

鉄筋コンクリートの打撃音に及ぼす水分の影響

Influence of Moisture Content on Impact Acoustics of Reinforced Concrete

伊東良浩*・魚本健人*

Yoshihiro ITO and Taketo UOMOTO

1. はじめに

コンクリート表面を打撃したときの打撃音は、打撃したコンクリートの振動と強い相関があり、構造物や部材の共振特性、材料物性あるいは欠陥の有無を知ることが可能である。筆者らはこれまでに無筋コンクリートを用いた実験を行い、ひび割れのようなコンクリートの欠陥が打撃音に及ぼす影響などを検討してきた。その結果、打撃音を振動の問題として解析することが可能であること、ひび割れによって梁の剛性が低下するにつれて打撃音の卓越周波数が低下することなどが明らかとなった¹⁾。本研究では鉄筋コンクリート供試体に曲げを加えることによりひび割れを発生させ、その損傷程度と打撃音の関係について調べた。また、このときコンクリート中の水分の影響について検討した。

一般にコンクリート中の水分が多いほど弾性波速度は高くなることは知られているが、さらにコンクリートの品質によって乾湿による弾性波速度の変化程度が異なり、品質の悪いものほど変化が大きいたことが報告されている²⁾。つまり、乾湿による打撃音の変化によって部材あるいは構造物の損傷度を評価できる可能性があると考えられる。そこで本研究では、まずコンクリート梁供試体に曲げを加えひび割れによる損傷を与え、次に損傷程度の異なる供試体中の水分を変化させて、これらが打撃音に及ぼす影響について検討した。

2. 鉄筋コンクリートの損傷にともなう打撃音の変化

本実験では鉄筋コンクリート供試体に曲げを加えてひび割れを発生させ、そのときの打撃音の周波数の変化を測定した。使用した供試体は表 1 および図 1 に示すような寸法が 10×10×40cm で長手方向に異形鉄筋 (D13) を埋め込

*東京大学生産技術研究所 第 5 部

表 1 供試体コンクリート

W/C	密度	圧縮強度 (28days)	静弾性係数
%	g/cm ³	kgf/cm ²	kgf/cm ²
60	2.42	388	3.2 × 10 ⁵

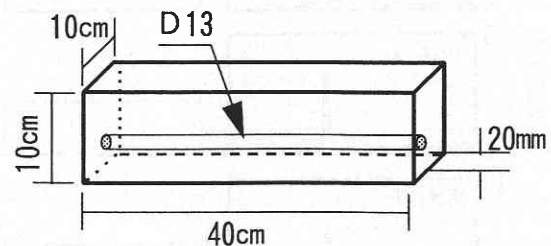


図 1 供試体コンクリート

んだ鉄筋コンクリート (鉄筋比 1.3%) である。これに JIS A 1106 にしたがって曲げを加え、破壊の進行と打撃音の変化の関係を調べた。

実験に先立って、鉄筋コンクリートの弾性挙動範囲および降伏荷重を予測するためにあらかじめ無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリートの曲げ試験を行ったところ、無筋コンクリートの破壊荷重は 1.78 t、鉄筋コンクリートの降伏荷重は 6.37 t であった。なお、このときのひび割れ幅は最大でも 0.05 mm 程度の小さなものであった。この結果に基づいて 4 ケースの載荷レベル (1.5 t [弾性範囲内], 3.0 t, 5.0 t [塑性域], 鉄筋降伏後) を設定し、各々のコンクリート供試体に所定の荷重を加えて損傷を与え、これらの打撃音を測定した。打撃音の測定は JIS A 1127 に準じて図 2 に示すような 3 カ所の位置において行い、たわみ共振、縦波共振、ねじり共振を測定した。

