叩き点検に用いる点検ハンマーから得られる特性について

佐藤工業（株） 正会員 ○北川 真也[*1]
佐藤工業（株） 正会員 歌川 紀之[*2]
桐蔭横浜大学 正会員 杉本 恒美[*3]

１．はじめに

橋梁やトンネルのコンクリート構造物を対象とした点検要領[1)]などには，打音点検（以下，叩き点検）の項目に「使用する点検ハンマーは重量が 1/2 ポンド（230g）程度のものを用いる」ことが記述されている．また，叩き点検を行う際の打撃間隔として，「密度（間隔）は，原則として縦横 20cm 程度を目安に行うものとする」と記述されている．叩き点検の結果については，「清音」もしくは「濁音」の 2 パターンであり，「清音」であればうき・はく離はないと考え，「濁音」の場合はうき・はく離があると考える．「清音」と判断する目安は「澄んだ乾いた音」，「濁音」と判断する目安は「濁った鈍い音」と記述されている．叩き点検では，表層付近のうきやはく離といった欠陥部を打撃した場合，欠陥上部の表層コンクリートが板のたわみ振動を発生させることで，「濁音」が生じ，欠陥を検知できると考えられている．したがって，たわみ振動が生じやすい条件として，欠陥の面積が広く，比較的浅い位置にある欠陥が検知しやすいと考えられている．そこで，本報告では，異なった大きさの円形欠陥（空洞）を有する試験体を対象に叩き点検を行い，打撃により生じる振動および音を収録し，ハンマーの重さの変化による欠陥の有無の判断について考察したものである．

２．試験体を対象とした叩き点検における振動と放射音の測定

実験は，**図-1** に示すように 1500×2000×300mm の試験体内に円形の模擬欠陥を製作したものを用いて行った．表に示すように，半径 50～300mm で，深さ 10mm～100mm に厚さ 25mm の発泡スチロールを埋設し，20 種類の円形の空洞欠陥を模擬している．叩き点検は，3 名の被験者によって行った．実験で用いたハンマーは，重量 883g の岩検ハンマー(Ham1)と重量 184g のコンクリート点検用ハンマー(Ham2)である．なお，コンクリート点検用ハンマーは，先端の六角形の部分をコンクリート面でころがすことにより，打撃を行うものである．実験の結果を**表-1** に示す．**表-1** 内の○印は，3 名が欠陥あり，△印は 1 名または 2 名が欠陥あり，×印は 3 名が欠陥と判断できない（健全）と判定したものである．これらの結果から，判定の結果が異なる深さ 40mm の φ100，φ150，φ200，φ300 および健全部（試験体中央）に着目し，ハンマー打撃による振動と放射音を測定した．なお，厚さ 40mm を用いた理由は，鉄筋のかぶり部分のはく離を想定したためである．測定は，**写真-1** に示すように，欠陥中心部で打撃を行い，振動は振動計を用いて欠陥内の 1 点，放射音はマイクロフォンを用いて検査者の耳の位置（約 20cm 離れ）で測定した．

表-1 試験体を対象とした叩き点検結果

欠陥寸法 ＼ 表面から欠陥位置	100mm		80mm		60mm		40mm		20mm		10mm	
	Ham1	Ham2	Ham1	Ham2	Ham1	Ham2	Ham1	Ham2	Ham1	Ham2	Ham1	Ham2
φ50	-	-	-	-	△	×	△	×	×	△	×	△
φ100	-	-	×	×	×	△	×	○	△	○	-	-
φ150	×	×	×	△	△	○	○	○	-	-	-	-
φ200	×	○	×	○	○	○	○	○	-	-	-	-
φ300	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-

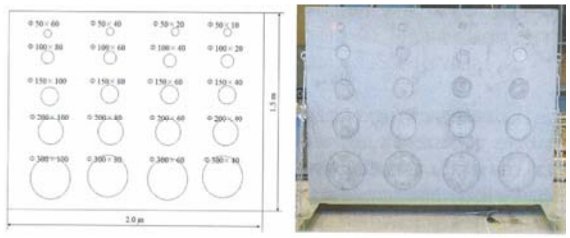

図-1 使用試験体欠陥位置図

写真-1 使用ハンマーと打撃位置

キーワード 叩き点検，非破壊試験，点検ハンマー，うき・はく離

連絡先 *1 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 TEL：03-3661-1572 FAX：03-3661-1576
*2 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL：046-270-3091 FAX：046-270-3093
*3 〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL：045-972-5881 FAX：045-972-5972

３．測定結果

振動と音の測定結果を周波数分析した結果のうち，φ100，φ300 および健全部の結果を**図-3** に示す．また，単純支持の円形板のたわみ振動における１次固有周波数の理論解（E=21GPa,ρ=2.35,μ=0.2）と今回の測定結果の比較を**図-2** に示す．なお，本比較ではインパクトハンマー（243g）を加えている．これらの測定結果より，叩き検査の欠陥の判断基準について以下のことが分かった．

