

簡易な点検器を用いたコンクリート構造物の剥離探查性能について

J R東日本 東京工事事務所 正会員 高津 徹*1
 J R東日本 東京工事事務所 正会員 金田 淳*1
 J R東日本 東京工事事務所 正会員 鎌田則夫*1
 佐藤工業株式会社 正会員 伴 享*2

1. はじめに

近年、トンネルあるいは高架橋からのコンクリート片の剥落が相次いで発生し、様々な箇所でも問題となっている。こうしたコンクリート構造物の剥落事故は、施工不良に起因している場合が多く、建設時の品質管理や供用期間中の保守管理がますます重要となりつつある。このような中、コンクリート構造物の検査時に、検査ハンマー等を用いた打音検査を導入することが多くなってきている。

しかし、検査ハンマーなどの簡易な点検器による検査結果は、個人の評価に頼っているのが現状であり、客観的に剥離の大きさ・深さを把握するに至っていない。そこで、大きさ・深さを変えた様々な剥離を模した箇所（以下、剥離と記述する）を持つ試験体を作成し、定性的・定量的な観点から簡易な点検器の剥離探查性能について検討を行ったので、その結果を報告する。

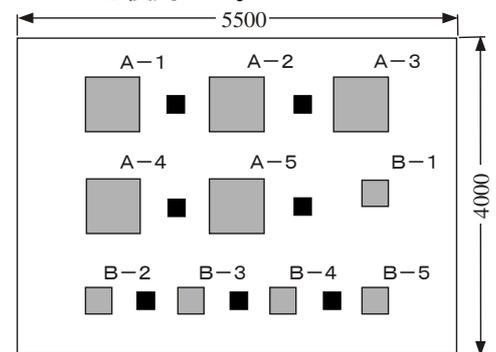
2. 試験概要

試験体の形状を図 - 1 に、その諸元を表 - 1 に示す。試験体はトンネル覆工・ボックス上床版・高架橋スラブ等を想定したモデルとし、5mm 厚のスチロール樹脂を内部に挿入して剥離を設けた。大きさは大小 2 種類で 0.49 m^2 ($700 \times 700 \text{ mm}$) と約 0.12 m^2 ($350 \times 350 \text{ mm}$) とし、剥離の深さは 25 ~ 250mm まで変化させた。

点検器は、一般的に用いられている検査ハンマーの他に、高所に対しても容易に検査可能なロータリー3000（以下 R3000）¹⁾、打撃力（加力値）を計測できるインパルスハンマーの 3 つを使用した。

試験は以下の 2 種類を行った。まず、構造物の設計・施工に携わる 30 名の被験者に、打音検査を実施してもらい、各打撃箇所の剥離を検知できるかアンケート調査（定性的評価）を行った。次に、収録された打撃音をもとに、振幅・減衰などの評価（定量的評価）を行った。

打撃音の収録は、打撃位置近傍の試験体面に密着させたフード付きマイクで行った。打撃は、剥離の中心位置とし、剥離箇所以外（健全部、図 - 1 箇所）についても実施した。



:健全部打撃箇所

図 - 1 試験体形状および打撃位置

表 - 1 試験体諸元

ケース	条件 (mm)	番号	深さ (mm)
A	平面寸法 700 × 700	A-1	50
		A-2	100
		A-3	150
		A-4	200
		A-5	250
B	平面寸法 350 × 350	B-1	25
		B-2	50
		B-3	100
		B-4	150
		B-5	200

3. 試験結果

3.1 打撃音の定性的評価

アンケートは 3 段階評価とし、剥離が「ある」を 1、「どちらとも言えない」を 0.5、「ない」を 0 として集計し、合計の平均値を評価指数とした。各検測箇所と評価指数との関係を図 - 2、図 - 3 に示す。

この結果より、探查の度合いは剥離の深さと大きさに依存しており、剥離が大きい (0.49 m^2) 場合は 100mm、小さい (0.12 m^2) 場合は 50mm までほぼ確実に探查可能であると考えられる。なお、健全部の評価指数は 0 ~ 0.1 と小さな値で推移し、平均値はどちらの検査機器においても 0.07 であった。

また、打撃力の違いから、R3000 に比べ、検査ハンマーの方が若干探查性能は高い傾向にあるが、R3000 で探查困難な箇所におけるハン

キーワード：打音検査、点検器、剥離、定性的評価、定量的評価

連絡先：*1: 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 新宿ビル Tel:03-3379-4353 Fax:03-3372-7980

*2: 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20 Tel:03-2823-2352 Fax:03-5823-2358

マーの評価指数は、最大でも 0.7 (図 - 3 の剥離深さ 100) 以下であり、探査性能が明らかに優れているとは言い難い。従って、定性的にはどちらの検査器もほぼ同等の性能を有していると考えられる。

3.2 打撃音の定量的評価

図 - 4 に剥離深さと、打撃音から得られたマイク出力の最大値 (平均) を示す。ハンマーと R3000 の最大値 (打撃音波形の最大振幅) は、いずれも剥離が深くなるにつれ、振幅が急激に小さくなっていく傾向がある。ただし、ハンマーの最大振幅は R3000 よりも数倍大きな値となっており、この最大振幅すなわち打撃力の大きさの違いが、3.1 の定性的評価に影響しているものと考えられる。

次に、各振幅最大値で測定値を正規化した波形 (図 - 5) を示す。健全部の波形 (図 - 6) と比較すると、減衰に関しては、剥離部が遅く、健全部が早く、明確な違いが見られる。

