

第V部門

コンクリートの動弾性係数、動ポアソン比が弾性波速度に及ぼす影響

立命館大学大学院理工学研究科

学生員 ○羽倉 正史

立命館大学理工学部

フェロー 尼崎 省二

1. はじめに

非破壊試験には様々なものがあり、伝播速度を用いたものについても、色々と実験、解析がされている。伝播速度は、理論的に算出する事ができるが、コンクリートにおいては、静的試験で得られる弾性係数、ポアソン比から算出される伝播速度は超音波法で測定される伝播速度に比べてかなり小さいのが現状である。本研究では、弾性波速度の理論値と実測値との相違する原因を明らかにすることを目的に、コンクリートの弾性係数、ポアソン比に及ぼすコンクリートの配合、測定方法の影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

表1に使用材料および示方配合を示す。配合は 70～20%の 8 配合とした。供試体は円柱供試体（φ100×200mm）および角柱供試体（100×100×400mm）とし、材齢 1 日で脱型、3 日間の散水養生後、材齢 28 日まで水中養生し、測定日は材齢 28 日とした。円柱供試体においては、圧縮強度試験（JIS A 1108）、静弾性係数試験（JIS A 1149-2001）を行った。円柱供試体および角柱供試体による伝播速度測定、動弾性係数および動ポアソン比試験（JIS A 1127-2001）を行った。伝播時間は、φ50mm の変位振動子を使用し、受振波観察方式（印加電圧 1200V、放電時間 0.5 μs）により測定を行った。動ポアソン比の算出方法は、共振法から求める方法と伝播速度から求める方法（超音波法）の 2 通りで求めた。超音波法から求める方法は、弾性波速度の理論式(1)と、長さ L の棒の一次共鳴振動数 f から求められる位相速度式(2)より、式の計算を行い求められた式(3)を用いて動ポアソン比を求めた。

表1 使用材料および示方配合

使用材料	種	類	特							性
セメント	普通ポルトランドセメント		密度:3.16g/cm ³							
細骨材	野洲川産川砂		表乾密度:2.61g/cm ³ 吸水率:1.73% FM:2.66 単位容積質量:1.66kg/l							
粗骨材	高槻産硬質砂岩碎石		表乾密度:2.66g/cm ³ 吸水率:0.92% FM:6.64 単位容積質量:1.62kg/l							
単位量(kg/m ³)										
水セメント比 (%)	スランブ・スランブローの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	細骨材率S/a (%)							
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 (cc)	AE助剤(cc)	
70	8±1	5±1	48.1	175	250	874	961	625	950	
60			46.1	172	287	827	992	718	1148	
50			44.1	169	338	776	1010	845	1352	
40			42.1	166	415	718	1013	1038	2158	
35	60×60	2±1	43.7	168	480	719	951	5280	2304	
30			47.7	161	537	808	910	7518		
25			46.7	160	640	752	881	9600		
20			38.1	151	755	595	992	20385		
15			1.2±1	37.2	150	1000	503	879	22500	

$$\text{弾性波速度} \quad \text{半無限弾性体: } v_f = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1-2\mu)(1+\mu)}} \quad \text{----(1)}$$

$$\text{位相速度} \quad v_b = f\lambda = 2fL = \sqrt{E/\rho} \quad \text{----(2)}$$

$$(1)\text{式と}(2)\text{式を等置して、} a = (v_f/2fL)^2 \text{ とおくと、動ポアソン比: } \mu = \frac{1-a+\sqrt{(9a-1)(a-1)}}{4a} \quad \text{----(3)}$$

ここで E : 弾性係数、 ρ : 密度、 μ : ポアソン比、 L : 長さ、 f : 1 次共鳴振動数

3. 実験結果

図 1 にセメント水比と縦振動による動弾性係数と初期接線弾性係数の比の関係を示す。角柱供試体、円柱供試体ともセメント水比が大きくなるとともに動弾性係数と静弾性係数の比の関係は 1 に近くなり、セメント水比が 4 を超えるとほぼ 1 になると考えられる。また、角柱供試体の方が動弾性係数と静弾性係数の比は大きくなる傾向を示した。供試体形状による動弾性係数の違いについては検討す

