

超音波法を用いたRC柱の損傷度評価に関する基礎的研究

清水建設（株） 正会員 滝本 和志
 東海旅客鉄道（株） 正会員 稲熊 弘
 ジェイアール東海コンサルタンツ（株） 青柳 幸穂

1. はじめに

地震被害を受けたRC構造物の損傷状態を判定する上で、ひび割れの発生状況は最も有益な情報である。しかし、レベル1地震動を少し越える程度の地震では、残留ひび割れ幅が非常に狭いか閉じてしまっており、地震後の目視調査から構造物の損傷状態を正しく判定することは難しい。本研究では、RC柱の正負交番荷重実験の比較的損傷が小さな段階において、超音波法による非破壊試験を実施し、超音波の伝播特性とRC柱の損傷度との関係について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

試験体は、35年以上供用された鉄道RCラーメン高架橋から切り出したスラブ付きの柱を上下逆さまにしたもので、柱断面が600mm×600mm、柱端部から載荷点までの距離が2950mmであった。載荷方法は、計算降伏荷重の75%の予備荷重と降伏変位（ y ）の整数倍の変位での交番荷重で、繰り返し回数は各1回とした。図-1に履歴曲線を示す。2 y で最大荷重を示し、5 y まではほぼ最大荷重を保持していた。5 y 荷重のループの最終段階で主鉄筋が座屈して急激に荷重が低下した。

載荷前の状態において、試験体には柱端部から2D（D：柱断面の高さ）の範囲に水平方向のひび割れが発生していた。3 y 荷重後には4Dの高さまでひび割れの範囲が広がり、4 y 荷重時には基部のかぶりコンクリートの一部が圧壊・剥落した。なお、1 y 荷重の段階までは、荷重を0に戻した場合、変位ピーク時に観察されたひび割れがほとんど閉じてしまい、ひび割れと認識できないものが多数確認された。

3. 計測方法

非破壊試験は、地震後の調査を想定して荷重が0の状態で行った（図-1参照）。図-2に発振子および受振子の取付位置を示す。損傷は柱端部に集中することが予想されたので、発振子は載荷直角面の柱端部から100mmの高さ（A1、B1）に取り付けた。曲げひび割れを横切る波を計測するために、受振子は柱の相対する位置か

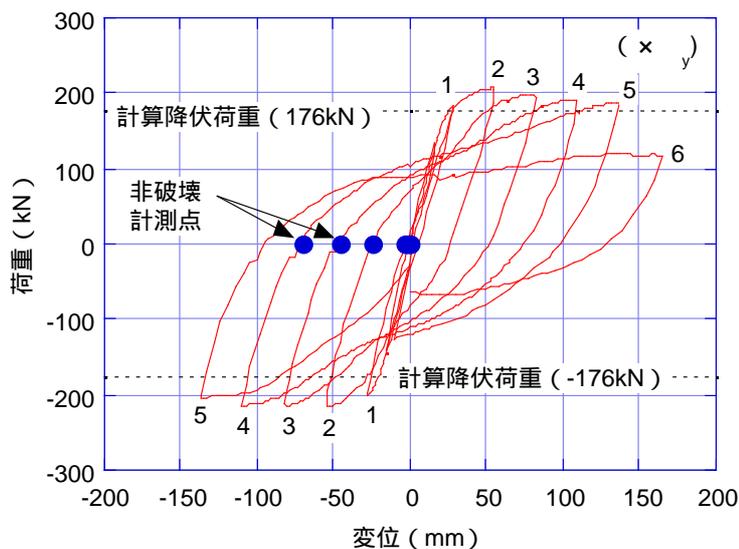


図-1 履歴曲線

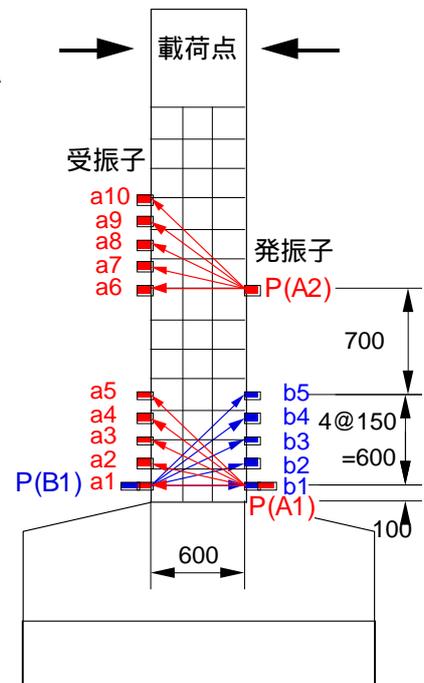


図-2 非破壊試験計測位置

キーワード：超音波法、非破壊試験、RC柱、交番荷重、損傷度評価

〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03(3820)5533 FAX 03(3820)5959

ら150mmピッチで5点取り付けました。比較のために、損傷の小さい柱上部（A2）での計測も一部実施した。発振子および受振子ともに、60kHzに共振点を持つAEセンサーを用いた。かぶりコンクリートが圧壊、剥落したため、非破壊試験は4_y 荷重終了時までとした。

