

超音波縦波伝播速度を用いた超速硬モルタルの硬化過程における検討

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 ○中村浩章 羽生賢一
渡邊晋也 小野秀一

1. 目的

超速硬セメントは、接水と同時に水和反応が始まり、硬化する特徴を有している。実際には、硬化時間を凝結遅延剤によりコントロールしているが、材料温度や環境温度の影響を受けることが知られている。一般的にモルタルやコンクリートの硬化過程を把握するためには、プロクター貫入試験などの凝結試験やフローおよびスランプの経時変化などを用いて評価することが多い。しかしながら、プロクター試験機を用いる場合、コンクリートではウェットスクリーニングを実施し、粗骨材とモルタルを分離する必要があり時間を要する。その結果、超速硬セメントでは、ウェットスクリーニングが困難となることがあり、コンクリートのまま硬化過程を評価する方法が求められている。そのため、液体から固体まで一貫して測定できる超音波に着目し、縦波伝播速度を測定することで、始発や終結時間および圧縮強度を推定する手法について検討を行った。本報は、基礎的な検討として超速硬モルタルを用いて検討結果について取りまとめたものである。

2. 試験体

本研究では、3種類の超速硬セメントを用いて評価を行っている。凝結遅延剤の添加量は、気温 20℃における各セメント会社が推奨している添加量を基準とし、多量添加および少量添加の3条件とした。配合を表1に示す。練混ぜにはハンドミキサーを用い、練混ぜおよび養生は、室温 23±2℃、湿度 80%以上の恒温恒湿室で実施した。各材料は室温と同じようになるように事前に調整をしている。なお、圧縮強度試験体はφ50mm×100mmの円柱供試体とし、所定材齢まで封緘養生とした。

3. 試験概要

本試験ではセメントと水が接触した時間を 0 秒として超音波法により、7 秒ごとに 24 時間の縦波伝播時間を測定した。使用した超音波測定機は ULTRA TEST 製 BP-700pro であり、40 kHz の発・受信子を用いている。測定状況を写真1に示す。試験体の寸法はφ50mmとして、発・受信子間距離は 40mm とした。また、同時に試験体の温度も測定している。

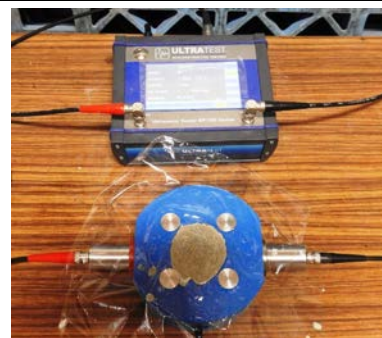


写真1 超音波法の測定状況

比較用にプロクターを用いた凝結試験および 15 打フローの測定を行った。測定間隔については、経時変化を捉えるため測定ができる時間内で高頻度を実施することとした。圧縮強度試験については、材齢 2 時間、3 時間および 24 時間で測定を行っている。

4. 試験結果

4.1 使用したモルタルの基礎物性

本実験で用いたモルタルの基礎物性を表2に示す。基準添加量では始発時間は、試験体 A で概ね 60 分、試験体 B および C は 30 分以下であることがわかる。これは、セメント会社の凝結遅延剤の添加量の決め方が異なるためと考えられる。ただし、3 時間の圧縮強度は、概ね 30N/mm²であり、材齢 1 日では概ね 40N/mm²と同等の物性であった。

表1 使用したモルタルの配合

	W/C	単位量(kg/m ³)				
	(%)	W	C	S	混和剤	遅延剤
A(少:C×0.6%)	36.5	244	669	1284	5.35 (C×0.8%)	4.01
A(基準:C×1.6%)						10.70
A(多:C×2.6%)						17.39
B(少:C×0.1%)		245	671	1288	13.38 (C×2%)	0.67
B(基準:C×0.25%)						1.67
B(多:C×0.5%)						3.35
C(少:C×0.1%)	243	667	1281	13.38 (C×2%)		0.67
C(基準:C×0.25%)						1.67
C(多:C×0.5%)						3.35

表2 モルタルの各種基礎物性

		A			B			C		
		(少)	(基準)	(多)	(少)	(基準)	(多)	(少)	(基準)	(多)
凝結 (分:秒)	始発	26:31	62:29	113:47	9:21	21:45	64:41	11:21	29:35	41:35
	終結	27:52	69:49	125:34	11:18	27:49	86:14	12:51	38:48	55:17
圧縮強度 (N/mm ²)	2時間	30.4	22.6	1.5(2.5h)	29.9	28.6	3.0	28.8	29.0	25.7
	3時間	33.8	30.3	10.3	31.8	33.7	10.8	29.1	29.5	31.5
	24時間	41.1	38.3	36.6	43.8	49.5	45.7	33.4	33.4	35.2

キーワード 超音波伝播速度, 超速硬セメント, 凝結試験, 初期物性評価

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 (一社) 施工技術総合研究所 研究第二部 TEL 0545-35-0212

