

V-605 各種非破壊検査を利用した鉄筋コンクリート梁の総合劣化診断

パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 増田克洋
 芝浦工業大学 正会員 矢島哲司
 東京大学生産技術研究所 F会員 魚本健人

1. はじめに

コンクリート構造物は一般にメンテナンフリーとして考えられ、50年以上は耐えられるものとされてきた。しかし、通行車両重量の増加、過積載車両の通行などの荷重条件の変化に代表される物理的劣化、アルカリ骨材反応や中性化などの化学的劣化が問題となっている。これらの劣化要因によって損傷を被る構造物に対して検査を行う手法の一つとして非破壊検査が利用されている。非破壊検査は検査項目によって様々な種類が存在し、それぞれで検査項目に対しての研究は行われている。しかし、このような手法はある劣化時期を測定するものとして利用されることが数多く見受けられる。そこで、本研究では各種非破壊検査を疲労損傷を受ける構造物に対して利用し、ある劣化状態でどのような非破壊検査結果が得られるのかを把握し、各種非破壊検査間の関係はどのようなになっているのかを求めることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体

本実験で使用した供試体を図-1に示す。供試体は15×20×250cmの複鉄筋長方形断面の鉄筋コンクリート梁を使用した。載荷点の位置は曲げ区間を60cmとして設定し、この時のせん断スパン比は4.69である。この供試体の、静的載荷時の降伏変位は約8mm、降伏荷重は3.51tである。

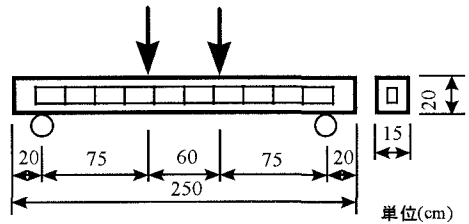


図-1 供試体寸法

表-1 載荷条件

制御方法	荷重制御
載荷速度	0.2Hz
波形	Sin波

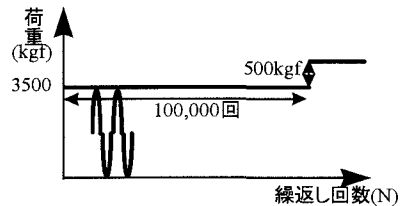


図-2 載荷パターン1

2.2 載荷方法

本実験では鉄筋コンクリート梁を道路構造物部材として仮定し、片振り繰返し載荷を行った。この時の載荷条件を表-1に示す。載荷パターン1は降伏荷重以下の荷重(3.5t)で繰返し載荷を約10万回行った(図-2)。この時、各種非破壊検査はある繰返し回数毎に行い、繰返しによる劣化を各種非破壊検査で測定した。載荷パターン2はある荷重で1000回の繰返し載荷を行った後、載荷を一時中断し各種非破壊検査を行い、その後荷重を500kg増加させ再び繰返し載荷を行った(図-3)。

2.3 非破壊検査と試験方法

(1) 打音法

打撃音共振周波数スペクトルの測定を縦波共振とたわみ共振の2種類で行った。打撃位置とマイク位置を図-4に示す。

(2) 超音波法

供試体軸方向超音波伝播速度の測定を行った。

(3) アコースティック・エミッション(AE)法

AEセンサーはひび割れが生じた場合落下するおそれがあるので、圧縮側に設置しAEの測定を行った。計測パラメーター

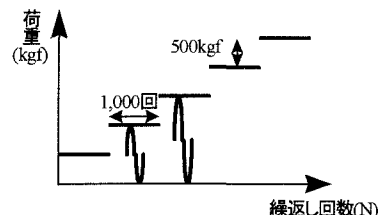


図-3 載荷パターン2

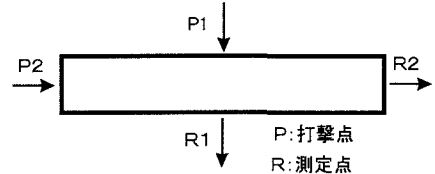


図-4 打音測定位置

としてイベント数、エネルギーを採用した。

3. 結果と考察

(1) 載荷パターン1

図-5 に各種非破壊検査結果を示す。この図は載荷前の値を基準として疲労損傷中に各種非破壊検査結果がどれだけ低下したのかを低下率で示し、繰返し回数との関係で示したものである。繰返し回数が 1000 回で軸方向超音波伝播速度は約 30% の低下を示し、たわみ共振、縦波共振の卓越周波数は約 20% の低下を示した。その後は一定となり、繰返し回数が 10 万回に達した時点で鉄筋コンクリート梁は破壊したが、その時点で超音波法、打音法ともに急激に低下していることがわかる。また、AE エネルギーは最初の 1000 回で大量に発生し、その後は微少の発生にとどまり、破壊時に再び大量に発生していることがわかる。

