

論文 周波数解析方法の違いが衝撃弾性波法によるコンクリートの圧縮強度および部材厚さの評価に与える影響

三谷 宗平*1・内田 慎哉*2・岩野 聡史*3・久保 元樹*4

要旨: 本研究では、新設コンクリート構造物の圧縮強度やコンクリート部材厚さの評価において、周波数分解能の異なる FFT の適用、厚さ等間隔の分解能を有するフーリエ変換を提案し、評価に与える影響について検討した。その結果、圧縮強度評価では、弾性波伝搬速度の分解能が概ね 1%となるように FFT による周波数分解能を設定することが有効であった。一方、部材厚さ評価では、FFT による周波数分解能を高くすれば評価結果が向上するとは一概に言えないことがわかった。ただし、提案した厚さ等間隔の分解能を有するフーリエ変換は、FFT と同程度以上の評価結果となり、合理的な方法であることを明らかにした。

キーワード: 非破壊試験, 衝撃弾性波法, 圧縮強度, 部材厚さ, 周波数解析, 周波数分解能

1. はじめに

衝撃弾性波法は、コンクリート表面に鋼球打撃により衝撃を与え、コンクリート中に P 波などの弾性波を伝搬させ、これをコンクリート表面に設置した加速度計などで測定する手法である。P 波は衝撃を与えたコンクリート表面と対向する表面との間で多重反射する性質があり、これによりコンクリートの部材形状やその物性を反映した周波数（基本周波数）が出現する。この基本周波数の測定は衝撃弾性波法の主な測定の一つであり、その測定方法の規格は日本非破壊検査協会（NIDS¹⁾）と ASTM International（ASTM²⁾）により制定されている。

基本周波数は、P 波が 1 回反射するのに要する時間の逆数であり、衝撃を与えたコンクリート表面から反射面までの距離とコンクリート中を伝搬する P 波の速度（弾性波伝搬速度）から一義的に決定される理論値である。したがって、基本周波数は、コンクリートの部材厚さ、コンクリート内部の欠陥の有無、コンクリートの弾性係数などに対応して変動する指標値となる。このことから、NDIS と ASTM では基本周波数の測定方法だけでなく、基本周波数の測定結果を利用した部材厚さの評価方法についても規格化^{2),3)}されている。さらに NDIS では、基本周波数の測定結果を利用した新設コンクリート構造物の圧縮強度の評価方法⁴⁾も参考として記載されている。

NDIS と ASTM では、図-1 の例に示すように加速度計などで測定した振動（測定振動）に対して周波数解析を行い、得られたパワースペクトルから基本周波数を特定する。したがって、周波数解析方法の良否がコンクリートの部材厚さや圧縮強度の評価結果に大きく影響することとなる。特に、パワースペクトルで各周波数の振幅

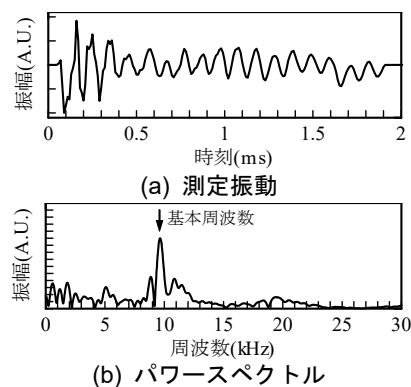


図-1 周波数解析による基本周波数の測定例

値を求める際の周波数の間隔（周波数分解能）は基本周波数の特定結果に影響を与え、さらには部材厚さや圧縮強度の評価にも影響を及ぼす。したがって、周波数解析では周波数分解能を十分に吟味することが重要となる。

そこで本研究では、新設コンクリート構造物の圧縮強度およびコンクリートの部材厚さのそれぞれの評価において、周波数解析方法として周波数分解能の異なる FFT、周波数等間隔や厚さ等間隔の分解能を有するフーリエ変換をそれぞれ適用し、これらが評価に与える影響について検討することを目的とした。

