

3. RM ユニットを用いた増設耐震壁補強工法の開発 — その6 柱に取り付く開口を持つ増設耐震壁 —

Development of RM Retrofit Shear Wall - Part 6 Retrofit Shear Wall with Opening in Contact with Column -

森 浩二^{*1} 老藤 慎也^{*1}

要 旨

既開発の RM 耐震補強工法の適用範囲拡大のため、柱に取り付く開口を持つ場合の構造性能を確認する実験を行った。試験体は RC 柱梁架構に RM 増設壁補強を行ったもの、柱付き開口を持つ両側柱付き RC 耐力壁に RM 増打ち壁補強を行ったものの2体で、いずれも開口の大きさは等価開口周比 0.4 程度とし、柱梁と RM 壁との接合部の荷重伝達要素としてあと施工アンカーを配置した。柱軸力比 0.15 の一定軸力下で正負交番載荷実験の結果、両試験体の最大耐力は終局せん断強度の計算値を上回っており、既存の評価式が安全側の評価を与えていることを確認した。また、増設壁試験体の限界部材角 R_{80} は 9.0/1000、増打ち壁試験体の限界部材角は 15.6/1000 と、RC 耐震改修指針で RC 増設壁などに期待される靱性指標に対して十分な変形性能を有していることを確認した。

キーワード：RM 耐震補強工法／RM ユニット／増設壁／増打ち壁／あと施工アンカー

1. はじめに

筆者らはこれまで、RM ユニット（図-1）を用いて増設耐震壁を構築する工法として、RM 耐震補強工法を開発してきた¹⁾²⁾³⁾。RM 耐震補強工法は、鉄筋コンクリート(RC)増設耐震壁による耐震補強工法と比べて、施工性が良く、工期が短縮できるなどのメリットがある。しかし、壁の開口が柱に接するようなケースでは、その挙動が実験的に確認されていないため適用範囲外として取り扱ってきた。

本報では、壁の片側に廊下などのための開口が必要なケースを想定し、柱に取り付く開口を持つ RM 増設耐震壁、および RM 増打ち補強壁について、その耐震補強性能を確認するための実験結果について報告する。

は、RC 柱梁架構に RM 増設壁補強を行ったもの(RM-W)、RC 両側柱付き耐震壁に RM 増打ち壁補強を行ったもの(RM-T)の計2体である。いずれも1層1スパンの耐力壁試験体で、片側廊下のための開口を想定しており、試験体 RM-W の増設壁部、RM-T の既存壁、増打ち壁部はともにスタブと柱に取り付く開口を設け、その等価開口周比は 0.4 程度としている。

表-1 試験体一覧

名称	補強形式	補強前	既存壁厚 (mm)	補強壁厚 (mm)
RM-W	増設壁	RC 柱梁架構	—	100
RM-T	増打ち壁	RC 耐力壁	60	100

2. 実験概要

2.1 試験体形状

図-2 に試験体の形状を、表-1 に諸元を示す。試験体

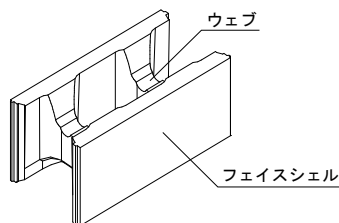


図-1 RM ユニット

(b) 柱・梁諸元

名称	断面	主筋	せん断補強筋	補強壁厚 (mm)
柱	250 ×250	12-D13	D6 @100	100
梁	250 ×400	8-D19	D13 @100	100

(c) 壁諸元

名称	高さ ×幅(mm)	開口 (mm)	縦筋	横筋
既存壁	900 ×1440	400 ×600	D6 @150	D6 @150
増設壁			D10 @200	D6 @100
増打ち壁			D10 @200	D6 @100

