

圧縮応力下でのコンクリートの超音波速度と粗骨材に用いる岩種の関係

徳島大学大学院 賛助会員 ○榎賀瑞樹 徳島大学大学院 正会員 渡邊健
徳島大学大学院 正会員 橋本親典 徳島大学大学院 正会員 石丸啓輔

1. 目的

現在、PC 桁ではグラウトの充填不良に伴う PC 鋼材の腐食やそれに伴うプレストレス量の低下といった問題がある。このプレストレス量を非破壊的かつ簡易な手法としてコンクリート中を伝搬する弾性波速度を用いて把握する研究が進められている。既往の研究結果では、応力の増加に伴いコンクリート中を伝搬する弾性波速度が上昇することが報告されている。これは、骨材周辺のポーラスな遷移帯や微細な空隙の緻密化が原因と考えられる。そこで、本実験は粗骨材に砂岩、石灰岩、銅スラグの岩種を用いて、圧縮応力下での超音波速度と岩種の関係について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

W/C=45, 50, 55%の配合を表-1に示す。W/Cは45, 50, 55%, s/aは45%と一定とする。使用材料としては普通ポルトランドセメントを、細骨材と砂岩粗骨材(SAと表記)は徳島県産、石灰岩粗骨材(SEと表記)は阿南市産、銅スラグ粗骨材(CUSと表記)は住友金属鉱山株式会社提供のものを使用した。供試体は図-1に示す寸法100×200mmの円柱供試体とし、材齢1日で脱型し、その後材齢28日間の水中養生を施した後、40℃乾燥炉に1週間入れ乾燥させた供試体を3本ずつ作製した。

2.2 荷重載荷方法

プレストレス状態を模擬するため、供試体に万能試験機を用いて一軸圧縮載荷を行い、供試体に計画した圧縮応力を発生させた。

2.3 超音波速度の測定方法

現地での測定を想定して、本研究ではハンディタイプの超音波測定器を使用した。本装置は、測定時にセンサを密着させる媒体は不要であり、現場での使用に優れている。測定器の様子は、表-2に示すとおりである。超音波入力点から受信点までの距離(150mm)となっている。

2.4 ひずみ計測

荷重載荷状態と各供試体のひずみ状態及び弾性係数を確認するため、供試体側面にて縦方向に長さ60mmのひずみゲージを設置し、データロガーで記録した。

3. 実験結果

3.1 繰り返し載荷と超音波伝搬速度の関係

圧縮応力と超音波速度の関係(W/C=45%)を図-3に示す。

表-1 配合表

配合名	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)					
		W	C	s/a(%)	S	G1	G2
45-SA	45	170	378	45	778	458	373
45-SE					778	478	389
45-CUS					778	754	486
50-SA	50	170	340	45	792	466	380
50-SE					792	486	396
50-CUS					792	765	495
55-SA	55	170	309	45	804	473	386
55-SE					804	493	402
55-CUS					804	774	503

表-2 ハンディタイプの超音波測定器の仕様

項目	仕様
時間測定範囲	15~100ms
超音波速度測定範囲	1500~9990m/s
亀裂深度測定範囲	10~50mm
時間と音速測定精度	±1%
使用超音波周波数	50kHz

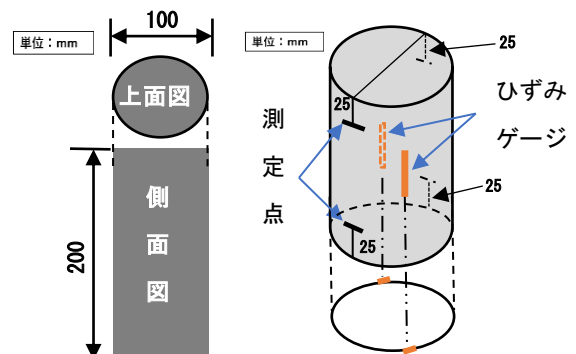


図-1 供試体概要

図-2 超音波速度の測定点とひずみゲージの位置

載荷荷重は1回目 0~20 (N/mm²), 2回目は 0~25 (N/mm²)まで載荷を行った。各骨材で応力増加とともに超音波速度が増加することが確認された。また、各骨材によって超音波速度の上昇率や除荷後の超音波速度の減少傾向が異なることが確認された。これは、遷移帯部分の緻密化や除荷時のひび割れ量によるもので、供試体内部の岩種によって遷移帯の生成される量が異なり、遷移帯量が多い程、超音波速度の上昇率や除荷時の速度の減少が大きいと考えられる。

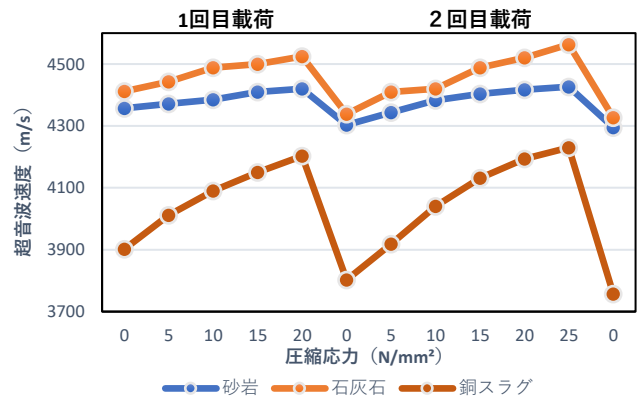


図-3 圧縮応力と超音波速度の関係 (W/C=45%)

