

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○斎藤宏行

立命館大学理工学部

正会員 尼崎省二

1. はじめに

PC グラウトの充填状況を確認するための非破壊検査法については、様々の手法が開発または検討されており、スペクトル解析を併用した衝撃弾性波法が有効と考えられている。本研究では、衝撃弾性波法による PC グラウトの充填評価に関する基礎的研究として、グラウト材の長さの変化が、PC 鋼棒から検出された弾性波の波形やスペクトルに及ぼす影響を検討した。その結果、グラウト材の長さに応じたスペクトルの変化が認められ、検出された弾性波の伝播速度とスペクトルの卓越周波数には大きな関係があることが分かった。

2. 実験概要

本実験では、PC 鋼棒 B 種 1 号 ($\phi 9.2$ mm) を使用し、図-1 に示すようなグラウト(表-1 参照)部分の長さが異なる供試体を作製した。衝撃弾性波は図-2 に示す振り子を用い、質量 3.2g の鋼球で PC 鋼棒端部に発生させた(打撃速度 3m/s)。供試体は両端自由で支持し、供試体に生じた弾性波は打撃端(以下欠陥側)と反対側(以下グラウト側)の PC 鋼棒端部に設置した AE センサー($f=140$ kHz)より検出した。

また、弾性波の伝播速度は超音波法により、鋼棒両端に設置し超音波センサー($f=300$ kHz)によって測定した。

3. 実験結果および考察

(1) グラウト長さとスペクトル特性の関係

図-3 は、PC 鋼棒($\phi 9.2$ mm、長さ 2m) 及び図-1④(グラウト長さ 2m) で得られた弾性波スペクトルおよび波頭部である。図-3(a)、(b)のスペクトルにおいて、1 次卓越周波数はそれぞれ約 1280 および 810Hz である。また、卓越周波数の間隔も約 1280 および 810Hz であり、供試体④の弾性波スペクトルには、PC 鋼棒で得られた周波数よりも低い周波数が出現している。

図-3(a)、(b)の波頭部には、供試体(PC 鋼棒および図-1④)を伝播する弾性波速度を約 5100m/s、3200m/s とした時の PC 鋼棒終端での反射波が明確に検出されている。この周期 780 μ s および 1230 μ s は、図-3(a)、(b)の 1 次卓越周波数と卓越周波数の間隔約 1280Hz および 810Hz にほぼ対応している。すなわち、PC 鋼棒の弾性波速度がグラウトによって見掛け上低下することにより、低い周波数が卓越すると考えられる。ただし、ここで用いた伝播速度約 5100m/s、3200m/s は、1 次卓越周波数を用いて求めた速度であり、表-2 に示す超音波伝播時間より算出した伝播速度と多少異なる^[1]。

図-4(a)に、PC 鋼棒($\phi 9.2$ mm) およびグラウトの長さのみが異なる供試体(図-1) から検出した弾性波スペクトルのグラウ

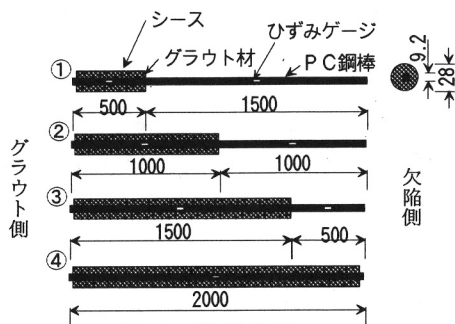


図-1 供試体図

表-1 グラウト材の配合

W/C(%)	単位量 (kg/m ³)		
	W	C	混和剤
45	578	1284	128.4

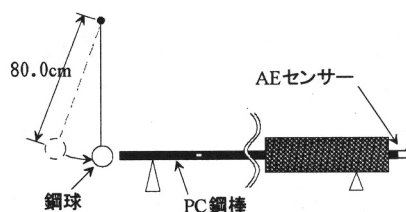


図-2 打撃および測定方法

表-2 PC 鋼棒および供試体の伝播速度

供試体名	グラウト長さ(mm)	鋼棒径(mm)	伝播速度(m/s)
PC 鋼棒	0	9.2	5200
供試体①	50	9.2	5000
供試体②	100	9.2	4600
供試体③	150	9.2	4300
供試体④	200	9.2	4100

