

阪神電気鉄道(株) 正員 鈴木隆英
 京都大学工学部 正員 山田善一
 京都大学工学部 正員 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、繰り返し荷重下におけるそのじん性が重要な問題となる。本研究では、新しく開発した軸力載荷装置を用いて、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エネルギー吸収能の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と載荷試験機とをAD-D/A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。本実験の特徴は、地震応答変位を部材への荷重としており、部材の塑性域における反力を地震応答計算に用いていることである。したがって耐震安全性の検討などには最適のシステムであるといえる。

2.1 供試体 供試体は、Fig.2に示すように、15×15cmの正方形断面、全長2mのもので、高強度スパイラル筋による横拘束のピッチが6cm, 3cmの2種類である。コンクリートには、設計強度が800kg/cm²(実験平均値878kg/cm²)の高強度コンクリートを用い、また主鉄筋はφ13, S D 35(平均降伏強度398kg/cm²)を圧縮側、引張側各2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、φ26mmアンボンドPC鋼棒をサーボ型アクチュエーターで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。軸力によるのは、50kg/cm², 100kg/cm²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1.0~2.5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157galであった。

3. 実験結果および考察

3.1 破壊状況 軸力が100kg/cm²の場合、塑性率応答が約4程度をこえると横拘束筋の差

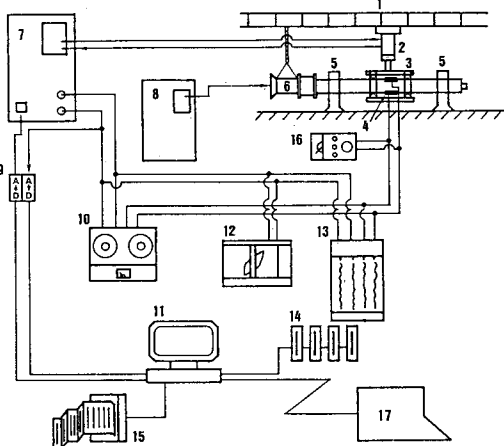


Fig.1 Online Hybrid System

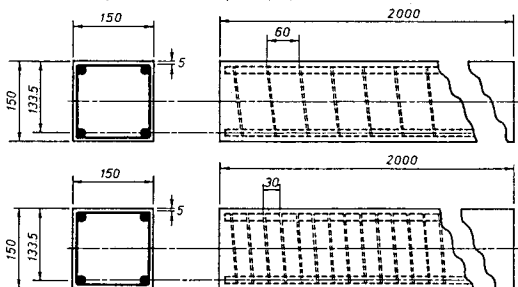


Fig.2 Test Piece

		Pitch 6cm 入力加速度倍率				Pitch 3cm 入力加速度倍率			
		x 1.0 DY61 (N=50) (N=100)	x 1.5 DY62 (N=50) (N=100)	x 2.0 DY63 (N=50) (N=100)	x 2.5 DY64 (N=50) (N=100)	x 1.0 DY31 (N=50) (N=100)	x 1.5 DY32 (N=50) (N=100)	x 2.0 DY33 (N=50) (N=100)	x 2.5 DY34 (N=50) (N=100)
Ductility Factor	N= 50 kgf/cm	1.29	2.36	3.75	4.77	1.33	2.47	3.94	4.89
	N=100 kgf/cm	1.27	3.19	3.64	5.00	1.89	3.23	3.72	5.58
Dynamic Amplification Factor(DF/gal)×10 ⁻²	N= 50 kgf/cm ²	8.17	9.95	11.86	12.08	8.42	10.42	12.46	12.38
	N=100 kgf/cm ²	8.33	13.97	12.01	13.07	10.80	12.31	11.77	14.13
Maximum gal	N= 50 kgf/cm ²	157.9	237.1	316.1	395.0	157.9	237.1	316.1	395.0
	N=100 kgf/cm ²	152.4	228.3	303.1	382.7	162.4	262.4	316.1	395.0
Stiffness Deterioration	N= 50 kgf/cm ²	0.86	0.54	0.57	0.42	0.59	0.52	0.56	0.51
	N=100 kgf/cm ²	0.81	0.64	0.58	0.45	0.90	0.73	0.58	0.49
Accumulated Energy (ton-cm)	N= 50 kgf/cm ²	17.8	71.9	142.7	228.1	15.5	61.7	126.4	225.2
	N=100 kgf/cm ²	22.8	84.4	179.1	283.7	45.2	142.2	213.3	310.2

