

常時微動計・加速度計を用いた RC 梁の疲労特性評価に関する基礎的研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○豆田憲章

芝浦工業大学 正会員 勝木太 正会員 紺野克昭

東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男 フェロー会員 魚本健人

1.はじめに

土木学会コンクリート標準示方書『構造性能照査編』の梁部材損傷程度判定においては疲労過程と損傷進行予測が鉄筋の亀裂進行度およびマッー則による方法で求めるように示されているが、鉄筋コンクリート中の鉄筋亀裂のモニタリングは難しく、またマッー則においてもそれらの正確な判定が難しいため、実際の部材の疲労には損傷度の定量的な判定が十分確立されていないのが現状であろう。そこで本研究では非破壊検査である常時微動計および加速度計を用い固有振動数などを算出することにより、鉄筋コンクリート梁の疲労特性を把握することを目的とした。

2.実験概要

2-1 試験体断面諸元

試験体の断面諸元を図-1 に示す。使用したコンクリートの目標強度を 30N/mm^2 とし、引張側鉄筋 (SD295A) の降伏点、引張強度はそれぞれ 378N/mm^2 , 536N/mm^2 である。また、引張鉄筋比 (p_b) は 1.74%, せん断比 (a/d) は 4.27 である。試験体は打設後 7 日間湿潤養生を行い、以後は室内に静置した。

2-2 荷重方法および測定方法

荷重方法は図-1 に示すように $\phi 2100\text{mm}$ で荷重区間 800mm の 2 点荷重でおこなった。1 回目の静的荷重では試験体下縁における最大ひび割れ幅 0.3mm に達するまで漸増漸減で 3 サイクルまで静的に荷重を行った。その後、動的荷重 (ハバースイン波、荷重速度; 1Hz) をサーボハルターによる荷重制御で片振りによって行った。なお、動的荷重における最大荷重は、静的荷重を行った際の最大ひび割れ幅発生荷重 $P_{0.3}$ (以下 $P_{0.3}$ とする) とした。

測定項目は、荷重、変位、ひび割れ幅 (下縁・鉄筋位置)、ひずみ (鉄筋・コンクリート) 等であり、同時に図-2 に示すように鋼球による打音も常時微動計 (3 ヶ所) および加速度計により計測を行った。また同様に、動的荷重時による微動・

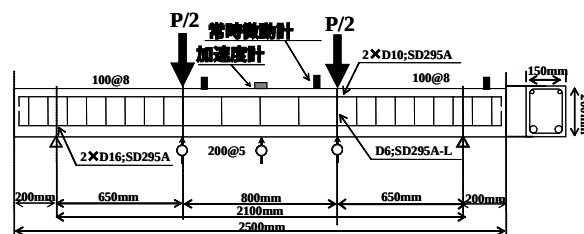


図-1 試験体断面諸元

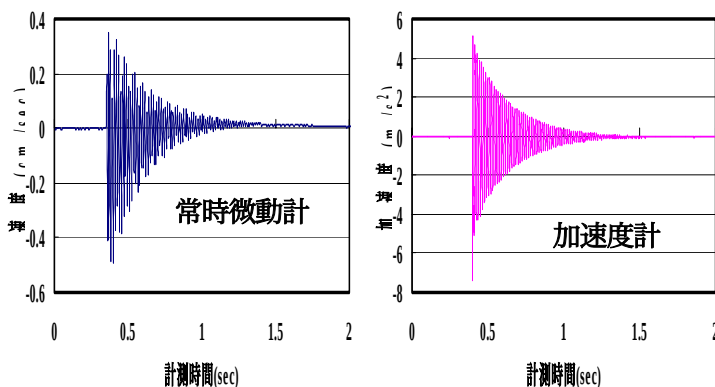


図-2 打音法によって計測された波形

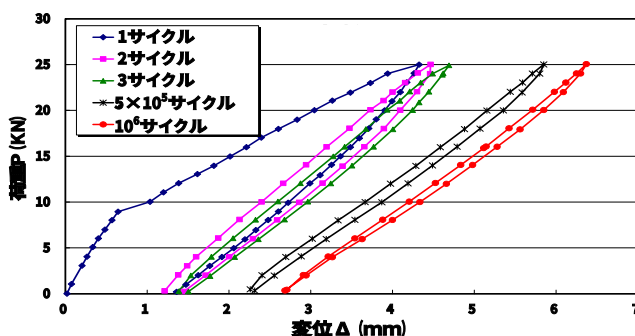


図-3 荷重-変位との関係

加速度波形を常時測定した。

3.実験結果と考察

3-1 繰り返し荷重回数と荷重-中央変位の関係

図-3 は試験体の 10^6 回までの荷重と変位の関係を示した一例である。繰り返し荷重回数が増加するにつれ最大変位および残留変位が増加したが、各サイクルの残留変位は 1 サイクルに比べ小さい。また $P_{0.3}$ は 25KN である。 10^6 サイクル終了後の変位が 1 サイクル終了後の変位から 2.04mm (約 2.0

キーワード 非破壊検査 常時微動計 加速度計 固有振動数 ひび割れ幅

〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 Tel 03-5476-3054

倍)増加し、残留変位は1.33mm(約1.5倍)増加している。
 なお、試験体は 10^6 回まで载荷を行ったが鉄筋破断等の破壊には至っていない。

3-2 非破壊検査による固有振動数の算出

図-4 は打音法により梁部材から常時微動計・加速度計から得られた波形(図-2)を高速フーリエ変換(FFT)したものである。図-4 から明らかなように打音法による常時微動計・加速度計ともに同一な固有振動数を示していることがわかる。なお、設置したいずれの常時微動計はほぼ同様の値を示した。

