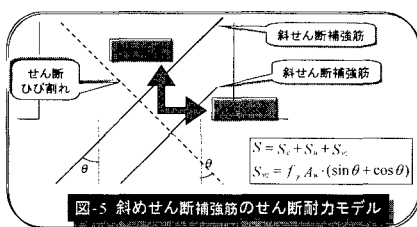


図-5 斜めせん断補強筋のせん断耐力モデル

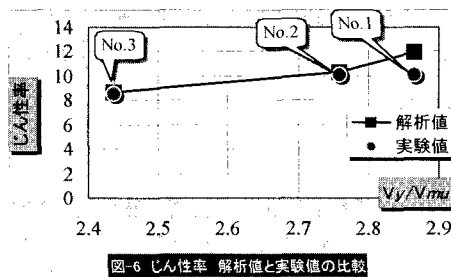


図-6 じん性率 解析値と実験値の比較

V_y : せん断耐力
 V_{mu} : 曲げ耐力に達する時のせん断力

●まとめ

一連の研究により、以下の結論を得た。

- 斜めせん断補強筋を有する RC 柱は、同鉄筋を考慮したせん断耐力を十分大きくすれば、良好な地震時変形性能を有する。
- 同配筋時(部材軸となす角 $\theta=45^\circ$)の耐震設計は、同鉄筋のせん断耐力を $(\sin \theta + \cos \theta)$ 倍して、現行ルールにて行えば良い。なお、定着長を十分に取る必要がある。

《参考文献》 1)コンクリート標準示方書 耐震設計編(平成8年制定); 土木学会: 1996年, 2)鉄道構造物設計標準 コンクリート構造物; 鉄道総合技術研究所: 1992年, 3)「鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究」; 土木学会論文集(第390号 pp57~66): 1988年2月, 石橋忠良、吉野伸一