

京都大学大学院 学生員 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 家村孝和

大阪府役所 正員 河谷幸生

1. まえがき 著者らは、RC構造部材のハイブリッドオンライン弾塑性地震応答実験を実施し、動的強度の劣化過程や、強震動による破壊規範に関する研究を進めてきている¹⁾。本報告は、一連の曲げ実験により破壊された部材を修復し、処女載荷時と修復後載荷時の地震応答特性を比較することより、修復部材の動的強度の回復率や劣化過程の検討を目的としたものである。

2. 実験概要

2-1 ハイブリッドオンラインシステム アクチュエータにより応答変位 x_i を部材に与え、その際の部材の復元力 $f(x_i)$ をAD変換した後、マイクロコンピュータ内にヒリこみ、運動方程式 $M\ddot{x}_i + C\dot{x}_i + f(x_i) = -M\ddot{x}_i$ をデジタルプログラムで解く。次に算出される応答変位 x_{i+1} をDA変換して再びアクチュエータで部材を変形させるシステムになっている¹⁾。

2-2 RC構造部材と修復方法 実験に用いたRC部材は、複鉄筋長方形断面曲げ部材である。(Fig.1) 損傷を被ったRC部材(Fig.4(a))の修復にあたっては、コンクリートのひび割れ部分より、エポキシ樹脂を低圧で長時間にわたり注入した。圧入の著しい部分に対しては、ケイ砂とエポキシ樹脂の混合物によるPatchingを施した。

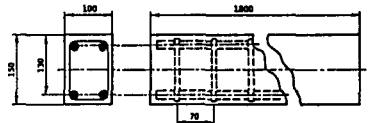


Fig.1 Test Specimen

(Fig.2)

2-3 実験システムと解析構造物モデル

ハイブリッドオンライン地震応答実験にあたっては、スパン長1500mmで単純支持されたRC部材の中央部に所定の強制変位を与えた。(Fig.3(a)) 弾塑性応答解析プログラムの適用にあたっては、実験システムをFig.3(b)のような想定構造物に置換し、(a)の部材を(b)の柱材に対応させている。想定構造物の降伏加速度は90galである。

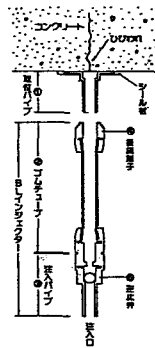
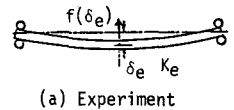
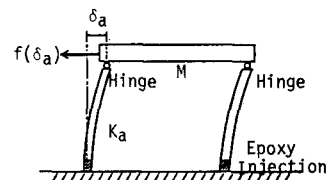


Fig.2 Epoxy Injection



(a) Experiment



(b) Analyzed Model

Fig.3 Relationship between Experiment and Model

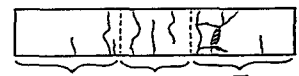
2-4 入力地震動 EL CENTRO (NS, 1940.5.18), ハブ (NS, 1968.5.16), 番の洲高架橋設計用地震波に適切なスケールファクターを用いることにより、最大加速度100gal~300galの入力地震波とする。これにより、弾性挙動からほぼ崩壊に近いところまでの資料が得られ、剛度・エネルギー吸収能の劣化過程を追跡できる。

3. 実験結果と考察

3-1 破壊状況 Fig.4に示すように、修復後載荷の場合は処女載荷の場合に比べて、i)破壊のクリティカルな部分は、領域I, IIの境界部であること。(I:修復部, II:未修復部) ii)大きさの差はあるにせよ、部材全体にひび割れが生じること、がわかった。



(a) Original Test Piece



(b) Repaired Test Piece

Fig.4 Failure after Loading (EL CENTRO 200 gal)

3-2 時刻歴応答および履歴曲線

Fig.5では、修復前後の両供試体の応答位相がほぼ一致していること、修復後の最大復元力が全供試体を通じて増大していることが注目されるが、履

履歴線(Fig.6)をみると、両供試体の応答性状の相似性がきわめて強いことがわかる。Table 1には、両供試体の動的破壊規範である剛度劣化度、累積エネルギー吸収量、最大じん性応答、応答倍率および累積損傷度を示した。なお、同表中()で示した値は弾塑性プログラム(SAKE)による計算結果を示す。

3-3 剛度劣化 両供試体の剛度の劣化過程は、時刻歴応答の位相から推察すると、かなり一致していることがわかる。Table 1においても、両供試体の剛度劣化に大差はない。Fig.7にみられるように、剛度の劣化は、最大D.F.応答 μ_{max} によりほぼ決定されており、地震終了時の剛度劣化度と μ_{max} との相関は、Fig.8に示すようにかなり高い。