2. 圧縮強度・部材厚さの評価原理と周波数解析方法

2.1 新設コンクリート構造物の圧縮強度の評価原理

弾性波伝搬速度はコンクリートの弾性係数によって変化する性質があるため、コンクリートの圧縮強度とも間接的に相関がある。この相関関係を利用して新設のコンクリート構造物で測定した弾性波伝搬速度から圧縮強度を評価する方法が提案されている^{4),5)}。この方法では、測定した弾性波伝搬速度から圧縮強度を算出するために

*1 立命館大学 理工学部環境システム工学科 (学生会員)

*2 立命館大学 理工学部環境システム工学科講師 博士(工学) (正会員)

*3 リック(株) 技術研究所課長 (正会員)

*4 日東建設(株) 札幌支店技術開発部長 (正会員)

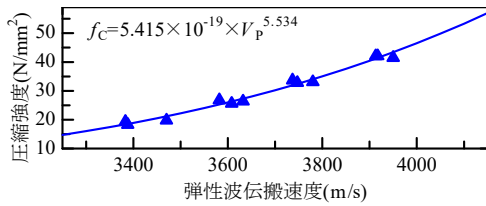


図-2 圧縮強度評価式の例⁶⁾



図-3 円柱供試体での弾性波伝搬速度の測定



写真-1 部材厚さの測定

式(1)に示す圧縮強度評価式が用いられる。

$$f_c = \beta \times V_p^\alpha \quad (1)$$

ここで、 f_c ：圧縮強度、 V_p ：弾性波伝搬速度、 α 、 β ：定数である。

圧縮強度評価式は、評価対象のコンクリート構造物と使用材料や配合が等しい円柱供試体を作製し、材齢を変化させて弾性波伝搬速度の測定と圧縮強度試験を行い、最小二乗法により回帰させた指数関数から決定される。得られた圧縮強度評価式の例を図-2に示す⁶⁾。

周波数解析は、圧縮強度評価式を得るための弾性波伝搬速度の測定に利用される。測定状況を図-3に示す。円柱供試体の表面に受信センサを設置して、その近傍を鋼球で打撃する。得られた測定振動に対して周波数解析を行い、パワースペクトルで振幅が最大となる周波数(卓越周波数)を基本周波数であると判断して、式(2)により、弾性波伝搬速度を算出する。

$$V_p = 2Lf_0 \quad (2)$$

ここで、 L ：供試体の長さ、 f_0 ：基本周波数である。

2.2 部材厚さの評価原理

P波が多重反射することにより出現する基本周波数はP波が部材の厚さ方向に1回反射するのに要する時間の逆数となる。この性質を利用して、式(3)により部材厚さを評価する方法が提案されている^{3),4)}。

$$D = V_p / (2f_0) \quad (3)$$

ここで、 D ：部材厚さ、 f_0 ：基本周波数である。

周波数解析は基本周波数の特定に利用される。測定状況を写真-1に示す。評価対象のコンクリート表面に受信センサを設置し、その近傍を鋼球で打撃する。得られた測定振動に対して周波数解析を行い、卓越周波数が基本周波数であると判断し、式(3)から部材厚さを推定する。

2.3 本研究で適用した周波数解析方法

2.1, 2.2での記述内容から、周波数解析結果はコンクリート構造物の圧縮強度と部材厚さの評価に大きく影響することがわかる。なお、周波数解析では、一般にフーリエ解析が用いられる。パワースペクトルでの各周波数の振幅値は、式(4)により求めた係数 a_f 、 b_f を式(5)に代入することにより算出できる⁷⁾。

$$\left. \begin{aligned} a_f &= \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(2\pi f t) dt \\ b_f &= \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin(2\pi f t) dt \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$P_f = \sqrt{a_f^2 + b_f^2} \quad (5)$$

