

1. まえがき

フレッシュコンクリートの性質から硬化コンクリートの性質まで一つの測定方法によって判定できれば理想的であるが、実際には練りませ時と硬化後では別々に扱われることが多く、個々の使用目的に必要な性質を知るための測定方法が用いられている。しかしフレッシュコンクリートの性質と硬化コンクリートの性質との何らかの関連性を見出せば、練りませ時において硬化後の性質の一部が予測できる可能性が生じ非常に有意義である。従来このような観点に立、た研究は少ないが、その中ではコンクリート中を伝播する弾性波速度を測定観測するというアプローチがほとんどである。Whitehurst¹⁾、著者らの研究では縦波伝播速度はフレッシュの段階で100 m/s 前後であったものが凝結、硬化に伴って3~5千 m/s になることが解、ているが配合など品質の違いによる音速への影響は硬化コンクリートではかなり明確であるがフレッシュな段階ではあまり明確ではない。本研究ではフレッシュな段階における音速と配合との関係を解明するため、理論式と実験値との比較検討を行、た。

2. 実験概要

音速の測定は、ペースト、モルタル(本研究ではコンクリートを想定している)について行、た。ペーストには普通ポルトランドセメント+水、水ガラス、炭酸カルシウム(比重=2.69)+水を用いた。また骨材にはカラスビーズ(比重=2.50, 平均粒径=4.9 mm)、散弾(鉛, 比重=10.96, 平均粒径=1.97 mm)、相馬砂(比重=2.62, 粒径=0.6~1.2 mm) 碎石(比重=2.95, 粒径=2.5~5.0 mm)を使用した。配合はセメントペーストについては、体積濃度 $C = 0 \sim 50\%$ の範囲について測定した。ただし練りませ水には減水剤のマイティ150の1%溶液を使用した。その他の配合は表-1に示す。なお碎石は角閃花崗岩系の原石を砕いたものをフルイ分けて用いた(比重=2.95, $V_a = 6076.9 \text{ m}^3/\text{s}$)。実験装置は図-1に示されるように新栄電子工業社製ウルトラソニックテスター、シンクロスコープ、発受振子から構成されている。伝播時間の測定はシンクロスコープの発振波形の立ち上り時間の影響を避けるためできるだけgainを上げて立ち上りを鋭くして測定した。また発振子および受振子は54 kHzの千タン酸バリウム磁器を用いた。型枠には、直径10 cmの透明アクリック円筒を用い厚さ5 cmの発泡スチロールで発受振子が中央に来るように固定し受振子は円筒とすきまを設けコードで釣るようにした。

3. 結果および考察

セメントペーストの音速と濃度との関係は図-2に示すように既報¹⁾と同じ傾向を示している。図-3は水ガラスにカラスビーズを混入した場合の音速をプロットしたものである。カラスビーズの体積濃度が3, 6%のものは水ガラスのみの音速とあまり大差は認められなかったが12%では音速が増加していることが解、た。図-4は炭酸カルシウム溶液の2種の体積濃度についてプロットしたものであるが濃度が高

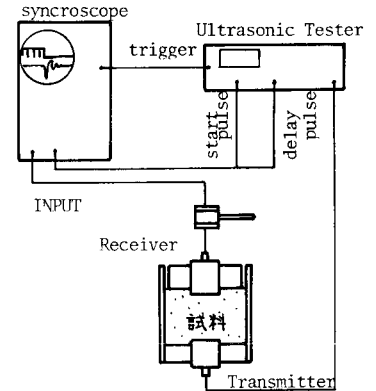


図-1 実験装置図

セメントペースト, モルタル					
c/A	w/c	W(g)	C ₁ (g)	A(g)	骨材の種類
—	0.3	120	400	—	—
1/1	0.3	120	400	400	散弾, 碎石, 相馬砂
1/15	0.3	120	400	600	碎石
1/2	0.3	120	400	800	散弾, 碎石, 相馬砂
1/3	0.3	120	400	1200	散弾

炭酸カルシウム+カラス球					水ガラス+カラス球		
Ca/A	W/C	W(g)	C ₁ (g)	A(g)	C ₂	Na ₂ CO ₃	A(g)
—	0.35	210	600	—	3	531	40
—	0.40	160	400	—	6	515	80
1/1	0.35	140	400	400	12	483	160
1/1	0.40	160	400	400	—	—	—