(2) 載荷パターン2

図-5 と同様に各種非破壊検査結果の低下率を示したものを図-6 に示す。打音法の結果は縦波共振、たわみ共振によって得られた卓越周波数が繰返し回数が 3000 回までに初期値に対して約 10~20% の低下を示し、繰返し回数が 8000 回以降に 40% の低下をしている。これらは、梁の剛性の低下、ひび割れの大きさが影響しているものと考えられる。軸方向超音波伝播速度の測定結果は繰返し回数が 2000 回までに約 30% の低下をし、その後繰返し回数が 8000 回を越えた時点で大きく低下し破壊時には初期値に対して約 90% 低下している。AE エネルギー量は繰返し回数が 4000 回まで増加し、その後 8000 回で再び急激に増加した。

(3) 劣化診断フロー

載荷パターン1と載荷パターン2の結果より、各種非破壊検査による劣化診断フローを図-7 に示す。載荷方法に違いがあるにも関わらず、劣化初期・中期までの各種非破壊検査結果は同様な結果となった。劣化初期は縦波共振が 10% 低下・軸方向伝播速度が 30% の低下を示すまでと考えられる。この後劣化は中期に進行しているものと考えられる。中期の間は、超音波伝播速度・打音卓越周波数・AE エネルギーがほぼ一定の値を示している。劣化中期から後期へ進行するときは伝播速度・卓越周波数が低下し、AE エネルギーは増加した。この時点で供試体は破壊時期が近いことが分かる。載荷パターン1では供試体が疲労破壊をしたため劣化中期から後期になる時期の測定はできず、破壊する兆候も見られなかった。載荷パターン2の供試体はコンクリートの圧壊で破壊したため、破壊時期が推定できるものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 各種非破壊検査を併用することで鉄筋コンクリート梁の劣化診断が可能である。
- 2) 各種非破壊検査には劣化を測定できる時期が存在する。
- 3) 鉄筋疲労による破壊は破壊時期の推定が困難であるが、コンクリートの圧壊では推定が可能である。

謝辞 本研究は東京大学生産技術研究所第5部魚本研究室で行ったものであり、本研究にあたり、ご協力いただいた職員、研究員の皆様ならびに千葉工業大学卒論生田中一充君に深く感謝いたします。

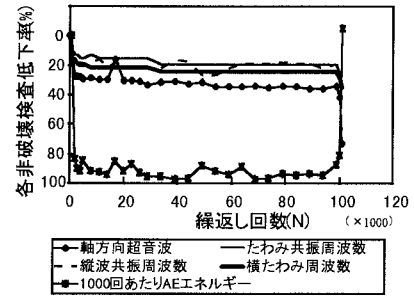


図-5 各種非破壊検査結果(載荷パターン1)

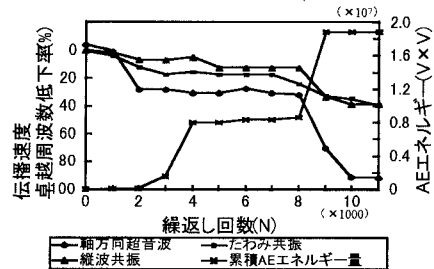


図-6 各種非破壊検査結果(載荷パターン2)

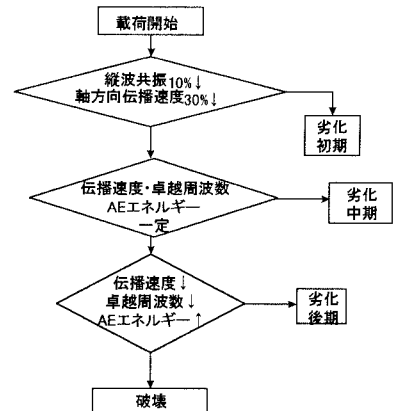


図-7 劣化診断フロー