

若材齢コンクリートの超音波速度計測を応用したモルタル凝結試験法の検討

函館工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 ○澤村 秀治
函館工業高等専門学校 環境都市工学科 高坂 将太

1. はじめに

現在、コンクリートの凝結特性を調べるためには、プロクター貫入試験が一般的に行われている。しかし、プロクター貫入試験は、手動でモルタルに対する貫入針の貫入抵抗を測定するものであるため、試験に手間と時間を要し、安定した測定値を得るのも難しい。

一方我々は、若材齢モルタルを用いて、単位細骨材量が若材齢モルタルの超音波速度に及ぼす影響を検討してきた。これまでの研究で、若材齢モルタルの超音波速度は、細骨材量の影響を強く受けることを把握している。この研究を応用し貫入試験と超音波試験との関係を調べることが可能であると考えた。

そこで、本研究では若材齢モルタルの凝結特性を超音波速度の変化で捉えることを提案し、若材齢モルタルの超音波速度と貫入抵抗の関係を調べることが目的とする実験を行った。さらに、貫入抵抗の始発点と終結点の超音波速度を求める計算モデルの提案を試みた。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準、使用材料

表1に使用材料を、表2にモルタルの配合を示す。実験ではモルタルを対象に、水セメント比を40%に固定し、細骨材容積率(Sc)を7水準に設定した配合で行った。Scが40%以上の配合では、練混ぜが困難なため、高性能減水剤を使用した。この結果を基に貫入抵抗と超音波速度の関係を整理し、超音波速度から貫入抵抗を求める計算モデルを提案する。

2.2 供試体および計測方法

超音波計測用供試体を用いて、モルタルを貫入試験用1つと超音波測定を行う供試体を2つ、合わせ

て3つの供試体を打設する。超音波速度は、2種類の自動計測システムを用いて測定を行った。貫入試験は、この実験のために製作した貫入試験装置を用い、参考文献のJIS A 1147(コンクリートの凝結時間試験方法)に基づいて計測した。[1]

3. 実験結果及び考察

3.1 貫入抵抗・超音波速度と細骨材容積率の関係

プロクター貫入試験の結果を図1に示す。細骨材容積率が0%から30%では、高性能減水剤を用いていないため、経過時間と貫入抵抗の関係はほぼ同じ結果となった。Sc=40%は高性能AE減水剤の使用量が少なかったため、前者とほぼ同様な結果となった。Sc=50%, 60%では、高性能AE減水剤の遅延効果のはっきりと出ており、所要の貫入抵抗を得るまでの時間は長くなった。

図2に超音波速度と加水からの経過時間の関係を示す。Sc=0%から30%までは、測定開始直後の超音波速度はほぼ同様の結果となった。その後の超音波速度は、Scの違いによって徐々に差を生じるようになる。Sc=40%から60%では、実験開始直後の超音

