

HYLSERによるRC柱模型の2軸曲げ地震応答載荷実験

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和
 フジタ工業(株) 正員○前田茂樹
 京都大学大学院 学生員 細川雅則

1. まえがき 変動高軸力および2軸曲げ作用下におけるRC柱の耐震安全性を検討するに当たっては、じん性が重要な問題となる。本研究では、RC柱模型のオンラインハイブリッド2軸曲げ地震応答載荷実験を実施し、エネルギー塑性率を求めて、じん性の差異について検討した。

2. 実験概要 供試体は、Fig.1に示すような15×15cmの正方形複鉄筋断面、全長2090mmのもので、高強度スパイラルフープ筋による横拘束の間隔が8cm,9cmの2種類である。コンクリートの設計強度は、450kg/cm²とした。主鉄筋は、D13,SD35を用いた。なお、軸力載荷のため断面中心部にアンボンドPC鋼棒を配置した。実験装置は、Fig.2に示す16ビットマイコンと載荷試験機をAD-DA変換器を介して直結したHYLSER(Hybrid Loading System of Earthquake Response)を用いた。また、

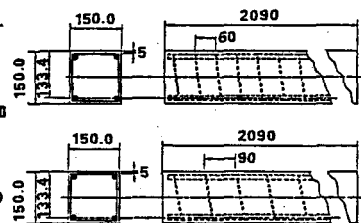


Fig. 1 Test Piece

Fig.3に示すように、2軸曲げ載荷を行なうために部材軸を傾けるとともに、面外方向の変形を拘束した。変動軸力の載荷経路を、Fig.4に示す。入力地震波は、EL Centro-NS成分の最大加速度を供試体の降伏加速度の1.3, 2.0倍に修正して用いた。実施した実験ケースをTable 1に示す。

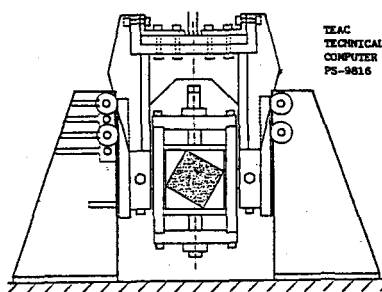


Fig. 3 Confining System

Fig.4に示すように、2軸曲げ載荷を行なうために部材軸を傾けるとともに、面外方向の変形を拘束した。変動軸力の載荷経路を、Fig.4に示す。入力地震波は、EL Centro-NS成分の最大加速度を供試体の降伏加速度の1.3, 2.0倍に修正して用いた。実施した実験ケースをTable 1に示す。

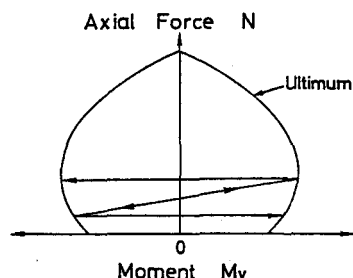


Fig. 4 Axial Loading Pass

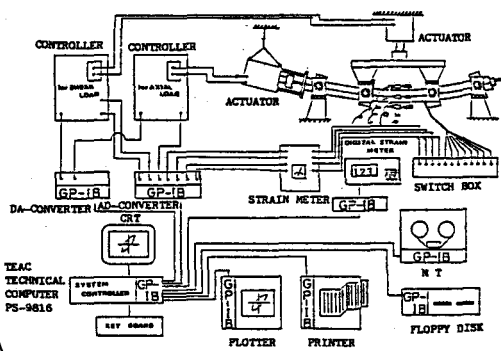


Fig. 2 HYLSER

Table 1 Test Cases

	入力力向 θ (deg.)	Pileh (cm)	軸力 N (ton)	γ=入力加速度 降伏加速度	降伏加速度 (gal)
DC-1	30	6	8.8	2.0	113.8
DC-2	30	6	変動軸力	1.3	126.4
DC-3	30	6	変動軸力	2.0	126.4
DC-4	45	6	変動軸力	2.0	126.4
DC-5	30	9	8.8	2.0	113.8
DC-6	30	9	変動軸力	1.3	126.4
DC-7	45	9	8.8	2.0	113.8
DC-8	45	9	28.5	1.3	139.0
DC-9	45	9	変動軸力	1.3	126.4
DC-10	45	9	変動軸力	2.0	126.4
DC-11	0	6	8.8	2.0	113.8
DC-12	0	6	変動軸力	2.0	132.7
DC-13	0	6	変動軸力	1.3	132.7
DC-14	0	9	8.8	2.0	113.8
DC-15	0	9	28.5	1.3	151.6
DC-16	0	9	変動軸力	1.3	132.7
DC-17	0	9	変動軸力	2.0	132.7

Yoshikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA, Shigeki MAEDA, Masanori HOSOKAWA

3. 実験結果および考察

3.1 破壊状況

6通りの実験ケースについて変位-復元力の履歴曲線をFig. 5に示す。DC-9とDC-6とDC-16は入力方向以外同じ条件の実験ケースである。入力方向が45°に近づく程、高軸力側での剛性低下が激しくなっている。DC-10はDC-9より大きな入力加速度を用いた場合で、3.8秒で破壊に至った。破壊モードは、圧縮側鉄筋の座屈を伴う圧縮側拘束コンクリートの圧壊である。DC-4はDC-10よりも横拘束筋を多く配置したもので、DC-10よりもかなりじん性が改善されている。ただしDC-4も実験後の供試体を見ると、圧縮側拘束コンクリートの圧壊がかなりおこっており、ほぼ破壊に至っていた。DC-10とDC-17は入力方向以外同じ条件の実験ケースである。これらの場合も、入力方向が45°に近づく程、じん性が低下している。

3.2 エネルギー塑性率

各実験ケースの履歴エネルギー吸収量 (= 破壊に至るまでの履歴ループの面積) を計算した。

DC-8, DC-10, DC-15が実験中に破壊に至ったことと、DC-3, DC-4, DC-7が実験終了後の供試体の状況よりほぼ破壊に至っていたことから、これらの場合の累積履歴エネルギー吸収量は限界量を示していると考えられる。これら限界量 W_{hu} を降伏強度 P_y と降伏変位 δ_y を用いて正規化したエネルギー塑性率 μ_E を次式で定義した。

$$\mu_E = W_{hu} / (P_y \cdot \delta_y)$$

これらの値をTable 2に示す。これらを比較すると、次のことがいえる。①高軸力一定および低軸力一定下で、入力方向0°, 30°, 45°の場合を比較すると、45°に近づくほど、じん性が若干低下し、エネルギー塑性率では5%程度の低下であった。②高軸力の場合の方がじん性が極端に低く、エネルギー塑性率では低軸力の場合の1/3程度である。③変動軸力下では、エネルギー塑性率が、高軸力の場合より大きく、低軸力の場合より小さくなっている。よって、RC柱に変動軸力が加わる場合には、変動軸力の最大値の時のじん性について考慮すれば、設計上安全側となる。④変動軸力下で横拘束筋の間隔が異なる場合、Pitch=8cm ($P'=0.91\%$)の時のエネルギー塑性率がPitch=9cm ($P'=0.81\%$)のものの2.4倍程度となり、じん性が大幅に改善される。

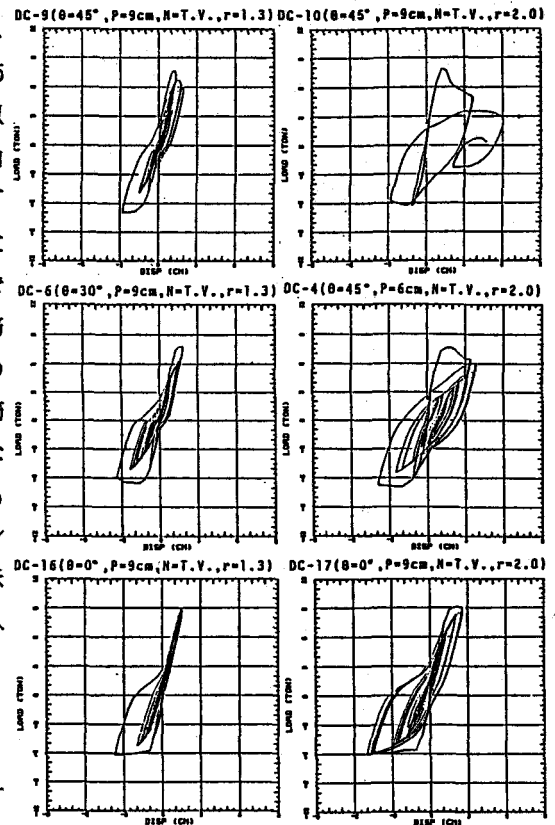


Fig. 5 Hysteresis Loops

Table 2 Energy Ductility Factors

	μ_E
DC-3	31.9
DC-4	30.6
DC-7	26.0
DC-8	8.3
DC-10	12.5
DC-15	8.7