ト長さによる変化を示す。卓越周波数は、グラウト長さの減少にともなう高い周波数へ移動している。これはグラウト長さの減少にともない PC 鋼棒を伝播する弾性波速度が、見掛け上増加するためであると考えられる(表-2 参照)。また、この傾向は、高次の卓越周波数になるほど顕著になっており、伝播速度の増加にともない卓越周波数の出現間隔が広がるためと考えられる。したがって、グラウト長さが減少するとともに、検出弾性波は高い周波数が卓越するという特性を示すと考えられる。すなわち、PC 構造物においても、グラウト充填部が短くなるとともに、高い卓越周波数が出るというスペクトル特性に着目すれば、グラウト充填評価につながると考えられる。

図-4(b)に、図-4(a)と同様の測定で得られたスペクトル重心(10 測定値)を示す。(最大解析周波数: 20kHz) スペクトル重心は、グラウト長さの減少にともない、増加している。これは、前述したグラウト長さの減少にともない、高い周波数が卓越するという特性に対応している。したがって、スペクトル重心は、グラウト長さを評価するのに有効であると考えられる。また、スペクトル重心のばらつきは、打撃の良否によってスペクトル密度の分布状況が多少変化するためであり、PC 鋼棒(グラウト長さ 0m)に特に大きなばらつきがあるのは、スペクトル密度の分布におよぼす打撃の影響が大きいと考えられる。PC 構造物においては、グラウト不良が生じているとスペクトルに高周波数が出る^[2]、スペクトル重心を用いたグラウト評価は有効となる可能性が大きいと考えられる。

4. 結論

- (1) PC 鋼棒を伝播する弾性波速度の見掛けの低下により、低い周波数が卓越する。
- (2) グラウト長さの減少にしたがい低い周波数が卓越する。この特性に着目すれば、PC 構造物におけるグラウト充填評価につながる。
- (3) スペクトル重心は、グラウト長さの減少にともない低下しており、グラウト充填評価に有効と考えられる。

【参考文献】

- [1] 魚本健人, 伊藤良浩: 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, 第 7 巻第 1 号, pp146-147, 1996
- [2] 中野将士, 尼崎省二: 衝撃弾性波法による PC グラウト充填評価, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20 pp291-292, 1998

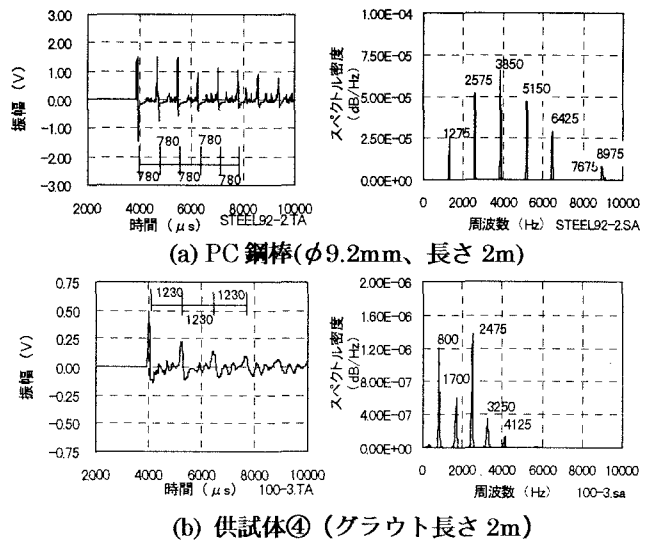


図-3 PC 鋼棒と供試体④の波形とスペクトル

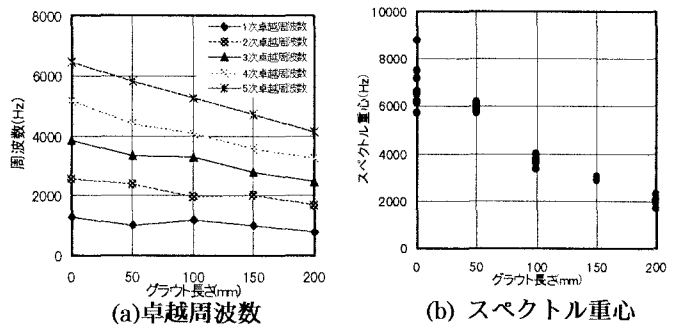


図-4 卓越周波数およびスペクトル重心とグラウト長さの関係