Table 1

により破壊が異なってきた。すなわちピッチ6cmのものは、内部コンクリート部の圧壊がはじまるが、ピッチ3cmのものは、かぶり部分のみの圧壊であった。軸力が50 kg/cm²の場合では、塑性率応答が約5程度まで外見上違いはみられなかった。実験結果より得られた塑性率応答、動的応答倍率、最大入力加速度、剛性劣化度、累積エネルギー吸収量をTable1に示した。この表中のデータを見ると、ピッチの差による影響は、軸力100kg/cm²の場合の累積エネルギー吸収量にのみ強く表われている。

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、小振幅のくり返し载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ほぼ同形を示している。2点载荷点内部のモーメント-曲率曲線をFig. 4に示す。これとみるとループは、正負それぞれの最大経路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、振幅の影響を取り除き、次式でエネルギー

吸収能劣化度を定義する。 $DE_H = \sqrt{E_H / X_i^2}$ 、ここに E_H は半サイクルのエネルギー吸収量、 X_i 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。これとみると、塑性率応答が3程度までは、各シリーズともほぼ同じ劣化度を示しているが、3以上になると軸力、横拘束筋により変化が現われる。軸力100kg/cm²でピッチ46cm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43cm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50kg/cm²の場合も同様に、ピッチ46cmの劣化は、塑性率応答が4あたりから急であるが、ピッチ43cm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、横拘束筋と密にすることによるじん性改善が明らかである。こうした傾向は3.1において述べた部材の破壊状況と非常によく一致することから、エネルギー吸収能の劣化度は、耐震安全性を検討する上で、非常に有効なパラメータであると言える。

謝辞 本研究を実施する上で御世話になった、阪神高速道路公団工務部設計課長江見晋氏、京都大学工学部土木工学科小林和夫助教授、宮川豊章助手に深謝致します。

リ山田善一、家村浩物、西村一朗；第17回地震工学研究発表会議要旨集、pp.231~234、昭和58年7月

(参考文献) ② Iemura, Kato and Kawatani ; Proceedings of the Sixth Japan Earthquake Engineering Symposium-1982, pp.325~332, 1982.

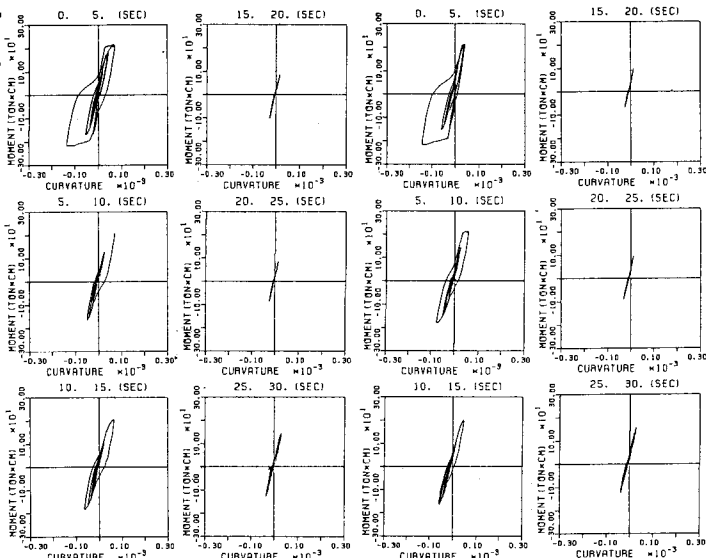
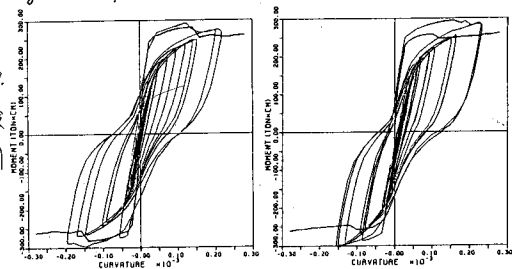


Fig. 3 Hysteresis Loops



Pitch 6cm, N=100kg/cm² (x2.5) Pitch 3cm, N=100kg/cm² (x2.5)

Fig. 4 Moment-Curvature Loop

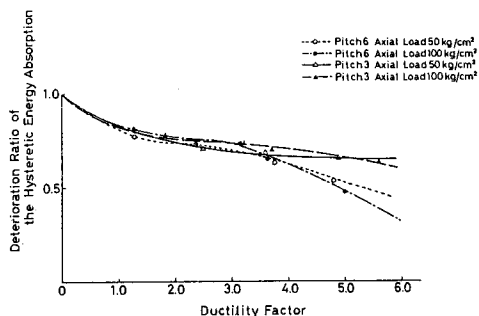


Fig. 5 DE_H -Ductility Factor