

損傷低減のために袖壁を活用した実大 5 層鉄筋コンクリート造建築物の静的載荷実験

(その 9 2 階壁付き梁部材の損傷性状の分析)

非耐力壁付き梁 実大建物試験体 残留ひび割れ幅
残留ひび割れ長さ コンクリート剥落面積 損傷度

正会員 ○北村史登*¹ 正会員 Eko Yuniarsyah*¹
正会員 向井智久*² 正会員 谷 昌典*³
正会員 河野 進*¹ 正会員 渡邊秀和*¹
正会員 前田匡樹*⁴ 正会員 衣笠秀行*⁵

1. はじめに

その 5¹⁾で示された実大 5 層構造実験結果に基づき、その 9 から 13 で各部材および建物全体の損傷性状の分析を行う。本稿では非耐力壁（腰壁および垂れ壁）付き梁の損傷性状の分析結果を報告する。

2. ひび割れ計測概要

対象部材は、梁(せい 500mm×幅 5300mm)、スリットを有する垂れ壁(幅 3810mm×高さ 300mm)、腰壁大(幅 1875mm×高さ 700mm)、腰壁小(幅 875mm×高さ 700mm)である。対象部材のひび割れ幅及び長さ、剥離面積を計測した。計測は負荷サイクル 2 回目ピーク時及び除荷時に、0.05mm 刻みのクラックスケールを用いて、ひび割れ毎に最大幅となる箇所を実施した。本稿では、梁上面は記載せずその 12 で報告する。

3. ひび割れ計測結果

3.1 残留ひび割れ図

試験体の負側最大耐力時サイクル($R=1/50\text{rad}$)における除荷時の残留ひび割れ図を図 1 に示す。図中、青線及び赤線で正載荷及び負載荷時に発生したひび割れを、黒線は初期ひび割れ及び載荷装置の設置時に発生したひび割れをそれぞれ示す。梁の損傷はスリット付近に集中し、中央部での損傷は軽微なものであった。また、完全スリットが設けられた非耐力壁は梁の損傷に伴い、ひび割れが進展しているため、梁の剛性に寄与していることがわかる。なお、 $R=1/50\text{rad}$ における垂れ壁中央部での損傷は、方立壁の腰壁への接触によって発生したものである。

3.2 最大ひび割れ幅(ピーク時,除荷時)

各載荷サイクルのピーク時及び除荷時における最大ひび割れ幅の推移を図 2 に示す。 $R=1/200\text{rad}$ において、スリット付近での北梁主筋降伏に伴いピーク時及び残留ひび割れ幅が急増した。そして、 $R=1/200\text{rad}$ 以降の加力サイクルにおいて、スリット付近の限られた本数のひび割れ幅が極端に大きな値を示し、 $R=1/100\text{rad}$ サイクルにおいて最大残留ひび割れ幅が 5.0mm となった。なお、梁せん断補強筋の降伏は確認されなかった。

3.3 残留ひび割れ長さ

図 3 に負荷除荷時での残留ひび割れ率(総ひび割れ長

さ/部材面積の平方根)と加力サイクルとの関係を示す。図中、残留ひび割れ幅 W_f で分類(0.2mm 未満, 0.2~1.0mm 未満, 1.0~2.0mm 未満, 2.0~5.0mm 未満, 5.0mm 以上)した内訳を示す。図より、すべての部材において、総ひび割れ長さは単調な増加傾向が見られた。特に梁に関しては、線形的な増加傾向が見られ、 $R=1/200\text{rad}$ までは通常補修が必要な残留ひび割れ幅 0.2mm 以上のひび割れが全体の 6.5%となった。その後 0.2mm 未満のひび割れ上昇率が減少し、0.2mm 以上のひび割れに増加傾向が見られた。しかし、全体のひび割れの内訳では補修不要な 0.2mm 未満のひび割れ幅が支配的であり、完全スリットを設けることにより限定された数本のひび割れのみが極端に大きな値を示していることがわかる。非耐力壁に関しては完全スリットが設けられているため、0.2mm 以上のひび割れはほとんど見られず、梁同様ほとんどのひび割れが修復不要といえる。