各載荷レベルでの載荷終了後に各供試体を試験機から取

研究速報

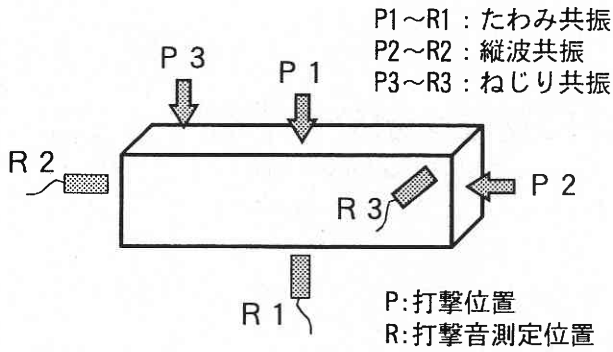


図2 打撃位置および打撃音測定位置

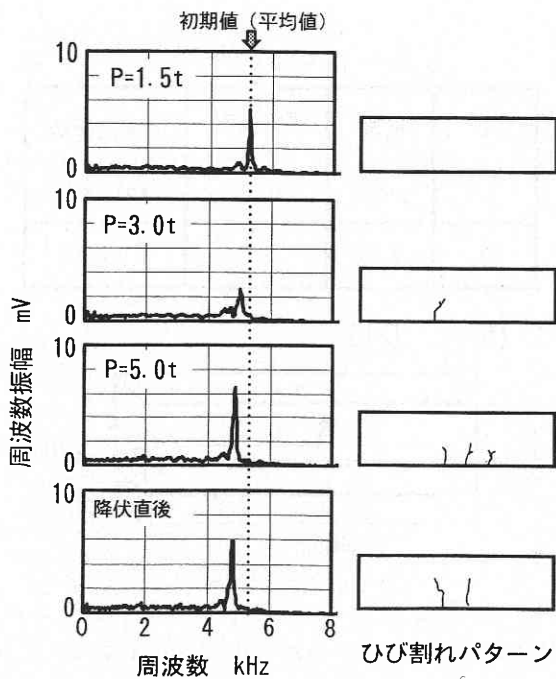


図3 荷重段階ごとの打撃音の周波数(縦波共振)

り出して、たわみ共振の1次モードの節で支持した状態で打撃音を測定した結果、およびその供試体のひび割れパターンを図3に示す。弾性範囲内の荷重レベルでは共振周波数の低下はまったく認められないが、弾性範囲を超えてコンクリートにひび割れが生じているものは、共振周波数が低下した。また、荷重レベルが高くひび割れが進展しているものほど共振周波数の低下は大きいという傾向になった。いずれの場合においても明確な卓越周波数をもった打撃音が得られており、ひび割れ幅0.05 mm程度のひび割れでは弾性波速度を低下させる要因にはなっているものの、共振を乱すものではないことがわかる。これらことから、鉄筋コンクリートに曲げひび割れが生じることによって

じめて共振周波数が低下し始め、そして荷重が増加しひび割れが進展するのに応じてさらに共振周波数が低下していくものと予測される。本実験においては、破壊直前の荷重6.5 t時でたわみ共振周波数、縦波共振周波数、ねじり共振周波数はいずれも載荷前のおよそ90%程度の値となった。

3. コンクリートの乾湿が打撃音に及ぼす影響

ここでは、それぞれの載荷レベルの供試体を水浸および乾燥させた後に打撃音を測定し、乾湿が打撃音に及ぼす影響を調べた。打撃音の測定は、水浸条件については、24時間水中に放置後すぐに打撃音の測定を行うとし、乾燥条件については、温度40℃で24時間乾燥させた後、常温になるまで放置し測定した。

荷重5 tまで載荷した供試体におけるたわみ振動の測定結果を図4に示す。5 t載荷することによって低下したたわみ共振周波数は、水浸後かなり値が回復する。これを乾燥させると5 t載荷後の値よりも共振周波数は低下し、ピークもやや小さくなった。図5は各載荷レベルの供試体

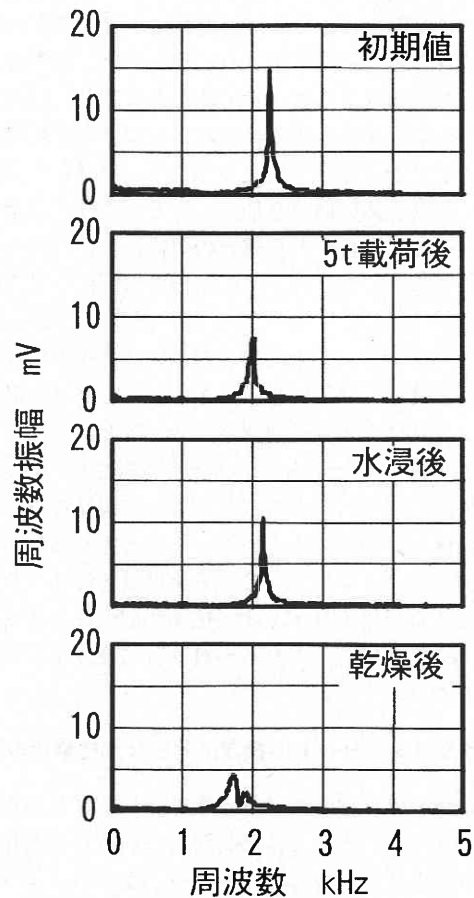


図4 水分が共振周波数に及ぼす影響(たわみ共振)