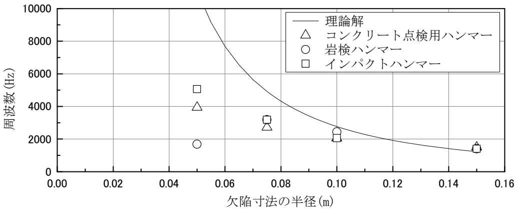

図-2　欠陥寸法と１次固有周波数の関係

・　重量の重い岩検ハンマーでは，φ100 では発生音圧が小さいため，健全部との差異がなく，「健全部」と判断した．また，コンクリート点検用ハンマーでは，4kHz 以上の周波数帯で共振が見られ，発生音圧も大きく「欠陥」と判断した．

・　欠陥の寸法が大きい φ300 では，全てのハンマーにおいて 1.4kHz の共振は見られ，欠陥の探査ができた．

・　健全部では，全てのハンマーにおいて発生音圧が低い．ただし，岩検ハンマーでは，ハンマーの共振と考えられる 3.9kHz の共振が見られる．また，コンクリート点検用ハンマーでは，縦波共振と考えられる振動が 6.0kHz 付近に見られる．

・　**図-3** より，全てのハンマーにおいて φ300 の固有振動は良好に一致しているものの，直径が小さくなるにしたがい，理論解からずれていくことが分かる．ただし，重量が軽いハンマーの方が，理論解に近いことが分かる．

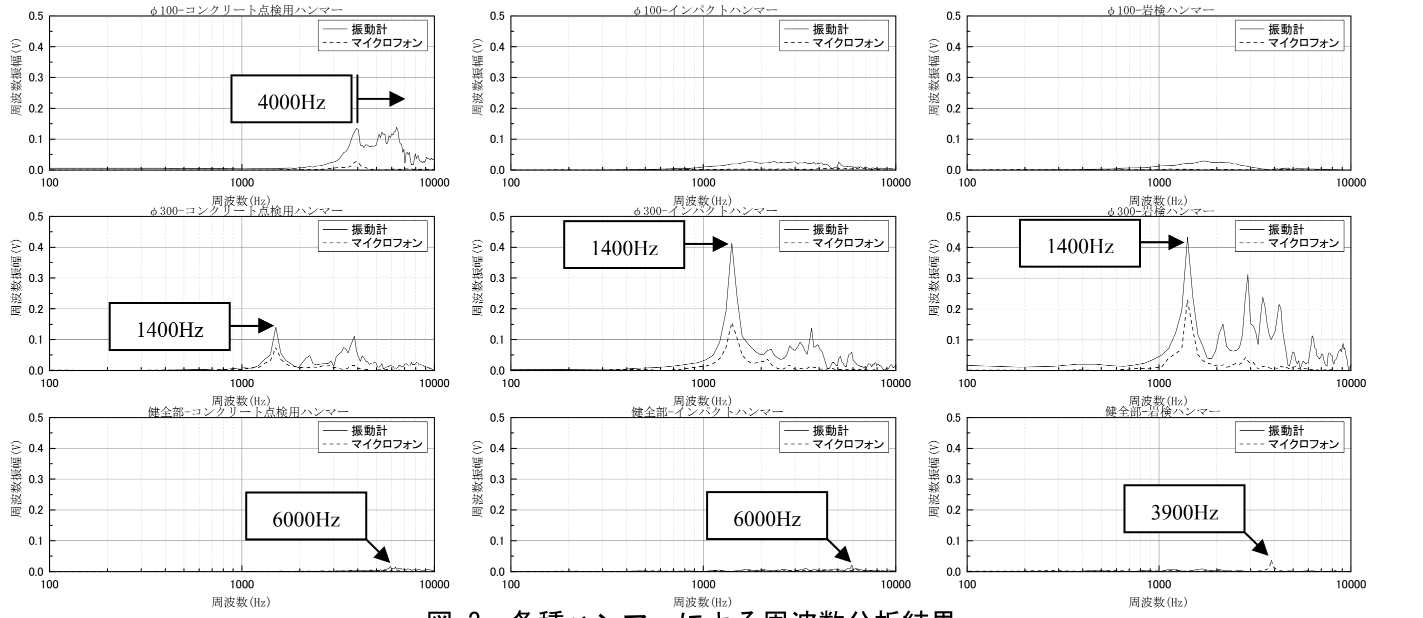

図-3　各種ハンマーによる周波数分析結果

４．考察

(1) ハンマーが重い場合，発生する振動の周波数が低く，固有振動数が高くなる狭い欠陥を見つけることは難しい．広さが狭いはく離欠陥 φ100 までを対象とする場合は，1/2 ポンドに拘らず軽いハンマーを使用することも可能である．

(2) 前述したように，欠陥上部の表層コンクリートの共振した音を聞いて欠陥の有無を判断している．ただし，広さが狭い場合，欠陥部でも，高い音が発生するので、「濁音」の周波数範囲は広いものと考えられる．一方，健全部では，重いハンマーではハンマー自体の振動音が聞こえるため，それを「清音」と判断している可能性がある．コンクリートの欠陥を捉えるには，コンクリート板の共振を聞くのではなく，ハンマーの振動音を聞くという方法（健全部の探査）もあることを示唆している．

参考文献

1)　国土交通省道路局国道・防災課：橋梁における第三者被害予防措置要領（案），平成 16 年 3 月．