

論文 RC 造建築物の地震応答解析による被災度と残余耐震性能の関係

鄭 文淑*1・前田 匡樹*2・田才 晃*3・長田 正至*4

要旨: 昨年の研究^[1]で筆者らは、柱の部材実験結果に基づく簡略なモデル化により、部材のひび割れ幅（損傷度）と残余耐震性能（残余エネルギー吸収能力）との関係を定量化し、各部材の残余耐震性能から被災前後の建物の耐震性能を求め、その割合から被災度を評価する方法を提案した。本研究は、1 質点系弾塑性モデルを用い地震応答解析を行い、地震により様々なレベルの被害が生じた RC 造建築物について、被災後の残余耐震性能を評価し、部材実験による残余耐震性能との比較検討を行う。

キーワード: 震災 RC 造建物, 被災度, 損傷, 残余耐震性能, 地震応答解析

1. はじめに

地震被害を受けた鉄筋コンクリート造構造物の余震に対する安全性や、合理的な復旧計画の立案のためには、被災前後の構造物の耐震性能を正確に評価することが重要である。そのため、筆者らはこれまでに、既往の部材実験結果に基づく簡略なモデル化により、部材のひび割れ幅（損傷度）と残余耐震性能（残余エネルギー吸収能力）との関係を定量化し、各部材の残余耐震性能から被災後の建物の耐震性能を求め、被災前の耐震性能との割合から被災度を評価する方法を提案した^[1,2]。被災後の耐震性能は各部材の耐力を損傷度に応じた耐震性能低下係数 η を求め、各部材耐力を η により低減して算定する。ここで、本実験で、変形性能をパラメータとした RC 柱部材の正負繰返し加力を行い、荷重変形関係包絡線に単純化して部材の耐震性能低下係数を求めるとともに、変形性能による影響を調べる。また、実際の構造物は地震により瞬間的な破壊力と継続時間内の繰返し载荷を受けるので、静的载荷試験とは差があると思われる。部材実験で求めた耐震性能低下係数 η がどの程度妥当性があるかを検討するため、1 質点系の弾塑性地震応答解析を行う。実験で得られる

耐震性能低下係数と 1 質点系弾塑性モデルによる地震応答解析で求められる耐震性能低下係数との比較検討を行う。

2. 柱部材実験による残余耐震性能の評価

2.1 実験概要

試験体は、4 階建て鉄筋コンクリート造建物の 1 階中柱を想定したほぼ実大の試験体 3 体である。試験体一覧を表-1 に示す。各試験体は一定軸力下（軸力比 0.2）で静的漸増载荷を行った。各試験体の荷重変形関係を図-1（図中の破線は RC 規準^[3]による曲げ終局強度計算値、鎖線は $0.8Q_{max}$ (Q_{max} : 最大耐力) である。) に、実験結果の一覧を表-2 に示す。ここで、終局塑性率は部材の耐力が最大耐力 Q_{max} の 80% 低下した変形を限界部材角 R_u と定義し求めた。

表-1 試験体一覧

試験体	b×D	L	主筋	P_t	横補強筋	P_w	n_0
F-75	400 × 500	1500	10-D19	0.57	2-12φ@75	0.75	0.2
F-45					2-12φ@125	0.45	
F-19			12-19φ	0.71	2-12φ@300	0.19	

b×D: 幅×せい(mm), L: 内法スパン(mm),
 P_t : 引張鉄筋比(%), P_w : 横補強筋比(%), n_0 : 軸力比

*1 横浜国立大学大学院 工学研究科 計画建設学専攻 (正会員)

*2 東北大学大学院 助教授 工学研究科 都市・建築学専攻 博士(工学) (正会員)

*3 横浜国立大学大学院 助教授 工学研究院 建築学 博士(工学) (正会員)

*4 横浜国立大学大学院 教授 工学研究院 建築学 工学博士 (正会員)