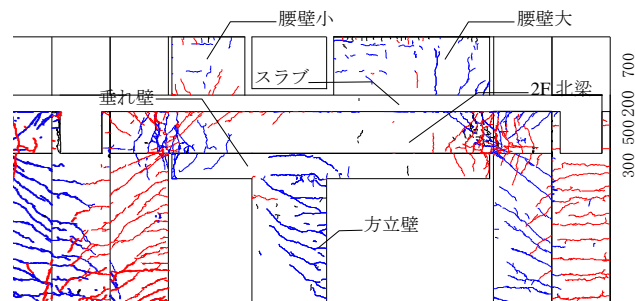


図 1 残留ひび割れ図 ($R=1/50\text{rad}$)

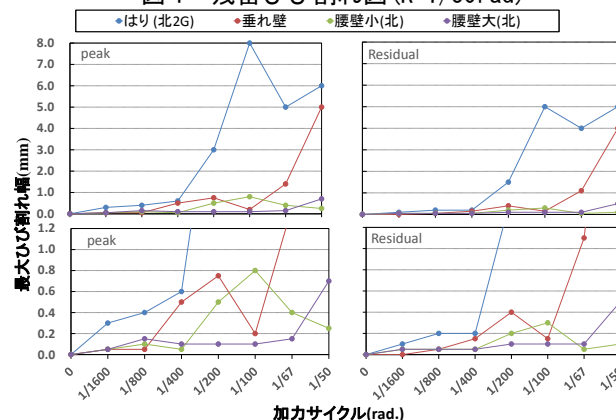


図 2 残留最大ひび割れ幅

Static Loading Test on A Full Scale Five Story Reinforced Concrete Building utilizing Wing Walls for Damage Reduction (No.9 Damage Analysis of the 2nd story beam with secondary walls)

Fuhito KITAMURA, EKO Yuniarsyah, Tomohisa MUKAI, Masanori TANI, Susumu KONO, Hidekazu WATANABE Masaki MAEDA and Hideyuki KINUGASA

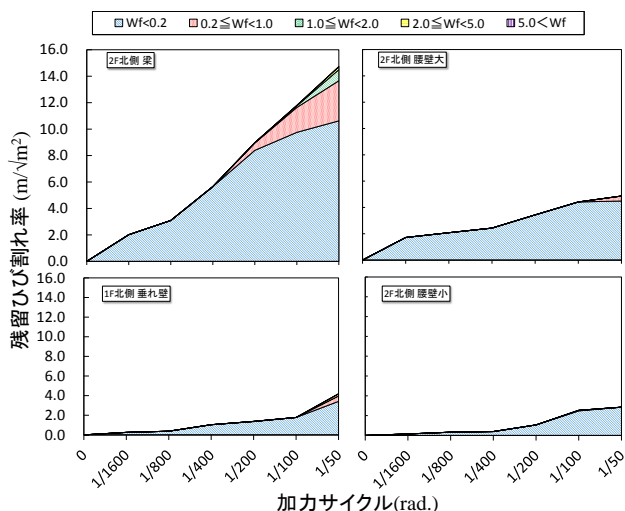


図3 部材別残留ひび割れ率の推移

3.4 コンクリート剥離面積

計測部材ごとに、負荷荷 2 回目除荷時でのコンクリート剥離面積を部材面積で除した値と、加力サイクルとの関係を図 4 に示す。図より、腰壁でのかぶりコンクリートの剥落はほとんど見られず、 $R=1/50\text{rad}$ では垂れ壁のスリット付近に多少剥落が確認できた。但し、非耐力壁でのコアコンクリートの剥落は皆無であった。また、梁では最終サイクルにおいても部材表面積のわずか 1.47%のかぶりコンクリートが剥離した程度であり、コアコンクリートの剥離に関しては、0.0036%と非常に小さかった。