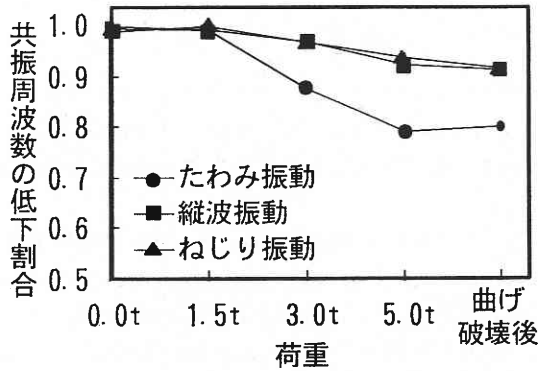


図5 水浸時の共振周波数に対する乾燥時の共振周波数の低下割合

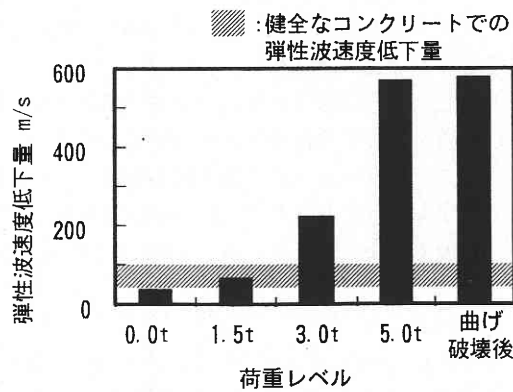


図6 重量変化1%に対する弾性波速度低下量

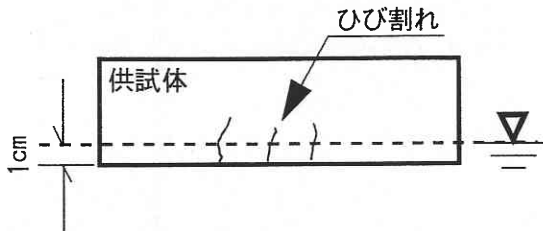


図7 供試体の水浸時状況

の水浸後の共振周波数に対する乾燥後の共振周波数の割合をまとめて示したものである。荷重1.5tまでは水浸後と乾燥後の共振周波数にほとんど差異はないが、これを越えると両者に差異が生じ始め、荷重が大きくなるほどその差異が大きくなる傾向にある。3つの共振周波数の中では、たわみ共振における差異が最も大きく、縦波、ねじり共振の傾向はほぼ同様である。図6は水浸後および乾燥後に測定した縦波共振周波数から得られた弾性波速度の変化量とこのときの重量変化から、重量が1%変化した場合の縦波速度の変化量を算定したものである。なお、このときの実際の重量減少率はおよそ0.6~0.8%程度の範囲にあり、特

に質量減少率と損傷程度との相関は認められなかった。この図より明らかに大きな荷重を受け損傷程度の高いものは、弾性波速度がコンクリートの乾湿に非常に大きな影響を受けていることがわかる。

ここで、このようなことが生じる原因について考えてみると、例えばねじり振動において、単にひび割れに水分が供給されたとしても、せん断波が伝播しやすくなるということは考えられない。そこで、荷重5tで载荷した供試体を対象として供試体を重量変化がほとんどなくなるまで前述と同様の乾燥方法で乾燥させ、その後、図7に示すような方法で供試体に水分を供給し、ひび割れ幅の変化を観察した。このときの観察結果を写真1および図8に示す。これらからもわかるように水分を吸収するにつれて供試体のひび割れが閉じ、それとともに共振周波数が回復していくのがわかる。

このようにひび割れ幅が減少する原因としては、ひび割れ中の水の表面張力によるもの、水分の供給によるコンクリートの膨張によるものなどが考えられるが、今回の水分の供給方法から考えて、前者の影響が大きいと考えられる。いずれにしても、このような水分による共振周波数の変化は、ひび割れの開閉が大きな要因であると考えられる。したがって、このような現象が共振周波数による構造物の評価の判断を誤らせる原因となる可能性があるため注意が必要となる。一方で、例えば気温差によってもひび割れの開閉といった現象が生じるものと思われ、このような湿度変化や温度変化を利用した構造物診断の可能性が考えられる。

