

擬似若材齢モルタルにおける超音波伝播速度に対する細骨材の影響

函館工業高等専門学校 環境システム工学専攻 学生員 ○大西 逸樹  
 函館工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 澤村 秀治  
 アイレック技建(株) 開発営業部 永島 裕二

1. はじめに

これまで筆者らは、配合条件が若材齢コンクリートの超音波伝播速度と動弾性係数の関係に及ぼす影響を示してきた<sup>1)</sup>。そこで本研究では、セメントに対する石灰石微粉末(LSP)の置換によって強度を意図的に低下させた「擬似若材齢モルタル」を用い、第一段階として、細骨材容積率が若材齢モルタルの超音波伝播速度に及ぼす影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準および使用材料

各実験の要因と水準を表 1、実験で使用した材料の一覧およびコンクリートの配合を表 2、表 3 に示す。実験の要因は LSP 置換率、細骨材の構成(細骨材容積率)とし、それぞれの要因に対して設定した水準を組み合わせることでモルタルの配合を決定した。なお、水結合材比はどの配合に対しても一定の 40% とした。

2.2 超音波伝播速度の計測

擬似若材齢モルタルの超音波伝播速度を計測するために、全ての配合について、円柱供試体(φ100×200)を1本ずつ作成し、28日間の水中養生を行い、その後円柱供試体の供試体軸方向において、2種類の計測器を用いてそれぞれ超音波伝播速度を計測した。

3. 実験結果

3.1 モルタルにおけるセメントマトリックスおよび細骨材の超音波速度の分離推定と定量化

モルタルの超音波速度は、細骨材の超音波速度とマトリックスの超音波速度が合成されたものと考え、式1のようにモデル化する<sup>2)</sup>。このモデルに、異なった細骨材容積率( $S_{c1}, S_{c2}$ )と同一LSP置換率における超音波速度( $v_{m1}, v_{m2}$ )を組み合わせ、式2の連立方程式を解くことでそのLSP置換率におけるマトリックスの超音波速度と細骨材の超音波速度を分離推定する。

表 1 実験の要因と水準

実験の要因	実験の水準	
石灰石微粉末の置換率	5水準	0%, 20%, 40%, 60%, 80%
細骨材率	6水準	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%

表 2 使用材料一覧

名称	仕様等	密度(kg/cm <sup>3</sup> )
セメント	C1: 普通ポルトランドセメント	3.16
	C2: 石灰石微粉末	2.74
細骨材	S: 函館市豊原産天然砂	2.64
消泡剤	micro-air 404(100倍希釈)	1.00

表 3 コンクリートの配合

Name	W/C (%)	s/a (%)	単位質量(kg/m <sup>3</sup> )				
			W	C1	C2	S	消泡剤
L00	40.0	0.0	550	1396			8.4
L20			543	1102	275		8.3
L40			535	815	544		8.2
L60			528	537	805		8.0
L80			522	265	1059		7.9
L00		10.0	495	1256		265	7.5
L20			488	992	248	265	7.4
L40			482	734	489	265	7.3
L60			476	483	724	265	7.2
L80			470	238	953	265	7.1
L00		20.0	440	1117		530	6.7
L20			435	882	221	527	6.6
L40			429	653	435	527	6.5
L60			423	430	645	527	6.4
L80			417	212	847	530	6.4
L00		30.0	385	977		795	5.9
L20			380	771	193	795	5.8
L40			375	571	381	795	5.7
L60			370	376	563	795	5.6
L80			365	185	741	795	5.6
L00	40.0	330	837		1060	5.0	
L20		326	661	165	1060	5.0	
L40		321	489	326	1060	4.9	
L60		317	322	483	1060	4.8	
L80		313	159	636	1060	4.8	
L00	50.0	275	698		1325	4.2	
L20		271	551	138	1325	4.1	
L40		268	408	272	1325	4.1	
L60		264	268	402	1325	4.0	
L80		261	132	530	1325	4.0	

Key Words: 擬似若材齢モルタル, LSP, 超音波伝播速度, 細骨材容積率, 分離推定

〒042-8501 函館市戸倉町 14-1, TEL:0138-59-6489, FAX:0138-59-6489

$$\frac{1}{v_m} = \frac{(V_p/V_m)}{v_p} + \frac{(V_s/V_m)}{v_s} = \frac{1-S_c}{v_p} + \frac{S_c}{v_s} \quad \dots (1)$$

$$\begin{cases} 1/v_{m1} = (1-S_{c1})/v_p + S_{c1}/v_s \\ 1/v_{m2} = (1-S_{c2})/v_p + S_{c2}/v_s \end{cases} \quad \dots (2)$$

ただし、 $v_m, V_m$  : モルタルの超音波速度, 絶対容積  
 $v_p, V_p$  : マトリックスの超音波速度, 絶対容積  
 $v_s, V_s$  : 細骨材の超音波速度, 絶対容積  
 $S_c$  : 細骨材容積率,  $V_s = S_c \cdot V_m$