3-4 累積エネルギー吸収量 Table 1に示すように、両供試体の累積エ

ネルギー吸収量はほぼ等しいが増大しており、一見吸収能力が修復により回復したといえるが、履歴曲線をみると、修復後のループの方が大きくなっている。エネルギー吸収量を、供試体の損傷度とみなすと、修復部材の損傷は処女載荷部材のそれよりも早く進行するものと考えられる。

3-5 等価減衰係数によるエネルギー消費能力の

劣化判定(Fig.7) 同振幅レベル(μ)での β_{eq} の比較により、エネルギー能力の時間的劣化傾向を的確にとらえることができ、剛度と似かよった劣化傾向を示すことがわかる。

3-6 修復可能性 本実験の結

果によると、圧かきをうけた部材であっても、鉄筋部分に大きな損傷がなければ、十分修復が可能であることがわかった。よって復旧可能性を考慮する設計を行なうならば、経済的なRC断面を採用することもでき、上述の結果はきわめて意義深いものであると考えられる。

なお、実験実施にあたって御協力頂いた京大工学部
の渡辺助教、宮川助手、
中西・四方技官、大学院生
西村氏に感謝の意を表す。
本研究は、文部省科学研究
費の援助を受けて実施され
た。

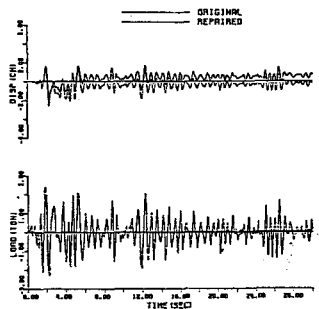


Fig.5 Time History
(EL CENTRO 200 gal)

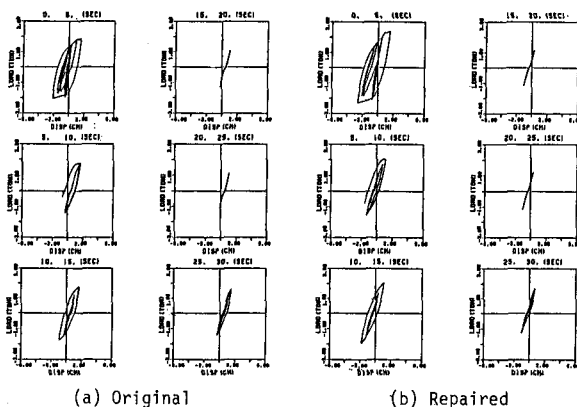


Fig.6 Hysteresis Loop

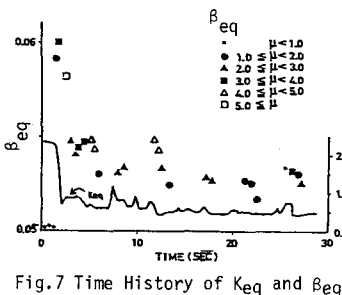


Fig.7 Time History of K_{eq} and B_{eq}

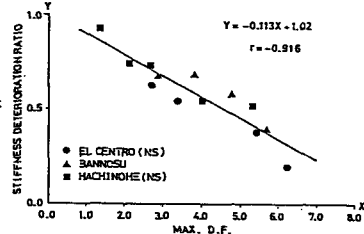


Fig.8 Relation between μ_{max} and K_{eq}

Table 1							
Excitation Intensity		Dynamic Failure Criteria	Stiffness Deterioration	Accumulated Energy (ton-cm)	Maximum Displacement in D.F.	Dynamic Amplification Factor (D.F./gal)x10 ⁻²	Accumulated Damage
EL CENTRO	150 GAL	original	0.72 (0.65)	9.8 (8.8)	1.78 (2.31)	1.19 (1.54)	0.0037 (0.006)
		repaired	0.63	11.3	2.71	1.81	0.0104
	200 GAL	original	0.50 (0.48)	23.2 (18.1)	2.98 (4.03)	1.69 (2.02)	0.0269 (0.039)
		repaired	0.54	24.5	3.34	2.12	0.0428
	250 GAL	original	0.40 (0.40)	41.5 (29.8)	4.69 (5.48)	1.88 (2.19)	0.1154 (0.159)
		repaired	0.38	47.2	5.43	2.17	0.1848
	300 GAL	original	0.22 (0.36)	55.5 (43.9)	7.74 (6.61)	2.58 (2.20)	0.2965 (0.308)
		repaired	0.20	63.2	6.20	2.07	0.5123

1) 山田善一・家村浩和・西村一郎・加藤敏明：RC構造物のオンライン劣化履歴地震応答解析，第16回地震工学研究発表会講演概要，pp 281～284，1981.7