

2 層 RC 造架構実験に基づく梁降伏型全体崩壊形建物の残存耐震性能評価
その 3 多層架構への全架構残存耐震性能評価手法の適用性検討

RC 造架構 残存耐震性能評価 全架構残存耐震性能
梁損傷 2 層 F 型試験体 エネルギー寄与係数

正会員 ○権 淳日*¹ 同 崔 琥*²
同 松川 和人*² 同 中埜 良昭*³

1. はじめに

本報 (その 3) では前報 (その 2) で報告した F1 試験体、F2 試験体および FW 試験体の静的加力実験結果を用い、全架構残存耐震性能評価手法^[1]の多層架構への適用性について検討を行う。

2. 全架構残存耐震性能評価手法

2.1 概要

筆者らが行った既往の研究^[1]では、梁降伏型 RC 造架構を対象として、架構全体のエネルギー吸収能力に基づき残存耐震性能を表す全架構耐震性能残存率 Slm の理論解を提案している。また、被災現場への適用を考え、目視可能な部材の損傷から架構全体の Slm を推定する手法 (以下、曲げ耐力法) を提案している。

2.2 Slm の理論解

架構の水平耐力が最大水平耐力の 80%に低下した時を架構の安全限界と定め、架構を安全限界に至らしめる外力の大小で耐震安全性が定量的に表されるものとする、仮想仕事の原理から架構のエネルギー吸収量の大小に基づき耐震安全性が評価される。ただし、架構のエネルギー吸収量は架構の規模に応じて絶対量が異なるため、式(1)のようにある時点まで架構が消費したエネルギーの総和 ($\sum E_{d,i}$) を架構が安全限界までに吸収可能なエネルギー総和 ($\sum E_{u,i}$) で基準化し、全架構の残存耐震性能を表す Slm と定義する。

2.3 Slm の簡略評価手法 (曲げ耐力法) の提案

式(1)に対して、架構を形成する構造部材ごとのエネルギー消費量および吸収能力を、ある部材 c (例えば、最初に降伏ヒンジが形成する部材)のエネルギー吸収能力 $E_{u,c}$ で基準化すると、式(2)が得られる。式(2)において、部材の損傷度 (I ~ V)を示す D 以外の変数 (α および η) の定義は以下のとおりである。

(1) 部材 i のエネルギー寄与係数 α_i

部材 i のエネルギー寄与係数 α_i は、基準部材 c (上記式(2)を求める際、基準とした部材) が架構の安全限界時までに吸収したエネルギー量 ($E_{u,c}$) に対する部材 i のエネルギー吸収量 ($E_{u,i}$) の比として定義する (式(3))。しかし、被災現場において部材のエネルギー吸収量を把握することは困難なため、これに代えて部材の曲げ終局モーメントの比より α を算定することを試み、1 層建物を対象に別途検討を行ったところ、両者が概ね一致することを確認している^[1]。

本稿では、更に多層架構を対象に、上記同様曲げ終局モーメントを用いた α の評価手法の妥当性を検証する。ここで、1 層柱を基準部材として、そのエネルギー吸収量 ($E_{u,c}$) および曲げ終局モーメント ($M_{u,c}$) それぞれに対する 2 層

$$Slm = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n E_{d,i}}{\sum_{i=1}^n E_{u,i}} \right) \times 100 (\%) \tag{1}$$

$$Slm = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \times \sum_{D=1}^V \eta_{i,D}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \times 100 (\%) \tag{2}$$

$$\alpha_i = E_{u,i} / E_{u,c} \tag{3}$$

表 1 部材のエネルギー寄与係数 α

試験体名	2 層梁		3 層梁	
	$E_{u,b2} / E_{u,c1}$	$M_{u,b2} / M_{u,c1}$	$E_{u,b3} / E_{u,c1}$	$M_{u,b3} / M_{u,c1}$
F1 試験体	0.66	0.70	0.62	0.70
F2 試験体	0.93	1.02	0.51	0.56
FW 試験体	0.67	0.70	0.61	0.70

