

超音波スペクトロスコピーに基づくPCグラウトの充填度評価に関する一考察

○ 九州東海大学 工学部 坂田康徳

熊本大学 工学部 大津政康

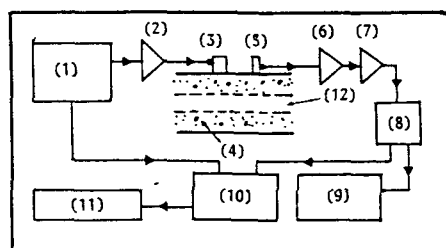
富士ビーエスコンクリート(KK) 藤本良雄

1. はじめに プレストレストコンクリート(PC)構造物は、益々長大化するコンクリート構造物の中で、その大部分を占める主要かつ重要な構造物となっている。一方、コンクリート構造物の耐久性の欠如が大きな社会問題となっており、ポストテンション方式によるPCダクト中のグラウト充填度の良否は、この方式によるPC構造物の耐久性を左右する大きな要因の一つと考えられる。それ故、PCダクト中のグラウト充填度の効果的な評価法の開発が急務である。本報告は、超音波の周波数特性(応答スペクトル)を用いて、PCグラウトの充填度評価の可能性を検討するために、室内実験および現場計測を行なって、その結果を取りまとめたものである。その結果、本方法を用いてPCグラウトの充填度評価がほぼ可能であることが判ったので報告する。

2. 実験の概要 今回の現場計測では、橋梁架設現場の架設前のポストテンション方式によるPC桁(T型梁)を使用した。この際、PCダクトによる応答スペクトルへの影響を知るため、および計測作業時のセンサー取り付けおよび取り外しによるPC桁の部分的破損やグリス等による汚損を避けるため、予め実験室内にて現場計測で使用したPC桁の腹部幅と同じ幅を持ち、また同じ直径のシースを配置したPCブロック(約1m×1m×22cm)を作成し、計測方法についての予備実験を行ない、その基礎データを基に現場計測を行なった。

予備実験では、PCブロック(プレストレスは導入されていない)中に、長さ約1mで直径約6.5cmのシースを20cm間隔で3本平行に配置し、それぞれモルタル充填部と空の部分の設けて測定に供した。測定方法は、計測部のコンクリート表面に適当に薄いシートを張り、その上から発信および受信センサーを取り付けて計測する方法を取った。シートの選択では、ガムテープや両面テープ、セロテープ等(各々幅5cmのもの)について検討したが、最終的に薄くて、表面滑らかで、接着力の大きく、再現性、使用性共に優れているセロテープを使用することにした。計測法は、発信側に音速計用のトランスデューサを、また受信側には加速度計用圧電素子トランスデューサをそれぞれ使用し、その取り付けは、発信側はグリスを介して圧着し、また受信側は瞬間接着剤で固定する方法とした。なお、予備実験の結果はここでは省略する。

現場計測では、予め実験室内にて選択された方法と同じ方法を用いて、脱型後材令4～5日目のPC桁の、グラウト注入前後の応答スペクトルを測定した。測定法は、発信および受信センサーをコンクリートの同一表面に取り付けて行なう表面法を主に使用し、一部で発信センサーを裏面に取り付けて行なう透



(1) 信号発生器、(2) 増幅器、(3) 発信トランスデューサ(音速法用)
(4) コンクリート、(5) 受信トランスデューサ(加速度センサ)
(6) 加速度計増幅器、(7) アンプ、(8) ディスキリミネータ
(9) オシロスコープ、(10) 記録計、(11) 出力計、(12) ダクト

図-1 計測システム

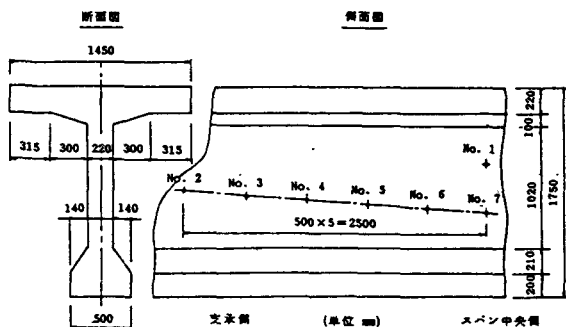


図-2 計測に供したPC桁の断面図および測定点の配置状況

過法も実施した。また表面法における両センサーの配置間隔を5 cmとした。この際、P C桁側面に予め配置されているシースの中心線を描き、その中心線に沿って、その直上およびこれより上下1.5 cm離れて位置に両センサーを取り付けて計測した。測定では、発信電圧および受信波増幅率を一定にし発信側トランスデューサを各3回ずつ付け替えて測定した。また測定する周波数領域は0~10kHz間とした。P C桁の製作に使用したコンクリートは早強セメント使用の呼び強度 400 kg/m³の生コンである。図-1は計測システム、図-2は本測定に供したP C桁の概略図と測点配置状況を示している。