ここで、 f ：周波数、 P_f ：周波数 f の振幅値、 $x(t)$ ：時刻 t での測定振動の振幅値、 T ：測定振動の測定時間長である。

また、フーリエ解析を高速で実行する方法として高速フーリエ変換(FFT)がある。FFTでは、パワースペクトルで振幅値を求める際の周波数および周波数分解能が、測定振動のサンプリング時間間隔 Δt とデータ数 N の積(測定時間長 T)の逆数から自動的に設定される。ASTMでは周波数解析方法としてFFTのみが規定されるなど、FFTはコンクリートの非破壊試験の分野では最も一般的な周波数解析方法である。圧縮強度や部材厚さの評価で用いられる基本周波数は、サンプリング時間間隔 Δt とデータ数 N から決定される周波数分解能に応じて特定する。したがって、FFTを実行する際はこの性質に留意し、評価に適切な周波数分解能を設定することが重要である。そこで、本研究では、圧縮強度および部材厚さの評価において、測定振動のデータ数に後続のゼロを付与することにより周波数分解能に複数のバリエーションを設定してFFTを行った。また、FFTを利用せずに、任意の周波数の振幅値を式(4)および式(5)により算出する周波数解析方法(任意法)も検討し、この結果とFFTの結果と比較し、その有効性についても検証した。

3. 新設コンクリート構造物の圧縮強度の評価を対象とした場合の周波数解析方法の検討

3.1 実験概要

24-12-20Nのコンクリートにより $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を作製した。この円柱供試体で材齢7日、14日、28日、56日、91日で弾性波伝搬速度をそれぞれ測

定し、その後に圧縮強度試験を行った。なお、各材齢での円柱供試体の本数は2本、円柱供試体の測定日までの養生方法は封緘養生とした。

測定振動の例を図-4に示す。円柱供試体の表面の中央に加速度計を設置し、近傍を直径10mmの鋼球で打撃して測定振動を記録した。サンプリング時間間隔 Δt は10 μ s、データ数 N は256個、測定時間長 T は2560 μ sである。この測定振動に対して周波数分解能を変化させて求めたパワースペクトルを図-5に示す。FFTにおける周波数分解能は、 N を256個とした391Hz、測定振動に振幅値0のデータをそれぞれ追加した195Hz、98Hz、49Hzの4水準に設定した。一方、任意法における周波数分解能は、周波数等間隔とした10Hzの1水準とした。ここで任意法の計算例を示す。例えば、周波数10Hzの振幅値 P_f は、 $x(t)$ を測定振動、 f を10Hz、 T を2560 μ sとして、式(4)から a_f 、 b_f をそれぞれ求め、これを式(5)に代入することで得られる。周波数分解能が10Hzの周波数等間隔のため、 f を20Hz、30Hzと10Hz刻みで変化させて順次 P_f を求めて、10Hzごとの振幅値 P_f を計算した。実験では、各円柱供試体で5回の測定を行っている。5回の測定で得られた各周波数の振幅値を全て加算してパワースペクトルを算出した。パワースペクトルにおいて卓越周波数を求め、これを基本周波数とした。弾性波伝搬速度は、この基本周波数とノギスにより有効数字5桁で測定した円柱供試体の長さから、式(2)により算出した。

3.2 実験結果および考察

各周波数解析方法で求めた弾性波伝搬速度と圧縮強度との関係を、弾性波伝搬速度と圧縮強度との決定係数お

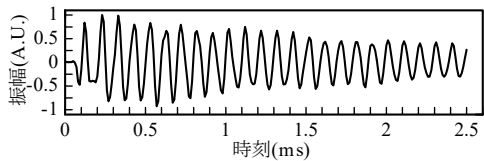


図-4 測定振動の例 (材齢28日)