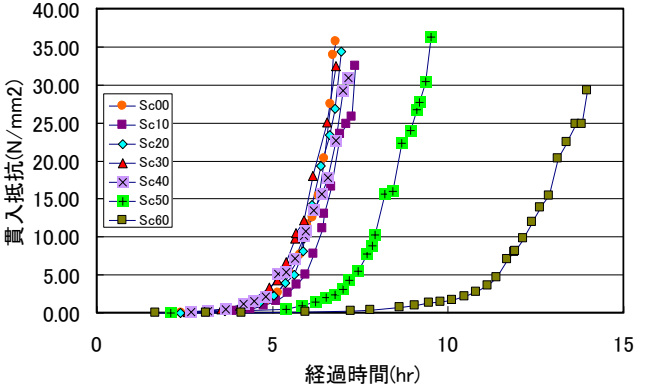


図1 プロクター貫入試験の結果

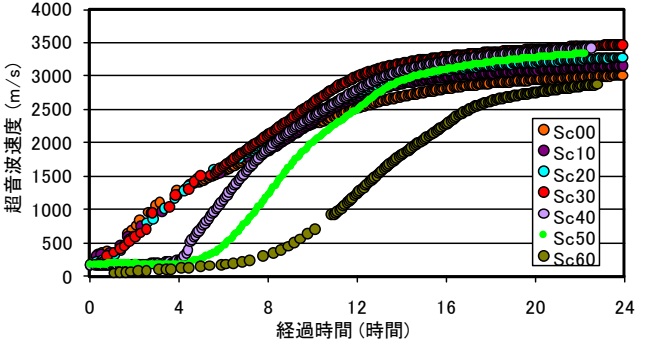


図2 超音波速度と時間の関係

表1 使用材料一覧

名称	仕様等	密度(g/cm ³)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	函館市豊原産天然砂	2.64
混和剤	高性能AE減水剤	1.07

表2 モルタルの配合

	W/C	Sc	C	W	S	SP
	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
Sc00	40	0	1396	558	0	0.00
Sc10		10	1256	502	264	0.00
Sc20		20	1117	447	528	0.00
Sc30		30	977	391	792	0.00
Sc40		40	837	335	1056	2.34
Sc50		50	698	279	1320	7.47
Sc60		60	558	223	1584	11.17

キーワード 若材齢コンクリート, 凝結始発・終結, プロクター貫入抵抗, 超音波速度, 細骨材容積率
連絡先 〒042-8501 北海道函館市戸倉町 14-1 TEL/FAX:0138-59-6489

波速度の上昇にタイムラグがある．ここでも高性能 AE 減水剤の遅延効果が認められた．

図 3 に，貫入抵抗と超音波速度との関係を示す．ここでも， $Sc=0\%$ から 30% までと， $Sc=40\%$ から 60% までで特徴が分かれた． $Sc=30\%$ までの実験結果では，貫入抵抗と超音波速度との関係に明確な差異を抽出することはできず， Sc の影響を特定することはできない．これに対し， $Sc=40\%$ 以上では貫入抵抗と超音波速度の関係に，細骨材容積率 Sc の影響がはっきりと表れている．

3.2 凝結の始発・終結時の超音波速度

貫入抵抗と超音波速度の関係を 2 次式で回帰し，凝結の始発点 (3.5N/mm^2) と終結点 (28N/mm^2) の超音波速度を図 4 に示すように求めた． $Sc=30\%$ 以下では，全体的に凝結始発時，終結時の超音波速度が大きく，始発時と終結時の超音波速度の差も小さい．また， Sc に違いによる超音波速度の差は明確でない．これに対し $Sc=40\%$ 以上では，凝結始発時，終結時の

