

連層耐震壁を有するRC造建物の残存耐震性能評価法に関する研究

その2 部材の変形性能を考慮した残存耐震性能評価法の提案とRC造4層建物縮小試験体への適用

残存耐震性能評価	連層耐震壁付きラーメン架構	正会員	○藤田 起章*	同	田畑 佑*
内力仕事	部材寄与度	同	三浦 耕太**	同	Hamood Alwashali***
		同	前田 匡樹****		

1. はじめに

その2では、曲げ破壊先行型連層耐震壁を有する建物の残存耐震性能を評価することを目的とする。そこで、その1に示した現行略算法¹⁾に対し、新たに部材寄与係数 β を用いた略算法を提案する。そして、その1で示した試験体の解析結果に適用し、現行略算法と提案略算法の妥当性を検証する。

2. 残存耐震性能の略算評価法の提案

提案する略算法の概念を図1及び表1に示す。略算評価法のおおまかな流れとしてまず架構の支配破壊モードを判定し、破壊モードに応じてそれぞれRの略算評価を行う。

支配破壊モードの判定は、各破壊モードの安全限界状態における保有耐震性能指標で評価し、各破壊点における保有耐震性能指標が大きい方を支配破壊モードとする。

耐震壁、柱梁部材の変形能力の違いを考慮するための破壊モード部材寄与係数 β_W 、 β_C 、 β_G を新たに定義し、連層耐震壁付きラーメン架構に対するRの略算式1を式(1)のように提案する。ここで、添え字のC、G、Wはそれぞれ柱、梁、壁を表す。

$$R = \frac{\Sigma(\beta_C M_{uc} \eta_C) + \Sigma(\beta_G M_{uG} \eta_G) + \Sigma(\beta_W M_{uW} \eta_W)}{\Sigma(\beta_C M_{uc}) + \Sigma(\beta_G M_{uG}) + \Sigma(\beta_W M_{uW})} \quad (1)$$

β の概念を図2に示す。耐震壁破壊が支配的な場合、壁部材破壊点における耐力の寄与係数は、耐震診断基準⁷⁾の考え方「壁の終局変形時における柱の強度寄与係数は0.7にしてよい」を参考にして耐震壁部材が最大耐力になる時、柱梁部材は最大耐力の0.7倍程度であると仮定し、 $\beta_W = 1$ 、 $\beta_C = \beta_G = 0.7$ とする。柱梁破壊が支配的な場合、変形能力の寄与度に部材の終局変形角 θ_u を用い、 $\beta_W = \theta_{uw}$ 、 $\beta_C = \theta_{uc}$ 、 $\beta_G = \theta_{uG}$ とする。

部材寄与係数 β 自身による影響を評価する提案略算法1に加え、部材寄与係数 β と損傷後の部材の残存性能を耐震性能低減係数 η_w で低減する提案略算法2を式(2)で定める。

$$R = \frac{\Sigma(\beta_C M_{uc} \eta_{WC}) + \Sigma(\beta_G M_{uG} \eta_{WG}) + \Sigma(\beta_W M_{uW} \eta_{WW})}{\Sigma(\beta_C M_{uc}) + \Sigma(\beta_G M_{uG}) + \Sigma(\beta_W M_{uW})} \quad (2)$$

現行基準の耐震性能低減係数 η に代わる低減係数としてHAOら⁸⁾は部材の耐力・変形能力・減衰($M_u \cdot \theta_u \cdot h$)により推定できる履歴吸収エネルギー W_i に基づき、部材の耐震性能低減係数 η_w を W_i の残存率と定義し、表2の耐力・変形能力・減衰の残存率 η_b 、 η_d 、 η_h の積を η_w とした。