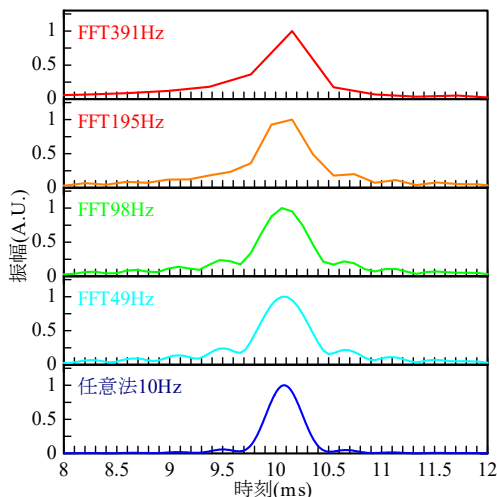
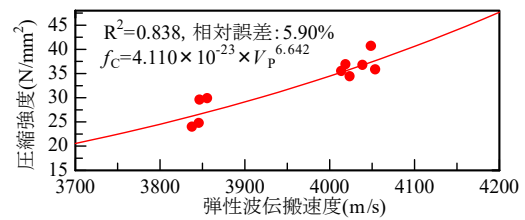
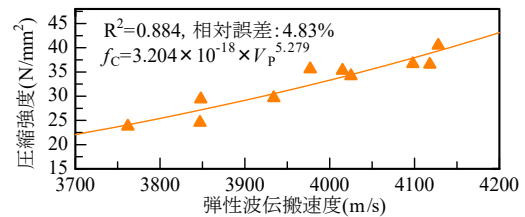


図-5 材齢28日におけるパワースペクトルの例

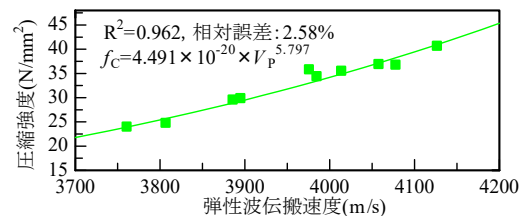
よび相対誤差と併せて図-6に示す。相対誤差は、いずれの周波数解析方法においても、円柱供試体で求めた弾性波伝搬速度を、算出した圧縮強度評価式に代入して圧縮強度を推定し、この推定結果と圧縮強度試験から得られた実際の圧縮強度との差の絶対値を、実際の圧縮強度で除して求めた。なお、図中に示す相対誤差は、円柱供試体全10本での平均値である。図-6より、最も分解能の低いFFT391では、算出した弾性波伝搬速度は3850m/s付近と4050m/s付近に集中した。材齢変化に伴う弾性波伝搬速度の変化を適確に反映できていないと判断できる。これに対して、周波数分解能が195Hz、98Hzと高くなると、弾性波伝搬速度と圧縮強度との相関関係が強くなり、相対誤差の平均値は3%以下となった。ただし、周波数



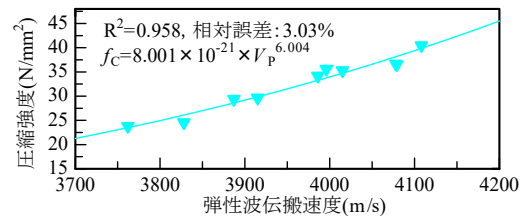
(a) FFT391Hz



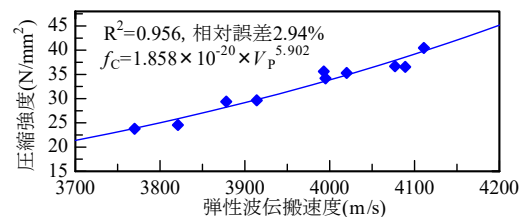
(b) FFT195Hz



(c) FFT98Hz



(d) FFT49Hz



(e) 任意法10Hz (周波数等間隔)

図-6 弾性波伝搬速度と圧縮強度との関係

分解能を 98Hz より高くしても、相関関係と相対誤差は FFT98Hz から改善されていない。次に、FFT と任意法を比較すると、任意法 10Hz での決定係数および相対誤差は、FFT98Hz、FFT49Hz のそれと同程度であった。