4. 変形角に応じた損傷度の推移

本稿では、被災度区分判定基準²⁾に基づき、損傷度判定を行った。表 1 に構造部材の各限界状態に対応する部材の状態と損傷度の関係を示す。また、その表に基づいた各部材の損傷度の推移と、その時の全体変形角及び部材変形角の関係を表 2 に示す。本実験のように完全スリットを設けることにより、スリット付近の特定のひび割れに損傷が集中し、コアコンクリートの剥落が少ないケースでは文献 2)より、ひび割れ幅のみによる損傷度判定となった。その結果、完全スリットを設けた位置での数本のひび割れが影響し、損傷度IVの判定となった。

表 2 被災度区分判定基準による
損傷の推移

全体変形角	2F北側梁	垂れ壁	腰壁大	腰壁小
1/1600rad	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
1/800rad		Ⅱ		
1/400rad				
1/200rad	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
1/100rad	Ⅳ			
1/67rad				
1/50rad		Ⅳ		



図 5 2F 梁損傷状態
($R=1/50\text{rad}$)

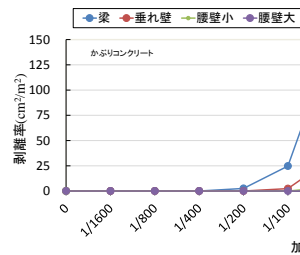


図 4 コンクリート剥離面積の推移

表 1 部材の損傷限界状態と損傷度との関係

限界状態	部材の状態	損傷度	具体的な損傷の状態	
			鉄筋	コンクリート
使用限界	継続使用可能	I	弾性	ほぼ弾性
修復限界 I	容易に修復可能	II	わずかに降伏する程度	健全
修復限界 II	修復可能	III	座屈しない	コアコンクリートは健全
安全限界	地震応答時応力および他地震終了時鉛直荷重による応力を安定して維持	IV	破断しない	コアコンクリートの圧壊は生じない
	耐力低下	V	破断	コアコンクリートの圧壊

[注] *: 耐震壁および柱・梁接合部の残留せん断ひび割れ幅の目安

5. まとめ

本稿では、実大 5 層 RC 造非耐力壁付き梁部材の損傷性状の分析を行った。以下に得られた知見をまとめる。

- ・非耐力壁にはひび割れなどの損傷が確認されたことから、完全スリットを設けても、非耐力壁が梁の構造性能に寄与していることが確認できた。しかし、総ひび割れ長さの計算では補修不要なひび割れ幅 0.2mm 未満のひび割れが大半であったことから、完全スリットによる非耐力壁への損傷低減効果を確認できた。
- ・梁に発生したひび割れのうち、ほとんどのひび割れ幅は 0.2mm 未満であり、梁コアコンクリートの剥落はほとんど確認されなかった。一方で、完全スリットを設けた箇所では、梁主筋降伏後 ($R=1/200\text{rad}$) に残留ひび割れ幅 5.0mm の大きなひび割れが発生した。特に代表変形角 $R=1/100\text{rad}$ 以降では、こうした数本のひび割れが梁の損傷度に大きく影響し、損傷度の判定がIVとなった。また、損傷が一箇所に集中することにより、離れた位置から目視においても損傷が確認され、当該ひび割れに対する修復性を検討する必要がある。(図-5)

謝辞：本実験は国総研総プロ「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」として実施され、その 9 から 13 の検討は、建築研究所重点研究課題「庁舎・避難施設等の地震後の継続使用性確保に資する耐震性能評価手法の構築」との共同研究で実験に参画し、実験データを得たものを利用しました。関係各位に謝意を表します。

参考文献：

- 1) 堀他：袖壁を活用した実大 5 層鉄筋コンクリート造建築物の静的載荷実験、その 5、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、2015.9(投稿中)
- 2) 日本建築防災協会・国土交通省住宅局建築指導課：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

*¹ 東京工業大学 *² 国立研究開発法人建築研究所
*³ 京都大学 *⁴ 東北大学 *⁵ 東京理科大学

*¹ Tokyo Institute of Technology *² Building Research Institute
*³ Kyoto University *⁴ Tohoku University
*⁵ Tokyo University of Science