

コンクリート構造物への非破壊検査の適用に関する基礎研究 (1)

—RC床版を用いた静的荷重損傷検出の比較—

Application of Non-Destructive Testing for Concrete Structures

—Comparison to Detect Damage by Static Load for RC Slab—

吉沢 勝*・西村 次男*・魚本 健人*・加藤 佳孝*
Masaru YOSHIZAWA, Tsugio NISHIMURA, Taketo UOMOTO and Yoshitaka KATO

1. はじめに

コンクリート構造物の点検業務において、非破壊検査の役割は非常に重要になってきている。現在、コンクリート構造物の点検は、主に構造物表面の目視観察によって行われており、非破壊検査はその補助的な役割として、より有用な情報を得るための手法として期待されている¹⁾。

コンクリート構造物に適用可能な非破壊検査は超音波、アコースティックエミッション (AE)、打音、熱赤外線等数多く提案されており、その手法や測定される項目は多種多様にわたっている。一方、非破壊検査を用いて行われる点検の目的も多岐にわたっており、その目的や構造物の劣化機構等によって適切な非破壊検査法を選択することが重要である。

しかしながら、現在までに個々の非破壊検査の適用範囲は各研究機関等により明らかにされているものの、その供試体の形状や寸法は様々であり、各種非破壊検査の比較を行い非破壊検査相互間の関係について検討を行った例は少なく²⁾、いまだ明確にはされていない。

そこで本研究では、コンクリート構造物の様々な劣化機構の中から疲労を取り上げ、鉄筋コンクリート床版供試体を用いて同一条件の下で各種非破壊検査を行い、非破壊検査相互間の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

実験には図1に示すような鋼I桁橋鉄筋コンクリート床版 (RC床版) を想定した供試体 (2000×1500×200mm) を用いた。供試体には表1に示すような配合条件のコンクリートを使用している。この供試体を用いて図2に示すような2種類の支点条件を用いて静的に徐々に荷重を増加させながら、ひび割れ損傷を進展させて試験をおこなった。

*東京大学生産技術研究所 第5部

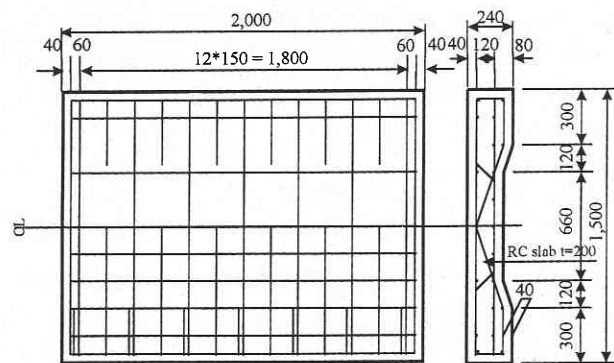


図1 RC床版供試体

表1 コンクリート配合条件

W/C (%)	s/a (%)	単位置 (kg/m ³)					最大粗骨材径 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G				
45.5	42.1	161	354	743	1047	25	10.0	4.7	

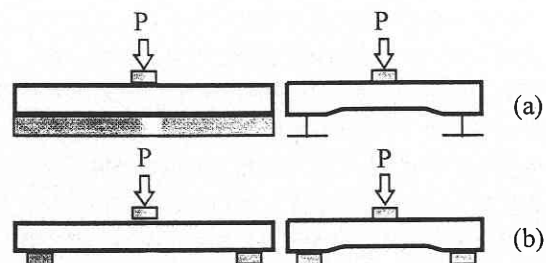


図2 荷重支点条件

(a) 二辺支持
(b) 四点支持

非破壊検査の測定は、載荷荷重100kN毎に一旦荷重を除荷した状態でおこなった。載荷荷重は載荷装置の最大荷重450kNまで載荷を行った。

また、本実験に適用した非破壊検査としては、土木学会

研究速報

表2 疲労に関する非破壊検査

非破壊検査	疲労	二辺支持	四点支持
目視検査	◎	●	●
応力測定	◎	●	●
超音波	○	●	●
打音	○	●	●
デジタルカメラ	◎	●	●
熱赤外線	○	●	●
アコースティック エミッション(AE)	○	●	●
レーダ	○	●	
X線		●	

◎: 有効
○: 参考
●: 使用検査法

「コンクリート構造物の維持管理指針(案)」¹⁾においてコンクリート構造物の疲労に対して有効または参考となるデータを得ることができるとされている表2に示すような非破壊検査を用いて行った。