*1 技術研究所建築構造研究グループ

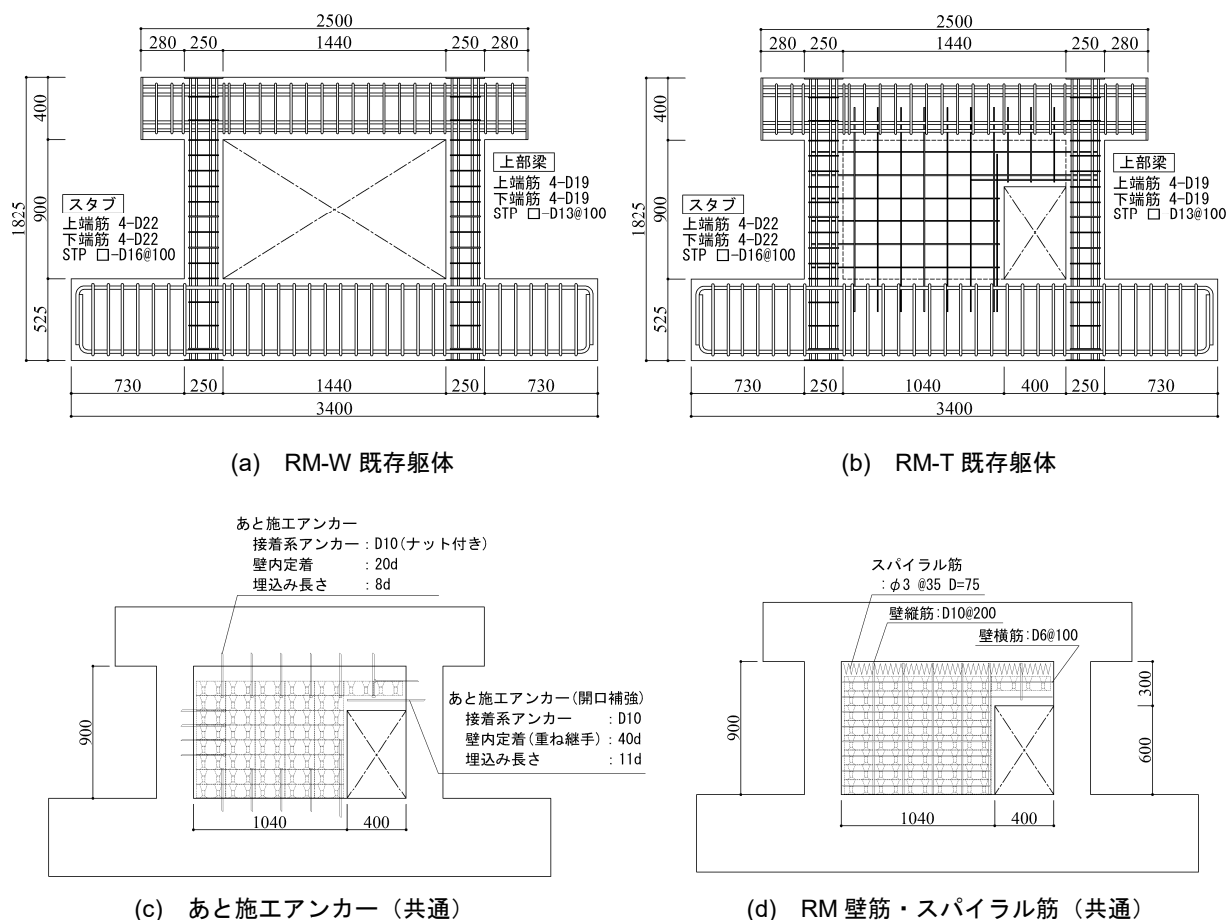


図-2 試験体概要

試験体の縮尺は実大の約 1/3 とし、柱断面を 250×250mm、梁断面を 250×400mm としているが、RM ユニットは製造上の都合により 1/2 縮小モデルを使用した。

周辺柱梁架構と RM 増設壁、RM 増し打ち壁とは接着系のあと施工アンカーを用いて接合した。これまで行った RM 増打ち壁の実験²⁾と同様に、既存壁と RM 増打ち壁の間には荷重伝達のためのジベル筋などは配していない。

2.2 使用材料

試験体に使用したコンクリート、モルタル、RM 壁体、鉄筋の材料試験結果を表-2 に示す。RM 壁体の強度は 3 段に重ねてモルタルを充填した無筋のプリズム試験体に対する圧縮強度を示している。

2.3 荷荷方法

荷荷装置を図-3 に示す。試験体両側の柱に軸力比 0.15 相当の鉛直荷重を保持し、梁の両側から水平力を荷荷した。水平荷荷は上部梁の水平変位 (δh) を高さ (h) で除した層間変形角 (R) を基準として、 $R=0.5/1000$ 、 $2/1000$ 、 $5/1000$ を各 3 回、 $10/1000$ 、 $15/1000$ 、 $20/1000$ を各 2 回の正負交番荷荷とした。

表-2 材料試験結果

(a) コンクリート・モルタル

	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)
柱・梁・壁	21.3	23.8	2.02
スタブ	37.1	28.3	3.16
壁体部	72.5	—	—
上部	74.0	—	—
目地	59.3	—	—

(b) RM プリズム圧縮強度

	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)
プリズム圧縮強度	41.0	2.79

(c) 鉄筋

		降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
D6	フープ・壁筋	406	1.85	515
D10	アンカー	369	1.57	528
D13	柱主筋・あばら筋	354	1.91	487
D19	梁主筋	395	1.84	594

