

超音波を用いた覆工コンクリートの若材齢強度推定に関する検討

(株)奥村組 正会員 ○塚本 耕治
(株)奥村組 廣中 哲也

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートの施工において、移動式の鋼製型枠（セントル）の脱型時期を見極めることは、覆工コンクリートの品質を確保する上で重要である。型枠を早期に脱型した場合には、ひび割れを発生する危険性があり、少なくとも自重および施工中に作用する荷重に耐えられる強度に達していることを確認する必要がある¹⁾。コンクリートの強度を簡易に確認する一般的な方法として、積算温度測定、超音波による方法、衝撃弾性波による方法などがある。ここでは、覆工コンクリートの脱型時における圧縮強度を精度よく推定することを目的として、超音波を用いたコンクリートの若材齢強度の推定方法を室内実験および現場実験により検討した。

2. 室内実験

(1) 供試体の作製

表-1 に示す室内実験用の配合を用いてコンクリート供試体(150×150×260mm)10体を作製し、温度20℃、湿度60%の条件で養生を行った。

(2) 実験手順

測定には超音波測定器および音波センサーを用いた。コンクリート強度の小さい若材齢時にはコンクリート内を伝播する弾性波の減衰が大きく、波の最初の立ち上がり時間（以後、初動時間と称す）を自動で読み取ることができず正確な伝播速度がデジタル表示されない。そのため、図-1 に示すように超音波測定器から出力される送信、受信の信号をデジタルオシロスコープにより測定、記録し、記録した受信波形の初動時間を読み取った。弾性波速度は式(1)から求めた。

$$V = L / (t - t_0) \tag{1}$$

ただし、 V ：弾性波速度(m/s)、 L ：センサー間距離(m)、 t_0 ：初動立ち上がり時間(s)、 t ：ゼロ調整時間(s)（送信の信号からセンサーが実際に衝撃波を発生させるまでの時間7.7μs）

打設から10時間後、12時間後、14時間後に供試体2体の弾性波速度の測定を行うとともに、一軸圧縮試験を行い、実際のコンクリート強度を求めた。

(3) 室内で作製した供試体を用いた実験結果

センサー間距離を10cm、15cm、20cmと変化させた場合の受信した波形を図-2に示す。センサー間距離が10cm、15cmにおける初動の立ち上がりの勾配は、センサー間距離が20cmの場合より大きく初動を読み取りやすいことがわかる。センサー間隔を小さくしすぎると、粗骨材の影響を受けやすくなると考えられ、センサー間

表-1 コンクリート供試体の配合

実験ケース	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単体量 (kg/m³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
室内実験	40	16	58.5	42.0	162	277	784	1071	1.4
現場実験	40	15	51.2	47.0	155	303	857	983	3.0

セメント：普通ポルトランドセメント 混和剤：AE減水剤、リグニンスルホン酸系化合物

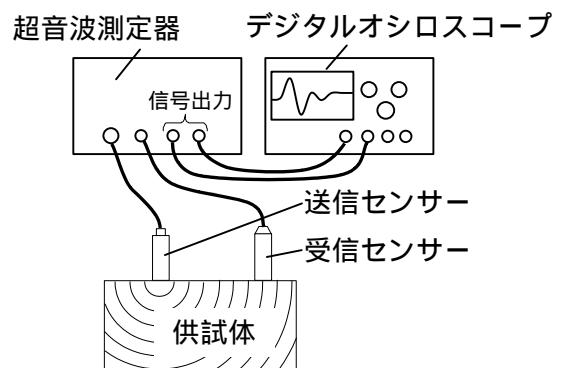


図-1 計測機器と配線

キーワード 覆工コンクリート、超音波、弾性波速度、圧縮強度

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1779

距離を 15cm にして測定した．弾性波速度と圧縮強度の関係を図-3 に示す．弾性波速度が大きくなるにつれて圧縮強度も大きくなり，両者の関係は指数関数で表すことができる．回帰分析から求めた寄与率 R^2 は 0.93 と大きく，関係式の信頼性が高いことがわかる．

3．現場実験

(1) 供試体の作製

トンネル現場の覆工コンクリートの 2 ブロック (A-BL, B-BL) において打設中のコンクリートから各 5 体の供試体 (寸法 $150 \times 150 \times 260\text{mm}$) を作製した．現場で打設した覆工コンクリートの配合を表-1 に示す．

