

乾湿が異なる場合の超高強度コンクリートの機械的性質に及ぼす影響

日本大学大学院
日本大学

正会員
正会員

○殿廣 泰史
水口 和彦

日本大学
浅野工学専門学校

フェロー会員
正会員

阿部 忠
加藤 直樹

1. まえがき

近年、100N/mm²以上の高強度コンクリートに大きな関心がもたれ、特殊な混和材（剤）との併用により比較的容易に製造可能となっており、コンクリート技術の革命といえる。かくして、構造材の高強度・高耐久化が可能となっている。

本報では、前報¹⁾に引き続き水セメント比（以下、W/C）18%～50%の計8種のコンクリート供試体を作製し、乾湿が超高強度コンクリートに及ぼす影響について、圧縮載荷を通して、強度及び各弾性係数の比較検証を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメント：D 社製 超高強度用（普通ポルトランドセメント，高炉石こう系混和材，シリカフュームのプレミックスタイプ） $\rho_c=2.99\text{g/cm}^3$
細骨材：山梨県大月市産 安山岩砕砂 $\rho_s=2.63\text{g/cm}^3$
粗骨材：東京都青梅市産 硬質砂岩碎石(2005)
 $\rho_g=2.65\text{g/cm}^3$

混和剤：P 社製 超高強度用高性能減水剤
（主成分：ポリカルボン酸エーテル化合物）
P 社製 空気量調整剤
（主成分：ポリアルキリングリコール誘導体）

2.2 配合

表-1 に、本実験で用いた 8 種の配合を示す。

表-1 超高強度コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 AD
50	150	300	1074	905	—
45	150	333	1044	904	0.194
40	150	375	1007	903	1.296
35	150	429	958	900	2.713
30	150	500	896	896	4.576
25	150	600	807	890	7.200
20	150	750	675	881	11.136
18	150	834	601	875	13.340

2.3 供試体作製

強制 2 軸ミキサーを用い、十分に練り混ぜ後、ただちにスランプフロー、空気量、コンクリート温度を測定し、空気量が顕著にみられた場合は、空気量調整剤を所定量添加し十分に手練り後、再度空気量を測定した。その後、 $\phi 100\times 200\text{mm}$ の円柱供試体用型枠、および、 $100\times 100\times 200\text{mm}$ の角柱供試体用型枠に打設、テーブルバイブレーターで十分に締固めを行った。供試体は 28 日間水中養生の後、温度が安定した室内にて 49 日間十分に乾燥させたもの（以下、乾燥状態）および、乾燥の後に水中に 48 時間浸水させたもの（以下、湿潤状態）の 2 種類とした。

2.4 圧縮載荷に伴う各弾性係数試験

円柱供試体、角柱供試体それぞれにひずみゲージを貼付け、圧縮載荷を行った。その際、JIS A 1149 に基づき、静弾性係数を計測した。角柱供試体については、M 社製 超音波非破壊試験器を用い、荷重 100kN ごとに、超音波伝播時間を測定し、以下の式により、動弾性係数を算出した。

$$E_d = \frac{\rho \cdot V^2 \cdot (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}$$
 (1)

ここで、 $V(=l/T)$:伝播速度 (km/s), l :伝播距離 (mm)
 T :伝播時間 (μs), E_d :動弾性係数 (N/mm²)
 ρ :供試体密度 (kg/m³), $\mu(=\epsilon_t/\epsilon_c)$:ポアソン比
 ϵ_c :各伝播時間測定時の縦ひずみ
 ϵ_t :各伝播時間測定時の横ひずみ



写真-1
超音波非破壊試験機

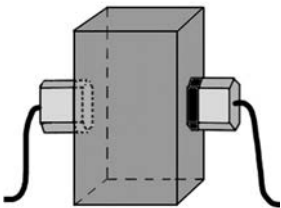


図-1
伝播時間測定イメージ

キーワード 超高強度コンクリート，乾湿，圧縮強度，静弾性係数，動弾性係数，セメント水比
連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL047-474-2468

3. 実験結果

3.1 圧縮载荷に伴う静弾性係数試験

以下の表-2 に、乾燥状態および湿潤状態の円柱供試体 (各 3 本平均) の圧縮強度と静弾性係数を示す。図-2 は、表-2 に基づきセメント水比 (以下、C/W) と圧縮強度との関係図である。C/W=2.00(W/C=50%) では、減水剤無添加のためか、じゃんかが激しく、圧縮強度も著しく低い結果となった。C/W=2.22~3.33(W/C=45~30%)にかけ、ほぼ線形上に変化しているが、C/W=3.33~5.56(W/C=30~18%)では、より緩い傾きとなり、概ね線形上に変化している。連続として見れば、C/W の増加に伴い、圧縮強度は曲線状に増加している。また、乾燥状態と湿潤状態との比較について、一般的に、乾燥状態のほうが湿潤状態よりも強度が高くなると言われているが、本実験結果では、さほど変わらない結果となった。図-3 は、C/W と静弾性係数との関係図である。乾燥状態の場合、C/W=5.56(W/C=18%)では下降しているが、概ね増加の一途を辿るのに対し、湿潤状態では不安定な態様を示している。

