

脆性部材を有する RC 造架構の構造性能評価に関する実験

その4 損傷量計測方法

脆性部材	損傷評価	修復性評価
耐震診断	基準の高度化	

正会員	○高橋 典之* ¹	同	権 淳日* ²
同	中埜 良昭* ¹	同	前田 匡樹* ³
同	衣笠 秀行* ⁴	同	向井 智久* ⁵
同	壁谷澤 寿一* ⁵	同	福山 洋* ⁵

1. はじめに

本報では損傷量計測方法について説明する。

2. 損傷量計測方法

(1) 計測項目

計測対象とする損傷量は、修復費用の算出に直結する部材表面に表出する損傷、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、剥落面積とする。計測面は、柱の立面（正面）および断面（幅面）、梁の立面（正面）および平面（見上げ面）、腰壁の立面（正面）とする。ただし中央柱の幅面には腰壁が取り付けられているため、材軸より手前側の半面のみをひび割れ計測面とする。計測面にはグリッド線を記入し、柱・梁部材では材軸方向に最外縁主筋位置および中心軸位置で線を引く、材軸直角方向には 150mm 間隔に線を引く。腰壁では 200mm 四方のグリッドを引く。

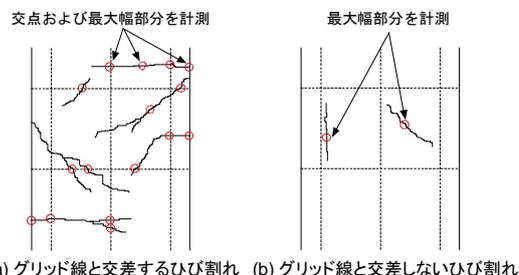
(2) ひび割れの分類

ひび割れは大きく 4 種類（初期ひび割れ、曲げひび割れ、せん断ひび割れ、割裂ひび割れ）に分類する。ただし、初期ひび割れから荷重により新たにひび割れ（曲げひび割れ、せん断ひび割れ、割裂ひび割れ）が進展した場合、初期ひび割れは荷重で生じた 1 本のひび割れ（曲げひび割れ、せん断ひび割れ、割裂ひび割れ）の一部としてみなす。曲げひび割れは材軸に対しておよそ 90°~70°程度のなす角で進展しているひび割れ、せん断ひび割れは材軸に対しておよそ 70°~20°程度のなす角で進展しているひび割れ、割裂ひび割れは材軸に対しておよそ 20°~0°程度のなす角で進展しているひび割れとする。ひび割れのなす角が変化する場合、上記の判断基準に応じて分類し（曲げせん断ひび割れであれば、曲げひび割れ部分とせん断ひび割れ部分に分けて）、それぞれ別個に取り扱うこととする。

ひび割れの記録においては、初期ひび割れ（緑色）、正側荷重で生じたひび割れ（青色）、負側荷重で生じたひび割れ（赤色）を区別するとともに、除荷時に閉じて認識できなくなったひび割れは当該部分を消去（白色）する。

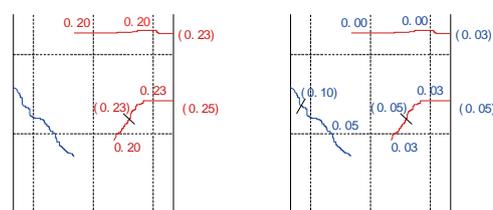
(3) ひび割れ幅の計測

曲げひび割れについては部材フェイスおよび材軸方向のグリッド線との交点におけるひび割れ幅を、せん断ひび割れについては材軸直交方向のグリッド線との交点および 1 つのせん断ひび割れのうち最大ひび割れ幅となる箇所のひび割れ幅を計測する。ひび割れ幅計測位置の概要を図 1 に示す。ひび割れ幅の計測は各層間変形角荷重最終サイクル