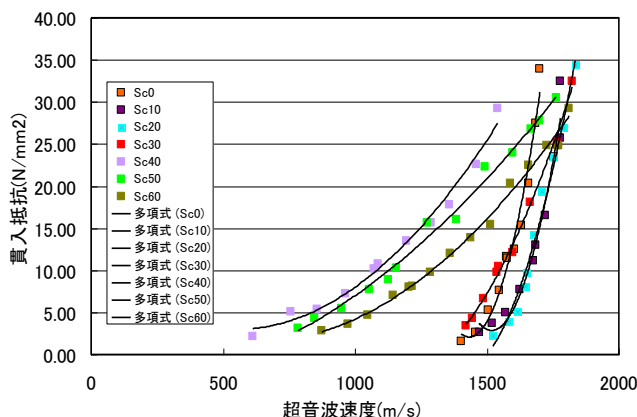


図 3 超音波速度と貫入抵抗

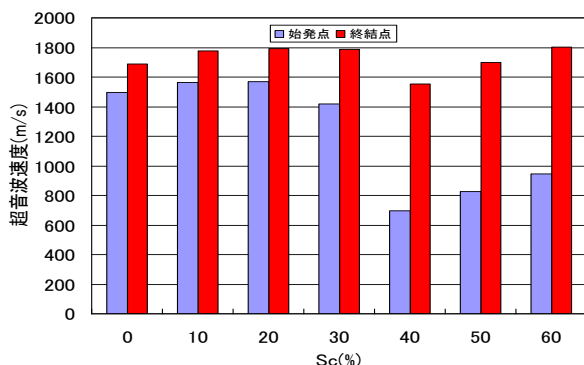


図 4 凝結の始発・終結時の超音波速度

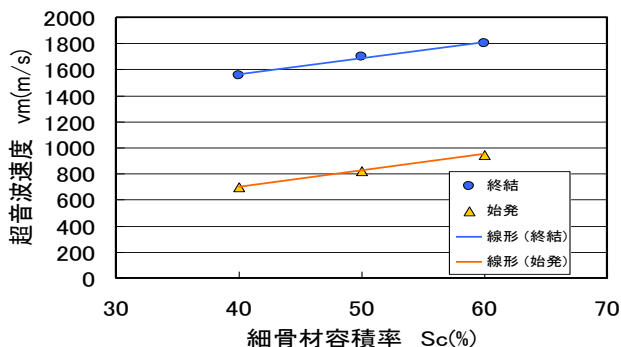


図 5 粗骨材容積率と超音波速度

超音波速度の差が大きく， Sc が大きくなるにしたがって超音波速度が大きくなる傾向も明らかである．

この大きな傾向の差には，ブリージングが影響していると考えられる． $Sc=40\%$ 以上のモルタルではブリージングがほとんど発生していなかったのに対し， $Sc=30\%$ 以下ではブリージングが著しいため表層部のモルタルが脆弱化しており，プロクター貫入試験結果が正しい凝結特性を表していない可能性が高い．

図 5 に凝結始発時，終結時の超音波速度と，細骨材容積率 Sc の関係を示す．ここでは，プロクター貫入試験の結果が信頼できない $Sc=0\%$ から 30% のデータを除いている．これによると，凝結始発時，終結時の超音波速度と Sc の間には概ね直線関係があることがわかる．

3.3 超音波速度による凝結始発・終結時間の推定

モルタルの超音波速度の変化を計測することによって，凝結の始発時間，終結時間を求めることは可能である．ただし，凝結時間と超音波速度の関係は一義的ではなく，図 5 のように細骨材容積率 Sc の影響を受けることは明らかである．よって，超音波速度から凝結時間を求めるためには， Sc の影響を定量化しなければならない．

図 5 の超音波速度と細骨材容積率の関係を直線で回帰すると，凝結始発時の超音波速度は式(1)，終結時の超音波速度は式(2)のようになる．

$$v_{m,I} = 12.55S_c + 1958 \quad (1)$$

$$v_{m,F} = 12.55S_c + 1057.2 \quad (2)$$

ただし， $v_{m,I}$ ：始発時のモルタル超音波速度 (m/s)

$v_{m,F}$ ：終結時のモルタル超音波速度(m/s)

S_c ：細骨材容積率(%)

細骨材の石質や粒度によってわずかな違いが生じるが，式(1)，式(2)を用い，超音波速度計測から凝結始発・終結時間を特定することが可能になる．

4. まとめ

本研究では，細骨材容積率の異なるモルタルの貫入抵抗と超音波速度の測定を行い，それらの関係について検討し，以下のような知見を得た．

- 1) モルタルの超音波速度の変化を計測することによって，凝結の始発時刻，終結時刻を求めることができる．
- 2) 超音波速度は細骨材容積率の影響を受けるため，凝結始発時，終結時の超音波速度を細骨材容積率 Sc の関数で表し，補正する方法を提案した．
- 3) 従来のプロクター貫入試験はブリージングの影響を受けるため，正しい凝結特性を表さない場合がある．これに対し超音波計測による凝結試験では，より正確なモルタルの凝結性状を得ることができる．

参考文献

- [1] 日本規格協会発行：コンクリートの凝結時間試験方法 JIS A 1147, 2007