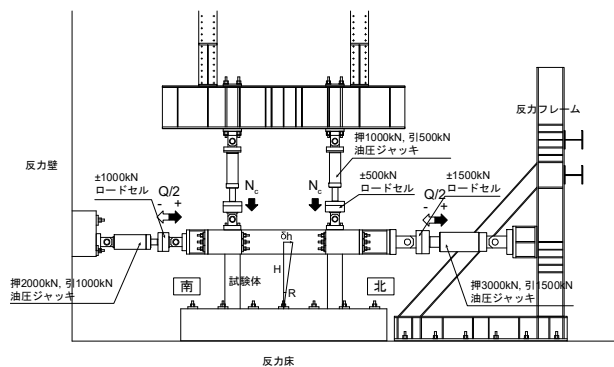
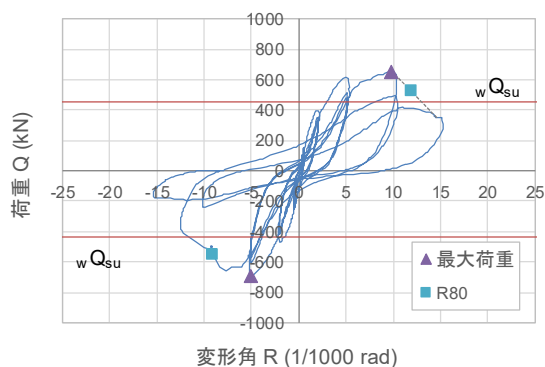
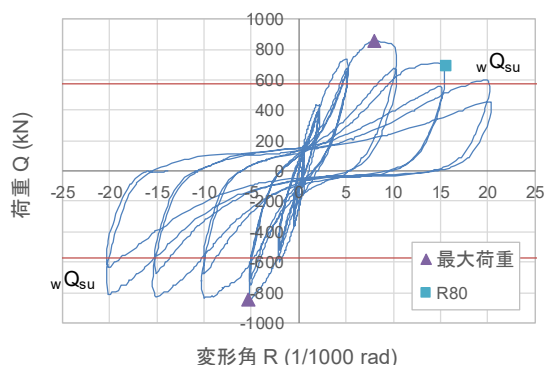


図-3 荷重装置概要



(a) RM-W (増設壁)



(b) RM-T (増打ち壁)

図-4 荷重-変形関係

3. 実験結果

3.1 実験経過

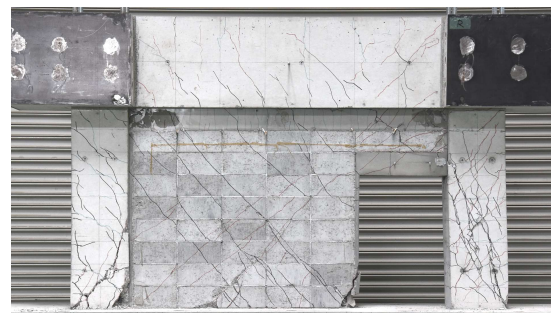
試験体の荷重-変形関係を、図-4に、最終破壊状況を写真-1に示す。

(1) RM-W (増設壁)

負側荷重の $R=7/1000$ の時点で壁と左側柱がせん断破壊し、耐力が大きく低下した。その後の繰り返し荷重で耐力がさらに低下したため、 $R=15/1000$ の初回繰り返しの後、荷重を中断した。右側の開口付き柱には多数の斜めひび割れが生じたものの、試験体の耐力低下の要因となる破壊は



(a) RM-W



(b) RM-T (増打ち部)



(c) RM-T (既存部)

写真-1 試験体最終状況

生じていなかった。また、開口上部の垂れ壁部分の損傷は比較的軽微であった。

(2) RM-T (増打ち壁)

正側荷重では $R=8/1000$ で最大耐力に達した後、変形角の増大とともに耐力が徐々に減少した。増し打ち壁、既存壁ともに最終まで大きな破壊は生じてはいないが、壁脚にすべりが生じ、左側柱の柱脚部分にせん断破壊が生じていた。また、開口上部の垂れ壁部分の損傷は比較的軽微であった。

3.2 終局せん断耐力

試験体の実験時最大耐力と計算値^{1),2)}を表-3に示す。増設壁試験体 RM-W では終局せん断強度計算値 wQ_{su} に対する実験値 Q_{max} の比が 1.49、増打ち壁試験体 RM-T では計算値 wQ_{su} に対する実験値 Q_{max} の比が 1.54 と、いずれも安全側の評価となった。

表-3 実験結果と耐力計算値の比較

(a) RM-W (増設壁)

	Q_c (kN)	wQ_{su} (kN)	aQ_{su} (kN)	wQ_{mu} (kN)	Q_{max} (kN)
RM-W	104	438	456	1134	654

 Q_c : 既存柱終局せん断強度 (kN)

 wQ_{su} : 一体打ち壁とみなした終局せん断強度 (kN)

 aQ_{su} : 接合部破壊時せん断強度 (kN)

 wQ_{mu} : 曲げ降伏時せん断耐力 (kN)