なお、以上の振幅・減衰に関する傾向は、インパルスハンマーでも同じであり、機器によらず同様の結果であった。

3.3 検査機器による剥離検知能力

振幅と減衰 (定量的結果) が人間の剥離検知 (定性的結果) に及ぼす影響について検討を行った。ハンマーと R3000 では、1 回毎の打撃力 (加力値) の違いから、打撃音の振幅が異なるため、加力値が既知であるインパルスハンマーの結果を用いて、打撃音の実効値 (一定時間における振幅の相乗平均で、振幅及び減衰を示すパラメータ) を加力値の実効値で正規化 (正規化したものを実効値比とする) して検討を行った。図 - 7 に各打撃方法の実効値比と剥離の埋込深さ、評価指数の関係を示す。 (評価指数はプロット形状で示している。)

図より、健全部の実効値比 0.002 に比較し、30 倍以上 (0.06 以上) の領域であれば、評価指数は全て 0.9 以上となり、人間に剥離が検知されると考えられる (検知領域)。実効値比が 5 ~ 30 倍である場合 (0.01-0.06)、評価指数はある程度高く 0.5 以上であるものの、剥離深さによる打撃音の特性等により、検知できるケースとできないケースが存在する領域と考えられる (灰色領域)。灰色領域のうち、厚さ 100mm に着目すると、剥離幅 700mm では評価指数が高いが、350mm では実効値比が大きいものの評価指数が小さい結果となった。これは、振動する剥離面のうち、フード付きマイクで集音できる範囲 (フードの面積) と耳で聞く範囲 (フードよりも広い面積) の違いによるものと考えられる。

4.まとめ

今回、2 つの検査機器に対し、定性的・定量的な試験を行い、打撃によって生じる振幅と減衰が、人間の剥離検知にどのような影響を及ぼすか検討を行った。その結果、実効値比によって、人間に検知できる範囲や、どちらともいえない範囲、検知できない範囲が存在する傾向のあることが明らかとなった。

1) 高津徹他：簡易な点検器によるコンクリート構造物の欠陥部探査性能評価、第 28 回土木学会関東支部、2001.3

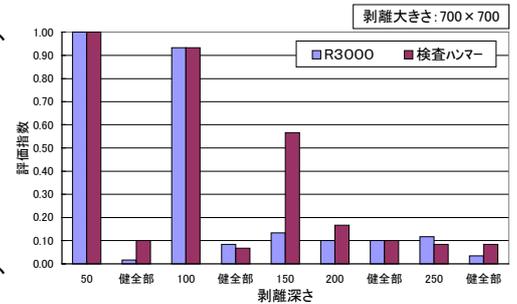


図 - 2 定性的打音試験結果 (1)

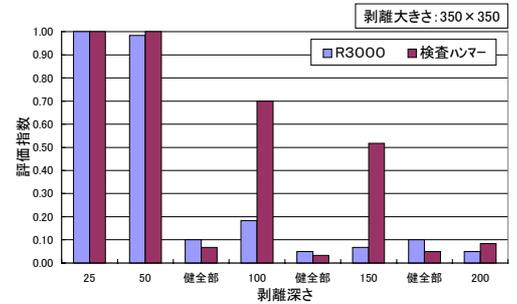


図 - 3 定性的打音試験結果 (2)

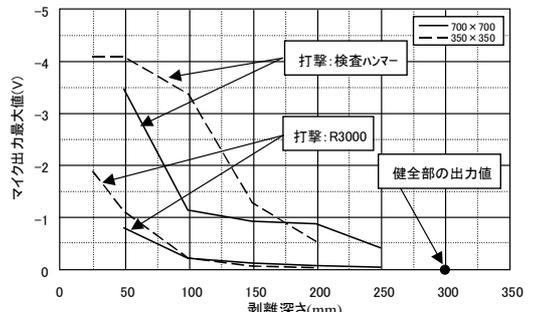


図 - 4 マイク出力の最大値 (平均)

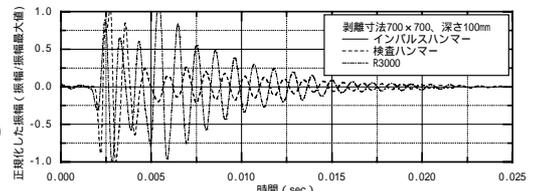


図 - 5 振幅を正規化した波形 (剥離部、深さ 100)

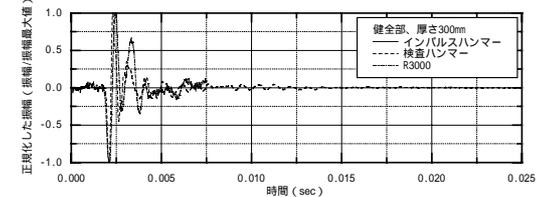


図 - 6 振幅を正規化した波形 (健全部)

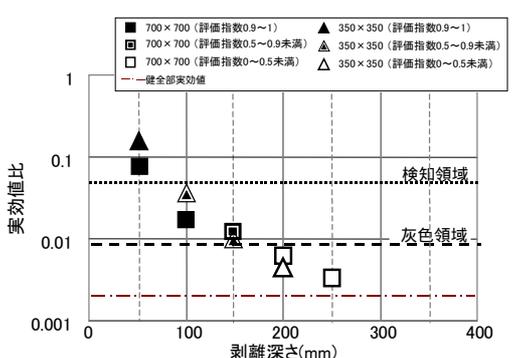


図 - 7 剥離の深さと実効値比