

RC造縮小試験体に生じた曲げひび割れの実大スケールへの読み替え方法に関する研究
その1 既往の実大及び縮小試験体における各損傷量の関係

正会員 ○松川 和人*¹ 同 沙拉依丁 沙吾提*² 同 権 淳日*²

縮小試験体 実大試験体 曲げひび割れ 同 崔 琥*¹ 同 中埜 良昭*³

1. はじめに

RC造建物や部材を模擬した実験では、可能な限り実大スケールに近い試験体を用いるのが望ましいが、実験施設の制約上、縮小試験体の使用を余儀なくされることが多い。縮小試験体を用いる場合はせん断余裕度などの力学特性を実物に合わせるのが一般的であるが、ひび割れ幅、長さ、本数などに代表される損傷を実大スケールと合致させることは極めて難しい。しかしながら、残存耐震性能や修復費用の算出のようにひび割れ損傷を基に議論がなされる場合には、縮小試験体で得られたひび割れ幅、長さなどの損傷量について、何らかの方法で実大スケールの損傷に読み替える必要がある¹⁾。本研究のその1では、既実施した実大試験体²⁾とその1/4スケール縮小試験体³⁾のRC柱部の「曲げひび割れ」に着目し、そのひび割れ幅、長さや本数などの変化及び相互の関係を確認する。

2. 対象試験体の実験結果の概要

本検討では、実大試験体として無補強組積造袖壁を有するRC造フレーム試験体²⁾の、縮小試験体としてこれを1/4スケールに縮小した純RC造フレーム試験体³⁾の

表1 柱の諸元

試験体	b (mm)	D (mm)	h (mm)	主筋	p_t (%)	横補強筋	p_w (%)
実大	400	450	2400	12-D22	0.86	D10@300	0.12
縮小	110	110	610	8-D6	0.79	D3@70	0.18

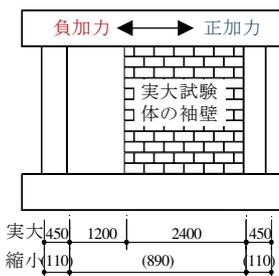


図1 両試験体の概要

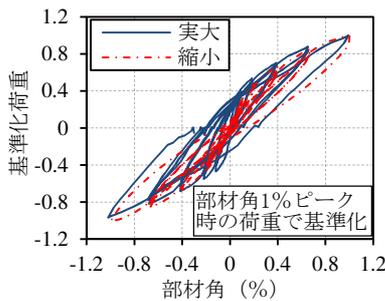


図2 荷重-変形関係

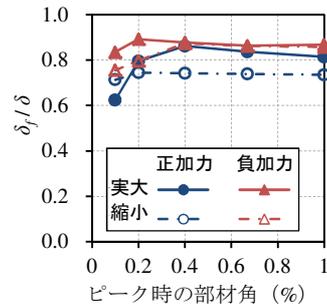


図3 曲げ変形成分

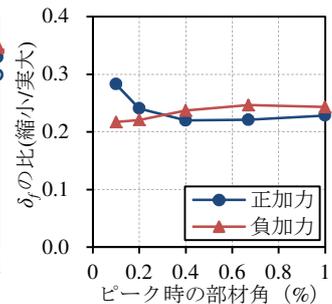


図4 曲げ変形成分の比

れぞれRC柱部を用いる。表1に両試験体の柱の諸元を、図1に両試験体の概要をそれぞれ示す。図1に示す通り、実大試験体の右側柱には袖壁が設置されているため、本検討では両試験体の左側柱のみを検討対象部材とする。図2に部材角1.0%時の荷重で基準化した荷重-変形関係を、図3に架構全体の水平変形 δ に対する検討対象柱の曲率算定用変位計から求めた曲げ変形 δ_f の比を、図4に実大試験体に対する縮小試験体の曲げ変形 δ_f の比をそれぞれ示す。図2より基準化された各サイクルのピーク時の荷重及び変形は両試験体でほぼ同程度であること、図3より実大試験体に対して縮小試験体の正加力時の曲げ変形成分が小さいものの、両試験体ともに部材角1.0%までは曲げ変形が卓越していること、図4から実大試験体に対する縮小試験体の曲げ変形の比は0.21~0.28に分布し縮小率とほぼ同程度であることから、両試験体の曲げひび割れ性状は比較可能と判断し、以下より加力ピーク時及び除荷時において、実大試験体と縮小試験体のひび割れ幅、長さ、本数等の関係を分析する。