FFT における周波数分解能を 98Hz より小さくしても決定係数や相対誤差が改善しなかった理由について考察するため、原理上生じる「誤差率」と「振動波形の取得条件」について以下に述べる。まず、「誤差率」は、周波数の変化に対する弾性波伝搬速度の変化（速度分解能）と弾性波伝搬速度の比の百分率として定義される。周波数 98Hz の速度分解能は、周波数分解能 98Hz、供試体の長さ 200mm を式(2)にそれぞれ代入し、39.2m/s となる。これより、供試体の弾性波伝搬速度を 4000m/s と仮定すると、周波数分解能 98Hz の「誤差率」は 0.98% となる。周波数分解能を 98Hz より高くした条件では、「誤差率」は 0.98% よりもさらに小さくなる。一方、「振動波形の取得条件」は、 Δt と T の設定条件である。一般的に、 Δt は弾性波の 1 往復中に 5 個以上のデータ、 T は 4 往復以上と設定するとされており⁸⁾、今回の Δt は 20 μ s 以下の条件に対して 10 μ s、 T は 400 μ s 以上の条件に対して 2560 μ s であり、全て満足している。以上より、本研究では、改善しない理由を理論的に説明することができなかった。その理由の一つとして、 Δt と T を固定した上で周波数分解能を変化させたことが挙げられる。今後は、 Δt をさらに小さく、 T を長くするなどして、また解析なども援用し、圧縮強度評価における「振動波形の取得条件」についても詳細に検討する。

続いて、弾性波伝搬速度が V_p から V_p' に変動した時の圧縮強度の変化率を考える。弾性波伝搬速度と圧縮強度には式(1)の関係があることから、圧縮強度の変化率は式(6)により求めることができる。

$$(f_c'/f_c) = (V_p'/V_p)^\alpha \quad (6)$$

ここで、 f_c'/f_c : 圧縮強度の変化率、 α : 弾性波伝搬速度と圧縮強度との相関関係から求まる定数である。 α は、図-6 によれば 5.279~6.642 の範囲であるが、既往の研究では 5.129 としても圧縮強度の推定精度に大きく影響しないことが示されている⁹⁾。そこで、 α を 5.129 とし式(6)を図化したものを、図-7 に示す。図-7 より、弾性波伝搬速度が 1% 変化したときの圧縮強度の変化は概ね 5% であることがわかる。したがって、この図を活用すれば、例えば実務において、圧縮強度を 5% の精度で評価する目的に対しては、弾性波伝搬速度の変化（前述に示した「誤差率」と同義）を 1% 以下になるように周波数分解能を 98Hz より高く設定して周波数解析を行えば良いことになる。その一方で、圧縮強度評価式を得るための圧縮強度試験結果が 5% 以上変動すれば、周波

数分解能を 98Hz より高く設定しても、決定係数や相対誤差は改善しないことになる。先に述べた、98Hz よりも周波数分解能を高く設定しても決定係数や相対誤差が改善しなかった理由としては、この点も考えられる。

4. 部材厚さの評価を対象とした場合の周波数解析方法の検討

4.1 解析概要

衝撃弾性波法による部材厚さの評価では、鋼球打撃により得られた測定振動に対して周波数解析を行うが、本研究では、コンクリートの部材厚さを複数設定した解析モデルを対象として、2次元弾性体波動方程式の有限差分法による数値解析¹⁰⁾を用いて測定振動を得て、部材厚さの評価に有効な周波数解析方法について検討した。数値解析における主な設定条件を表-1 に示す。モデル厚さは 500mm~2800mm までの 6 水準に設定した。モデル幅はモデル厚さの 24 倍以上とした。これは NDIS で正確な基本周波数を測定するための条件とされている 6 倍以上⁸⁾を満足する条件としたものである。弾性波の入力は、鋼球打撃によるコンクリート表面での入力をモデル化し、モデル上面でかつ幅の中央の 1 節点に入力した。入力する弾性波の周波数は、部材厚さにより決定される基本周波数の 1.2 倍としたときに、各周波数解析方法において、パワースペクトルでの卓越周波数と基本周波数とが最も良く一致した。この結果を踏まえて、以降に示すパワースペクトルは、入力する弾性波の周波数を基本