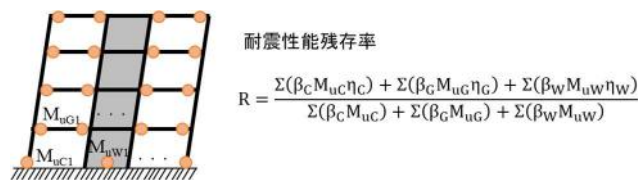
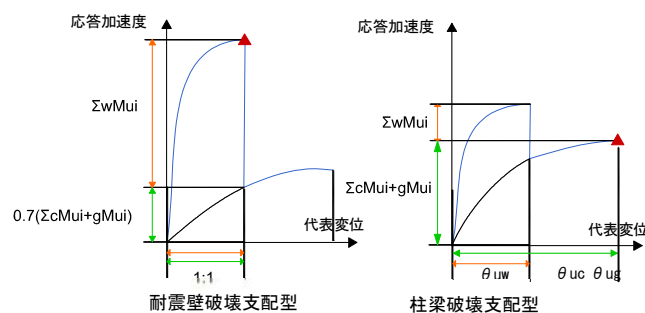


図1 提案略算法の概念

表1 各略算法の特徴

	現行略算法	提案略算法1	提案略算法2
部材寄与係数 β	× ($\beta=1$)	○	○
耐力・変形・減衰を考慮した耐震性能低減係数 η_w	×	× (現行基準の η)	○

図2 部材寄与係数 β の概念表2 耐震性能低減係数 η 、 η_w

損傷度	現行基準	既往の研究			
	耐震性能低減係数	耐力残存率	変形能力残存率	減衰残存率	耐震性能低減係数
I	η	η_b	η_d	η_h	$\eta_w (= \eta_b \times \eta_d \times \eta_h)$
II	0.95	1	1	0.95	0.95
III	0.75	1	0.95	0.8	0.76
IV	0.5	1	0.85	0.75	0.64
V	0.2	0.6	0.75	0.7	0.32
	0	0	0	0	0

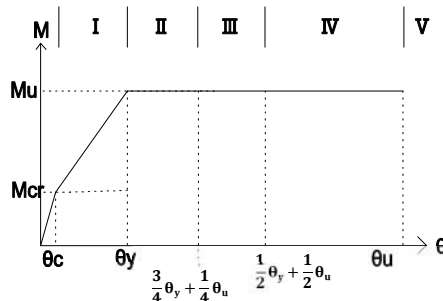


図3 損傷度と変形角の関係

3. 略算評価法の妥当性検証

部材の損傷度を、各部材の変形角から図3のように定め、その1の解析結果の各ステップに各略算法を適用した(図4)。支配破壊モードは、図4における各破壊モードの安全限界点の保有耐震性能指標の値から決め、X方向は耐震壁破壊支配型、Y方向は柱梁破壊支配型となった。

次に、HAOら⁸⁾の研究で用いられる精算法を適用する。対象架構において耐震壁部材が最初に損傷度II、III、IVに達するステップ(以下、損傷状態WII、WIII、WIV)と、柱梁部材が最初に損傷度II、III、IVに達するステップ(以下、損傷状態FII、FIII、FIV)の耐震性能残存率を算出した。なお、X方向は耐震壁破壊が支配的なため精算法の適用は耐震壁の損傷度に着目した損傷状態WII、WIII、WIVのみ行った。各損傷状態における部材の損傷度を図5に示す。

各評価法による耐震性能残存率の算定結果をまとめたものを図6に示す。精算結果と現行略算法による推定結果を比較すると、現行略算法は精算値を安全側に推定できている。しかし、Y方向の損傷状態FIVにおいて、精算結果では中破と判定されるが、現行略算法では大破と判定されるなど、精算結果を過小評価した。次に、精算結果と提案略算法1による結果を比較すると、壁破壊支配型のX方向において、提案略算法1のRは現行略算法のRと大きく変わることはなかった。一方、柱梁破壊支配型と判定されたY方向は耐震壁部材と柱梁部材の寄与係数 β に大きく差が生じ(図7)、柱梁部材の寄与度が相対的に大きくなるため、Rの推定精度が向上している。最後に、精算結果と提案略算法2による結果を比較すると、破壊モードによる部材寄与度 β と履歴吸収エネルギーの低減を考慮する η_w の両方を略算法に用いることで、X、Y両方向で耐震性能残存率Rの推定精度が向上するという結果になった。