3. 縮小試験体と実大試験体に生じたひび割れ損傷の比較

3.1 ひび割れ幅と長さ及び本数の推移

曲げひび割れの定義⁴⁾を「材軸となす角度が75°~105°の柱引張縁から生じるひび割れ」とし、せん断ひび割れを「材軸となす角度が15°~75°のひび割れ」とする。ただし、曲げせん断ひび割れはその先端部の角度によらず曲げひび割れに属するものとする。曲げひび割れ幅は断面縁の値とし、曲げひび割れの総長さは、ひび割れ図より各ひび割れ長さを計測し、正負加力方向それぞれの柱引張側における全曲げひび割れの総長さとする。

図5にピーク時及び除荷時における曲げひび割れ幅の合計値及び最大値の推移を示す。同図より、両試験体において部材角の増加に伴いひび割れ幅の合計値及び最大値ともに増加する傾向が見られた。また、図6に曲げひび割れの本数を、図7に曲げひび割れの総長さをそれぞれ示す。ここでは、ひび割れ本数はピーク時と除荷時において等しいと考え、ひび割れ長さはピーク時のみを示した。図6より、全部材角にわたって実大試験体におけるひび割れ本数が多く、概ね部材角0.4%までは増加傾向であったが、その後新たな曲げひび割れは発生していない。また図7より、部材角の増加に伴い両試験体ともに曲げひび割れの総長さは増加していることが分かる。

