

曲げ破壊する RC はり部材の損傷指標の実験的考察

中部大学 正員 ○滝 友宏・小川 祐右・正員 伊藤 睦・正員 水野 英二

1. はじめに

既設の鉄筋コンクリート（RC）構造物あるいは被災した RC 構造物の残余性能を適切に評価し、適切な補修・補強を施すためには、RC 部材の損傷評価手法の構築が必要不可欠である。損傷評価には、残留変位および残留ひび割れ幅等が損傷指標として有効と考えられているが、これらの物理量から部材の損傷度を推定する手法は確立されておらず、また、この手法を確立するための実験データも不足している。本研究では、コンクリート強度と載荷履歴を変化させた曲げ破壊する RC はり部材の載荷実験で、残留ひび割れ幅を計測することにより、残留ひび割れ幅の損傷指標としての有用性の検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、コンクリートの圧縮強度が残留ひび割れ幅に及ぼす影響を評価するために、2 種類のコンクリート強度（20MPa シリーズ、40MPa シリーズ）を設定し、繰返し載荷履歴の違いが残留ひび割れ幅に及ぼす影響を評価するために Push over を含めた計 6 種類の載荷履歴を採用した。

2.1 供試体概要

図-1 に供試体概要を示す。引張鉄筋には D13（降伏強度 403.7MPa）を 3 本、圧縮鉄筋には D10（降伏強度 353.1MPa）を 2 本、スターラップには D6（降伏強度 290.2MPa）を使用した。コンクリート圧縮強度は、目標強度を 20MPa、40MPa としたが、テストピースの圧縮試験結果からは、表-1 に示す圧縮強度が得られている。

2.2 載荷履歴およびひび割れ幅計測

載荷履歴の違いが残留ひび割れ幅に及ぼす影響を調べるために、本実験では表-1 に示すような 5 種類の載荷履歴に対してそれぞれ 2 体の単調、および繰返し載荷実験を行った。載荷履歴は、図-2 に示す 20MPa シリーズの荷重-スパン中央変位関係からも分かるように、例えば、0C-2U は繰返し載荷を行わず、 $2\delta_y$  で除荷することを意味し、3C-4U は  $\delta_y$ 、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$  でそれぞれ 1 回繰返し載荷を行い、 $4\delta_y$  で除荷することを意味する。なお、数体の供試体については、 $4\delta_y$  で除荷した後に再載荷している。また、降伏変位  $\delta_y$  は、荷重-変位関係において剛性が急激に変化した点と定義している。

表-1 コンクリート強度

| 実験ケース<br>(載荷履歴) | コンクリート圧縮強度 (MPa) |      |            |      |
|-----------------|------------------|------|------------|------|
|                 | 20MPa シリーズ       |      | 40MPa シリーズ |      |
|                 | No.1             | No.2 | No.1       | No.2 |
| 0C-2U           | 27.7             | 34.1 | 47.0       | 40.0 |
| 0C-3U           | 27.7             | 34.1 | 47.0       | 40.0 |
| 0C-4U           | 27.7             | 27.7 | 47.0       | 47.0 |
| 1C-4U           | 27.7             | 27.7 | 47.4       | 47.4 |
| 2C-4U           | 34.1             | 34.1 | 47.4       | 47.4 |
| 3C-4U           | 34.1             | 34.1 | 47.4       | 47.4 |