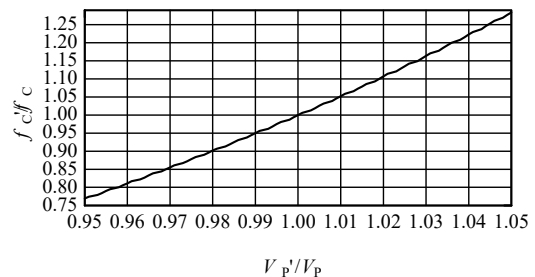


図-7 弾性波伝搬速度の変化に対する圧縮強度の変化

表-1 数値解析における主な設定条件

設定項目	設定条件					
モデル厚さ(mm)	500	1000	2000	2300	2500	2800
モデル幅(mm)	1200	2400	4800	6000	6000	6000
メッシュサイズ(mm)	10	20	40	50	50	50
縦波の伝搬速度(m/s)	4000					
横波の伝搬速度(m/s)	2320					
サンプリング時間間隔(μ s)	10					
測定時間長(ms)	5.12					

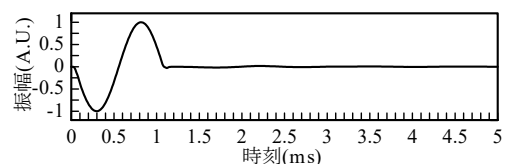


図-8 モデル厚さ2500mmでの測定振動の例

周波数の 1.2 倍としたもののみを示す。弾性波の出力点は、入力面と同じモデル表面に設定し、各出力点で有限差分法による数値解析により速度波形を算出した。モデル厚さ 2500mm で得られた測定振動の例を図-8 に示す。

ここで、各周波数解析方法について説明するため、測定振動に対して FFT における周波数分解能を変化させて求めたパワースペクトルの例を、任意法で求めたそれと併せて図-9 に示す。FFT における周波数分解能は、 N を 512 個とした 195Hz、測定振動に振幅値 0 のデータをそれぞれ追加した 98Hz、49Hz の 3 水準に設定した。一方、任意法における周波数分解能は、厚さ等間隔とした 10mm の 1 水準とした。ここで厚さ等間隔の任意法の計算例を示す。弾性波伝搬速度を 4000m/s と設定していることから、式(3)より、部材厚さ 10mm で算出される周波数は 200000Hz、部材厚さ 20mm は 100000Hz、部材厚さ 30mm は 50000Hz となる。この方法では、周波数 f を部材厚さが 10mm 間隔となるように設定する。具体的には、周波数 200000Hz の振幅値 P_f は、 $x(t)$ を測定振動、 f を 200000Hz、 T を 5120 μ s とし、式(4)から a_f 、 b_f をそれぞれ求め、これを式(5)に代入することで得られる。周波数 f を上記のとおり順次更新して P_f を求めて、 f ごとの振幅値 P_f を算出した。

4.2 解析結果および考察

各周波数解析方法で得られた結果の一例を図-10 に示す。図に示すモデル厚さは、解析上で設定したモデル厚さである。また、横軸は、以降の議論を助けるために、厚さとして表記した。したがって、いずれの結果も、パワースペクトル上で振幅が計算されている周波数を式(3)により厚さに変換し、これと振幅との対応をプロットしたものである。なお、FFT の場合のみ、変換された厚さおよび変換された厚さの間隔がわかるように、マーカー付きの折れ線グラフとした。また、表-2 には、対象

とした全モデル厚さに対する各周波数解析方法での部材厚さの評価結果を相対誤差と併せて示す。相対誤差は、推定した部材厚さとモデル厚さとの差の絶対値を、モデル厚さで除して求めた。ここでは、まず、FFT195 の結果を例に、振幅が計算されている周波数から変換された厚さの間隔（厚さ分解能）について議論する。周波数分解能が最も低い FFT195 では、周波数 195Hz 間隔（周波数は等間隔）で振幅値が計算される。式(3)を用いて周波数 195Hz 間隔の各周波数の値を厚さに変換すると、例えば部材厚さが 2000~3000mm の範囲では、変換された厚さはそれぞれ 2048、2560、3413mm となる。したがって、厚さ分解能は一定間隔とはならない。そのため、図-10 に示す FFT195Hz の場合、モデル厚さと変換された厚さの両者の値が近い場合（2500mm）には、部材厚さを適切に評価することが可能である。しかしながら、両者の値に乖離があるケース（2300 および 2800mm）では、厚さ分解能の影響を受けるため、部材厚さの評価が難しくなる。ただし、表-2 に示すとおり、モデル厚さが小さい 500、1000、2000mm では、厚さ分解能が小さくなるため、厚さ分解能が評価結果に与える影響は小さい。