4.2 超音波法と発熱温度の測定結果

凝結遅延剤添加量が基準量の試験体における縦波伝播速度の経時変化を図1に示す。図中には破線で発熱温度も付記している。その結果、試験体Aについては、50分まで徐々に伝播速度が上昇し、その後、急激に伝播速度が上昇した。急激な上昇は2時間で終了している。一方、試験体BおよびCについては、測定直後から急激に伝播速度が上昇する結果となった。発熱温度は、試験体AおよびCについては、発熱ピークが概ね縦波伝播速度の上昇ピークと同じであることが判明した。なお、試験体Bについては、発熱ピークが2つある。そのピークと同時期に縦波伝播速度の上昇速度の傾きが変化している。

4.3 超音波法と各種測定結果の比較

縦波伝播速度と凝結試験結果の関係を図2に示す。始発と終結では縦波伝播速度に違いがあることが確認されたが、同時にセメントの種類により始発・終結の縦波伝播速度が違うことが判明した。この理由としては、超速硬セメントが生成する水和物の違いが影響していることが考えられるが詳細は不明である。この結果から、縦波伝播速度を用いて始発・終結を評価する場合、使用材料ごとに検量線を作成することが必要と考えられる。

縦波伝播速度と15打フローの経時変化を図3に示す。上述しているように試験体Aは始発時間が60分、試験体BおよびCは30分である。試験体Aは縦波伝播速度と15打フローの変化および始発時間がほぼ同じ時間で生じていることがわかる。一方、試験体Bは15打フローの変化点が明確に生じていない結果となった。試験体Cは始発時間よりも先に15打フローの変化が見られなくなっているが、縦波伝播速度が立ち上がった時間と概ね一致していることが確認された。試験体Bを除けば、縦波伝播速度で初期の硬化過程を評価することができると言える。

縦波伝播速度と圧縮強度の関係を図4に示す。圧縮強度が増加すると縦波伝播速度も増大する傾向にあるが、その関係はセメントごとに異なることが判明した。ただし、強度が発現してから使用セメントによる差は見られず、縦波伝播速度と圧縮強度の関係に相関があることがわかった。したがって、材齢初期の評価を行うには、上述した凝結試験と同様に使用材料ごとの検量線が必要であることが考えられる。

5. まとめ

本研究では、超音波縦波伝播速度を用いて、超速硬モルタルの硬化過程の評価を試みた。その結果、使用するセメントごとに、始発・終結時間および強度発現の関係を評価できることが明らかとなった。ただし、本実験では超速硬セメントといわれる特殊なセメントを用いて実施していることから、今後、普通ポルトランドセメントや混和材を混入したコンクリートなどの硬化過程に関する検討を行う予定である。

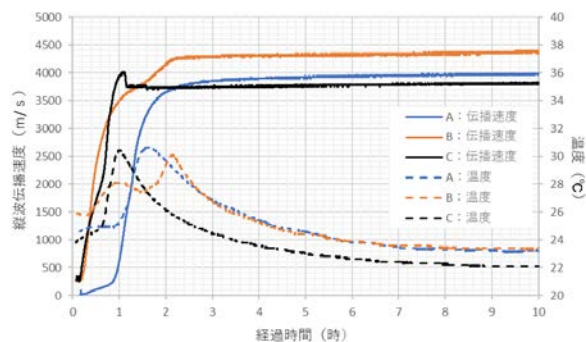


図1 縦波伝播速度・発熱温度の経時変化

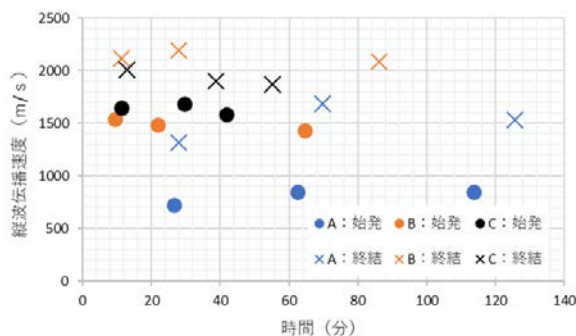


図2 縦波伝播速度と凝結試験の関係

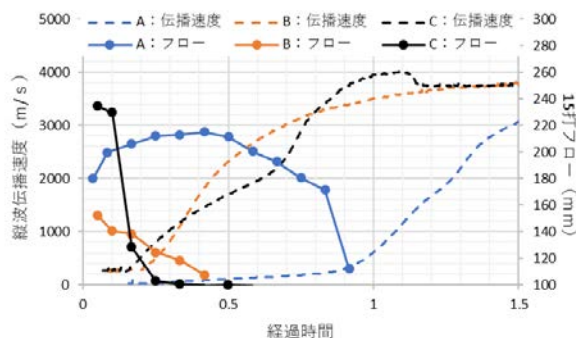


図3 縦波伝播速度と15打フローの関係

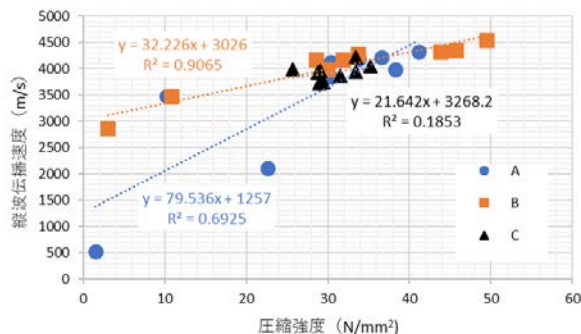


図4 縦波伝播速度と圧縮強度の関係