4. 計測結果と考察

計測波の最大振幅と振幅の2乗和（サンプリング周波数：4 MHz、サンプル数：3072）を評価指標として損傷度評価を行った。図-3にB1位置での最大振幅の低下度合いを、図-4に同じくB1位置での振幅の2乗和の低下度合いを示す。縦軸は、荷重試験前の初期値に対する比率である。同時に実施した衝撃振動試験で求めた固有振動数の比率もあわせて示す。最大振幅は、2_y 荷重後に初期値の約50%まで低下しているものの、その後は横ばい状態になっている。固有振動数の低下度合いは、最大振幅の動きによく似ている。振幅の2乗和の場合、予備荷重の段階から大きく低下し、2_y 荷重以降は、初期値の10%以下にまで低下している。予備荷重において、水平方向のb1はあまり低下していないのに対して、斜め方向の比率はかなり低下している。このように、軽微な損傷程度であっても初期状態がわかっているれば、損傷の有無を判断することができる。

同一部材内において、損傷が予想される部位と健全な部位のデータを比較することで、初期値がわからない場合においても、損傷状態を評価することを試みた。図-5に柱上部と柱端部の比較を示す。初期状態における、A2位置での振幅の2乗和に対するA1、B1位置での比率を示す。初期状態において既に、柱端部の値は、柱上部の半分以下となっている。また、水平方向の波（a1、b1）に対して、斜め方向の波の比率が小さくなる傾向が見られる。この試験体は、35年以上供用された実構造物を切り出した試験体であり、荷重前に柱端部から2Dの範囲にひび割れが発生していたことなどからも、軽微な損傷は受けていたものと判断できる。

図-6に4_y 荷重終了時のひび割れ展開図を示す。この段階では、A2位置にも多数のひび割れが発生しており、柱上部においてもほとんど波が伝わっていない。

5. まとめ

ひび割れが閉じてしまうような軽微な損傷状態においても、超音波法による非破壊試験によって、損傷状態を計測することができた。今後は、初期状態が不明な場合においても、損傷部分を考慮して計測位置を決定することで、損傷の有無を把握できるように、さらに、計測データを蓄積していく予定である。

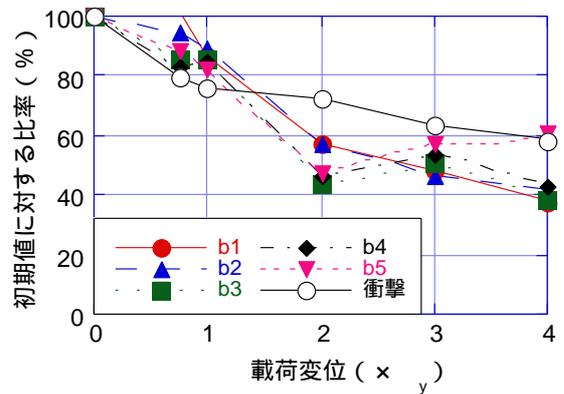


図-3 最大振幅の低下度合い

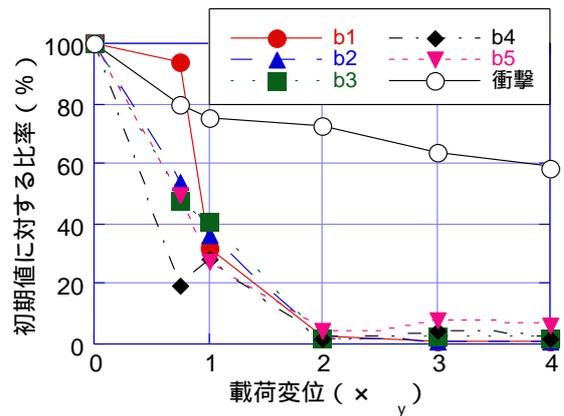


図-4 振幅の2乗和の低下度合い

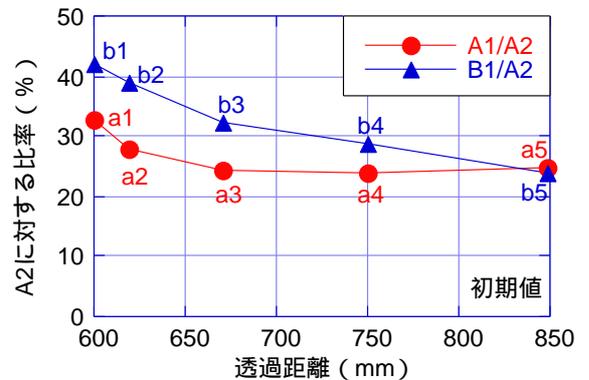


図-5 計測位置の影響（振幅の2乗和）

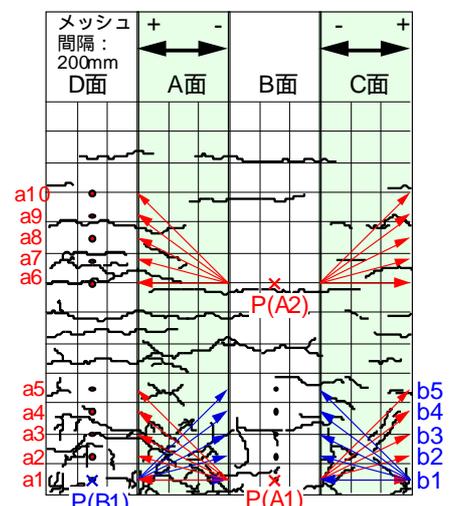


図-6 ひび割れ図