 Q_{max} : 実験時最大耐力 (kN)

(b) RM-T (増打ち壁)

	wQ_{su1} (kN)	wQ'_{su2} (kN)	wQ_{su} (kN)	Q_{max} (kN)
RM-T	302	251	553	853

 wQ_{su1} : 既存耐力壁終局せん断強度 (kN)

 wQ'_{su2} : 増打ち部壁板強度 (kN)

 wQ_{su} : 補強後終局せん断強度 (kN)

 Q_{max} : 実験時最大耐力 (kN)

3.3 変形性能

試験体の耐力が最大耐力の 80%に低下した時点の変形角を限界変形角 R_{80} として図-4 中に示した。RM-W では正側で $R=12.0/1000$ 、負側で $R=-9.0/1000$ 、RM-T では正側で $R=15.6/1000$ 、負側は $R=-20/1000$ まで耐力低下がなく、両試験体とも RC 耐震改修指針⁴⁾ でせん断壁に期待される靱性指標 $F=1.0$ に対して十分な変形性能を有していると考えられる。

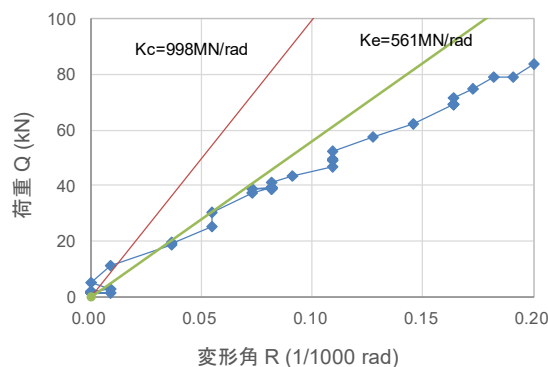
3.4 初期剛性

試験体の初期剛性と計算剛性の比較を図-5 に示す。試験体の初期剛性 K_e は、載荷初期における荷重-変形関係の割線剛性とした。計算剛性 K_c に対する初期剛性 K_e の比は RM-W で 0.56、RM-T で 0.65 であり、計算値に比べてやや低い値となった。

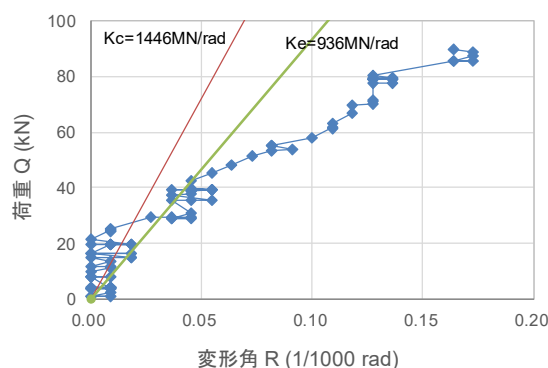
4. まとめ

柱付き開口を持つ耐力壁について、RM 耐震補強工法による増設壁、増打ち補強壁について構造性能を確認する実験を行い、以下の事項を確認した。

- (1) 最終破壊状況は、増設壁試験体 RM-W では壁と壁側の柱のせん断破壊、増打ち壁試験体 RM-T では壁脚すべりと柱脚のせん断破壊となった。
- (2) RM-W、RM-T とともに既存の評価式で耐力を安全側に評価することができた。
- (3) 両試験体とも限界変形角は RC 耐震改修指針で期待される変形角を上回った。
- (4) 両試験体ともに初期剛性は計算剛性に比べて低い値となった。



(a) RM-W (増設壁)



(b) RM-T (増打ち壁)

図-5 初期剛性

[謝 辞]

本研究は、RM 耐震補強研究会（株式会社浅沼組、株式会社新井組、株式会社松村組、太陽サーブ株式会社）によって行われたものである。関係各位に謝意を表する。

[参考文献]

- 1) 森浩二, 井上重信, 中澤敏樹: RM ユニットを用いた増設耐震壁補強工法の開発 その2 開口を有する増設耐震壁, 浅沼組技術研究所報, No.19, pp.1-8, 2007.
- 2) 森浩二, 中澤敏樹, 山下勝司: RM ユニットを用いた増設耐震壁補強工法の開発 その3 増打ち壁による補強工法およびエポキシ樹脂による接着接合, 浅沼組技術研究所報, No.22, pp.2, 2010.
- 3) 中澤敏樹, 森浩二: RM ユニットを用いた増設耐震壁補強工法の開発 その4 接着工法によるドア開口を有する増設壁および増打ち壁, 浅沼組技術研究所報, No.26, p.1, 2014.
- 4) 日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説, 日本建築防災協会, 2017.