3. 結果および考察 図-4はグラウト注入前後におけるP C桁の各測点で得られた応答スペクトルの一例を示している。全体的にほぼ類似したパターンの応答が見られるが、それらの応答スペクトル上の約6.5kHz付近にピークAと、約8 kHz 付近に顕著なピークBが出現していることが判る。そして特にピークAが、グラウト注入前に比べて注入後は、シースの無い部分を除いていずれも若干高周波数側へ移動している様子が判る。これは、明らかにこのピークAがグラウト充填度の良否に関係する指標となり得ることを示している。このピークAの発生原因については、次の様なことが考えられる。すなわち、コンクリート中の一般的な縦波速度 V_v を約4000m/s、せん断波速度 V_s を約2450 m/s (ポアソン比 $\nu=0.2$) とすれば、弾性波動理論より $V=f\lambda$ (ただし、 V は波速、 f は周波数、 λ は波長) である。弾性波がコンクリート板の表面と裏面で反射し、1波長で往復する波で共振を起こすとすれば、 $\lambda=2L$ (ただし、 L は板厚) より $V=2Lf$ となる。この式にP C桁の腹部厚 $L=22$ cmと V_v 、 V_s を代入すれば、 f_v は約9.1 kHz、 f_s は約5.6 kHzが得られる。ピークA、Bの周波数はおおよそこの値に近いことから、これらのピークは縦波とせん断波による板の厚み共振に基づいているものと考えられる。そこでシース内にグラウトが充填されている場合には、弾性波がこれを通ずるため速くなり、空の場合にはこれを迂回するため遅くなる。これらの差がピーク周波数に反映されているものと考えられる。また透過法の場合でも、ピークAが明瞭に現われており、これより、透過法でも同様にグラウト充填度評価が可能であることが判る。ただしこの場合、ピークBはあまり明瞭でない。この透過法による測定はデータが少ないため、十分な検討が出来ないが、その原因としてはセンサー取り付けの不備やセンサーの感度不足等が考えられる。

4. 結論 本方法を用いてP Cグラウトの充填度評価がほぼ可能である。この場合、部材厚方向の弾性波の共振に基づくピークAまたはBを基に、そのピーク周波数の差から判断すれば良いことが判った。

(謝辞)

本研究を遂行するに当たって、多大な御尽力と御協力を賜りました富士ビーエスコンクリート(KK)橋梁架設現場所長の安田様を始め、関係者諸氏に、この場を借りて深く感謝申し上げます。

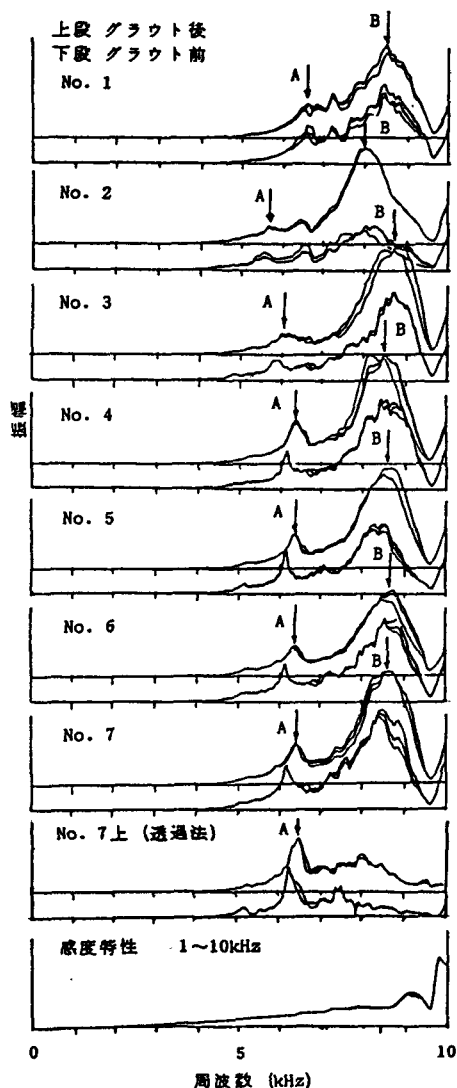


図-3 各測定点におけるグラウト前後の応答スペクトル