

立命館大学院 学生員○中野 将士

(株) 国際建設技術研究所 正会員 藤原 規雄

立命館大学院 学生員 今井 伸明

立命館大学理工学部

正会員 尼崎 省二

1. はじめに

コンクリート構造物の非破壊検査方法については、近年、数多くの手法が開発または検討されている¹⁾。特に、PC鋼材のグラウト充填評価には、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が、いわゆる経験的で相対的な評価が多いのが現状である。

本研究では、PC鋼棒に発生する弾性波の挙動と検出波形の関係を明らかにすると共に、グラウト充填状況、打撃方法の相違が検出弾性波に及ぼす影響について実験的検討を行なった。

2. 実験概要

グラウト充填部および未充填部を確実に作製するためにダクト上部を開放した供試体（上部開放供試体）とシース（ $\phi 28\text{mm}$ ）によるダクトを設けた供試体（設計基準強度 $=400\text{kgf/cm}^2$ 、 $W/C=45\%$ 、目標スランプ $10\pm 2\text{cm}$ 、目標空気量 $5\pm 1\%$ ）を打設し、長さ 1320mm のB種1号PC鋼棒（ $\phi 17\text{mm}$ ）を緊張力 70kgf/mm^2 で断面中央に配置し、図-1に示すようなグラウト充填部をもつ供試体を作製した。また、上部開放供試体には、グラウト不良部として実橋に存在し得る半断面不良も作製した。

打撃は図-2に示す方法で行ない、3種類の鋼球（表-1参照）を用い、打撃速度を 0.5 、 1 、 2 、 3m/s とした。供試体に生じる弾性波は超音波センサー（ニオブ酸鉛系、 $f=300\text{kHz}$ ）、PC鋼棒の弾性波はひずみゲージ（長さ 1mm ）を用いて検出した。

3. 実験結果

3. 1 鋼棒に発生する弾性波の挙動

図-3は、上部開放供試体②（完全不良）のグラウト充填側から 1.5m/s （鋼球A）でPC鋼棒を打撃した時の検出波形である。いずれの波形も周期約 0.58ms の波が生じており、供試体中のPC鋼棒の平均弾性波速度（ 4500m/s ）の往復伝播時間にほぼ一致している。超音波センサーからの出力は、PC鋼棒の弾性波の挙動をあらわしていると考えられる。

図-4に検出波形（図-3）のスペクトルを示す。PC鋼棒と未充填側センサーからの出力のスペクトルもよく一致している。これらの傾向は、未充填部を半断面不良とした場合も同様であり、グラウト未充填部のPC鋼棒に発生する弾性波の検出は可能であると思われる。一方、未充填部が供試体中央に存在する供試体⑤ではこれらの傾向が認められず、PC鋼棒に発生する弾性波を検出する方法については検討する必要がある。

3. 2 鋼球の差異による影響

図-5は、グラウト未充填供試体①を 2m/s で打撃した時の出力側センサーから検出した波形のスペクトルである。スペクトルは、打撃に用いた鋼球の直径によって大きく異なっている。すなわち、鋼球の直径が小さくなると高周波数成分があらわれる。打撃によって供試体に生じる弾性波の形状は、衝撃の接触

