

## RC 造曲げ降伏型部材の補修後の構造性能と損傷性状に関する静的載荷実験

## その2 実験結果

			正会員	○Alex Shegay*1	同	参川 朗*2
			同	永井 智基*2	同	前田 匡樹*2
補修	曲げ降伏型部材	耐震壁	同	穴吹 拓也*3	同	三浦 耕太*3
梁	損傷観察	耐震性能回復	同	張 政*4	同	関 松太郎*5

## 1. はじめに

その2では、実験結果の概要を示し、新設試験体と補修試験体の挙動の比較を行う。

## 2. 損傷観察による性能結果

新設壁試験体 W5 と補修壁試験体 W2R、W4R の各変形角における主な損傷状況を表1に示す。また、0.75%、2%、3%の変形角での損傷状態を図1に示す。変形角 1.5%までは、壁試験体3体の損傷の進展はほぼ同様であった。

変形角 0.25%でひび割れが発生し、変形が進むにつれてひび割れ本数が増え、ひび割れが拡大した。ひずみゲージで計測されたデータにより、約 0.3%の変形角で (0.5%サイクルの加力中) 何れの試験体においても主筋の降伏が確認された。W2R と W5 は 1.5%、W4R は 3.0%で最大耐力に至った。W2R と W5 は 2.0%で両端部の主筋が露出するほど著しいコンクリートの剥落が発生し、耐力が若干低下した。W4R では 2.0%で剥落が生じなかったが、これは、その1の表4に示したように、コンクリートと比較してエポキシ樹脂モルタルの強度が高く、剛性が低いためと考えられる。3.0%の2回目のサイクルでは、W2R と W5 では主筋が座屈し、荷重が最大耐力の6割以下に低下したため、加力を終了した。一方、W4R は3%でエポキシ樹脂モルタルで補修された領域が剥落したが、主筋の座屈は生じなかったため、4%の加力を行った。4%の負加力時に主筋1本が破断し、2回目のサイクル中に主筋の座屈が発生したため、加力を終了した。W4R で4%の変形角まで耐力が維持されたのは、図1に示すように、コンクリート剥落範囲がW2R と W5 よりも小さく、主筋がエポキシ樹脂モルタルで拘束されたためと考えられる。

表1 壁試験体損傷観察まとめ

サイクル	主な損傷状況
0.25%	曲げ・せん断ひび割れ発生
0.5%	最外縁主筋降伏 (0.3%時)
0.75%	圧縮側脚部に縦ひび割れ発生
1.0%	端部に微小な剥落発生
1.5%	W2R, W5 最大耐力に到達
2.0%	両端部に著しい剥落発生、主筋露出、わずかな主筋の座屈 (W4R: 剥落、座屈なし)
3.0%	コアコンクリートが圧縮破壊、主筋の座屈。 (W4R: 最大耐力到達、端部剥落、主筋露出したが、座屈なし)
4.0%	W4R: 主筋座屈、主筋破断