図1, 図2に, 算出された各LSP置換率における細骨材絶対容積の組み合わせごとの細骨材とマトリックスの超音波速度を示す. 図1では, 細骨材超音波速度 $v_s$ は若干のバラつきがみられるものの, どのLSP置換率でも概ね5000(m/s)付近に集中しており, $v_s$ はLSP置換率の増加に影響されない結果となった. 図2では, マトリックス超音波速度 $v_p$ は同LSP置換率では, ほぼ一定の値を示し, またLSP置換率の増加に伴い徐々に減少している結果となった. さらに実測値ともよく一致していることがわかる. このことから, 式2はセメントにLSPが混入したマトリックスの超音波速度を適切に推測できることがわかる.

**3.2 超音波速度計算モデルの精度**

図4は, それぞれのLSP置換率ごとに, 細骨材の超音波速度 $v_s$ を分離推定の結果の平均値, マトリックスの超音波速度 $v_p$ を図2に示す実測値で定義して, 式1によりモルタルの超音波速度 $v_m$ を算出した結果である. それぞれのLSP置換率で, 実測値と理論値は同一のライン上にあることから, 擬似若材齢におけるモルタルの超音波速度は式1によって推定可能であることがわかる.

**4. まとめ**

本研究で, 擬似若材齢モルタルの超音波速度を測定し, 超音波速度に対する細骨材量の寄与およびセメントに対するLSP置換の影響について検討・考察した結果, 以下のような知見を得た. (1) 石灰石微粉末を混入した擬似若材齢モルタルの超音波速度は, マトリックスの超音波速度 $v_p$ , 細骨材の超音波速度 $v_s$ および細骨材容積率 $S_c$ の関数としてモデル化でき, そのモデルから $v_p, v_s$ を分離して推定することができた. (2) 式1によるモルタル超音波速度 $v_m$ の計算モデルは, 擬似若材齢モルタルにおいても十分な精度を有する. (3) 擬似若材齢モルタルによって, 通常の若材齢モルタルの超音波速度に対する骨材の影響を検討できる.

**参考文献**

- 1) 門野寛・澤村秀治・橋本紳一郎・永島裕二 : 配合条件が若材齢コンクリートの超音波速度と動弾性係数に及ぼす影響, 平成19年度土木学会北海道支部論文報告集第64号, E-10, 2008.1
- 2) Yiching Lin, Chao-Peng Lai, Tsong Yen : "Prediction of Ultrasonic Pulse Velocity(UPV) in Concrete", ACI Materials Journal, V.100, No.1, January 2003, pp.21-28

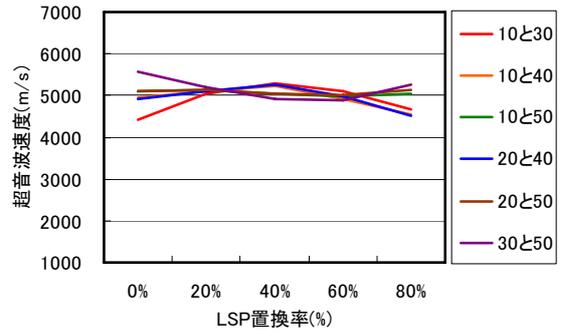


図1 細骨材超音波速度 $v_s$ の計算値

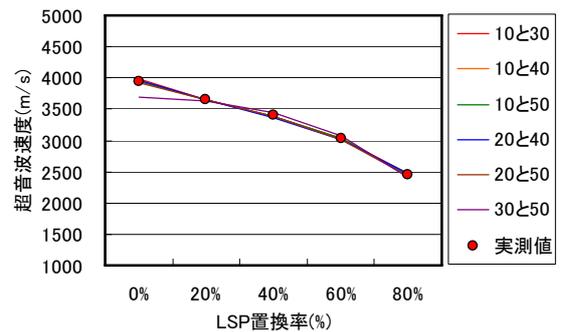


図2 マトリックス超音波速度 $v_p$ の計算値

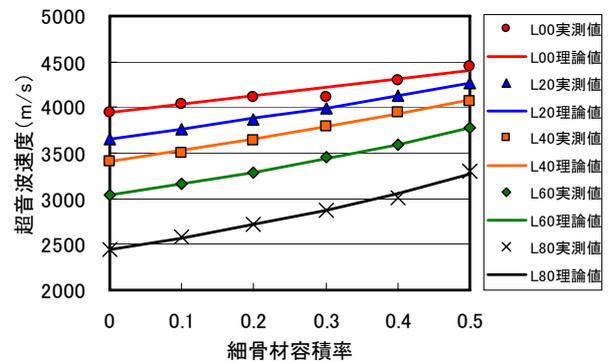


図3 モルタル超音波速度の実測値と理論値