

I - B 450

損傷RC橋脚模型の打撃による振動特性と損傷評価

北見工業大学 正員 山崎智之 北見工業大学 学生員 太田雅仁
 太平洋総合C. 正員 工藤英雄 北見工業大学 学生員 大島俊之
 北見工業大学 正員 三上修一

1. まえがき

近年、橋梁構造物は地震などによる被害や経年劣化による耐久性の低下などから、補修・補強あるいは架け替えが行われている。特に 1995 年に起きた兵庫県南部地震以降の新耐震基準に対応させるために橋脚の補強工事が盛んに行われている。これらの補修・補強工事を行う上で、その構造物の損傷程度、耐久性を的確に評価することが重要である。また補強後の耐久性などを調べることも非常に重要であると考えられる。

本研究ではRC橋脚の損傷度を評価するため基礎的実験としてRC橋脚模型供試体を用いて、供試体に損傷を与えた後衝撃による振動試験および打撃弾性波測定を行い、振動特性の変化や弾性波エコーから損傷程度の評価を行った。また損傷箇所の判定を明確にするため弾性波測定のシミュレーションとして加速度応答計算を行った。

2. 実験の概要

RC橋脚供試体の形状は図1のように供試体断面が30×30cmで高さ100cm、供試体基部にフーチング(60×60×40cm)を設けている。供試体の種類は表1に示すように鉄筋の配筋および鋼板巻立てにより7種類の供試体を製作し、供試体番号を1～7としている。この供試体の内鋼板を巻付けたものは供試体番号3, 5, 6, 7で、3, 5は供試体損傷後に巻付けたもの、6, 7は健全な状態で巻付けたものであり、以後鋼板を巻付けた供試体の番号は○印で囲むこととする。ただし鋼板とフーチングは結合させず切り離れた状態である。供試体に使用した材料は鉄筋:SD295A、コンクリート強度:31MPa、巻立て用鋼板:厚さ3mm(SS400)、鋼板接着はエポキシ樹脂で行った。

実験方法の詳細については参考文献を参照していただき、ここでは実験手法の概略について説明する。実験は始めに供試体に損傷を加えるため静的交番載荷試験を行った。ここでは橋脚の上載荷重を想定して供試体軸方向に1.47MPaとなる軸荷重を載荷した状態で曲げ載荷した。交番載荷の正負載荷は荷重が10KN増加する毎に供試体のA面及びB面から交互に載荷することとし、この同じ荷重の正負載荷を1サイクルとして各荷重段階とした。この載荷試験では5KN毎に供試体の水平変位および鉄筋のひずみの測定も行った。

振動試験は振り子状にした重りを供試体頂部側面(載荷面A)に衝突させ衝撃加振し、減衰自由振動させて加速度および変位の測定を行った。

また打撃弾性波エコー測定は供試体上面を軽くたたき超音波センサーで入力弾性波とクラックなどからの弾性波エコーを受信した。測定は5回の波形集録を行い、5回の波形を重ね合わせ反射波を確認しやすくした。この受信エコーのサンプリング間隔は0.2msecである。このコンクリート中を伝播する弾性波速度は供試体4で実測した結果約3400m/secであった。これらの試験は交番載荷試験の各サイクルで行っている。

表1 供試体種類

供試体 番号	引張鉄筋量 本数 p(%)	常鉄筋量 本数 p(%)	鋼板 巻き付け
1	4D13 (0.68)	7D10 (0.32)	なし
2	6D16 (1.59)	7D10 (0.32)	なし
3, ③	4D13 (0.68)	4D10 (0.16)	なし、あり
4	6D16 (1.59)	4D10 (0.16)	なし
5, ⑤	6D19 (2.29)	0	なし、あり
⑥	4D13 (0.68)	4D10 (0.16)	あり
⑦	6D19 (2.29)	0	あり

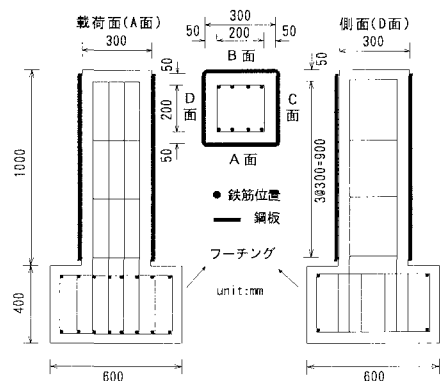


図1 RC供試体

Key Words: 卓越振動数、履歴吸収エネルギー、弾性波エコー、損傷評価

連絡先: 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学 TEL 0157-26-9485 FAX 0157-23-9408