(2) 実験手順

妻板を取り外したコンクリート面においてセンサー間隔を 15cm にして，打設から 10.5 時間後 (A-BL のみ)，12.5 時間後，14.5 時間後，16.5 時間後，24.5 時間後の弾性波速度の測定を行った．また，供試体 1 体の弾性波速度を測定した後，圧縮試験により実際の圧縮強度を求めた．

(3) 現場で作製した供試体を用いた実験結果

それぞれの材齢におけるコンクリート供試体の弾性波速度と圧縮強度の関係を図-4 に示す．両者の関係を指数近似式で表すと，式(2)に示す強度推定式になる．

$$\sigma_f = 0.07e^{0.0018V} \quad (2)$$

ただし， σ_f : 推定圧縮強度 (N/mm^2)， V : 弾性波速度 (m/s)

(4) 覆工妻部の弾性波速度を利用した圧縮強度の推定

覆工コンクリートの妻部で測定して求めた弾性波速度を式(2)に代入し，圧縮強度を求める．推定した圧縮強度と打設後からの経過時間の関係を図-5 に示す．各ブロックではコンクリート打設から 17 時間後に脱型したことから，脱型時には 3.4N/mm^2 および 2.7N/mm^2 程度の圧縮強度があったと推察できる．

4．あとがき

覆工コンクリート妻部のコンクリートの弾性波速度を直接測定することにより，圧縮強度を容易に推定できることを確認した．今後，測定した波形データの統計的解析により初動時間を自動計算できるように改善したいと考えている．

参考文献

1) コンクリート施工管理要領，東日本高速，中日本高速，西日本高速，2009

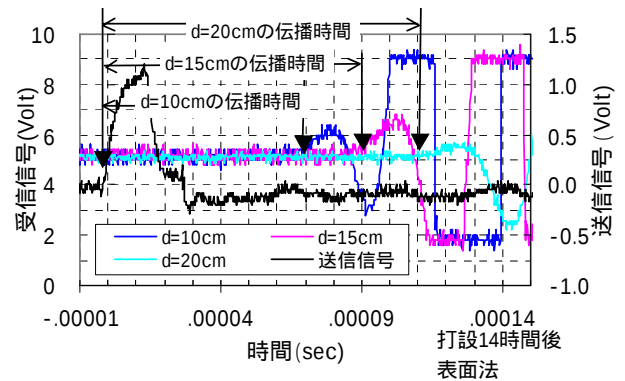


図-2 センサー間距離による比較

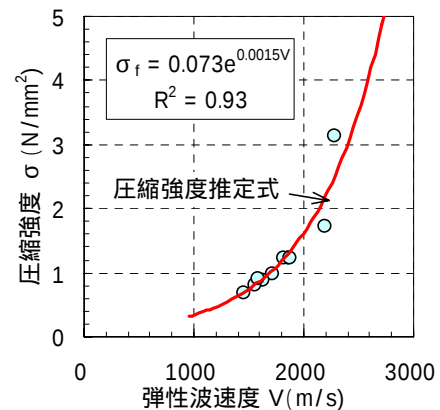


図-3 室内供試体の弾性波速度と圧縮強度の関係

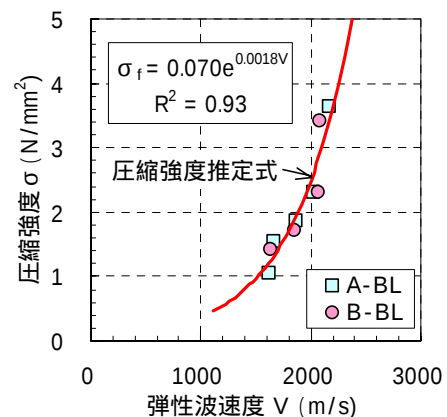


図-4 現場供試体の弾性波速度と圧縮強度の関係

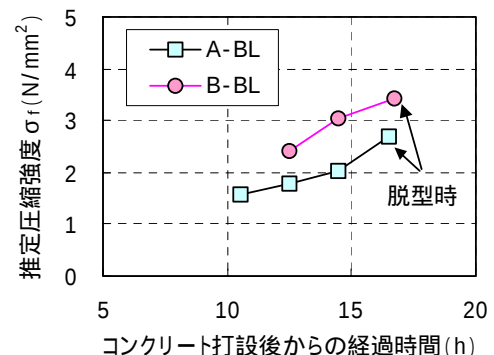


図-5 覆工妻部の弾性波速度から推定した圧縮強度の経時変化