表 2 部材の損傷度区分の定義と耐震性能低減係数 η ^{[1],[2]}

曲げ柱 ^[2]			曲げ梁 ^[1]		
損傷度	最大残留ひび割れ幅 (mm)	η_c	η_b	最大残留ひび割れ幅 (mm)	損傷度
I	0.2 未満	0.95	0.99	0.2 程度	I
II	0.2 ~ 1.0 程度	0.75	0.9	0.2 ~ 1.0 程度	II
III	1.0 ~ 2.0 程度	0.5	0.7	1.0 ~ 2.0	III
IV	2.0 以上	0.1	0.3	2.0 超 ~ 4.0	IV
V	—	0	0	4.0 超	V

梁および 3 層梁のエネルギー吸収量 ($E_{u,b2}$ および $E_{u,b3}$) および曲げ終局モーメント ($M_{u,b2}$ および $M_{u,b3}$) の比から求めた α を表 1 に示す。表 1 より、いずれも曲げ終局モーメントの比から求めた α がエネルギー吸収量の比から求めた α を近似しており、多層架構においても本手法を適用することが可能である。曲げ終局モーメントから α を評価できることで、より簡便に Slm を求めることができる。

(2) 部材の損傷度区分および耐震性能低減係数 η

部材の損傷度および耐震性能低減係数 η については、地震被災現場での作業効率を考え、破壊形式に応じた部材種別 (例えば、曲げ柱、せん断柱、曲げ梁等) ごとに求めることとする。まず柱については文献[2]において、力学性状の変化に基づき損傷度を定義したうえ、損傷度と最大残留ひび割れ幅の関係および損傷度に応じた η_c を定義している。同様の手法により、実験結果^[3]を用い梁について η_b を算定した結果^[1]を表 2 に併記する。

3. Slm の多層架構への適用性

3.1 Slm と特徴区間の関係

式(1)に基づき各試験体の Slm を算定し、 Slm 指標により被災度を区分することを目的に、まず特徴区間 (同題その 2 の図 4 参照) との関係を図 1 に、また、これらの結果を表 3 に示す。F1 試験体、F2 試験体および FW 試験体において、A 区間と B 区間および B 区間と C 区間を区分する Slm の関