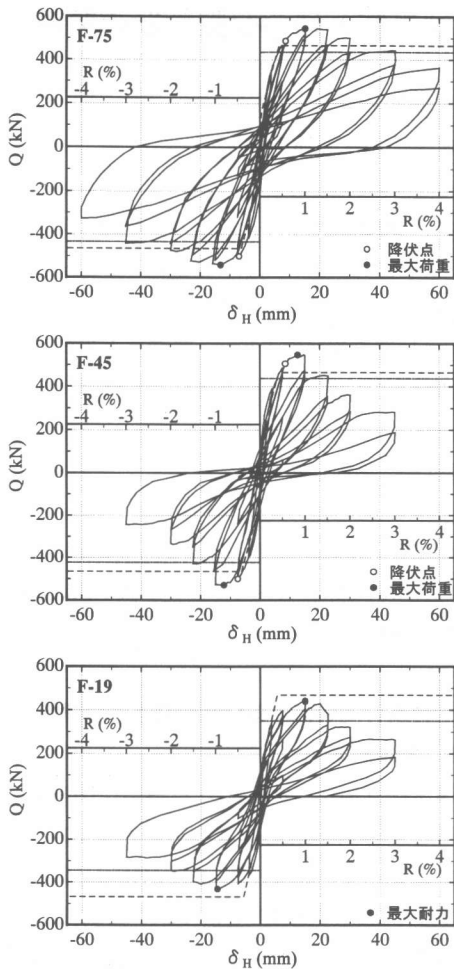


図-1 せん断力と水平変形の関係

表-2 実験結果一覧

名称	正負	Q _y	Q _{max}	R _y	R _{max}	R _u	μ	破壊モード
F-75	正	486	544	0.57	1.01	2.0	3.5	曲げ降伏後 付着破壊
	負	-502	-543	-0.46	-0.88	-3.0	6.5	
F-45	正	505	546	0.57	-0.84	1.5	2.6	曲げ降伏後 付着破壊
	負	-500	-530	-0.50	-0.81	-1.5	3.0	
F-19	正	—	439	—	1.00	1.5	—	曲げ圧縮 破壊
	負	—	-432	—	-0.96	-2.0	—	

Q_y: 降伏荷重(kN), Q_{max}: 最大耐力(kN), R_y: 降伏時部材角(%), R_{max}: 最大耐力時部材角(%), R_u: 限界部材角(%), μ: 塑性率

2.2 耐震性能低下係数 η の定義

筆者らの既往の研究[1, 2]では、図-2のように部材の荷重-変形関係曲線を理想化して、部材が消費したエネルギー E_d と残余エネルギー吸収能力 E_r から、式(1)で耐震性能低下係数 η を評価することを提案している。

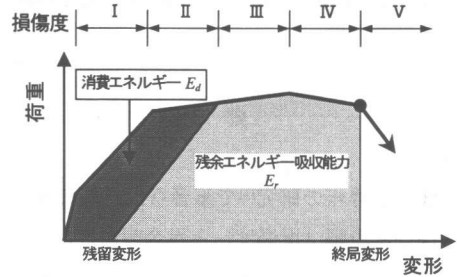


図-2 耐震性能低下係数 η の定義の概念

$$\eta = \frac{E_r}{E_d + E_r} \quad (1)$$

2.3 塑性率と損傷度の関係

式(1)で定義された耐震性能低下係数 η と実験結果から求めた各試験体の塑性率と復旧技術指針^[4]による損傷度(ひび割れ幅による)の関係を表-3に示す。F-75は曲げ降伏先行型で十分な変形能力をもつ試験体で、終局塑性率4~5程度、F-45は終局塑性率3程度の変形能力をもつ試験体である。F-19は、曲げ降伏前にせん断破壊するように設計した試験体で、丸鋼主筋のスタブからの抜け出しが卓越し曲げ圧縮破壊し、主筋降伏には至らなかった。

表-3 試験体の塑性率と損傷度の関係

Cycle	F-75		F-45		F-19	
	η	μ	損傷度	η	μ	損傷度
1/400	0.97	0.44	無被害	0.95	0.47	無被害
1/200	0.93	0.88	I	0.88	0.88	I
1/100	0.73	1.76	II	0.61	1.76	II
1/67	0.52	2.63	III	0.27	2.67	III
1/50	0.27	3.49	IV		3.52	IV
1/30		5.25	IV			

3. 地震応答解析による残余耐震性能の評価

3.1 解析モデル

実際の地震時には構造物に正負繰返し応答変形が生じるが、これを図-2のような片押しの荷重変形関係包絡線に単純化して部材の耐震性能低下係数 η を評価することの妥当性を検証するために、1質点系の弾塑性地震応答解析を行った。

解析対象構造物は図-3に示すような鉄筋コン