表-2 圧縮強度と静弾性係数 (円柱供試体)

水セメント比 W/C (%)	セメント水比 C/W	乾燥状態		湿潤状態	
		圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (× 10 ³ N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (× 10 ³ N/mm ²)
50	2.00	16.6	26.7	13.0	31.1
45	2.22	58.9	24.4	69.8	50.8
40	2.50	77.2	40.3	82.6	42.1
35	2.86	101.3	42.1	98.0	47.0
30	3.33	114.2	45.2	119.5	56.1
25	4.00	112.6	53.3	123.8	46.3
20	5.00	132.8	59.8	132.2	35.7
18	5.56	139.8	45.5	131.7	44.1

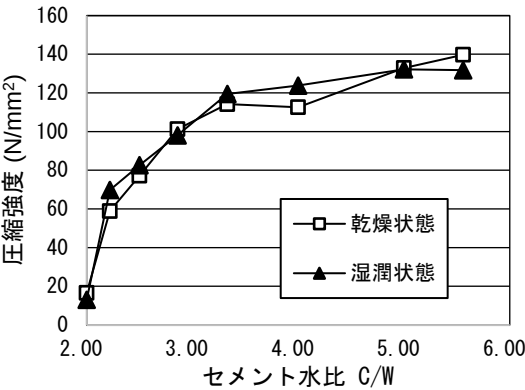


図-2 圧縮強度の比較 (円柱供試体)

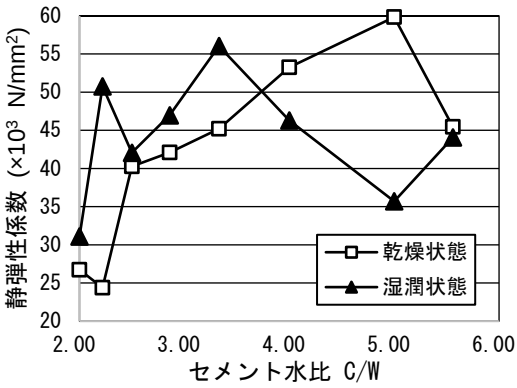


図-3 静弾性係数の比較 (円柱供試体)

3.2 圧縮载荷に伴う動弾性係数試験

以下の図-4 に、角柱供試体に圧縮载荷試験を行った際の、終局までの载荷重ごとにおける動弾性係数の推移を示す (W/C=20%とした)。終局に近づくにつれ、僅かではあるが伝播時間が増加、つまり伝播速度が減少する。また、終局につれポアソン比も増加することにより、結果、動弾性係数は減少の一途を辿る。なお、耐荷重はそれぞれ 1000kN をさらに超えているが、超高強度コンクリート特有の爆裂破壊を伴う関係上、終局間際の計測は難しい。乾燥状態と湿潤状態とで比較すると、図-4 の W/C=20%も含めて全般的に、湿潤状態が上回っている結果となった。

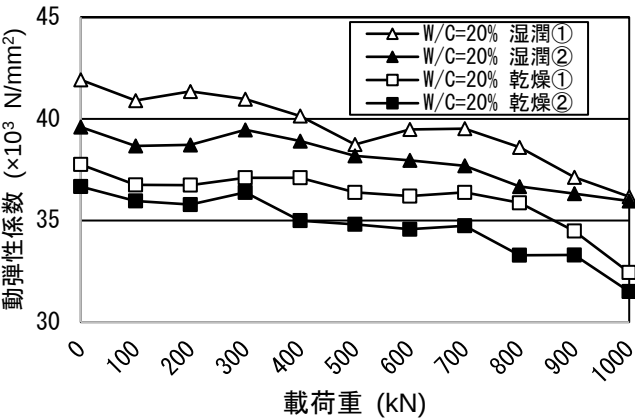


図-4 再荷重と動弾性係数との関係 (W/C=20%)

4. 考察

乾燥状態のものと湿潤状態のものを比べて、超高強度コンクリートでは圧縮強度に差がないこと、湿潤状態のものは湿っているがために、W/C が低いほどひずみが生じやすく静弾性係数が小さくなること、超音波が通りやすいため、伝播速度が大きくなり、動弾性係数が大きくなることが考えられる。

参考文献

1) 殿廣泰史, 加藤直樹: 配合の異なる超高強度コンクリートの機械的性質に関する研究, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, V-425, 2021.9.