

曲げひび割れ及びせん断ひび割れの進展による RC 部材の振動特性変化について

(一財) 電力中央研究所 正会員 ○永田聖二, 正会員 宮川義範, 正会員 金澤健司

1. はじめに

大地震後の復旧活動を迅速にするため、構造物の健全性診断の高度化に関する研究が各所で進められている。RC 構造への適用が有力視される手法の一つに振動特性変化に着目した診断¹⁾があるが、その実用化に向けては、健全/非健全などの閾値設定が課題となっている。閾値的確な設定には、様々な損傷形態における振動特性変化の実験的解明が不可欠であるが、これに資する基礎データが現状では不足している。本研究では、せん断補強筋量が異なる RC 部材の損傷進展と振動特性変化について実験的に検討した。

2. 供試体諸元及び実験方法

供試体は表 1 の 3 体あり、いずれも同一形状 (図 1 参照) を有する。これらは、既往の RC 地中構造物の地震損傷評価に関する研究²⁾で用いられたボックスカルバート隔壁とほぼ同一仕様である。ハンチを含まない RC 部材の高さは 1.2m, 幅は 0.4m, 奥行は 0.8m である。せん断補強筋量は No.1~3 の順に高くしているため、耐力比 (せん断/曲げ) は No.1~3 の順で高くなっている。繰返し载荷でのセットアップを図 2 に示す。2 本の鉛直アクチュエータは、頂部の回転を抑制しながら鉛直軸力が一定となるように制御され、水平アクチュエータは、部材の変形角が漸増するように制御されている。自由振動試験の概要を図 3 に示す。载荷実験における未载荷時、除荷時にプラスチックハンマーの打撃により上下端固定で部材中央が腹となる自由振動を励起させ、部材中央の加速度データのパワースペクトルから卓越振動数を読み取ることで各損傷レベルの固有振動数を推定した。

3. 繰返し载荷実験に基づく損傷状況

部材の損傷 (変形角 -1.5%), 荷重-変位曲線を図 4, 図 5 に示す。No.1, 2 は変形角 -1.5%, -2.5% の载荷で著しい斜めひび割れが生じるとともに急激な耐力低下を生じたことから、せん断破壊に至ったと判断できる。一方, No.3 では変形角 -3% の時でも斜めひび割れが生じず履歴も安定している。図 6 には、後述の固有振動数低下との比較のため、除荷時の接線剛性を図示した。

表 1 実験供試体の諸元

供試体 No.	単位	No. 1	No. 2	No. 3
コンクリート圧縮強度	MPa	34.5	34.9	36.3
コンクリートヤング係数	GPa	30.5	30.2	29.7
軸方向鉄筋比	%	0.57	0.57	0.57
軸方向鉄筋降伏点強度	MPa	369	369	369
せん断補強筋比	%	0	0.16	0.32
せん断補強筋間隔	mm	-	200	100
せん断補強筋降伏点強度	MPa	390	390	390
軸力比	%	4.35	4.30	4.13
耐力比 (曲げ/せん断)	-	0.67	0.99	1.32

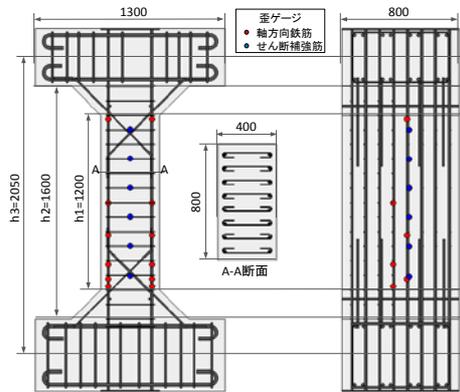


図 1 供試体 No.3 (単位:mm)

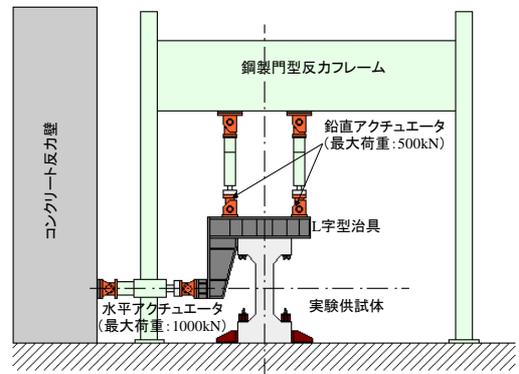


図 2 繰返し载荷実験の载荷装置

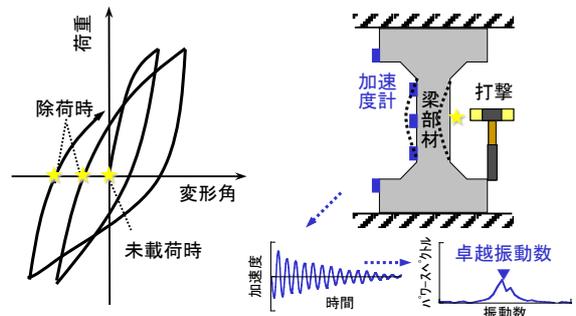


図 3 ハンマリングによる自由振動試験

4. 自由振動試験に基づく振動特性変化

図7は繰返し載荷実験による経験変形角と自由振動試験による一次固有振動数の関係である。ここで、後述するように複数の共振ピークが出現した場合には最も低次のものをプロットしている。これらによると、変形角が同程度であれば固有振動数も全体的に同等となっており、せん断補強筋量による一次固有振動数低下傾向の違いは見られない。3体とも未載荷時に約420Hzであった固有振動数が変形角0.2%~0.7%の繰返し載荷によって約400Hzまで緩やかに低下し、変形角1%以降は急激に低下した。軸鉄筋の歪計測によると、いずれも変形角1%の載荷から急激に塑性歪が発生しており、固有振動数の急激な低下とよく対応している。これは、固有振動数低下から軸鉄筋の塑性化を診断できる可能性を示している。一方、前出の荷重-変位曲線による接線剛性の低下(図6)と比較すると、載荷に伴って低下する点は共通しているが、剛性低下は、いずれの供試体も変形角1%までが顕著であり、この点は固有振動数低下の傾向とは必ずしも一致していない。このような相違の原因については更なる分析が必要である。