4. まとめ

曲げ破壊型連層耐震壁付きRCラーメン架構に対する残存耐震性能評価を高い精度で簡略化するために、破壊モードごとの部材の寄与度を考慮した略算法1、加えて履歴吸収エネルギーに基づいて耐震性能を低減する略算法2を提案した。また、解析モデルを対象に、既往の精算法との比較により、現行略算法および提案略算法1、2の耐震性能残存率評価の妥当性を検証した。現行略算法では耐震性能残存率を過小評価するが、提案略算法1は破壊モードによる変形能力の違いを考慮し、部材の寄与度を決定できるため、精算結果をより高い精度で推定することができた。さらに、履歴吸収エネルギーも考慮して耐震性能を低減する提案略算法2は、耐震性能残存率の推定精度がさらに上がる結果となった。

参考文献はまとめてその3に示す。

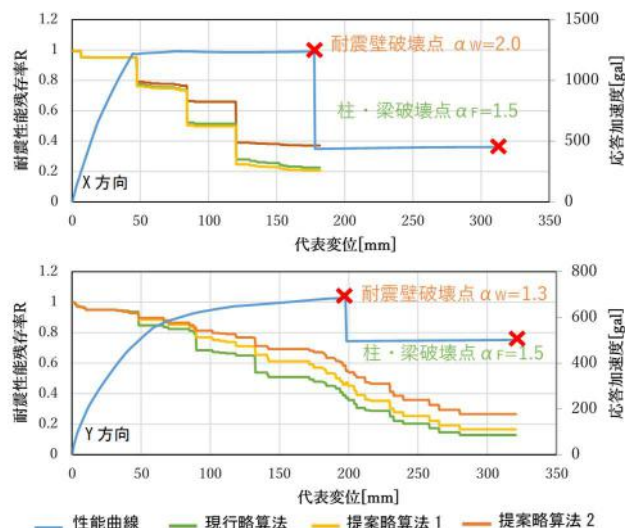


図4 略算法による耐震性能残存率

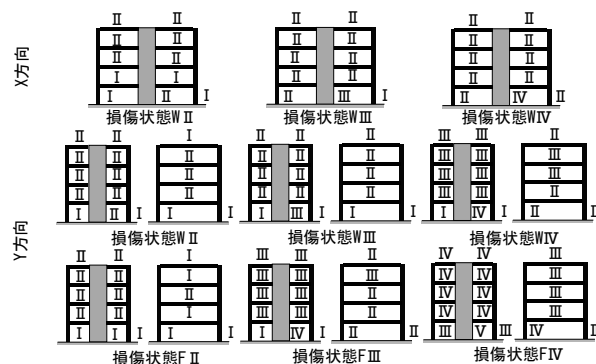


図5 各部材の損傷度

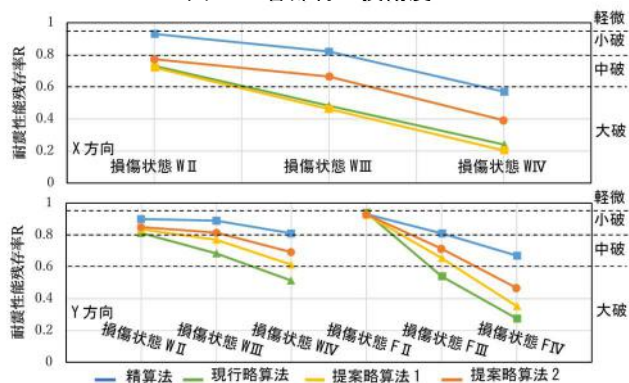


図6 各評価法による耐震性能残存率

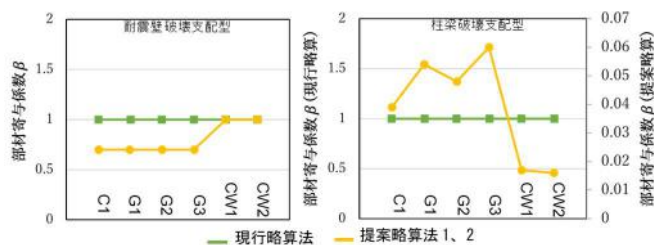


図7 部材ごとの部材寄与度 β

* 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期
 ** 大林組
 *** 東北大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)
 **** 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

* Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
 ** Obayashi Corporation
 *** Assistant Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.
 **** Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.