

高強度コンクリートの強度管理用供試体の保管条件が

強度に及ぼす影響について

木混会（エスオーシー工場長会）

1. 概要

水結合材比が低くかつ単位結合材量が多い高強度コンクリートの強度発現性は、標準養生を開始する以前の保管条件による影響を通常の強度レベルのコンクリートよりも大きく受けることが予想される。このため、高強度コンクリートの供試体は標準養生を開始するまでの保管中、高温や乾燥による影響を受けないように保管することが望ましい。一方、高強度コンクリートの受け入れ現場では建設現場内で強度管理用供試体が保管されることが多く、温度や湿度による影響を受けない条件での保管が困難となっている場合が少なくない。このため、強度管理試験の結果が保管中の温度や乾燥による影響を受ける事が危惧される。

本検討では、夏期において標準養生を開始するまでの供試体の保管方法が高強度コンクリートの供試体強度に及ぼす影響について検討した。保管場所を空調された室内、日かげおよび日なたの三水準とし、それぞれ保管期間を1日、2日、3日間とした場合の供試体強度を比較した。また、供試体上面にシールを施した場合とそうでない場合との供試体強度についても比較を行った。

その結果、日なたで保管された供試体にはひび割れが発生し、室内で保管された供試体に比べ最大で 20N/mm^2 程度も強度が低くなることが確認された。水中養生を開始するまでの保管期間と強度との関係は、セメントの種類によって異なることが認められた。さらに、供試体上面にシールを施し日なたで保管した供試体には、ひび割れが認められなかったものの、強度は室内で保管された供試体に対し 7N/mm^2 程度低くなることが確認された。

2. 試験因子および試験概要

試験因子を表-1に示す。高強度コンクリートに用いるセメントの種類は普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメントの3種類とした。高強度コンクリートは構造体補正強度 ($F_c + mS_n$) 60N/mm^2 のものを検討対象とした。また、比較用として普通ポルトランドセメントを使用した呼び強度33のコンクリートについても試験を行った。

供試体保管場所の影響を検討するため、保管場所を空調された試験室内と屋外とした。

表-1 試験因子

試料	保管場所	保管時間	上面シール
高強度コンクリート N (60) M (60) L (60)	試験室	1日間	なし
		2日間	なし
		3日間	有り
	屋外 (日かげ)	1日間	なし
		2日間	なし
		3日間	有り
普通コンクリート N (30)	屋外 (日なた)	1日間	なし
		2日間	なし
		3日間	有り
	試験室	1日間	なし
		2日間	なし
		3日間	有り

長根 良美 東京エスオーシー(株)
金塚 美喜男 佐倉エスオーシー(株)

尾崎 雅敏 横浜エスオーシー(株)
島田 裕史 吉建エスオーシー(株)

なお、屋外は直射日光の当たらない場所（以降、日かげ）および直射日光の照射する場所（以降、日なた）について検討することとし、合計 3 種類の保管場所について試験を行った。

表-2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント（住友大阪セメント製）
	中熱ポルトランドセメント（住友大阪セメント製）
	低熱ポルトランドセメント（住友大阪セメント製）
細骨材	山砂（千葉県富津産） 表乾密度 2.60g/cm ³ F.M.2.10
	石灰石砕砂（高知県鳥形山産） 表乾密度 2.66g/cm ³ F.M.3.40
粗骨材	石灰石碎石（高知県鳥形山産） 表乾密度 2.70g/cm ³ F.M.6.60
混和剤	高性能 A E 減水剤

表-3 配合

種類	記号	セメント種類	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤添加率
						C	W	山砂	砕砂	G	
高強度	N(60)	N	34.9	3.0	48.9	486	170	494	335	891	1.2%
	M(60)	M	31.4	3.0	48.6	524	165	486	332	891	1.2%
	L(60)	L	29.7	3.0	48.0	555	165	473	325	891	1.2%
普通	N(30)	N	51.0	4.5	46.3	343	175	486	330	972	1.0%

また、標準養生を開始するまでの供試体の保管期間が強度に及ぼす影響について

も検討するため、保管期間を 1 日間、2 日間および 3 日間とした場合について検討した。

更に、保管期間を 2 日間とする場合において、型枠に打設後、直ちに上面をポリ塩化ビニルデン製のフィルムで覆うことにより供試体からの水分の逸散を防いだ場合（以降、上面シール有り）とフィルムを施さない場合の強度を比較し、上面シールの効果について検討した。