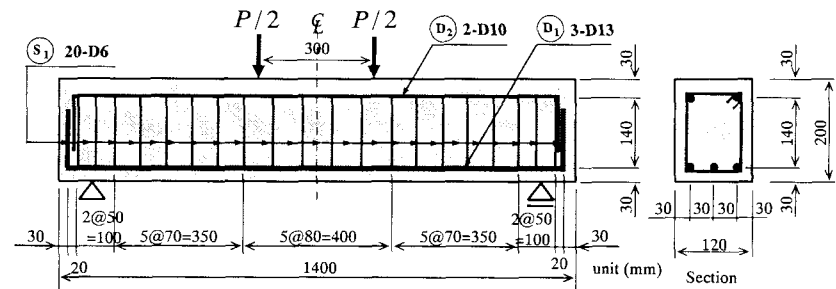


図-1 供試体概要

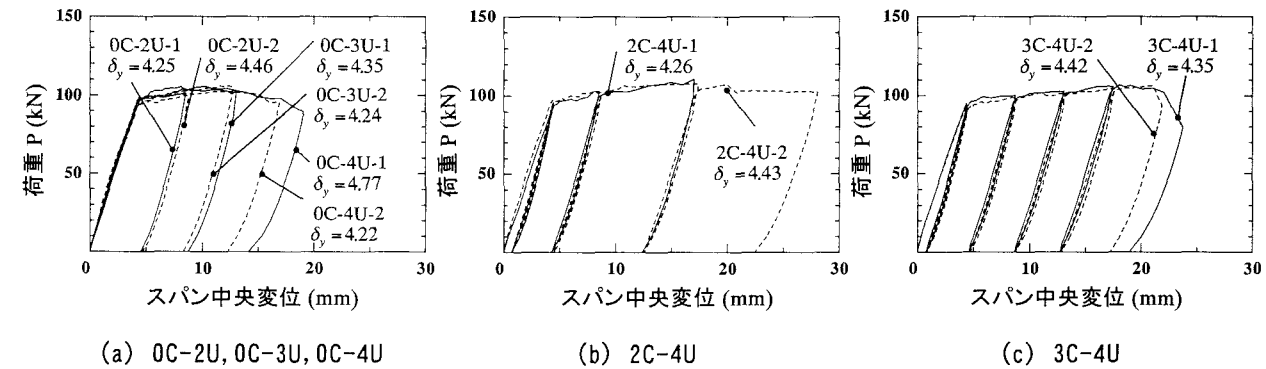


図-2 荷重-変位関係 (20MPa シリーズ)

残留ひび割れ幅の計測は、精度上の問題を回避するために、デジタル画像処理を用いて行った。ひび割れを含む約 30mm×25mm の領域を 3056×2296 画素で撮影し、画像処理には、(株)ニコンシステム社製の GS-1 Ver. 6.0<sup>1)</sup>を使用することで、約 1/100mm 精度でひび割れ幅を評価している。微細なひび割れについては、中村らの報告<sup>2)</sup>を参考に、2 値化のしきい値を 120 とした。

### 3. 実験結果および考察

図-3 にエネルギー吸収量と残留ひび割れ幅の関係、図-4 に除荷変位と残留ひび割れ幅の関係を示す。なお、エネルギー吸収量と除荷変位は、それぞれ各供試体の降伏点までに吸収されたひずみエネルギー  $E_y$ 、降伏変位  $\delta_y$  で無次元化している。また、残留ひび割れ幅は、全てのひび割れの引張縁におけるひび割れ幅の合計値を等曲げ区間内、全スパン内に発生したひび割れ幅に分けて評価している。等曲げ区間に発生したひび割れ幅は、塑性ヒンジ領域に発生したひび割れをイメージしている。

図-3 と図-4 より、エネルギー吸収量および除荷変位と残留ひび割れ幅の間には相関性がみられる。両図からは、コンクリート強度の高い 40MPa の方が、残留ひび割れ幅が小さいことがわかる。また、図-4 で等曲げ区間内の残留ひび割れ幅と全スパン内の残留ひび割れ幅を比較すると、全スパン内の残留ひび割れ幅を考慮した方が、除荷変位との相関性が高く、損傷指標となりうる残留ひび割れ幅は、特に変形が大きい場合には、部分的に発生したひび割れ幅では不十分であり、部材内全ての残留ひび割れ幅を損傷指標とした方が良いと考えられる。また、図-3、図-4 より、本実験のような片側の繰返し載荷は、残留ひび割れ幅にあまり影響を及ぼさないが、変形が増加すると残留ひび割れ幅は加速度的に増加する傾向が見られる。これには、主鉄筋の降伏による剛性の低下や、主鉄筋とコンクリート間の付着力の低下が影響を及ぼしているものと考えられる。

