

混和剤を添加したセメントペーストの超音波伝播特性に基づく凝結硬化過程評価

岐阜大学 学生会員 ○小島 政則

岐阜大学 正会員 鎌田 敏郎

岐阜大学 正会員 六郷 恵哲

岐阜大学 学生会員 池上 和司

1. はじめに

コンクリート構造物の施工において、セメント系材料の凝結時間のコントロールは重要な検討項目である。そのため、使用する材料の凝結硬化過程を事前把握することが必要とされる。セメント系材料の凝結硬化過程を把握する試験方法には、ビカー針試験やプロクター貫入抵抗試験などがあるが、これらの方法は手間がかかり、連続的な計測が困難である。また、計測値の物理的意味が不明確であるという問題点も有している。

一方、著者らの既往の研究¹⁾では、超音波を用いて超速硬セメントペーストの凝結硬化過程の評価手法を検討している。また、粉末X線回折やSEM観察なども行い、超音波パラメータとセメントペーストの水和に伴う内部組織変化との関連性についても明らかにしている。

そこで本研究では、これに引き続き、連続的かつ自動的に計測が可能なAE計測システムを用いて、早強セメントペーストについて混和剤を添加し、混和剤を添加することによる材料の凝結時間の違いが超音波パラメータに与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントには、早強セメントを使用し、水セメント比を45%で一定とした。添加した混和剤は、セメント重量に対し有機質系の急結剤を6.0、7.0および8.0%とし、有機質系の凝結遅延剤を0.2、0.4および0.6%とした。

2.2 実験概要

型枠および試料の概要を図-1に示す。型枠は、幅600mm、高さ100mm、長さ100mmの木製合板型枠を作製し、短軸方向に超音波を透過させるため、側面の中央の同一軸上に穴を開け、AEセンサの一部を試料内に埋め込めるようにした。センサ間距離は35mmとした。実験は20℃の恒温恒湿室で行い、3分間練り混ぜた後に、型枠に投入した。

計測で用いた超音波は、ファンクションシンセサイザによって送振間隔10sec、送振電圧6.5Vでパルス波を出力し、高速バイポーラ電源で40倍に増幅させることで、印加電圧を240Vとして発振した。AEセンサにより受振した後、サンプリング周波数2MHzでデジタル化してAE計測装置で記録した。また、発振および受振には、140kHzに共振点を持つAEセンサを用いた。

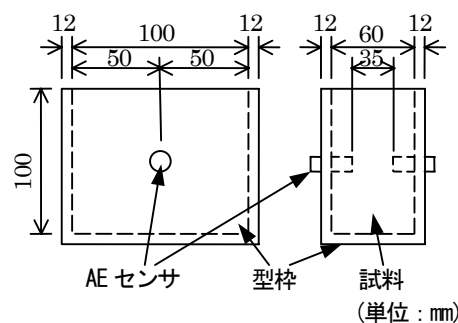
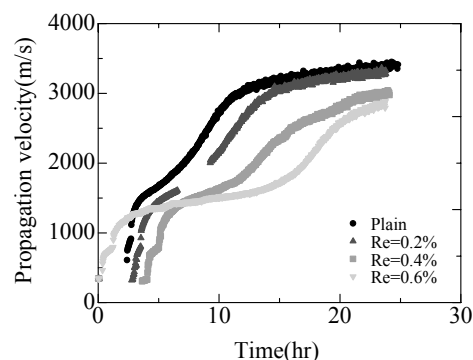
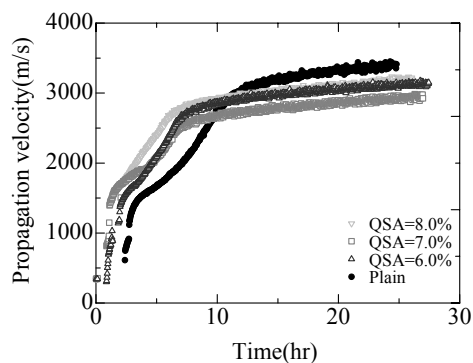


図-1 型枠および試料の概要



(a) プレーンおよび凝結遅延剤添加



(b) プレーンおよび急結剤添加

図-2 超音波伝播速度と経過時間の関係

3. 実験結果および考察

超音波伝播速度と経過時間の関係を図-2に示す。ここでいう経過時間0hrとは、セメントに加水した時点のことをいい、型枠内にはまだ試料がなく空気のみが存在する。そのため、空気中の伝播速度である約340m/sを示している。続いて、型枠に試料を投入した直後は、凝結遅延剤添加率0.6%の場合は異なるものの、その他の場合においては、超音波