(a) グリッド線と交差するひび割れ (b) グリッド線と交差しないひび割れ

図 1 ひび割れ幅の計測位置



(a) 負側ピーク時のひび割れ図作成および幅の記入例 (b) 正側除荷時のひび割れ図作成および幅の記入例

図 2 ひび割れ幅の記入例

正負ピーク時および除荷時に実施するが、荷重ピーク時には当該荷重方向の加力で生じたひび割れの幅を、除荷時には荷重方向によらず全てのひび割れの幅を計測対象とする。その際、1 つのひび割れに対する最大ひび割れ幅は両括弧を付して記録する（図 2）。

ひび割れ幅は原則クラックスケール刻み（0.05mm 刻み）に応じて定める。ただし、ひび割れ幅 0.2mm 未満においてはクラックスケールの刻みよりも細かい 0.03mm, 0.08mm, 0.12mm, 0.18mm を目視判断で計測結果とした。計測したひび割れ幅、後述する「ひび割れ幅階級」ごとの総ひび割れ長さ、および剥落面積を、電子データ（CAD）化したひび割れ図およびひび割れ幅記録用紙をもとに算出し記録する。

(4) ひび割れ部位マクロ撮影（接写）

せん断ひび割れを対象に、せん断ひび割れと材軸直交方向グリッド線との交点をマクロ撮影（接写）し、撮影した接写画像を用いて、ひび割れが開く前に同じ位置にあったと考えられる点同士の幾何学的関係から、せん断ひび割れ方向とひび割れ幅が開く方向とのなす角 ϕ を算定する（図 3）。ただし、接写画像から算定されるひび割れ方向とひび割れ幅が開く方向とのなす角は局所的な値であることに注意が必要である。

3. ひび割れ幅階級の設定

次報その 5 に示す残留ひび割れ幅と残留ひび割れ長さの関係においては、残留ひび割れ幅に階級を定め、各階級に

含まれるひび割れの総長さを算出することにした。ここで文献[1]を参考に、残留ひび割れ幅の階級は、ひび割れ幅に応じて適用される補修工法とひび割れ幅階級とが対応するように定めることにした(表1)。ただし、本試験体は実大試験体でないことから、ひび割れ幅にスケール効果が生じる可能性を考慮して、補修工法に基づくひび割れ幅階級の境界値が半分になる場合も念頭に残留ひび割れ幅階級を表2のように定めた。

4. 破壊状況とひび割れ図

試験体 A は、層間変形角 $1/800\text{rad}$ で梁端および両側柱柱脚に曲げひび割れが生じ、 $1/200\text{rad}$ で中央柱に顕著なせん断ひび割れが発生した。中央柱では、層間変形角 $1/100\text{rad}$ でコンクリートの剥落、 $1/50\text{rad}$ でせん断破壊に伴う大きな断面欠損が生じた。両側柱柱脚では、層間変形角 $1/50\text{rad}$ で圧壊によるコンクリートの剥落が発生した。試験体 B は、層間変形角 $1/800\text{rad}$ で梁端および両側柱柱脚に曲げひび割れが生じ、 $1/200\text{rad}$ で中央柱にせん断ひび割れが発生、腰壁に部分的なコンクリート剥落が見られた。層間変形角 $1/100\text{rad}$ で中央柱のせん断ひび割れが大きく進展し、腰壁のコンクリート剥落面積も広がり、両側柱柱脚にコンクリートの剥落が見られた。層間変形角 $1/50\text{rad}$ で腰壁の損傷が壁体を貫通し、全ての柱脚で圧壊によるコンクリートの剥落が見られた。層間変形角 $1/33\text{rad}$ では新たなひび割れの発生は見られず、ひび割れ幅が増加した。層間変形角 $1/33\text{rad}$ 載荷サイクル終了時のひび割れ図(展開図)を図4に示す。

