

衝撃弾性波法によるコンクリート品質の推定について

伊藤建設(株) 正会員 岩野 聡史
 東海大学 正会員 極檀 邦夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭
 独立行政法人 土木研究所 正会員 森濱 和正

1. はじめに

コンクリート構造物の維持・補修は非破壊検査によって得た定量的なデータに基づく評価システムが望ましい。衝撃弾性波法では、コンクリートの厚さを D 、縦弾性波速度 V_p 、固有振動数 f_0 とすると、 $D = V_p / 2f_0$ となり、実寸が測定できる橋脚などのコンクリート構造物では、固有振動数と厚さから弾性波速度を逆算できる。弾性波速度は縦弾性係数、密度、ポアソン比によって変化するので、弾性波速度からコンクリートの品質(強度など)を推定できると考えられる。そこで、水セメント比や粗骨材寸法の異なるコンクリート試験片を製作し、材齢、養生方法を変えて弾性波速度と圧縮強度を測定し、衝撃弾性波法により測定した弾性波速度からコンクリートの品質推定が可能であるかを検討した。

2. 実験方法

表1 実験に用いた試験片の主な状況

試験片	Gmax (mm)	目標スランプ(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	材齢 (日)	養生方法	設計寸法 (mm)
A	25	8	50.0	43.0	1,3,7	湿布	100×200
					14,28	水中,気中	
B	40	8	49.5	41.5	1,3,7	湿布	125×250
					14,28	水中,気中	
C	40	2.5	40.0	34.1	1,3,7	湿布	125×250
					28,56	水中,気中	

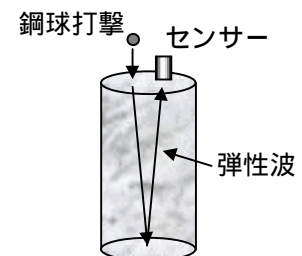


図1 弾性波速度測定状況

実験に用いた試験片の状況を表1に示す。弾性波速度は、コンクリート強度、骨材寸法の大小に関連すると考えられるので、主に粗骨材最大寸法 (Gmax) が異なる試験片 A,B、水セメント比他が異なる試験片 C を製作し、養生方法を材齢によって変えて、各材齢、養生方法で3試験片ずつ実験した。また、弾性波速度 V_p は図1に示すように、表面にセンサーを1点設置し、直径15mmの鋼球で打撃して、弾性波動の自己相関関数のFFT解析により、内部に多重反射する弾性波の振動数 f_0 を求め、厚さ D から $V_p = 2D \cdot f_0$ により求めた。打撃点とセンサーの中間を試験片の中心とした。この測定の直後に、圧縮強度試験を行い両者の関係と比較した。なお、養生方法が湿布・水中である試験片での実験では、衝撃弾性波法による測定と圧縮強度試験との測定時刻の違いによる影響防止のため、よく絞った湿布で試験片を覆い乾燥させないようにした。

3. 実験結果

3.1 コンクリート配合の影響について

図2にコンクリート配合が異なる場合での圧縮強度と弾性波速度を比較した結果を示す。図より、圧縮強度は試験片 C,B,A の順に大きくなった。すなわち、水セメント比40%の方が50%のものよりもコンクリー

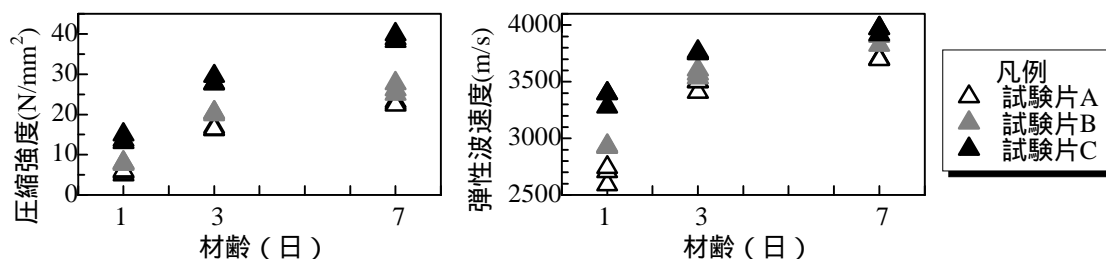


図2 コンクリート配合が異なる場合での圧縮強度(左図)と弾性波速度(右図)(湿布養生)

・キーワード：衝撃弾性波法、非破壊検査、コンクリート品質、弾性波速度 ・連絡先：伊藤建設(株)技術研究所 〒143-0015 東京都大田区大森西 1-19-1 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3765-5190 E-mail siwano@itoken.co.jp

トの強度が大きいこと。また、同じ水セメント比の試験片 A,B では、大きい粗骨材を用いた(25mm よりも 40mm)方が、圧縮強度がやや大きい。弾性波速度も圧縮強度と同じく試験片 C,B,A の順に速くなった。これから、弾性波速度と圧縮強度は、コンクリート配合の違いによる材質の変化にほとんど同じ傾向で反応することが分かった。ただし、材齢が経過するにつれて弾性波速度の違いは小さくなっている。