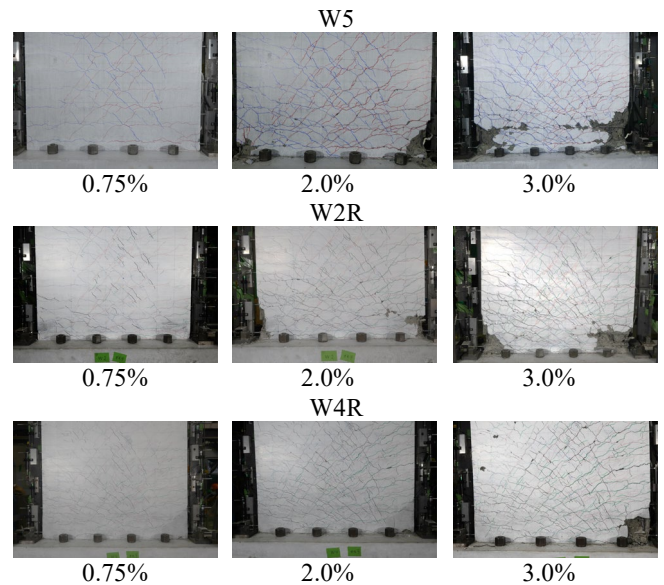


図1 壁試験体の損傷進捗

新設梁試験体 G5 と補修梁試験体 G2R、G4R の各変形角における主な損傷状況を表2に示す。また、1.0%、5%、最大変形角における損傷状態を図2に示す。変形角 0.25%でひび割れが発生し、変形が増大することにつれてひび割れ本数が増え、ひび割れ幅が拡大した。G4R ではエポキシ樹脂モルタルにひび割れが発生せず、補修したモルタルの領域の上下に幅の広いひび割れが発生した。図2に示すように G2R と G5 は 1.0%、G4R は 2.0%での試験体においても脚部に幅の広い (~1mm) ひび割れが発生し (浮き上がり)、荷重が5%程度低下した。その後、G2R 及び G4R では、変形が進むにつれてひずみ硬化の影響で耐力が回復し、上昇した。5%で、G2R と G5 では両端部にコンクリートの剥落が発生し、主筋が露出した。6%で主筋の座屈が発生したが、耐力の低下はなかった。一方、G4R は、W4R と既往の実験と同様に、エポキシ樹脂モルタルで補修した領域に剥落が発生しなかった。また、変形が進むにつれて、脚部の大きなひび割れによる回転変形が顕著となり、ヒンジ回転の変形メカニズムがロッキング挙動に変化した。主筋は露出しなかったため、座屈は最終状態においても見られなかった。6%以降は正側の押切りとした結果、G2R と G5 はアクチュエータのストロークの限界まで破壊せず、G4R は 11%の変形角で主筋が破断し、耐力が急激に低下した。

### 3. 荷重変形関係の比較

壁と梁試験体の荷重変形関係をそれぞれ図3と図4に示す。それぞれのプロットに補修前(W5, G5)と補修後の試験体の降伏点、最大耐力点、主筋座屈点を示す。なお、G4Rの負側では、新設試験体の加力時にひずみゲージが破断したため、降伏点を示していない。図3と図4に示すように、W2RとG2Rの初期剛性はW5とG5に比べて低下したが(詳細検討はその3を参照されたい)、変形角約0.5%以降の履歴はほぼ同様であった。

表2 梁試験体損傷観察まとめ

サイクル	主な損傷状況
0.25-0.5%	曲げとひび割れ発生
1.0%	主筋降伏
2-4%	脚部(浮き上がり)ひび割れ発生 ひび割れ幅が徐々に増大
5.0%	著しい剥りコンクリートの剥落、主筋露出、わずかな主筋の座屈(G4Rを除く)
6.0%	主筋の座屈(G4Rを除く)
Push	G4R: 変形が脚部ひび割れに集中 G4R: 主筋破断

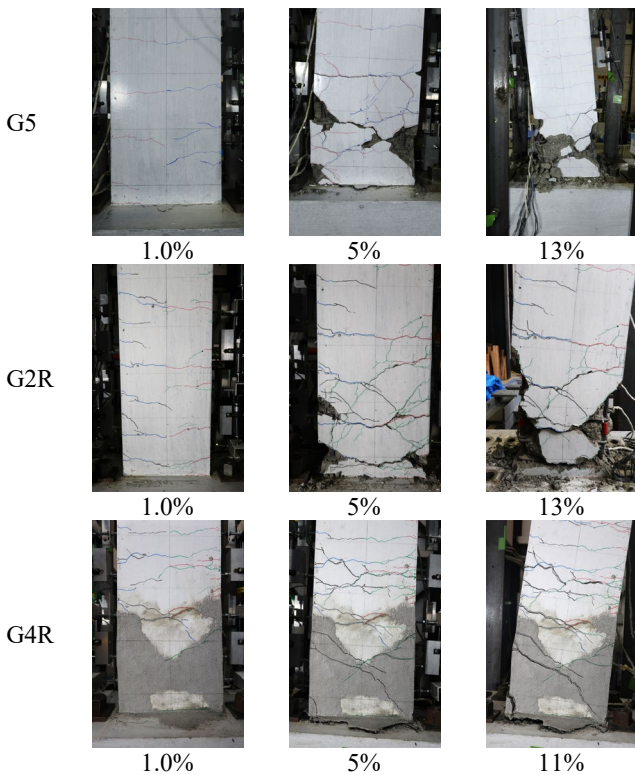


図2 梁試験体の損傷進捗

W4RとG4Rでは、W5、G5と比べて初期剛性の低下があったものの、1%以降のサイクルでは、正負のピーク時の荷重がW5とG5より上昇した。これは、補修後の加力までの期間に鉄筋にひずみ時効が生じたためと考えられる。