図8には、せん断ひび割れの有無が振動特性に与える影響を調べるため、No.1, No.2の経験変形角-1.5%の時に得られた振動データのパワースペクトルを例示している。これによると、せん断ひび割れがまだ発生していないNo.2では、共振ピークが一つであるが、せん断破壊したNo.1では高振動数側にもう一つのピーク出現した。ここには示していないが、No.2でもせん断ひび割れ発生後には複数のピークが現れる結果となっている。このような現象が必然であれば、せん断ひび割れ発生の評価に資するため、今後振動モード同定等に基づいて詳細な分析を行う必要がある。

5. まとめ

本稿では、RC部材の曲げひび割れ及びせん断ひび割れの進展による振動特性変化に関する実験結果を示した。今後は、更なる詳細分析とともに数値解析による現象再現を行う予定である。なお、本研究は平成23年度土木学会吉田研究奨励賞の授与された研究計画に基づくものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 永田聖二 他：常時微動モニタリングに基づく実大RC橋脚試験体の地震損傷評価，構造工学論文集 Vol. 56A, pp. 49-59, 2010.
- 2) 宮川義範 他：鉄筋コンクリート製地中構造物の地震による損傷の評価，電力中央研究所研究報告 N11005, 2011.

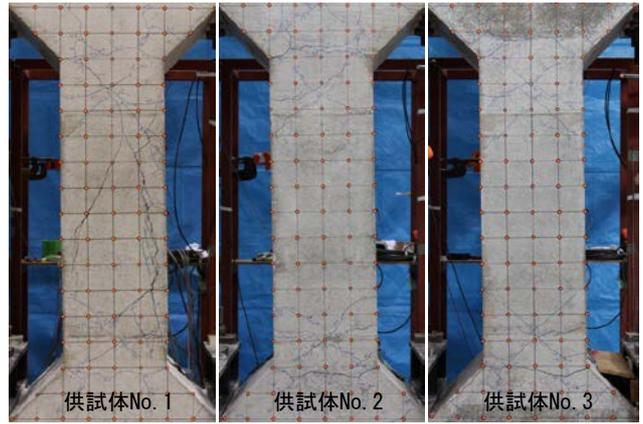


図4 目標変形角-1.5%の時の損傷状況

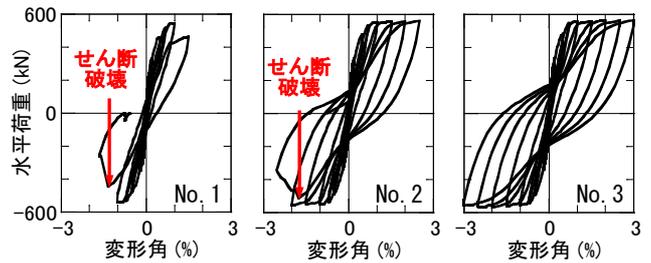


図5 水平荷重 - 変形角の関係

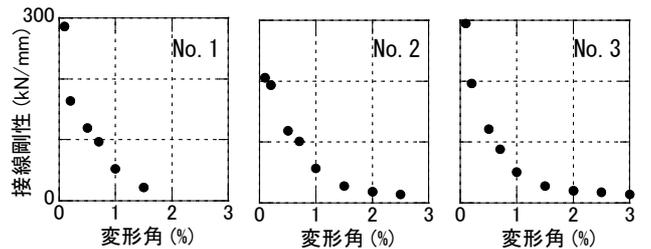


図6 除荷時の接線剛性と経験変形角の関係

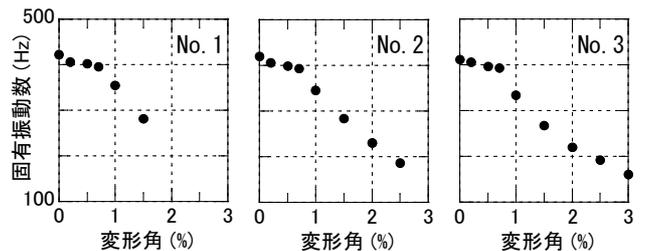


図7 固有振動数と経験変形角の関係

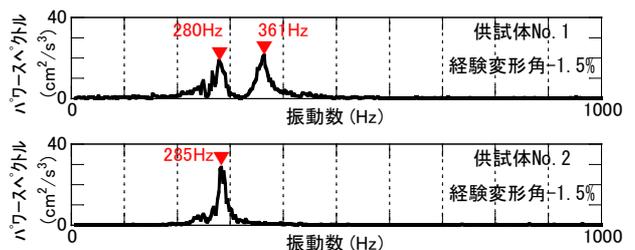


図8 せん断ひび割れ発生による振動特性変化