3. 実験結果

3.1 二辺支持

支点条件を二辺支持として実験を行ったときの450kN 載荷後のRC床版下面のひび割れ状況の写真を図3に示す。ひび割れは中心部から放射状に広がっており、せん断ひび割れによって損傷が進展していることが分かる。

450kN 載荷後のデジタルスチルカメラをもちいたひび割れ損傷の撮影結果を図4に示す。図3は試験後にひび割れに沿ってマーキングを行った後のものであり、図4は試験中にマーキングをせずに撮影したものである。この結果、図4に示したデジタルカメラを用いた測定結果は画像の強調処理等による画像解析によってひび割れ幅0.1mm以上のひび割れを撮影することが可能であった。またこのとき、通常のカメラではひび割れの撮影が不可能であった。

つぎに超音波(表面伝播速度)、打音、AEエネルギーの初期値をそれぞれ100%としたときの、初期値からの低下率を図5に示す。いずれの結果も荷重の増加(ひびわれ損傷の進展)にともない低下していることがわかる。このとき、低下率の大きい順からAEエネルギー、超音波、打音の順となっている。しかし、AEエネルギーの測定にはセンサーの常時設置およびモニタリングが不可欠であり、超音波もモニタリングの必要こそないもののセンサーをコンクリート表面に直接接触させる必要がある。一方、打音はコンクリートの打撃によって発生する音を測定するだけで良いので、接触する必要はなく作業も短時間で終了する利点を有している。

また、熱赤外線画像によるひびわれ損傷や内部欠陥等は



図3 載荷後の供試体下面ひび割れ状況(二辺支持)

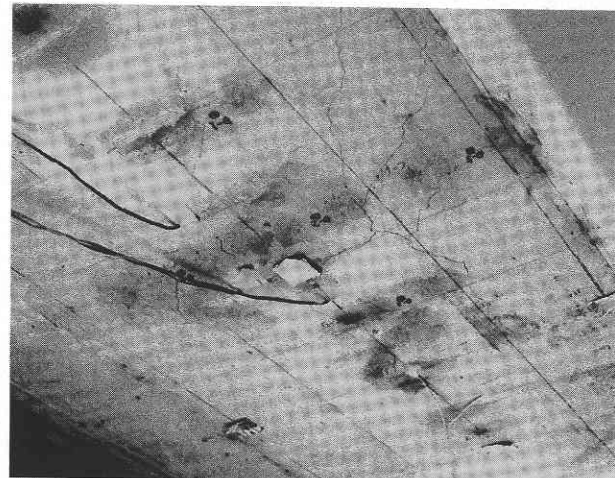


図4 デジタルスチルカメラによる撮影結果

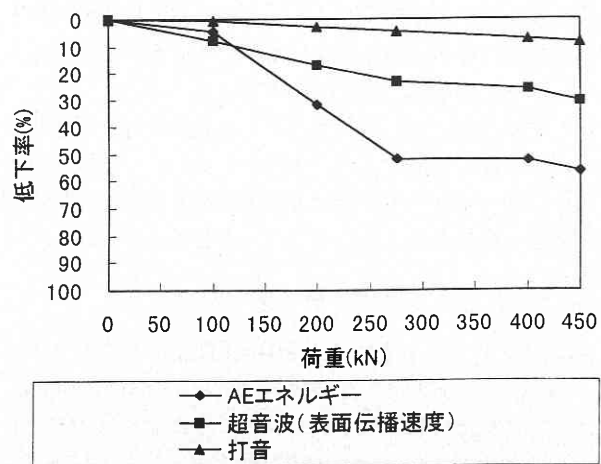


図5 各種非破壊検査の低下率

検出されず、レーダによる測定結果でも載荷前、載荷後に画像の変化は見られなかった。また、X線による測定結果においても損傷は検出されなかった。これらの理由としてはひび割れ幅が小さかったことがあげられる。また、熱赤外線画像に関しては静的載荷であったためにひび割れ部と健全部との温度差が生じにくかったこと、X線に関しては造影剤を使用しなかったこと等も理由として考えられる。

3.2 四点支持

支点条件を四点支持としたときの450kN 載荷後の RC 床版下面のひび割れ状況の写真を図6に示す。ひび割れは中心部から放射状に広がっており、せん断ひび割れによる損傷であることがわかる。また、中心部付近ではひび割れに切欠けが発生しており、図3に比べて図6の方がひび割れが進展していることがわかる。