3. 振動試験による振動特性

荷重試験におけるRC供試体の損傷はコンクリート表面にクラックは生じているが剥離はなく、引張鉄筋の最大ひずみが $1500 \sim 1800 \times 10^{-6}$ で降伏域に達した程度である（鋼板巻立て供試体は 1000×10^{-6} 程度）。本研究では荷重-変位履歴曲線が囲む面積（履歴吸収エネルギー）をパラメータとして振動試験による振動特性変化を調べた。図2に振動試験の加速度測定から得られた卓越振動数を縦軸に、累積吸収エネルギーを横軸に表したグラフを示す。この図から全体的に損傷が大きくなると振動数が低くなる傾向にある。供試体1と4を比較すると供試体1の振動数の低下量が大きいことから、供試体4よりも供試体1の損傷が大きいことがわかる。初期の振動数はほぼ同程度であるが累積吸収エネルギーが増加すると振動数の変化量が大きくなるのは、供試体1は4よりも引張鉄筋量が少なく早期にひび割れが発生し剛性が低下したためと考えられる。しかし鋼板を巻いた供試体③⑤⑥⑦では引張鉄筋量の違いや鋼板を巻く以前の損傷の有無には関係なくほぼ同じ傾向で振動数が低下している。これは橋脚基部に損傷（クラック）が集中し、本実験での損傷のさせ方では損傷度が同じになったためと考えられる。

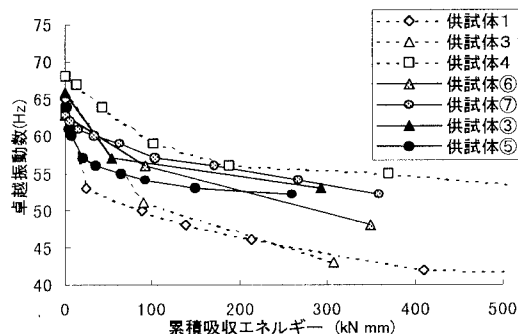


図2 卓越振動数と累積吸収エネルギー

4. 打撃弾性波エコー測定による損傷判定とシミュレーション

図4に打撃弾性波エコー波形の測定結果を示す。図4のエコー波形は供試体4のB面側で測定したもので、0および5cycle時の波形である。このエコー波形から0cycle時には見られなかったエコーが5cycleにおいて0.4msecおよび0.51msec付近に見られる。弾性波速度から逆算すると打撃点から0.68mおよび0.87m離れた位置のエコーであり、目視により確認したクラックの位置（図3）とほぼ一致する。次に弾性波エコーによる損傷位置の判定ををより明確にするため、汎用構造解析プログラム（MARC）を用いて弾性波の伝播を計算した。モデルは図5に示すものとし、要素タイプは平面ひずみ要素とした。境界条件は橋脚基部を完全固定とした。また中央にはクラック損傷をモデル化したスリットを設けている。衝撃力の入射位置及び観測位置を橋脚の頂部として、各節点の応答加速度を計算し弾性波の伝播状況を表現した。結果の応答波形は図6に示す。図4のエコー波形と比較すると0.45~0.65msec付近に（図中A,B付近）よく似たエコーパターンが現れており、ほぼ損傷位置が同じであることが確認できる。

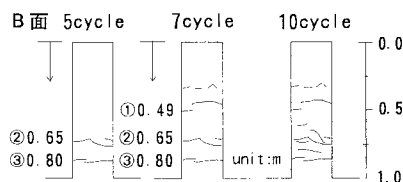


図3 損傷状況（供試体4）

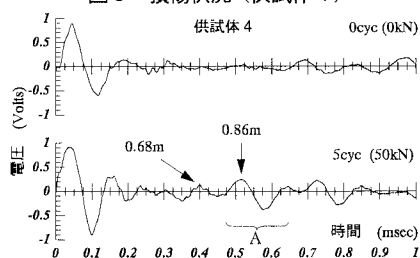


図4 エコー波形

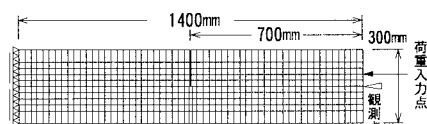


図5 計算モデル

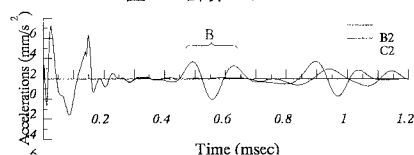


図6 応答加速度波形

5. あとがき

本研究では明確に損傷の程度を表すに至っていない。今後弾性波エコーと振動特性変化の関連付けやシミュレーションとの比較から評価することが必要と考えられる。最後に本研究の実験、解析に当たり中央コンサルタンツ(株)本田宣之氏、川田工業(株)久保田和徳氏には多大なご助力をいただきました。ここに感謝の意を表します。なお、本研究は平成9年度文部省科学研究費基盤研究(C)の補助を受けて実施した研究の一部をまとめたものである。

【参考文献】

- 1) 太田、大島、他3名：打撃法による損傷RC橋脚の健全度診断と損傷評価、橋梁振動コロキウム'97 論文集、pp. 233-238、1997. 10