*Aは骨材量
Ca CaCO₃
Na Na₂SiO₃

表-1 配合表

い方が音速が速くまたガラスビーズを重量比で1:1の割合で混入したものの方が速くなっている。図-5は骨材に相馬砂、散弾、碎石を用いて測定したものをプロットしたものであるがペーストの濃度が一定であれば骨材量の多いほど音速が速くなっていることが解る。ここでペーストの音速を懸濁液の音速式として一般に用いられている次の方法によって求めてみた。いま水中にセメント粒子と気泡が分散していると考えると、気泡の単位体積を a 、セメント粒子の単位体積を C とする。また体積弾性率を各々 K_2, K_3 とし水の体積弾性率を K_1 、密度を各々 ρ_2, ρ_3, ρ_1 とするとペーストのみかけ弾性率 K は

$$1/K = [1 - (a + C)]/K_1 + a/K_2 + C/K_3 \quad (1)$$

$$\text{みかけの密度} \quad \rho = [1 - (a + C)]\rho_1 + a\rho_2 + C\rho_3 \quad (2)$$

ペーストの音速は $V_p = \sqrt{K/\rho}$ に(1)(2)を代入して求めることができる。ここで $K_1 = 2.0 \times 10^{10} \text{ dyn/cm}^2$, $\rho_1 = 1.0 \text{ g/cm}^3$, $K_2 = 1.43 \times 10^6 \text{ dyn/cm}^2$, $\rho_2 = 1.29 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, $K_3 = 4.9 \times 10^{10} \text{ dyn/cm}^2$, $\rho_3 = 3.15 \text{ g/cm}^3$ として空気量および体積濃度を变化させたものが表-2である。表より明らかなようにセメントペーストの音速はセメント粒子の体積濃度よりも空気量により大きく影響することから空気量をよほど正確に測らないことにはペーストの品質を音速によって推定することは難しい。図-6は体積濃度40%のペースト中に空気を混入させた場合の音速を計算値と比較

C/a	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
0	39.8	120	365	910	1320	1414
0.1	35.8	108.6	332.6	845.6	1255.7	1349.4
0.2	32.8	100.1	307.6	796.2	1214.6	1315.5
0.3	30.4	93.3	287.7	759.0	1194.5	1306.5
0.4	28.5	87.8	274.4	730.6	1192.5	1320.8
0.5	26.9	83.1	257.8	708.9	1210.2	1360.9
0.6	25.6	79.1	246.3	692.2	1244.0	1434.4

表-2 空気量がセメントペーストの音速に与える影響 (a : 気泡の含有量, C : セメント粒子の体積濃度)

考えをフレッシュコンクリートに適用できるとすると $1/V_c = \alpha/V_{ca} + \beta/V_{fa} + [1 - (\alpha + \beta)]/V_p$ (3) ここに V_{ca}, V_{fa} は粗・細骨材の音速; α, β は各々の容積率; V_p はペーストの音速で、前述の結果よりペーストの音速は実測した方がよい。コンクリートについては多孔質弾性理論によるアプローチがあるが大会にて詳細は発表する (参考文献) 角田, 第3回大会 講演要録集

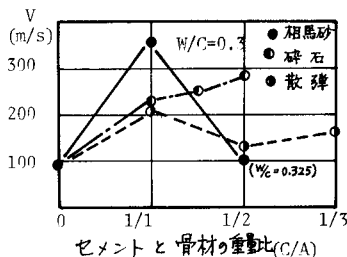


図-5 骨材の混入量と音速の関係

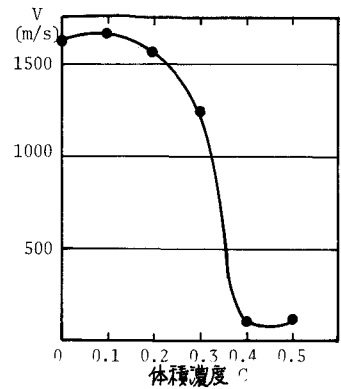


図-2 セメントの濃度と音速の関係

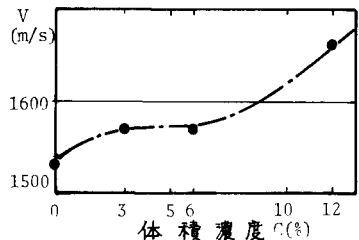


図-3 カラス球の濃度と音速の関係 (溶媒は $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$; $V_0 = 5660 \text{ m/sec}$)

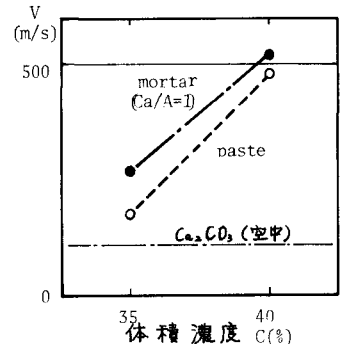


図-4 炭酸カルシウムの濃度およびガラス球の濃度と音速の関係

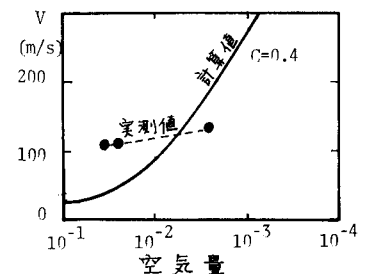


図-6 実測値と計算値の比較