

劣化履歴構造物のオンライン破壊試験と地震応答に関する研究

京都大学工学部 正員 山田 善一
運輸省 正員 〇松本 清次

京都大学工学部 正員 家村 浩和
京都大学大学院 加藤 敏明

1. 概説 構造物が強い地震力を受けると、その力学的特性は載荷履歴により劣化すると考えられる。そしてこの劣化が地震応答に大きな影響を及ぼすことが報告されている。¹⁾ 著者らはこのような劣化を考慮した簡便で実用性のある履歴振動モデルを得ることを目的として、R.C.曲げ部材の調和波入力一定変位制御および段階的変動変位制御繰り返し載荷破壊試験を実施し、累積損傷度をパラメータとして次のような剛度およびエネルギー吸収能の劣化関数を既に得ている。²⁾

$$f_s(D) = 1.0 - 0.5D, \quad f_b(D) = 1.0 - 0.8D^{0.2} \quad (1)$$

ここに、 D は累積損傷度であり、

$$D = \sum_i D_i = \sum_i n_i (\mu_i / 9.37)^{4.072} \quad (2)$$

μ_i ; じん性率振幅

n_i ; 振幅 μ_i での載荷繰り返し回数

今回の報告では、従来の実験と異なる載荷方法に対しても式(1)の劣化関数が適用できるか否かを検討することを目的として、調和波入力一定反力制御試験、ランダム入力変位制御試験およびランダム入力反力制御試験を実施し、異なる載荷形式に対する劣化と破壊のパターンについて追求した。さらに、式(1)で表わされる劣化関数を用いて、劣化履歴構造物の各種地震応答スペクトルを作成し、より最適な動的破壊規範について考察を進めた。

また、現在までほとんど実施されていない、R.C.部材のオンライン破壊試験を並行して実施した。

2. 実験結果 調和波入力一定反力制御試験の結果の一例を図-1に示す。この図より、累積損傷度が約0.5となった時、変位が急激に増大し始め、部材が破壊に至ることが明らかである。このことは他の載荷レベルの場合にも共通している。次に、調和波入力一定反力制御試験、ランダム入力変位制御試験およびランダム入力反力制御試験の履歴復元力特性の包絡線ループから得られた剛度の劣化関数を図-2~4にそれぞれ示す。図-2と図4はおおむね式(1)

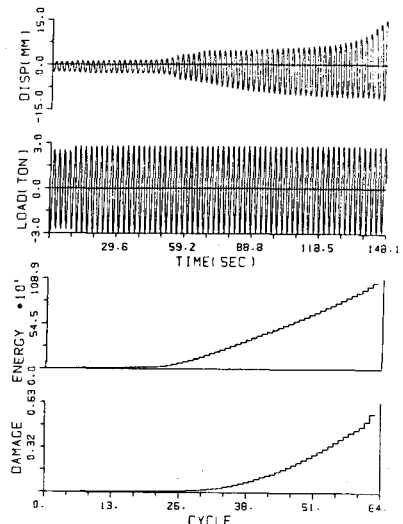


図-1

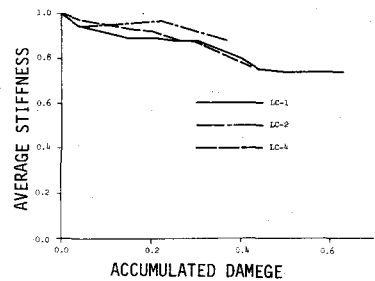


図-2

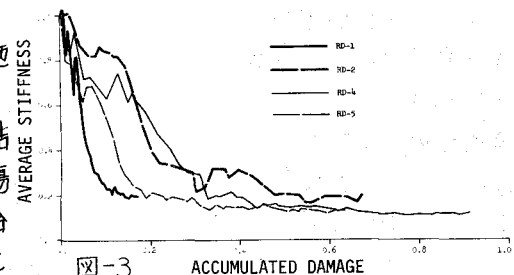


図-3

のことは他の載荷レベルの場合にも共通している。次に、調和波入力一定反力制御試験、ランダム入力変位制御試験およびランダム入力反力制御試験の履歴復元力特性の包絡線ループから得られた剛度の劣化関数を図-2~4にそれぞれ示す。図-2と図4はおおむね式(1)

と一致している。図-3は剛度の劣化が急激であり、これは、入力波の高周波成分の影響によると思われる。以上より、式(1)の劣化関数は、大振幅で狭帯域的振動をする時の劣化を比較的精度よく表現していると言える。