また、G2R、G4R、W2Rの履歴ループの形は新設試験体(G5、W5)と概ね同様になっており、補修試験体においてスリップ・スライディングの現象は生じていないことがわかる。一方、W4Rは回転による変形が脚部ひび割れに

集中し、ロッキング挙動したため、履歴ループの形はW5より若干細くなっていることが確認できる。

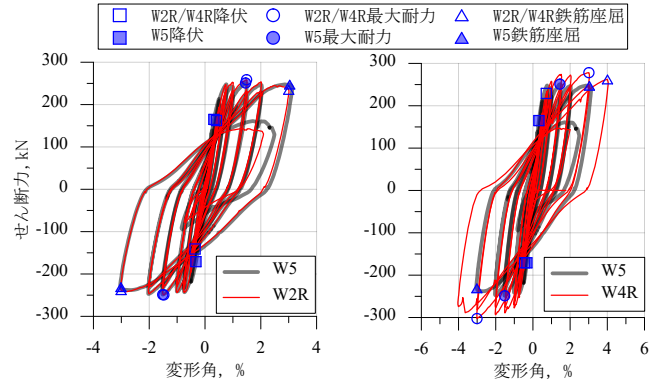


図3 壁試験体の荷重変形関係

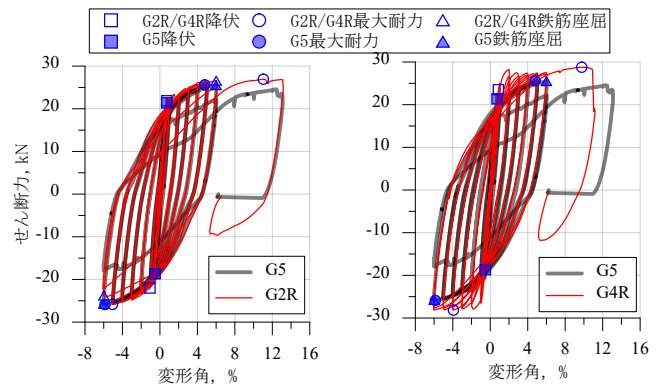


図4 梁試験体の荷重変形関係

### 4. まとめ

- 壁試験体W5(新設)とW2R(損傷度IIの補修)は変形角1.5%で最大耐力に到達し、3%の2回目のサイクルにおいて主筋の座屈・破断とコンクリート圧縮破壊によって破壊に至った。一方、W4R(損傷度IVの補修)は、大きな変形においても、エポキシ樹脂モルタルの剥落が見られず、主筋の座屈・破断は3%のサイクルにおいても生じなかった。
- 梁試験体G5(新設)とG2R(損傷度IIの補修)は、6%の変形角で主筋座屈が発生したが、押切13%まで耐力低下は見られなかった。G4Rでは、エポキシ樹脂モルタルで補修された領域は大きい損傷を受けず、主筋座屈も見られなかった。しかし、回転変形が脚部ひび割れ(浮き上がり)に集中したため、11%の変形角で主筋が破断した。
- 補修後の壁と梁の試験体において、エポキシ樹脂モルタルの損傷が小さかった理由は、コンクリートと比較して剛性が小さく、強度が高かったためと考えられる。

その3では新設試験体と補修試験体の性能特性の比較を定量的に行う。

### 参考文献

- 三浦耕太, 他: RC造4層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価 その1~その4, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造IV, pp.463-470, 2021.9

\*1 東京工業大学 \*2 東北大学

\*3 大林組 \*4 清水建設(元東北大学) \*5 建築研究所

\*1Tokyo Institute of Technology \*2Tohoku Univ.

\*3Obayashi Corporation \*4Shimizu Corporation (Former researcher of Tohoku Univ.) \*5Building Research Institute