### 4. 終わりに

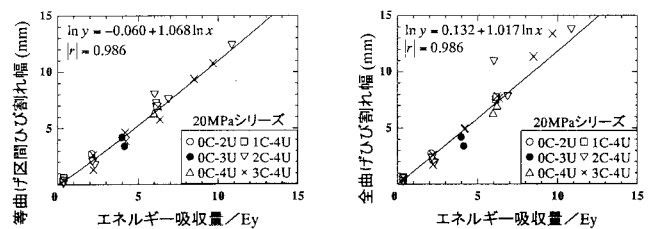
本研究では、2 種類のコンクリート強度および異なる載荷履歴を実験変数とした曲げ破壊する RC はり部材の載荷実験で、残留ひび割れ幅を計測することにより、残留ひび割れ幅が損傷指標となりうるかの検討を行った。その結果、除荷変位と残留ひび割れ幅の間には相関性が認められることから、残留ひび割れ幅は損傷指標として有用と考えられる。ただし、除荷変位と残留ひび割れの相関関係は、残留ひび割れ幅を全スパン内のものとした方が良い結果が得られた。また、本実験のような片側の繰返し載荷は、残留ひび割れ幅にあまり影響を及ぼさず、残留ひび割れ幅は、変形の増加とともに加速度的に増加する傾向がある。

今後は、供試体寸法や、実際の地震時の載荷履歴を模擬して同様の検討を行う必要がある。

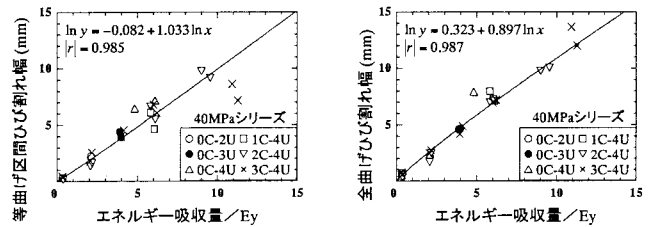
謝 辞 本研究は、(財)中部電力基礎技術研究所の助成、平成 16 年度土木学会中部支部調査研究委員会ワークショップの助成を受けており、ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 小出他：デジタル画像によるコンクリート構造物ひび割れ認識アルゴリズムの開発，土木学会第 55 回年次学術講演会，pp.618-619，2000
- 2) 中村隆大・田嶋和樹・白井伸明：曲げ破壊する RC 梁部材のひび割れ計測結果に基づく損傷評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.2，pp.325-330，2005

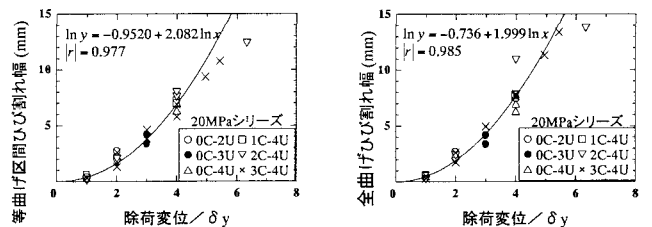


(a) 20MPa シリーズ

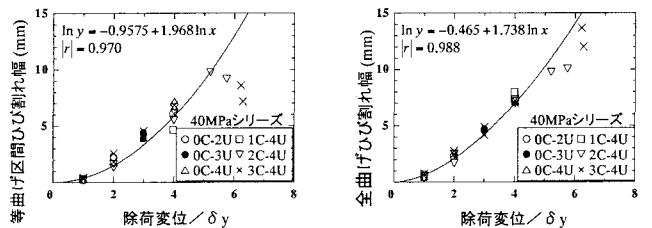


(b) 40MPa シリーズ

図-3 エネルギー吸収量と残留ひび割れ幅の関係



(a) 20MPa シリーズ



(b) 40MPa シリーズ

図-4 除荷変位と残留ひび割れ幅の関係