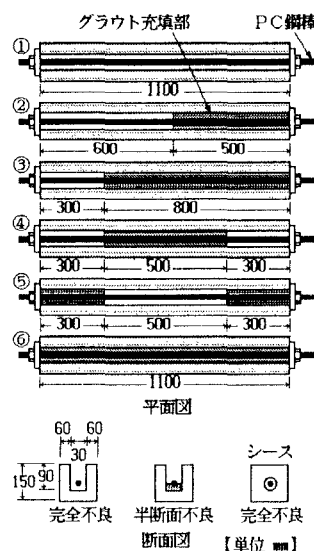


図-1 供試体図

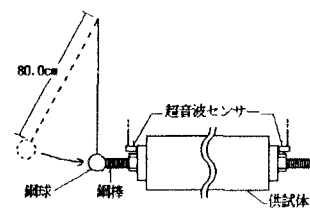


図-2 測定方法の概要

表-1 鋼球の種類

鋼球	質量(g)	直径(cm)
A	542.0	5.06
B	16.0	1.58
C	3.2	0.94

時間に影響されることから、各鋼球による接触時間 T_c ²⁾を求め、弾性波を T_c の2倍の周期を有する正弦波と仮定した時の周波数

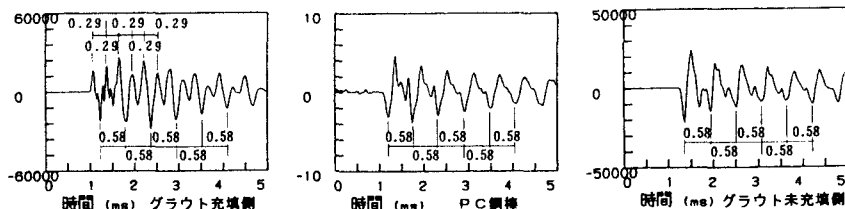


図-3 上部開放供試体①（完全不良）での出力波形

(上限周波数)を求めると表-2のようになる。鋼球が小さくなると、上限周波数が大きくなっていることから、鋼球の大きさ（打撃方法）が弾性波の周波数特性に大きく影響することがわかる。

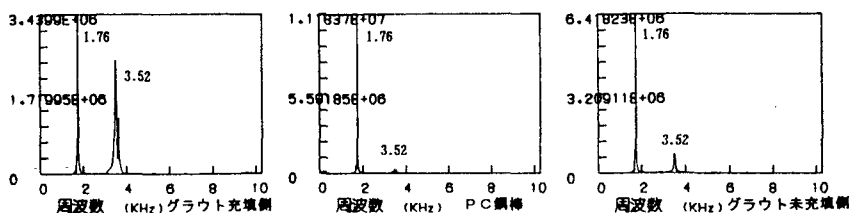


図-4 上部開放供試体①（完全不良）でのスペクトル

なお、打撃速度を0.5、1.0、2.0、3.0m/sに変化しても弾性波のスペクトルはほぼ同様の周波数特性を示したことから、スペクトル解析に及ぼす打撃速度の影響は少ないと考えられる。

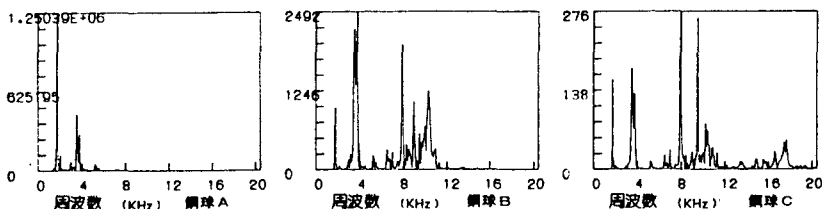


図-5 鋼球の変化による周波数特性

3. 4 測定システムの差異による影響

図-6は、実構造物で用いられている測定システム（AEセンサー、 $f=140\text{kHz}$ ）を用いて、上部開放供試体⑥（不良部無）を1m/s（鋼球B）で打撃したときの出力側センサーから検出した波形のスペクトルである。スペクトルは、使用センサーによって異なり、AEセンサー(1)を用いた方が卓越周波数が高くなる傾向が得られた。今後、測定システムの影響を検討する必要がある。

表-2 弾性波の上限周波数

鋼球	接触時間 (μs)	上限周波数 (kHz)
A	152	3.3
B	48	10.4
C	28	17.9

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 供試体端部にグラウト不良部がある場合、グラウト不良側センサーからの出力は、P C 鋼棒の弾性波の挙動によく一致している。
- 2) 打撃方法および測定システムによってセンサーからの出力（波形、スペクトル）は異なるが、これらを一定にすると、グラウト不良部の有無、位置によってセンサーからの出力が異なる。

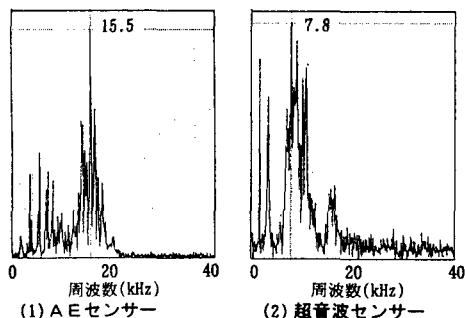


図-6 出力センサーの異なるスペクトル

[参考文献]

- 1) 望月秀次、本間祥史、上東泰：PCグラウトの施工技術の現状と非破壊検査による点検、コンクリート工学、Vol. 34, No. 6, pp4-13, 1996. 6
- 2) 白島雅也、松貝勇、岡村建樹：軽い衝撃を受けるコンクリート部材の応答解析、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, pp679-684, 1992. 6