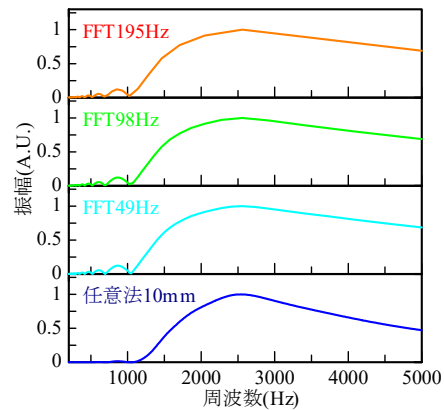


図-9 モデル厚さ2500mmでのパワースペクトルの例

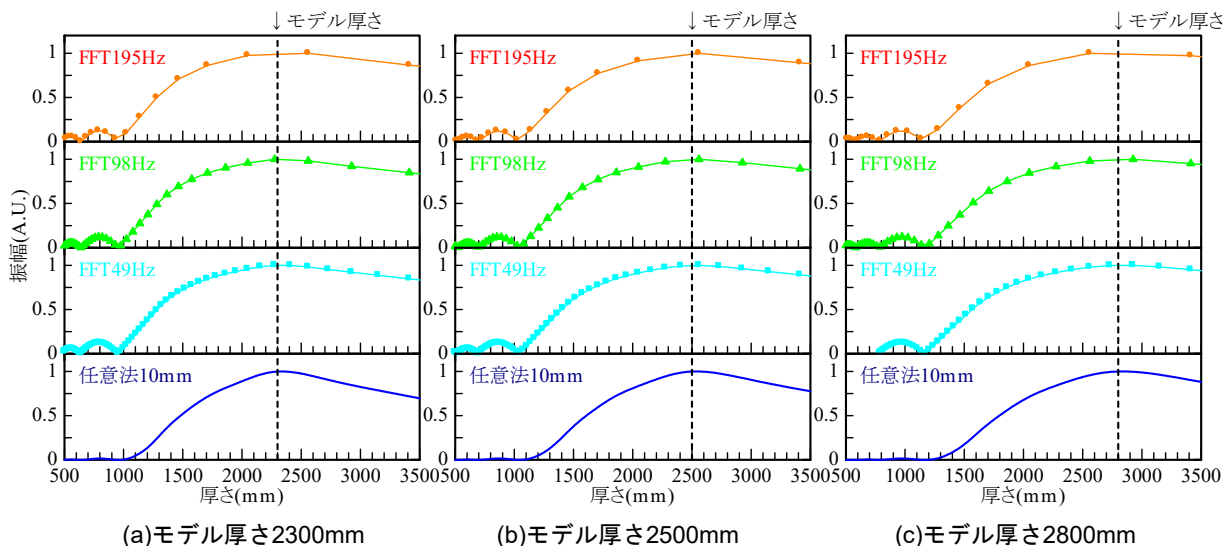


図-10 各周波解析方法で求めた結果の例

表一2 各周波数解析方法でのモデル厚さの評価結果

モデル厚さ (mm)	周波数解析方法			
	FFT 195Hz	FFT 98Hz	FFT 49Hz	任意法 10mm
500	512	500	506	500
	2.40	0.10	1.14	0.00
1000	1024	1024	1024	1020
	2.40	2.40	2.40	2.00
2000	2048	2048	2048	2030
	2.40	2.40	2.40	1.50
2300	2560	2276	2276	2340
	11.30	1.06	1.06	1.74
2500	2560	2560	2560	2540
	2.40	2.40	2.40	1.60
2800	2560	2926	2926	2840
	8.57	4.49	4.49	1.43