5. まとめ

損傷量計測方法および次報で用いるひび割れ幅階級について紹介するとともに、試験体の破壊状況について示した。

参考文献

- [1] 笠井芳夫: コンクリートのひび割れ—原因と防止対策, 建築技術 2003 年 4 月号 別冊 9, 2003.4

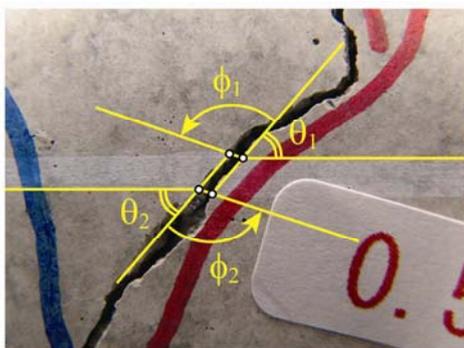


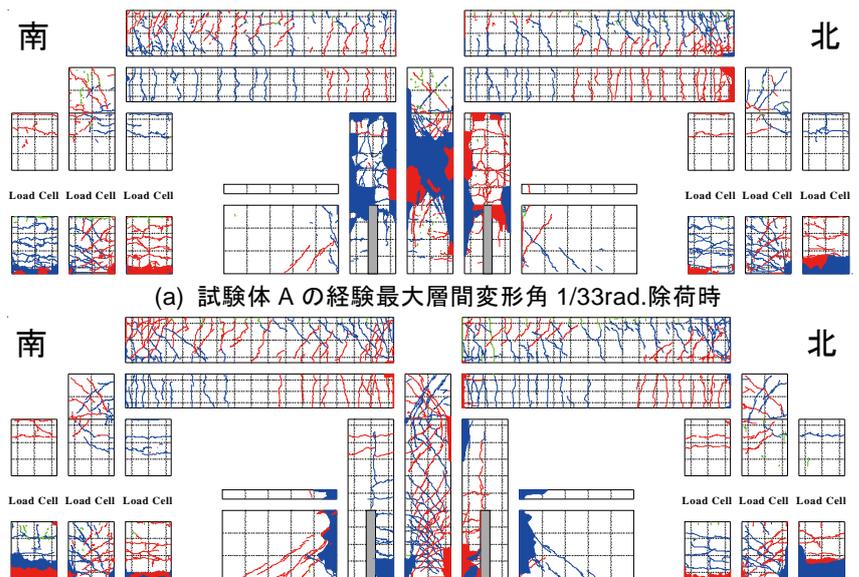
図3 接写画像を用いたせん断ひび割れの開く方向とひび割れ方向のなす角計測

表1 ひび割れ幅と適用補修工法の関係(文献[1])

劣化度			適用工法
種類	漏水の有無	ひび割れ幅	
挙動のないひび割れ	漏水の有無にかかわらず	0.2mm 以下	シーリング工法(パテ状エポキシ樹脂)
		0.2mm~1mm	エポキシ樹脂注入工法(手動式, 自動低圧式, 機械式)
		1mm 以上*	Uカット可とう性エポキシ樹脂充填工法/エポキシ樹脂注入工法(手動式, 機械式)
挙動があるひび割れ	漏水の有無にかかわらず	0.2mm 以下	シーリング工法(可とう性エポキシ樹脂)
		0.2mm~1mm	Uカット可とう性エポキシ樹脂充填工法
		1mm 以上	Uカットシーリング材充填工法
	漏水がない場合に限る	1mm 以上*	エポキシ樹脂(柔軟型)注入工法(手動式, 機械式)
※		2mm~5mm	セメント系(無機系)材料注入工法

表2 残留ひび割れ幅境界値の設定

補修工法に応じた残留ひび割れ幅境界値	本実験で定めた残留ひび割れ幅階級の境界値
0.2mm	0.1mm
	0.2mm
1mm	0.5mm
	1mm (境界値間隔を考慮し 1.5mm 追加)
2mm	2mm
	2.5mm
5mm	5mm



(a) 試験体 A の経験最大層間変形角 $1/33\text{rad}$ 除荷時

(b) 試験体 B の経験最大層間変形角 $1/33\text{rad}$ 除荷時

図4 最終破壊状況(ひび割れ図)

*1 東京大学 生産技術研究所
 *2 東京大学大学院 工学系研究科
 *3 東北大学 工学研究科
 *4 東京理科大学 理工学部
 *5 独立行政法人 建築研究所

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
 Faculty of Engineering, The University of Tokyo
 School of Engineering, Tohoku University
 Faculty of Science & Technology, Tokyo University of Science
 Building Research Institute