

# 横拘束高軸力RC柱の曲げじん性に関するハイブリッド地震応答実験

京都大学工学部  
阪神電気鉄道(株)

正員  
正員

山田善一  
○鈴木隆英

家村浩和

1. まえがき 高軸力下におけるRC柱の耐震安全性を検討するに当たっては、そのじん性が重要な問題となる。本研究では、軸力および横拘束筋の異なるRC柱について、オンラインハイブリッド弾塑性曲げ地震応答実験を実施し、動的破壊規範となる劣化パラメータを用いて、じん性の差異を検討した。

2. 実験概要 本実験では、Fig.1に示すデジタルコンピューターと載荷試験機とをAD-DA変換器を介して直結したオンラインハイブリッド弾塑性地震応答実験を実施した。

2.1 供試体 供試体は、Fig.2に示すように、 $15 \times 15 \text{ cm}$ の正方形断面、全長 $2 \text{ m}$ のもので、横拘束筋のピッチが $6 \text{ cm}$ 、 $3 \text{ cm}$ の2種類である。コンクリートには、設計強度が $800 \text{ kg/cm}^2$  (実験平均値 $878 \text{ kg/cm}^2$ ) の高強度コンクリートを用い、また主鉄筋は $\Phi 13$ 、 $S \Phi 35$  (平均降伏強度 $3980 \text{ kg/cm}^2$ ) を圧縮側、引張側各々本用いた。鉄筋比は $2.25\%$ である。

2.2 載荷および測定方法 軸力はあらかじめ供試体に配置した、 $\Phi 26 \text{ mm}$ アンボンドPC鋼棒を引張させることにより加えた。実験中に軸力が一定となるように荷重制御方法をとった。軸力による $\sigma_c$ は、 $50 \text{ kg/cm}^2$ 、 $100 \text{ kg/cm}^2$ の2種類を用いた。入力地震波は、ELCENTRO

-NS成分にスケールファクターを用いることにより、供試体降伏加速度の $1.0 \sim 2.5$ 倍の4種のものを用いた。本実験では、降伏加速度は平均約 $157 \text{ gal}$ であった。

## 3. 実験結果および考察

3.1 破壊状況 軸力が $100 \text{ kg/cm}^2$ の場合、塑性率応答が約4程度をこえると横拘束筋の差により破壊が異なってきた。ピッチ $6 \text{ cm}$ のものは、内部拘束コンクリート部の圧壊がはじまるが、ピッチ $3 \text{ cm}$ のものは、かぶり部分のみの圧壊であった。軸力が $50 \text{ kg/cm}^2$ の場合では、塑性率応答

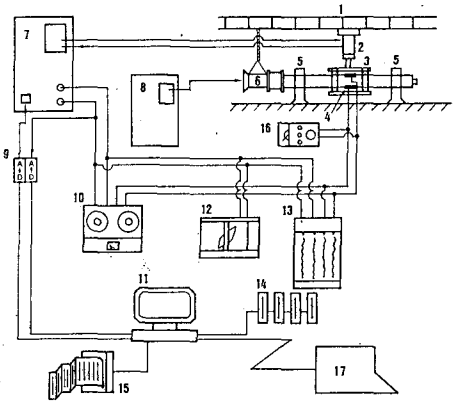


Fig.1 Online Hybrid System

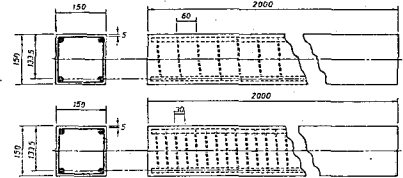


Fig.2 Test Piece

Table 1

|                                                        |                                                       | Pitch 6cm                         |                                   |                                   |                                   | Pitch 3cm                         |                                   |                                   |                                   |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                        |                                                       | 入力加速度倍率                           |                                   |                                   |                                   | 入力加速度倍率                           |                                   |                                   |                                   |
| Response                                               | Case                                                  | $\times 1.0$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 1.5$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 2.0$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 2.5$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 1.0$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 1.5$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 2.0$<br>(N=50)<br>(N=100) | $\times 2.5$<br>(N=50)<br>(N=100) |
|                                                        |                                                       |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Displacement Factor                                    | N=50 kgf/cm <sup>2</sup><br>N=100 kgf/cm <sup>2</sup> | 1.29<br>1.27                      | 2.36<br>3.19                      | 3.75<br>3.64                      | 4.77<br>5.00                      | 1.33<br>1.89                      | 2.47<br>3.23                      | 3.94<br>3.72                      | 4.89<br>5.50                      |
| Dynamic Amplification Factor (DF/gal) $\times 10^{-2}$ | N=50 kgf/cm <sup>2</sup><br>N=100 kgf/cm <sup>2</sup> | 8.17<br>8.33                      | 9.95<br>13.97                     | 11.86<br>12.01                    | 12.08<br>13.07                    | 8.42<br>10.80                     | 10.42<br>12.31                    | 12.46<br>11.77                    | 12.38<br>14.13                    |
| Maximum gal                                            | N=50 kgf/cm <sup>2</sup><br>N=100 kgf/cm <sup>2</sup> | 157.9<br>152.4                    | 237.1<br>228.3                    | 316.1<br>303.1                    | 395.0<br>382.7                    | 157.9<br>152.4                    | 237.1<br>262.4                    | 316.1<br>316.1                    | 395.0<br>395.0                    |
| Stiffness Deterioration                                | N=50 kgf/cm <sup>2</sup><br>N=100 kgf/cm <sup>2</sup> | 0.86<br>0.81                      | 0.54<br>0.64                      | 0.57<br>0.58                      | 0.42<br>0.45                      | 0.59<br>0.90                      | 0.52<br>0.73                      | 0.56<br>0.58                      | 0.51<br>0.49                      |
| Accumulated Energy (ton-cm)                            | N=50 kgf/cm <sup>2</sup><br>N=100 kgf/cm <sup>2</sup> | 17.8<br>22.8                      | 71.9<br>84.4                      | 142.7<br>179.1                    | 220.1<br>283.7                    | 15.5<br>45.2                      | 61.7<br>142.2                     | 126.4<br>213.3                    | 225.2<br>310.2                    |

Yoshikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA, Takahide SUZUKA

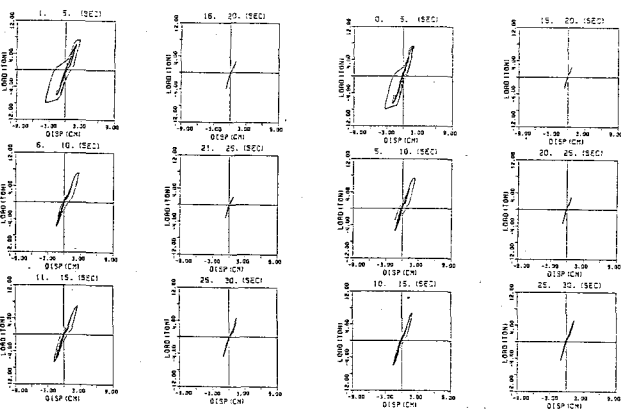
が約5程度まで外見上違いはみられなかった。実験結果を Table 1 に示す。

3.2 剛性劣化 剛性は塑性域に入る最初の大変形時に大きく劣化し、小振幅のくり返し載荷による影響は少ない。このため Fig. 3 の変位-復元力の履歴曲線をみてもほぼ同形を示している。2点載荷点内部のモーメント-曲率曲線を Fig. 4 に示す。これ

をみるとループは、正負それぞれの最大経験点に向かう曲線上を進む剛性劣化型の曲線を示している。剛性の劣化は最大じん性応答によりほぼ決定されるとともに、横拘束の差による大きな変化はなかった。

3.3 エネルギー吸収能劣化度 エネルギー吸収能を定量的にみるため、振幅の影響をとり除き、次式でエネルギー吸収能劣化度を定義する。 $DE_H = \sqrt{E_{H0}/X_{0i}^2}$ 、ここに  $E_{H0}$  は半サイクルのエネルギー吸収量、 $X_{0i}$  は半サイクルでの最大振幅である。この  $DE_H$  をシリーズ別に示したのが Fig. 5 である。これを見ると、塑性率応答が3程度までは、各シリーズともほぼ同曲線であるが、3以上になると軸力、横拘束筋により変化が現れる。軸力  $100 \text{ kg/cm}^2$  でピッチ  $6 \text{ cm}$  の場合、塑性率応答が4あたりから劣化が著しくなり、破壊の進行を示しているが、ピッチ  $3 \text{ cm}$  のものは、塑性率応答が5を越えてもまだ劣化は急に進まない。軸力が  $50 \text{ kg/cm}^2$  の場合も同様に、ピッチ  $6 \text{ cm}$  の劣化は、塑性率応答が4あたりから急であるが、ピッチ  $3 \text{ cm}$  のものはほぼ一定値で劣化は進んでいない。エネルギー吸収能劣化度からみると、横拘束筋を密にすることによるじん性改善が明らかである。

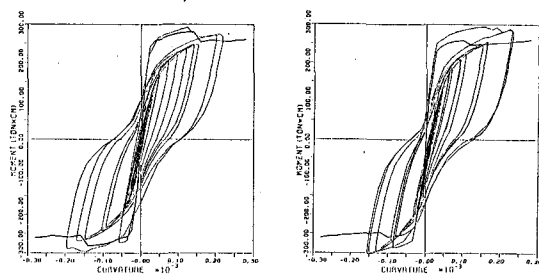
4. あとがき 高軸力下において、塑性率応答が4をこえるような地震外力が加わる場合には、非常に密な横拘束筋(横鉄筋比1.8%以上)が必要であることがわかった。



Pitch 6cm N=50kg/cm<sup>2</sup>  
(x 1.5)

Pitch 3cm N=50kg/cm<sup>2</sup>  
(x 1.5)

Fig.3 Hysteresis Loops



Pitch 6cm N=100kg/cm<sup>2</sup>  
(x 2.5)

Pitch 3cm N=100kg/cm<sup>2</sup>  
(x 2.5)

Fig.4 Moment-Curvature Loop

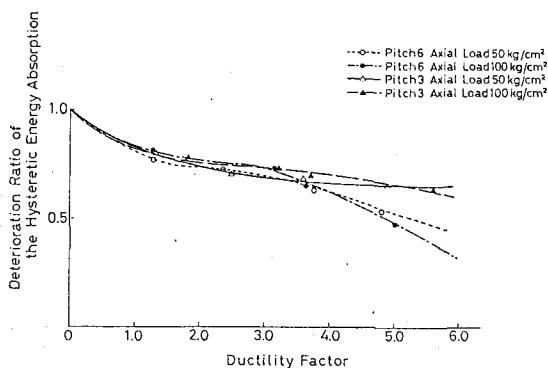


Fig.5  $DE_H$ -Ductility Factor

#### 参考文献

- 1) 山田善一, 家村浩和, 西村一郎; 第17回地震工学研究発表会講演概要, p.231~234, 昭和58年 7月.
- 2) Iemura, Kato and Kawatani; Proceedings of the Sixth Japan Earthquake Engineering Symposium-1982, p.825~832, 1982.