3.2 音弾性定数と超音波速度変化率差: W/C=45%

超音波速度変化率と応力の関係を載荷・除荷過程の線形近似直線とともに図-4 に示す。既往の研究²⁾を参考に音弾性定数と超音波速度変化率差の関係を図-5 に示す。超音波速度変化率は式(1)より算出した。

$$\text{超音波速度変化率} = \frac{V_i - V_0}{V_0} \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここで、 V_0 : 無応力状態での超音波速度、 V_i : 各応力状態での超音波速度

音弾性定数は載荷過程の近似直線の傾き、載荷前後の超音波速度変化率差は、載荷過程と除荷過程の近似直線の切片差とする。既往の研究²⁾では遷移帯量が増えると、音弾性定数や超音波速度変化率差が大きくなることが示唆されている。

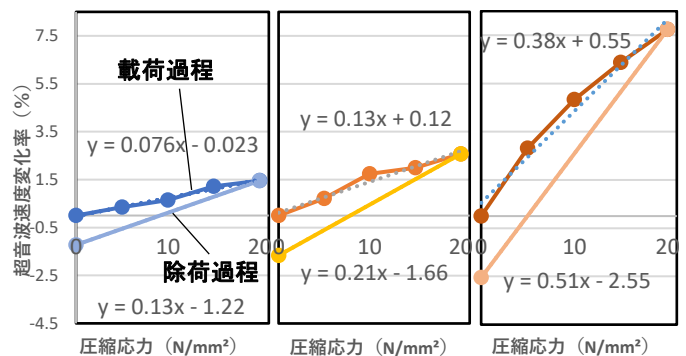


図-4 超音波速度変化率と応力の関係 (W/C=45%)

供試体 SA と SE では音弾性定数と超音波速度変化率差はあまり差がないが、CUS は音弾性定数と超音波速度変化率差がともに大きいことから遷移帯量が多く生成されているといえる。これは、CUS を用いたコンクリートはブリーディング量が多くなる傾向があり、骨材周辺のブリーディングにより遷移帯が生成されやすい状態になっていたことが要因として考えられる。

3.3 超音波速度と弾性係数の比較

超音波速度と弾性係数の比較を図-6 に示す。同じ W/C で比較した場合、弾性係数が大きいと超音波速度は速くなるが、CUS の場合は弾性係数が大きいのにに対して超音波速度は低いことが確認された。これは、CUS はブリーディングが生じやすく、遷移帯を多く生成されやすいことと CUS の表面は平滑でペーストとの付着が弱いため乾燥収縮により遷移帯部分でマイクロクラックが発生したことが超音波速度低下の要因として考えられる。

左から SA, SE, CUS

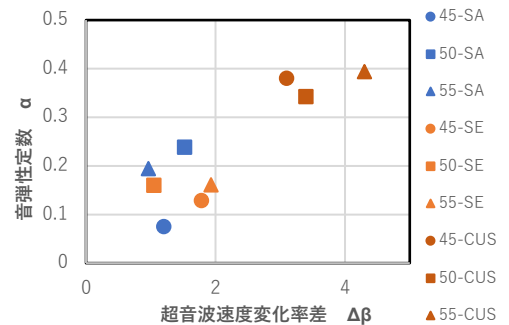


図-5 音弾性定数と超音波速度変化率の関係

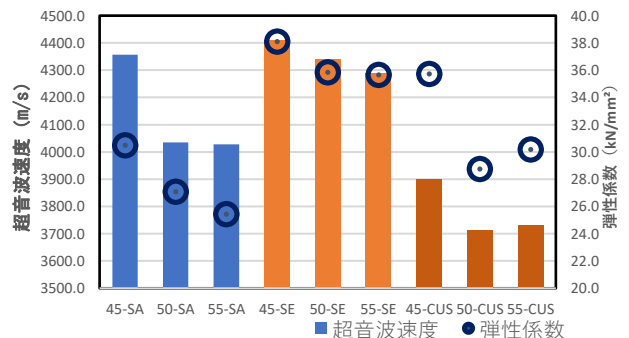


図-6 超音波速度 (実測値) と弾性係数

参考文献

- 1) 松田 秀和, 佐竹 将也, 渡邊 健, 橋本 親典: プレストレス状態における弾性波伝搬特性に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, 1727-1732, 2019 年
- 2) 永田 昂大, 大野 健太郎, 玉置 一清, 上野 敦: コンクリートの圧縮応力と超音波速度変化率の関係に及ぼす諸要因の検討, コンクリート工学年次論文集 Vol.43, No.1, 2021