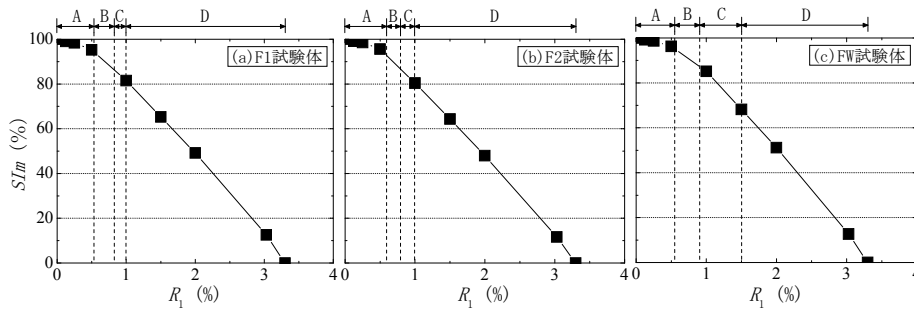


図1 全架構耐震性能残存率 S_{Im}

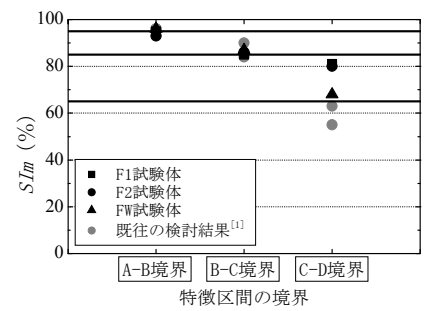


図2 S_{Im} 閾値の比較

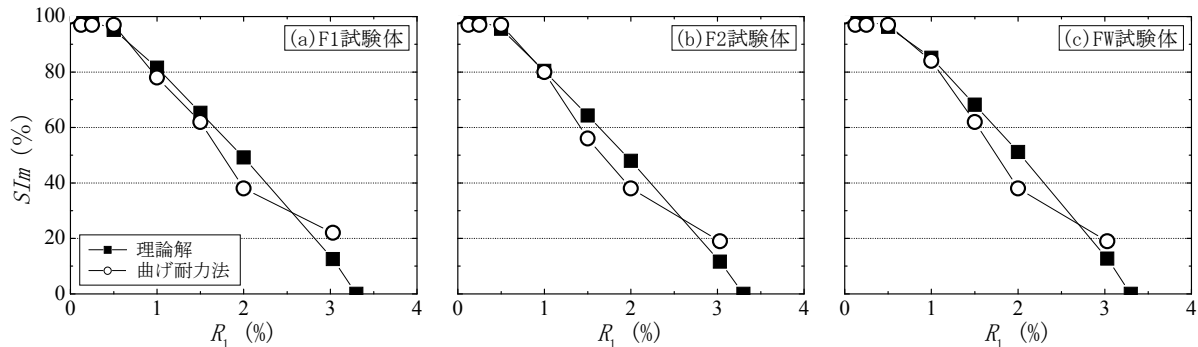


図3 理論解と曲げ耐力法による S_{Im} の比較

値がほぼ同じ値を示している。しかし、各試験体における安全限界時（架構の水平耐力が最大耐力の80%に低下する時）の R_1 はほぼ同じであるが、FW 試験体は、F1 試験体と F2 試験体に比べより大きい R_1 で最大耐力となり、D 区間の領域が減少したため（同題その2の図3参照）、C 区間と D 区間を区分する S_{Im} の閾値が FW 試験体でより小さい値となった。一方、図2に併記した既往の検討結果（●）^[1] と比べ、本試験体における C 区間と D 区間を区分する S_{Im} の閾値（■●▲）は大きい、これは D 区間の領域が既往の検討対象試験体とほぼ同じであるものの（ $(E_u - E_d)$ がほぼ等しい）、本試験体の安全限界時までの変形能力が小さい（結果的に E_u が小さい）ため、より大きい S_{Im} が算出されている。

また、耐震性能低減係数 η は実用的には損傷度に対して下限値から定められているため^{[1],[2]}、これを用いた曲げ耐力法による S_{Im} の値はより保守的に評価されていると考えられる。そこで、特徴区間を区分する S_{Im} の閾値については図2に示したプロットの平均値から、A 区間と B 区間、B 区間と C 区間および C 区間と D 区間を区分する S_{Im} の閾値をそれぞれ 95%、85% および 65% と定める。これにより、ここで提案する曲げ耐力法を被災現場で適用する際の閾値として利用でき、被災現場で架構の被災度を把握することが容易となる。

3.2 理論解と曲げ耐力法による S_{Im} の比較

本実験結果を用いて、理論解と曲げ耐力法により算定した S_{Im} を図3に示して比較する。図3より、いずれの試験体においても両者は概ね一致しており、曲げ耐力法を多層架構の残存耐震性能評価へ適用可能であると考えられる。

表3 架構の特徴区間を区分する S_{Im} の閾値

試験体名	特徴区間の区分		
	A-B 区間閾値	B-C 区間閾値	C-D 区間閾値
F1 試験体	95%	85%	81%
F2 試験体	93%	86%	80%
FW 試験体	96%	87%	68%

4. まとめ

本報（その3）では、RC 造2層 F 型架構の静的加力実験結果を用い全架構残存耐震性能評価手法の多層架構への適用性について検討を行った結果、以下の知見を得た。

- ① 多層架構においても、部材の曲げ終局モーメントの比より求められる α とエネルギー吸収量の比より求められる α が概ね一致することを確認し、本提案である曲げ耐力法による S_{Im} の評価に適用可能であることを示した。
- ② 被災現場で架構の被災度を把握することが容易となるよう各試験体の S_{Im} の理論解を算出し、特徴区間を区分する S_{Im} の閾値を提案した。

- ③ 曲げ耐力法による S_{Im} の算定結果は理論解に実験データを適用した結果と概ね一致しており、本提案手法が多層架構へも適用可能であることを示唆した。

今後は、多層架構の解析検討に基づき全架構残存耐震性能評価手法の妥当性に関する更なる検証を行う予定である。

【参考文献】

- [1] 権淳日、高橋典之、崔琥、中埜良昭：梁降伏型 RC 造架構のエネルギー吸収能力に基づく全架構残存耐震性能評価、日本建築学会構造系論文集、Vol.78, No.693, pp.1931-1938, 2013.11 [2] 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、2001.9 [3] 東京大学生産技術研究所ほか：耐震診断法の高度化に関する検討報告書、2011.3

*1 東京大学 工学系研究科 大学院生
 *2 東京大学 生産技術研究所 助教・博士(工学)
 *3 東京大学 生産技術研究所 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo.
 Research Associate, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Ph.D.
 Professor, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.