

損傷部材の選択補修によるRC建物の構造性能回復と各部材の影響の評価  
その2 補修建物モデルの性能評価法の概要

正会員 ○秋谷 理穂\*1 同 永井智基\*1  
参川 朗\*2 三浦 耕太\*3  
Alex Shegay\*4 前田 匡樹\*1  
関 松太郎\*5

耐震性能評価 RC造建物 保有耐震性能指標  
選択補修 部材の影響度 仮想仕事法

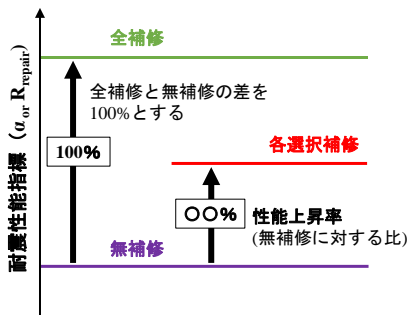
1. はじめに

その2では、構造性能の回復に効果のある部材だけを選択して補修した(以下、選択補修した)建物の性能評価手法の概要を示す。

2. 評価法の概要

2.1. 比較方針

選択補修時の構造性能については剛性や耐力等、比較項目が複数考えられるが、本研究では建物全体の性能を総合的に評価する指標を用いて検討を行う。評価指標は2種提案し、文献1)に基づく保有耐震性能指標による比較(以下、精算法)と、文献2)を参考に部材が吸収するエネルギーと補修箇所を組み合わせた耐震性能残存率による比較(以下、略算法)によって算出し、それらを比較する。なお、本検討においては、図1に示す性能上昇率で比較を行う。性能上昇率は、選択補修時の無補修時(全部材を補修しない場合)に対する性能上昇量を、全補修時(すべて補修する場合)の性能上昇量で基準化したものである。



2.2. 保有耐震性能指標αを用いた精算法

図2に示すように、精算法では各選択補修モデルについて使用限界、損傷限界I、損傷限界II、安全限界の4限界状態別に保有耐震性能指標 $\alpha$ を算出し建物の性能評価を行った。

限界地震動を建物の応答が4つの限界状態に達するときの地震動、基準地震動を表層地盤(第二種地盤とする)による増幅特性を考慮した再現期間数百年の地震動(建

築基準法施行令82条, 地域係数 $Z=1.0$ )とする。本検討では図3に示す通り、基準地震動の大きさを各限界状態の減衰定数を用いて低減した値で限界地震動の大きさを除することで指標の算出を行った。

建物全体の等価粘性減衰定数 $h$ は、(1)式で算出し、本検討では損傷や補修による低減(履歴減衰の変化)は考慮しないこととした。ただし、降伏点剛性の変化に起因する塑性率 $\mu$ の変化によるエネルギー吸収量(減衰)の増減は、間接的に考慮されることとなる。

$$h = 0.05 + 0.25(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}}) \quad (1)$$

$\mu$  : 塑性率

2.2. エネルギー吸収能力に基づく略算法

略算法では耐震性能残存率 $R$ の考え方に基づいて選択補修した建物の性能評価を行う。図4に示すように、 $M$ (: 曲げモーメント)と $\theta$ (: 部材の回転角)の積を新設部材の内力仕事量と考える。式(2)に示すようにこの値に性能低減係数 $\eta$ を乗じた値を損傷部材の、性能回復係数 $\phi$ を乗じた値を補修部材の内力仕事量とし新設時の全内力仕事

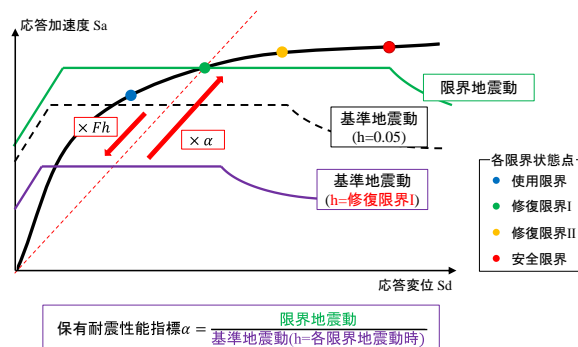


図2 保有耐震性能指標の算定方針

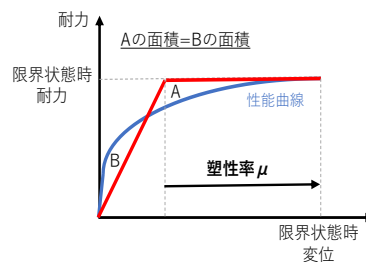


図3 塑性率算出方法

Evaluation of Structural Performance Recovery and Contribution of Individual Component with Selective Repair Concept for RC Buildings  
Part2: Outline of seismic performance evaluation method for a repaired building

AKIYA Riho, NAGAI Tomoki, MIKAWA Akira, MIURA Kota, Alex SHEGAY, MAEDA Masaki, SEKI Matsutaro

量に対する選択補修時の全内力仕事を補修後耐震性能残存率 $R_{repair}$ と定め、この値を用いて選択補修時の建物性能の評価を行う。

$$補修後耐震性能残存率 R_{repair} = \frac{\sum \eta M \theta + \sum \phi M \theta}{\sum M \theta} \quad (2)$$