3劣化履歴振動モデルによる応答計算 Iwanの提案した履歴復元力モデルを、劣化を考慮しない場合の基礎として、さらに式(1)の劣化関数を用いて劣化を考慮した地震応答計算を実施した。8種類の地震波についての、平均最大じん性率応答スペクトルを図-5に示す。この図より短周期構造物においては劣化の影響が著しく無視できないことが明らかである。図-6に応答計算の一例を示す。応答の途中で累積損傷度が2.0を越えて剛度が0となり、構造物は完全に破壊している。また、この破壊のパターンは調和波入力一定反力制御試験と似ている。そこで、各種ケースの累積損傷度を表-1にまとめた。これより、累積損傷度が0.5を越えると構造物は一挙に破壊へと至り、生き残る可能性が少なくなることがわかる。したがって、累積損傷度を0.5以下に押さえることが耐震安全性の1つの指標になり得ると考えられる。

4オンライン破壊試験 伯野ら³⁾が提案したオンラインシステムを用いて、R.C.部材の破壊試験を行なった。図-7にその結果を示す。入力地震波はエルセントロN5成分である。

この場合、動特性の劣化とともに、変位のドリフトが破壊の大きな要素になっていると思われる。

参考文献 1)家村、Jemmings;土木学会論文報告集第230号
2)家村ほか;昭和52年度関西支部講演概要
3)伯野ほか;土木学会論文報告集第171号

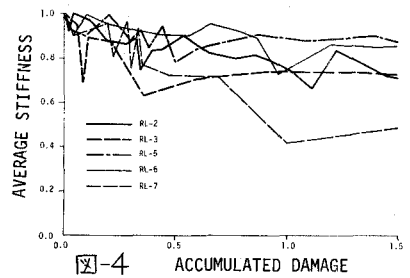


図-4

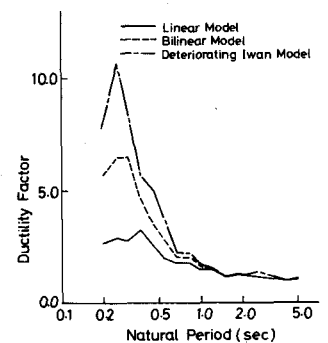


図-5

表-1

Input Acceleration Natural Period To(sec)	E1 Centro (NS)	E1 Centro (EW)	Taft (NS)	Taft (EW)	MLB (NS)	MLB (EW)	JPL (NS)	JPL (EW)
0.547	FAIL	0.342E 0	0.305E 0	0.144E -1	0.594E -3	0.215E -2	0.899E -3	0.217E -1
0.447	0.575E 0	FAIL	FAIL	0.204E 0	0.290E -2	0.415E -1	0.701E -2	0.191E -2
0.366	0.210E -1	FAIL	FAIL	FAIL	0.548E 0	FAIL	0.531E -1	0.230E -1
0.299	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.213E 0	FAIL	FAIL	0.325E 0
0.245	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.465E 0
0.200	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.164E -1	FAIL	FAIL

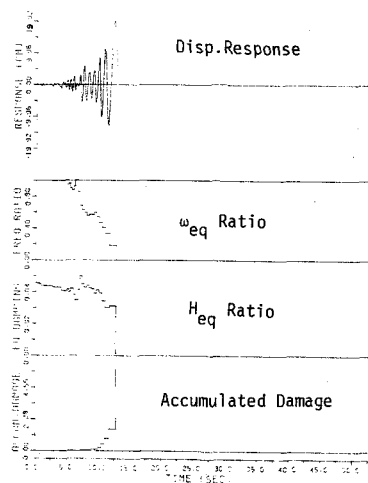


図-6 Excitation: Taft N21E
Natural Period To=0.447(sec)

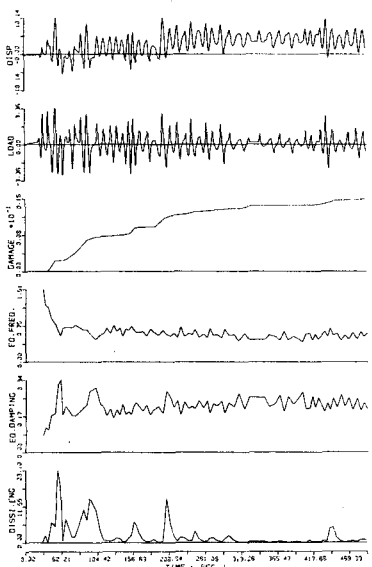


図-7