超音波（透過法）と打音との測定による初期値からの低下率を図7に示す。この図から超音波（透過法）による測定結果は打音と同様の低下率を示すことが分かる。

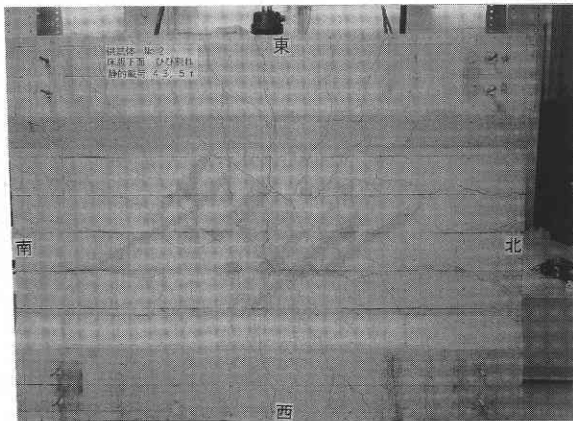


図6 載荷後の供試体下面ひび割れ状況 (四辺支持)

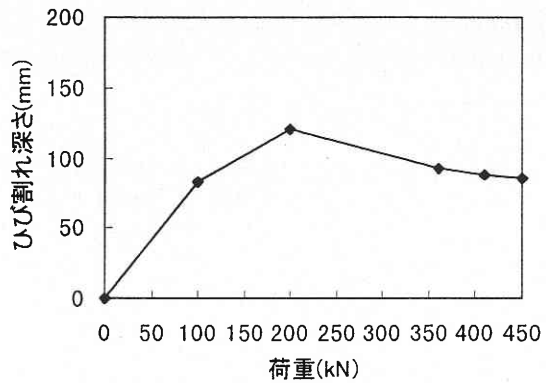


図8 ひび割れ深さの変化

つぎに、超音波を用いたひび割れ深さの測定結果を図8に示す。ひび割れ深さは載荷荷重200kNまで増加し、その後減少傾向を示している。これは、表面ひび割れの進展分散化によって一旦開いたひび割れが戻る傾向を示しているものと考えられる。

また、熱赤外線画像を用いた RC 床版下面の温度観察においては、ひび割れや内部欠陥の検出につながるような温度の変化はみられなかった。

4. ま と め

本研究では同一供試体を用いた同一条件下において各種非破壊検査を行い、非破壊検査相互間の関係を明かすることを目的として検討を行った。その結果次のような結果を得ることができた。

- (1) デジタルスチルカメラを用いたコンクリート表面のひび割れ観察は、撮影後の画像解析処理が可能のため、従来のカメラを用いた写真による観察よりもより小さなひび割れの観察が可能であった。
- (2) 超音波（表面伝播速度）、AEエネルギー、打音の測定結果のひび割れの進展に伴う低下率は、AEエネルギーが最も大きく、超音波（表面伝播速度）、打音の順であった。ただし、各非破壊検査によって作業条件が異なるため構造物の条件によって選択する必要があると考えられる。
- (3) 超音波（透過法）と打音の測定結果のひび割れの進展に伴う低下率は、同様の低下率であった。
- (4) 今回の実験における熱赤外線画像、レーダ、X線の測定結果からは、損傷を検出することができなかった。

今回の実験結果は静的載荷によってひび割れを進展させたものであり、疲労荷重によるひび割れ損傷の進展とは異なったために損傷検出ができない検査法があった。今後、

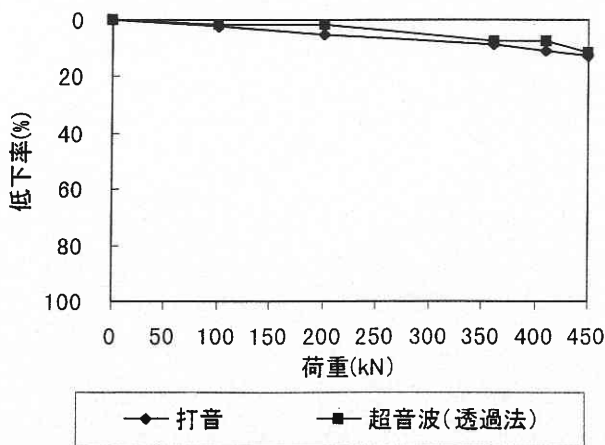


図7 各種非破壊検査の低下率

研究速報

動的載荷を行いこれらの方法についてさらに検討を行う必要があると考えられる。 (1997年1月16日受理)

2) M. Krause, et al.: Comparison of Pulse-Echo-Methods for Testing Concrete, International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) Proceedings, Vol. 1, pp.281-295, 1995.9.

参考文献

1) 土木学会：コンクリート構造物の維持管理指針（案），コンクリートライブラリー第81号，土木学会，1995.10.