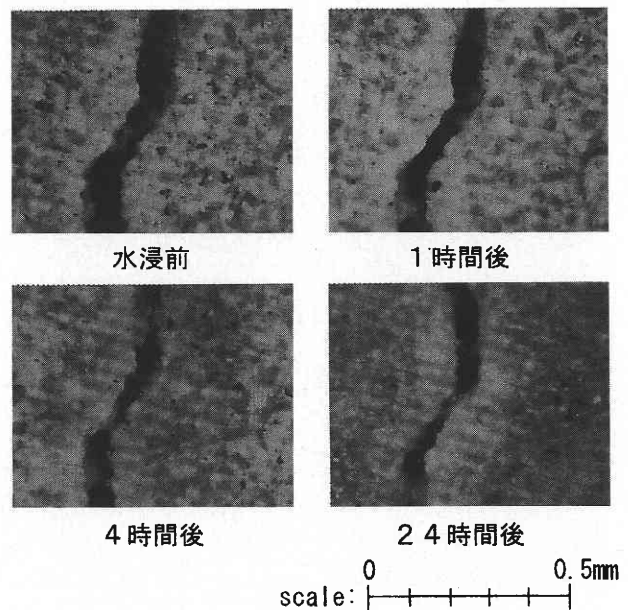


写真1 水浸によるひび割れ幅の減少

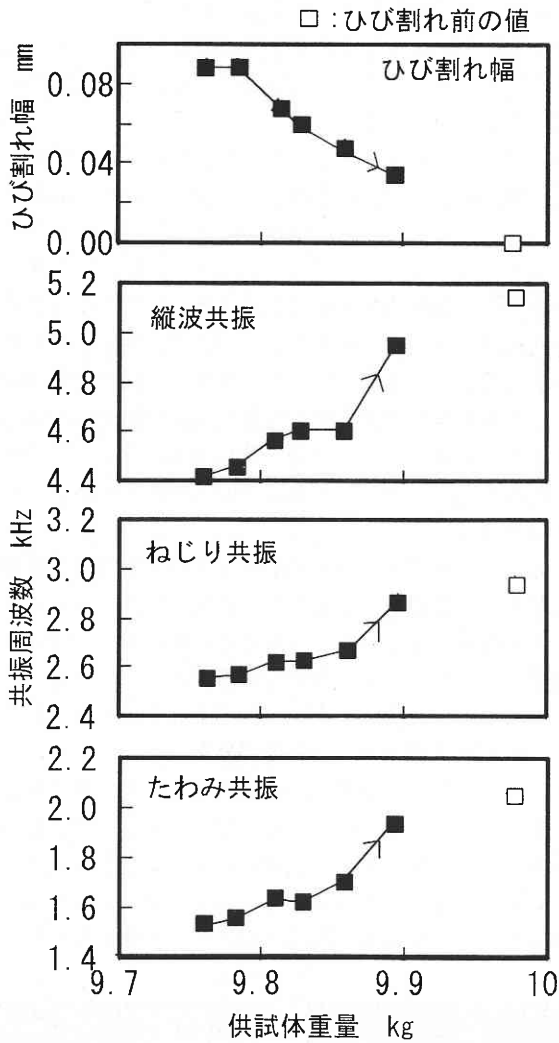


図8 重量変化にともなうひび割れ幅と共振周波数の変化

4. ま と め

本研究では、鉄筋コンクリート供試体に曲げを加えることによりひび割れを発生させ、このひび割れの程度と打撃音の関係について検討した。これをまとめると以下の通りである。

- ① 鉄筋コンクリート供試体に曲げひび割れが発生すると、たわみ振動、縦波振動、ねじり振動のすべての共振周波数が低下し、降伏直前にはおよそ初期値の90%程度となった。
- ② コンクリート中のひび割れの増加にともなって、打撃音は水分の影響をより受けやすくなり共振周波数が変動する。このときの変動は、健全なコンクリートの乾湿による変動よりもかなり大きくなる。
- ③ このような変化は水分によるひび割れの開閉にともなって生じるものと予測される。

ここで示したように損傷を受けた部材や構造物は、湿度や温度の影響を受けて共振特性などが変化しやすいと考えられる。そこで湿度や温度の季節変動を利用して、経時的に定点で測定を行うことによりこれらの損傷程度を判定することが可能ではないかと考える。(1996年2月9日受理)

参 考 文 献

- 1) 魚本健人, 伊東良浩: 打音法によるコンクリートの非破壊検査, コンクリート工学論文集, vol.7, no. 1, pp 143-152, 1996. 1
- 2) 明石外世樹: コンクリートの非破壊試験に関する研究, 土木学会論文集第390号/V-8, pp 1-22, 1988. 2
- 3) 小野周: 表面張力, 物理学 one point, 共立出版, 1980. 10