【上段：推定部材厚さ(mm)，下段：相対誤差(%)】

これに対して、FFTにおける周波数分解能を高くすると(表に示すFFT98HzおよびFFT49Hz)、前述のFFT195でモデル厚さと変換された厚さの両者の値に乖離があるケース(2300および2800mm)でのみ、相対誤差が半分または1/10程度まで小さくなり、評価結果が改善された。しかしながら、それ以外のケースでは、周波数分解能が評価結果に与える影響は小さい。したがって、FFTでは、周波数分解能を高くすれば部材厚さの評価結果が改善されるとは一概に言えないことが明らかとなった。

続いて、FFTと厚さ等間隔の任意法とを比較すると、表より、任意法での結果は、いずれのモデル厚さにおいても、一般的に利用されているFFTと同等あるいはそれ以上の精度で部材厚さを推定できることがわかる。厚さ等間隔の任意法は、測定振動のデータにゼロを追加する必要がなく、厚さ分解能を任意に、しかも等間隔で設定できる特徴を有している。したがって、実務において、例えば±10mmの精度で厚さを推定したい場合、パワースペクトルから基本周波数を特定する際に使用する周波数解析としては、ここで提案した厚さ等間隔の任意法は合理的な手法になり得る。

5. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 新設コンクリート構造物の圧縮強度の評価では、圧縮強度評価式を得るために周波数解析が利用される。円柱供試体での測定により検証した結果、弾性波伝搬速度の分解能が概ね1%となるようにFFTにおける周波数分解能を設定することが有効であることを明らかにした。
- (2) コンクリートの部材厚さの評価では、周波数解析で得た卓越周波数から部材厚さを推定する。解析で部材厚さの測定をシミュレートした結果、周波数分解能を高くすれば部材厚さの評価結果が向上するとは一概に言えないことがわかった。

- (3) 本研究で新たに提案した周波数等間隔および厚さ等間隔の任意法は、新設コンクリート構造物の圧縮強度の評価およびコンクリートの部材厚さの評価において、一般的に利用されているFFTと同程度、あるいはそれ以上の評価結果が得られることを明らかにした。また、この周波数解析方法は測定振動のデータ数を追加することなく、周波数分解能や厚さ分解能を任意に小さくできるという利点がある。加えて、評価対象や測定の目的に応じて分解能を設定できるため、合理的な解析方法である。

謝辞

本研究は、日本非破壊検査協会 鉄筋コンクリート構造物の非破壊試験部門内に設置された衝撃弾性波法研究委員会(委員長：渡辺 健 徳島大学大学院 准教授)で得られた成果の一部を取りまとめたものである。また、研究を実施するにあたり、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)15K06173)の援助を受けて行った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) NDIS 2426-2:2014:コンクリートの非破壊試験—弾性波法—第2部:衝撃弾性波法,日本非破壊検査協会, pp.9-12, 2014.9
- 2) ASTM-C1383-04: Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method, 2014
- 3) 前掲書 1), pp.13-18
- 4) 前掲書 1), pp.19-27
- 5) 岩野聡史, 森濱和正, 極壇邦夫, 境友昭: 衝撃弾性波法による新設構造物での圧縮強度推定方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1835-1840, 2006.6
- 6) 岩野聡史, 森濱和正, 渡部正: 衝撃弾性波法と微破壊試験の併用による構造物コンクリートの圧縮強度推定方法の提案, 土木学会論文集 E2, Vol.69, No.2, pp.138-153, 2013.4
- 7) 日野幹雄: スペクトル解析(新装版), 朝倉書店, pp.10-18, 2010.5
- 8) 前掲書 1), pp.44-49
- 9) 岩野聡史, 渡辺健: 衝撃弾性波法による既設コンクリート構造物の圧縮強度評価方法の検討, 非破壊検査, Vol.65, No.9, pp.461-467, 2016.9
- 10) 内田慎哉, 久保元樹, 岩野聡史, 山下健太郎: 衝撃弾性波法によるコンクリートの内部欠陥の検出に関する理論的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.2121-2126, 2015.6