また、本検討で $R_{repair}$ の算出に使用する $M$ 、 $\theta$ は新設試験体の各限界状態における増分解析結果を利用している。性能低減係数 $\eta$ と耐力回復係数 $\phi$ は、各限界状態別に表1に示す値を利用する。

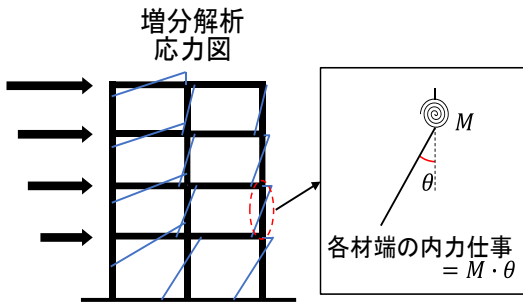


図4 内力仕事の概念

表1 限界状態—低減係数対応表

限界状態	使用	修復 I	修復 II	安全
適用する	初期剛性	降伏剛性	降伏剛性	耐力
$\phi, \eta$	$\phi_{si}$ or $\eta_{si}$	$\phi_{sy}$ or $\eta_{sy}$	$\phi_{sv}$ or $\eta_{sv}$	$\phi_a$ or $\eta_a$

### 3. 検討対象とするモデルの概要

本検討では、弾塑性解析ソフト SNAPver8 を用い、図6に示す2020年度に実施した縮小4層RC振動台実験を対象とした連層耐震壁モデルと図7に示す5層純ラーメンモデルの2つのモデルを検討対象とする。それぞれのモデルについて、前述の精算法と略算法の2つの方法により選択補修時の性能上昇率を算出し、算出方法の違いやフ

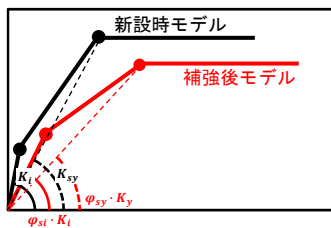


図5 部材性能低減イメージ

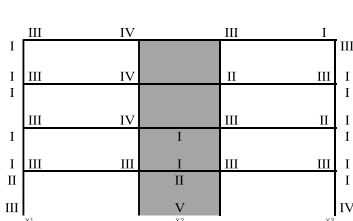


図6 4層連層耐震壁モデル

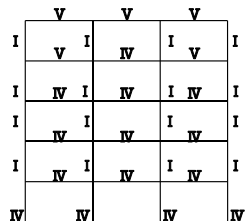


図7 5層純ラーメンモデル

レーム構造の違いが与える影響を考察する。

なお、部材性能低減方法は図5に示す。

また、本検討では選択補修を考えるにあたり、階別（1階のみ、2階のみ、3階のみ、4階のみ）の補修と部材種別（柱のみ、壁のみ、梁のみ）の補修方法について検討を行う。

### 4. 限界状態の算定方法

4層連層耐震壁モデルの各限界状態は、新設振動台実験のフレームモデルの荷重増分解析結果を等価1質点系に縮約した応答加速度 $S_a$ -代表変位 $S_d$ 曲線上で、使用限界は最初の部材が降伏するステップの変位、安全限界状態は、振動実験で連層耐震壁が曲げ破壊した加振の最大応答変形とし、修復限界IIは、これらの中間点、修復限界Iは、使用限界と修復限界IIの中間点とした。（図8）また、5層純ラーメンモデルについては文献1）よりフレーム構造の限界層間変形角の標準値を利用した。（表2）

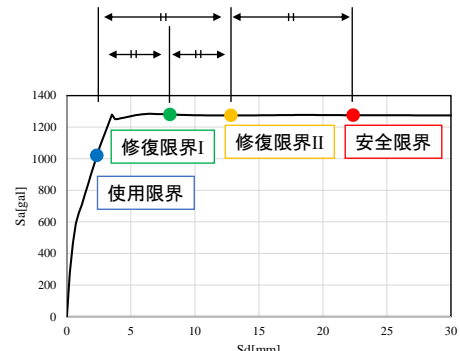


図8 4層振動台実験限界状態

表2 限界状態時層間変形角

限界状態	層間変形角
使用限界	1/150
修復限界 I	1/100
修復限界 II	1/75
安全限界	1/50

### 5. まとめ

選択補修時の建物性能を評価する手法として、保有耐震性能指標 $\alpha$ を用いる精算法とエネルギー吸収能力の考え方に基づく略算法を提案した。

また、2つの解析モデルについて、限界状態の設定方法を提示した。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）、2004.7
- 2) 藤田起章ほか：連層耐震壁を有するRC造ラーメン架構の残存耐震性能評価法と縮小試験体の振動台実験による検証日本建築学会構造系論文集、第86巻、第785号、pp1084-1094、2021.7

※謝辞はその1にまとめて示します

\*1 東北大学 \*2 鹿島建設（元東北大学） \*3 大林組 \*4 東京工業大学 \*5 建築研究所  
 \*1 Tohoku Univ. \*2 Kajima Corporation (Former student of Tohoku Univ.)  
 \*3 Obayashi Corporation \*4 Tokyo Institute of Technology  
 \*5 Building Research Institute