3.2 養生方法の影響について

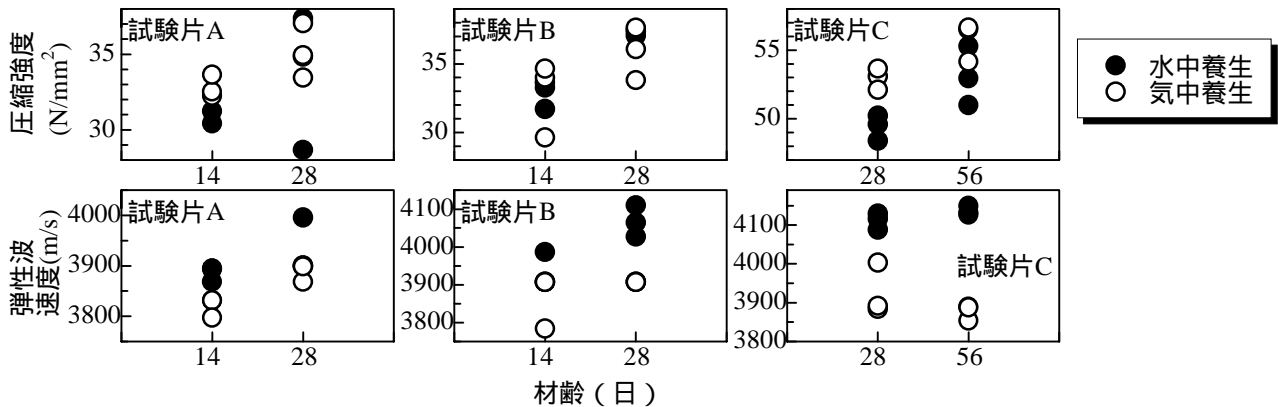


図3 養生方法が異なる場合での圧縮強度（上図）と弾性波速度（下図）

図3に養生方法が異なる場合での圧縮強度と弾性波速度を比較した結果を示す。気中養生では水中養生よりも強度が低下するだろうと予想したが、圧縮強度はばらついて一定の傾向を示さないため関係は認められなかった。しかしながら、弾性波速度は、試験片 A, B での材齢 14, 28 日、試験片 C での材齢 28, 56 日とも水中養生の方が気中養生より速くなり、養生方法の違いが弾性波速度にかなり影響することが分かった。

3.3 圧縮強度と弾性波速度の関係

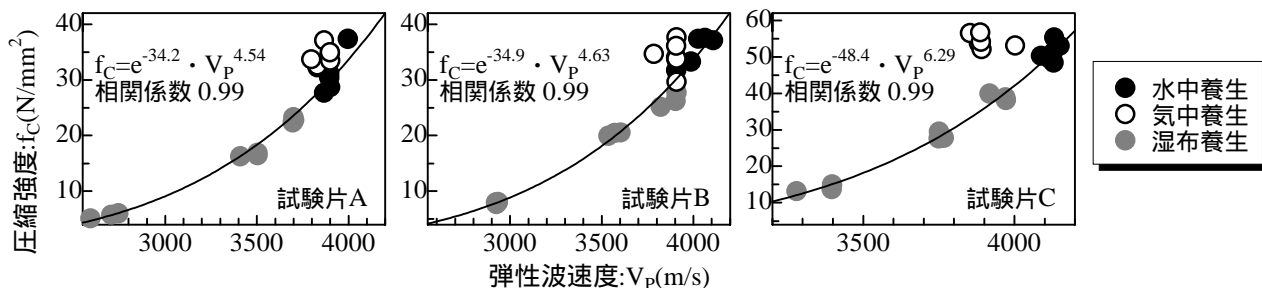


図4 圧縮強度と弾性波速度と圧縮強度の関係

図4に全試験片で測定した圧縮強度と弾性波速度の関係を示す。全試験片の内、気中養生を除いた湿布養生と水中養生は、圧縮強度と弾性波速度は強い相関関係（相関係数 0.99）を示したので、回帰式を最小二乗法により求め図に記載した。粗骨材最大寸法が異なり、他の配合はほぼ等しい試験片 A,B での回帰式はほぼ等しいが、水セメント比など配合が異なる試験片 C では回帰式が異なった。また、気中養生では前述のとおり、弾性波速度が遅くても圧縮強度は変化しないので同様の関係を示さない。従って、弾性波速度からコンクリート圧縮強度を推定するには、養生方法とコンクリートの配合を把握する必要があるといえる。

4. まとめ

実寸が測れるコンクリート構造物の検査として、弾性波速度からコンクリート強度・品質推定が可能であるか実験した結果、配合と養生方法が既知であれば、弾性波速度と圧縮強度は相関関係があり、弾性波速度から圧縮強度を推定できると考えてよい。養生方法の違いにより、圧縮強度では相違は認められないが、弾性波速度は相違があることが分かった。これらから、コンクリート製作条件が既知の場合、弾性波速度を測定すれば強度などの品質が推定できると思われる。今後は、既設構造物について本法を適用するため、劣化による品質（強度など）低下を弾性波速度から推定できるか検討する予定である。なお、本研究は国土交通省土木研究所と（社）日本非破壊検査協会・鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査特別研究委員会の共同研究であり、セメント協会、超音波 6 社、電磁波 5 社、弾性波 2 社が実施している研究成果の一部である。