3.2 ひび割れ幅と長さ及び本数の比較

図8にピーク時及び除荷時における実大試験体に対する縮小試験体のひび割れ幅の合計値の比、最大値の比及び曲げひび割れ総長さの比と曲げひび割れ本数の比の関

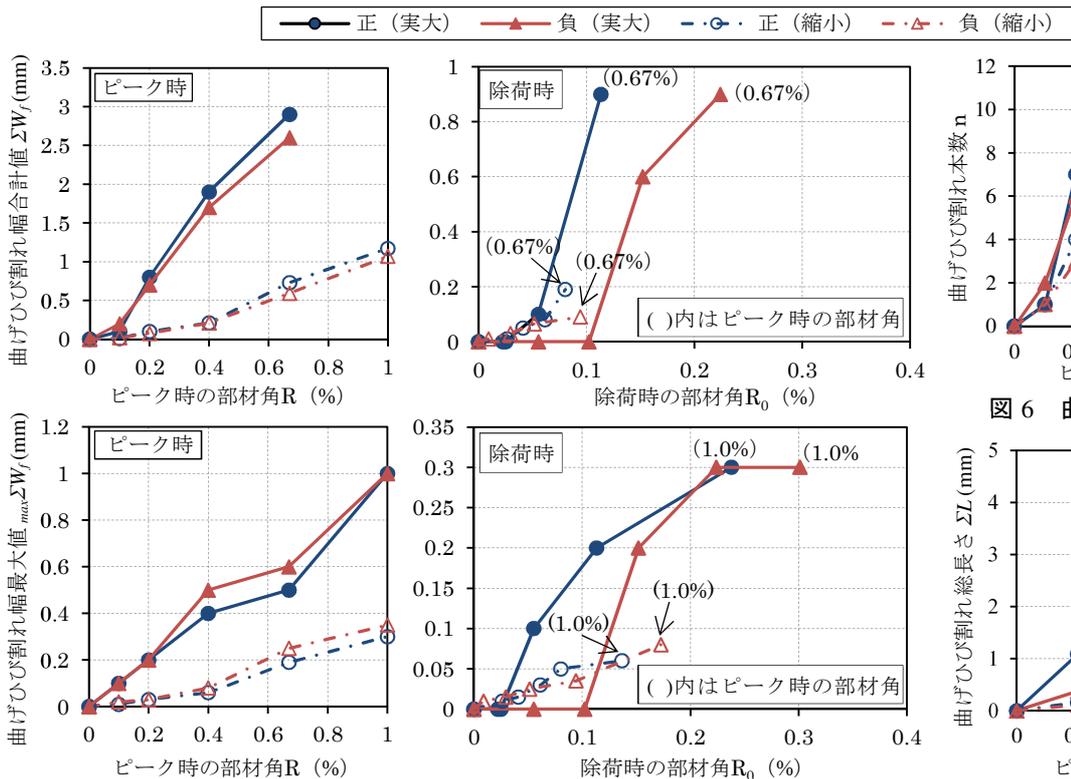


図5 曲げひび割れ幅の合計値及び最大値

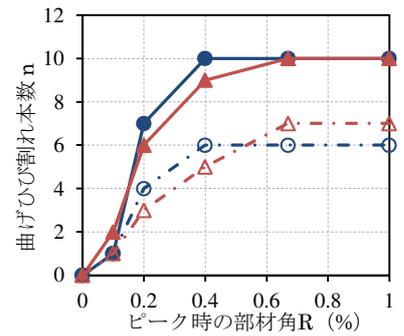


図6 曲げひび割れの本数

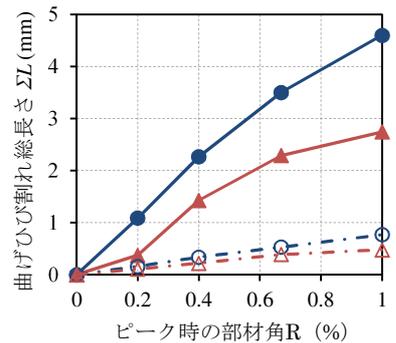


図7 曲げひび割れの総長さ

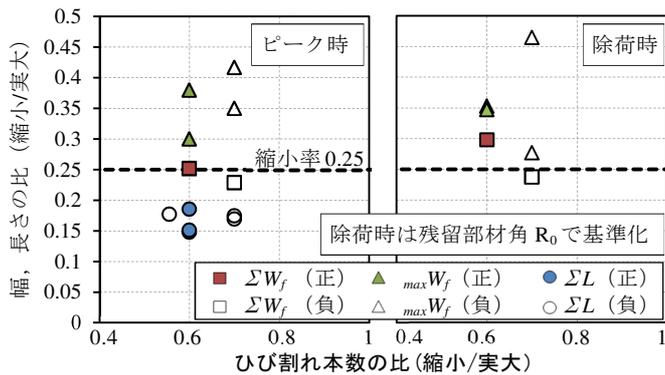


図8 ひび割れ幅、長さ、本数の関係

係を示す。ここで、曲げひび割れ幅については小変形レベルでのひび割れ幅計測の誤差を考慮し、部材角 0.67% 及び 1.0%のみ用いることとした。曲げひび割れ本数及び長さについては曲げひび割れ本数がほぼ頭打ちになる部材角 0.4%以後（定常状態）のデータを用いた。ただし、除荷時においては、同じ加力サイクルにおける両試験体の残留部材角 R_0 が異なるため、残留ひび割れ幅を直接比較できない。従って、両試験体の残留ひび割れ幅を残留部材角 R_0 で基準化してから比較した。すなわち、図8の除荷時の場合は縦軸を $(W_{縮小}/R_{0,縮小}) / (W_{実大}/R_{0,実大})$ とした。

まず、図8の曲げひび割れ幅と本数の関係から、ピーク時における曲げひび割れ幅の合計値の比 (■, □印) はほぼ縮小率の 0.25 に等しい値で、最大値 (▲, △印) は 0.3~0.42 と縮小率に対して大きい結果となった。除荷時

でもピーク時と同様な傾向が見られた。一方、縮小試験体の曲げひび割れの本数は実大試験体の 0.6~0.7 倍であった。曲げひび割れの総長さの比 (●, ○印) は 0.15~0.18 と縮小率より小さい結果となった。

以上の結果より、縮小試験体に生じた曲げひび割れは実大試験体に生じた曲げひび割れを単純に縮小したものとはならなかった。これはひび割れの集中度合、すなわち本数が両試験体の間で異なったことが原因であると考えられる。

4. まとめ

縮小試験体のひび割れ本数が実大試験体と比較して少なくなったことに起因し、最大ひび割れ幅は実大試験体より相対的に大きくなった。一方、曲げひび割れ総長さは本数が少ない分短くなった。ただし、ひび割れ幅の合計値においてはほぼ縮小率と等しい結果となった。

【参考文献】

- 1) 永山憲二ほか：柱部材の損傷状態に基づく震災 RC 造建築物の残余耐震性能 その 2, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東), pp.453-454, 2001.9
- 2) 崔琬ほか：無補強組積造を有する鉄筋コンクリート造架構の耐震性能評価 その1~その3, 日本建築学会学術講演梗概集 (北海道), pp.651-656, 2004.8
- 3) 菅沂雄ほか：梁の変形拘束を考慮した無補強組積造壁を含む RC 造架構の耐震性能評価 その1~その2, 日本建築学会学術講演梗概集 (東海), pp.1037-1040, 2012.9
- 4) 高橋典之, 中埜良昭：鉄筋コンクリート梁部材のひび割れ長さ進展過程に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.883-888, 2013年7月

*1 東京大学生産技術研究所 助教・博(工)
 *2 東京大学大学院 大学院生
 *3 東京大学生産技術研究所 教授・工博

Research Associate, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Ph.D.
 Graduate Student, Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo
 Professor, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.