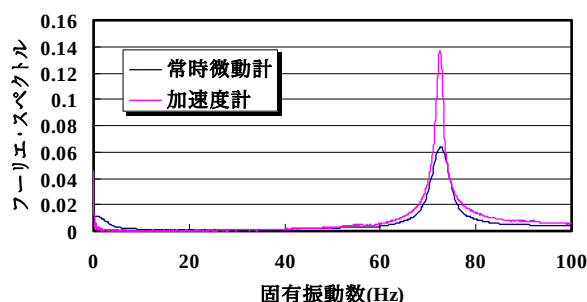


図-4FFT 変換後の波形

3-3 繰り返し载荷回数における固有振動数の変化

図-5 は载荷回数と打音法によって得られた固有振動数との関係を示した一例である。载荷回数の増加に伴い固有振動数は低下の傾向を示しており、1サイクル終了後の固有振動数(69.5Hz)は载荷前(72.5Hz)に比べ約10%程度低下し、また 10^6 サイクル終了時には56.9Hzと载荷前の約27%程度の低下が見られた。これは梁部材にひび割れが入ることにより剛性低下を生じたため(ひび割れ本数; 14本, 最大ひび割れ幅; 0.45mm)と考えられ、梁部材などのコンクリート構造物に対するひび割れ発生による影響が大きいことが分かる。

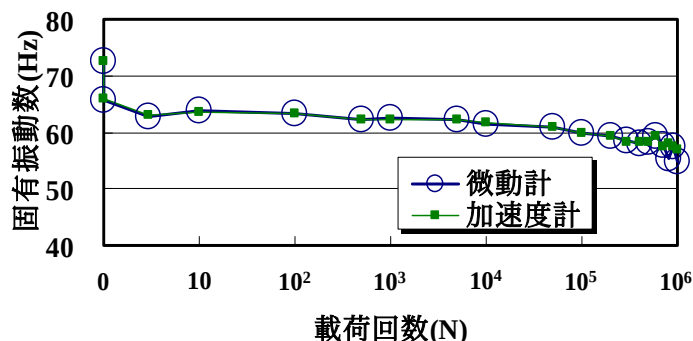


図-5 载荷回数と打音で得られた固有振動数との関係

3-4 固有振動数と変位との関係

図-6 は 10^6 回までの最大変位および除荷時の残留変位と打音法で得られた固有振動数と関係を示したものである。载荷回数の増加に伴い最大変位および残留変位はと

もに増加し、いずれとも固有振動数との相関性が見られ、特に最大変位においては相関係数0.9274と高い相関性があることが分かった。

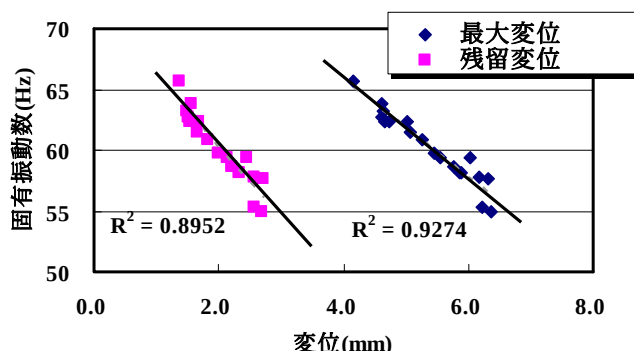


図-6 変位と打音による固有振動数との関係

3-5 固有振動数とひび割れ幅(平均・最大)との関係

図-7 は平均ひび割れ幅および最大ひび割れ幅と打音法で得られた固有振動数との関係を示したものである。平均ひび割れ幅と比べて最大ひび割れ幅のほうが高い相関性が見られることから、最大ひび割れ幅に着目することにより梁部材の損傷度評価の可能性があるとと言える。

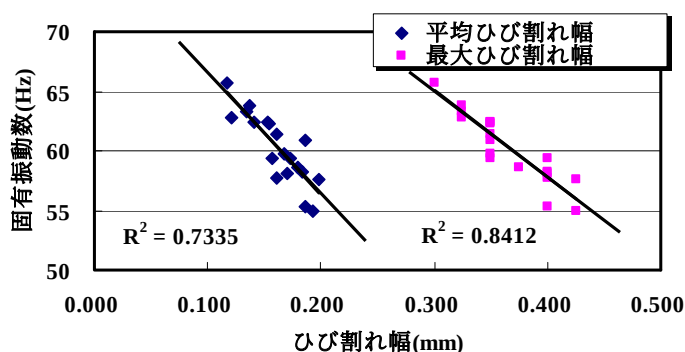


図-7 ひび割れ幅と打音による固有振動数との関係

4. まとめ

本研究の範囲内で以下のことが明らかになった。

1. 鋼球落下による打音法によって求められた固有振動数は常時微動計・加速度計とも、ほぼ同一な値を示した。
2. 1サイクル終了後での固有振動数は载荷前と比べ大きく低下し、ひび割れの発生が剛性低下と密接に関係していることがわかる。载荷回数の増加に伴い固有振動数は徐々に低下する。
3. 常時微動計・加速度計による固有振動数と実験による変位・ひび割れ幅の関係に相関がみられたことから、これらを用いた梁部材の損傷度評価の可能性が示された。

今後の課題としては、破壊時までの疲労特性についても検討が必要であろう。