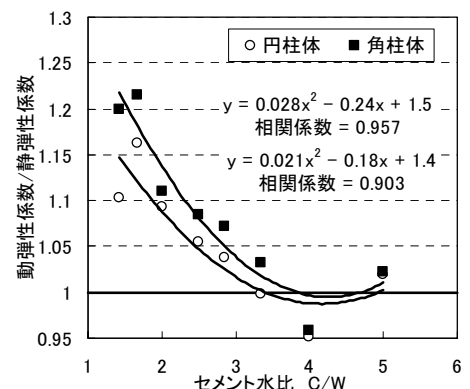


図1 セメント水比と弾性係数比の関係

る必要があると考えられる。また、たわみ振動からもとめた動弾性係数においても縦振動のものよりは、若干値は小さくなるが同じような傾向を示した。図2に角柱供試体、円柱供試体のセメント水比と動ポアソン比の関係を示す。両供試体とも共振法、超音波法関係なくセメント水比が大きくなるとともに動ポアソン比は小さくなる傾向となった。両供試体とも超音波法から求めた動ポアソン比は共振法による場合より大きくなる傾向となり、円柱供試体よりも角柱供試体においてその差は明確に現れた。動ポアソン比の値は角柱供試体で共振法では0.21～0.25程度、超音波法では0.26～0.29程度、円柱供試体で共振法では0.24～0.32程度、超音波法では0.27～0.32程度となり、静的試験から求められるポアソン比(1/5～1/7程度)よりかなり大きい値となった。共振法と超音波法の動ポアソン比の違い、供試体形状による動ポアソン比の違いについては検討する必要があると考えられる。また、共振法の縦振動とたわみ振動の動ポアソン比については、縦振動の動ポアソン比が若干大きくなった。

図3に伝播速度の実測値と縦振動から求めた動弾性係数、動ポアソン比を用いて求めた伝播速度の理論値の関係を、表2に近似式を示す。セメント水比が大きくなっていくほど、実測値、理論値ともに速くなっていく。理論値と実測値との差は、円柱供試体、角柱供試体において動弾性係数、動ポアソン比が異なるにも関わらず同程度の速度差となった。これは、角柱供試体においては円柱供試体よりも動弾性係数が大きく、円柱供試体においては、角柱供試体よりも動ポアソン比が大きくなったため理論的に伝播速度を求める場合、差がなくなったのではないかと考えられる。共振法から求めた値を使い伝播速度を理論的に求める場合、供試体は円柱供試体、角柱供試体どちらを用いても実測値との差は変わらないと考えられる。たわみ振動から求める場合も、若干値は小さくなるが同じ傾向を示した。

4. まとめ

- (1) 動弾性係数と静弾性係数の比は、セメント水比が大きい範囲でも従来どおりセメント水比が大きくなるほど1に近づいていく傾向を示し、セメント水比が4を超えるとほぼ1と考えられる。
- (2) 動ポアソン比は、角柱供試体で共振法では0.21～0.25程度、超音波法では0.26～0.29程度、円柱供試体で共振法では0.24～0.32程度、超音波法では0.27～0.32程度となり超音波法から求めた動ポアソン比は共振法から求めた動ポアソン比より大きくなる傾向を示し、セメント水比が大きいほど小さくなる傾向を示す。
- (3) 共振法の動弾性係数、動ポアソン比をもちいて、理論的に伝播速度を算出する場合、円柱供試体、角柱供試体のどちらを用いても実測値との差はほぼ同じである。

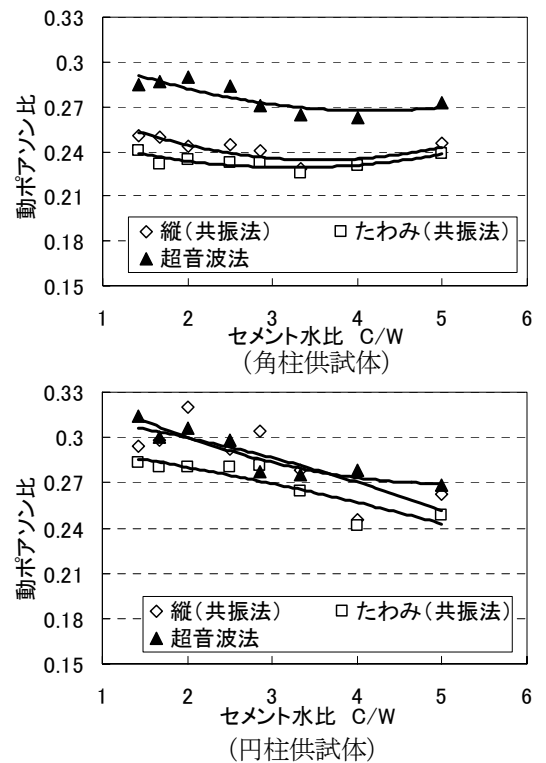


図2 セメント水比と動ポアソン比の関係

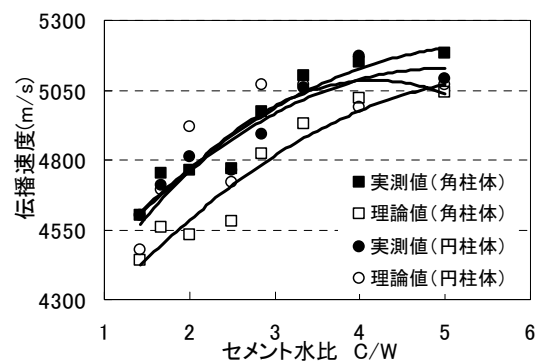


図3 伝播速度の実測値と理論値の関係

表2 セメント水比と伝播速度の2次近似式

		近似式	相関係数
角柱体	理論値	$y = -33.9x^2 + 399x + 3920$	0.961
	実測値	$y = -36.3x^2 + 397x + 4120$	0.965
円柱体	理論値	$y = -69.2x^2 + 574x + 3890$	0.866
	実測値	$y = -41.2x^2 + 411x + 4100$	0.947