キーワード：凝結硬化過程評価，超音波伝播速度，凝結遅延剤，急結剤，始発・終結

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL/FAX：058-293-2470

が透過しない領域がある。超音波が透過し始めると、伝播速度は約 340m/s 付近から急激に立ち上がり、水の伝播速度である約 1500m/s 付近で 1 回目の明確な変曲点を示す。ここまでの領域では、超音波の減衰による影響が大きく、受振波形が微弱となっているため、みかけの伝播速度が水中での伝播速度（1500m/s）より小さい値となったと考えられる。また、本研究において、超音波が試料内部を十分に透過し始めた時間（最大振幅値比が頭打ちした時間、図-3）を便宜上 Point1 と定義する。その後、伝播速度は緩やかに増加し、2 回目の変曲点をもって頭打ちとなった。この時間を便宜上 Point2 と定義する。しかしながら、凝結遅延剤添加率 0.6% の場合においては、明確な 2 回目の変曲点が見られなかった。また、Point1 および Point2 は、遅延剤添加率が大きいほど遅く、急結剤添加率が大きいほど早くなる傾向を示した。超音波伝播速度は、セメントペーストが水和に伴って弾性係数が増加することにより、早くなるものと考えられる。また、本計測システムにおいて、早強セメントペーストの混和剤による凝結時間の変化を、超音波伝播速度で定性的ではあるが把握することができたと考えられる。

現行の試験方法であるプロクター貫入抵抗試験の値と伝播速度との関係を図-4 に示す。始発（3.5N/mm²）および終結（28.0N/mm²）は、Point1 および Point2 の間にある。また、圧縮強度と伝播速度の関係を図-5 に示す。圧縮強度の発現については、Point2 付近より大きくなっている。これらの現象は、本実験におけるいずれの場合においても同様であった。表-1 は、始発時および終結時における伝播速度と Point2 付近における圧縮強度を、実験パターン別に示したものである。始発時における伝播速度は約 1700m/s から 1800m/s の間にあり、終結時は多少のばらつきがあるものの、約 1900m/s から 2200m/s の範囲内に収まっている。また、Point2 付近での圧縮強度は約 1.0 N/mm² から 4.0 N/mm² であり、これを起点に増加している。

よって、本研究の範囲内においては、本手法により、材料の物性の変化を捉える事ができ、セメントペーストの始発および終結が、大まかにではあるが、伝播速度によって評価できる可能性が示された。また、強度発現開始時間についても上記の Point2 に着目することで評価できると考えられる。

4. 結論

早強セメントペーストにおいて、凝結遅延剤および急結剤の作用が凝結硬化過程に与える影響を、超音波伝播速度により定性的に把握できることが明らかとなった。

超音波伝播速度は、始発程度から終結程度までの領域において、材料の状態変化を捉える事ができる指標であり、伝播速度が頭打ちする領域は、材料の圧縮強度が約 1.0 N/mm² から 3.0N/mm² で発現することから、強度発現開始時間と対応していると考えられる。

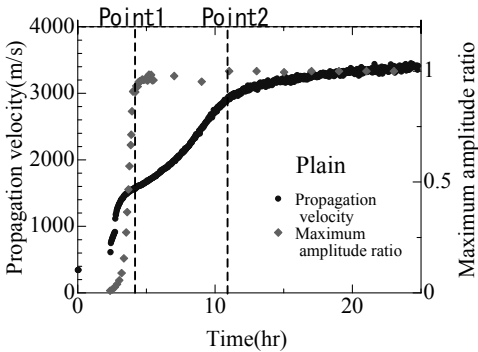


図 - 3 伝播速度と最大振幅値比の関係（プレーン）

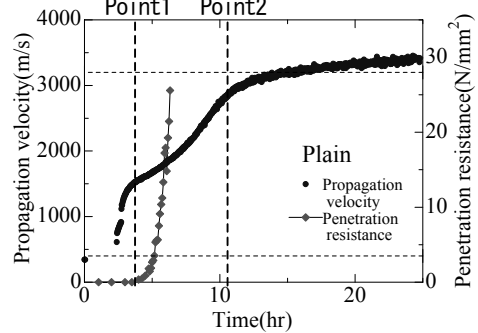


図-4 伝播速度と貫入抵抗の関係（プレーン）

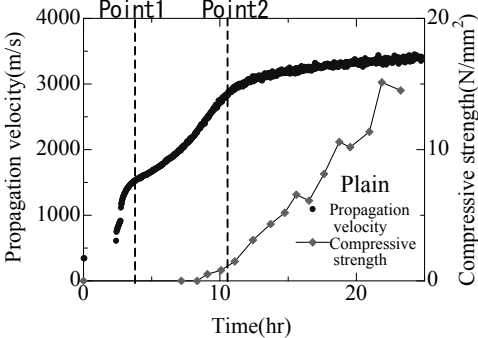


図-5 伝播速度と圧縮強度の関係（プレーン）

	伝播速度[m/s] (始発時)	伝播速度[m/s] (終結時)	圧縮強度 [N/mm ²] (Point2付近)
プレーン	1697	1885	2.0
遅延剤 0.2%	1700	1950	3.7
遅延剤 0.4%	1651	1907	3.0
遅延剤 0.6%	1799	2195	1.9
急結剤 6%	1724	2102	1.6
急結剤 7%	1779	1903	
急結剤 8%	1815	2168	1.2

表-1 実験パターン別伝播速度および圧縮強度

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金萌芽研究 15656105 を受けて行ったものである。

参考文献

内田慎哉，鎌田敏郎，国枝稔，六郷恵哲：超音波伝播特性に着目した超速硬セメントペーストの硬化過程の評価手法，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1631-1636，2003