使用材料およびコンクリートの配合を表-2, 3 に示す。試料の練混ぜには容量 6.0m³ の強制二軸型ミキサを用い、1 試料当たり 2.0m³ の練混ぜを行なった。試料の製造および型枠への打ち込みは H16 年 8 月 31 日に行い、その後、保管中の供試体中心の温度を熱電対により測定した。供試体保管後の養生は標準水中養生とし、圧縮強度を材齢 7 日と 28 日で測定した。なお、型枠には金属製の軽量型枠を使用した。

表-4 フレッシュコンクリートの性状

	スランブ (cm)	スランブフロー (cm)	フロー時間(秒)		空気量 (%)	温度 (°C)
			50cm	停止		
L(60)	-	63.5	5.3	28.6	1.8	30.0
M(60)	-	66.0	4.8	30.4	2.0	30.0
N(60)	-	63.5	6.7	33.4	2.4	32.0
N(30)	20.5	-	-	-	4.1	31.0

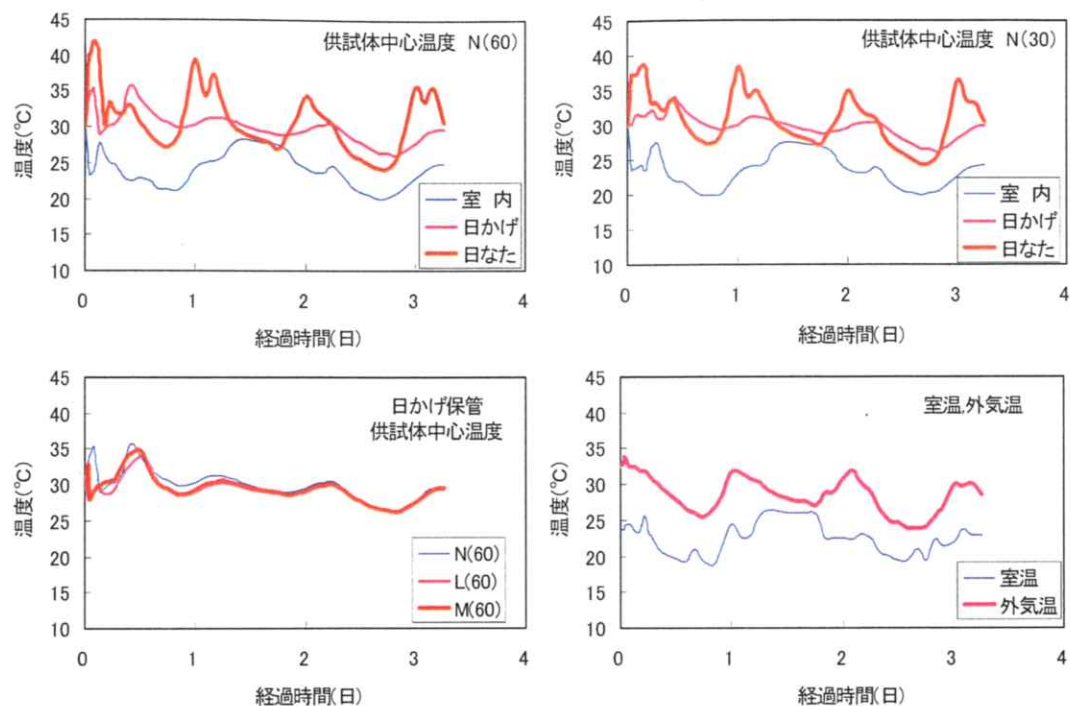
表-5 圧縮強度試験結果

保管場所	上面シールの有無	保管期間 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)							
			N(60)		M(60)		L(60)		N(30)	
			7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
室内	なし	1	58.3	71.3	55.1	69.8	45.6	70.1	36.0	46.3
		2	54.7	68.4	51.4	71.0	44.2	70.9	34.8	44.7
		3	56.2	69.1	48.7	70.7	46.2	71.2	34.5	44.7
日かげ		1	55.8	67.9	54.5	68.7	47.3	70.2	32.4	42.4
		2	50.5	64.2	51.0	69.0	47.7	68.6	29.2	39.8
		3	52.2	62.7	50.5	65.7	46.4	68.9	31.7	40.8
日なた		1	41.9	54.1	45.4	62.5	27.2	47.0	34.2	44.3
		2	40.5	44.3	41.4	53.2	31.8	52.3	31.1	41.1
		3	36.2	47.7	52.1	60.3	39.6	44.1	29.6	40.0
室内	有り	2	55.8	69.2	52.4	69.7	43.7	69.6	34.2	44.2
日かげ		2	52.6	64.0	51.2	64.7	44.2	66.5	31.5	41.1
日なた		2	50.6	61.9	48.7	62.6	44.7	64.8	31.3	40.7

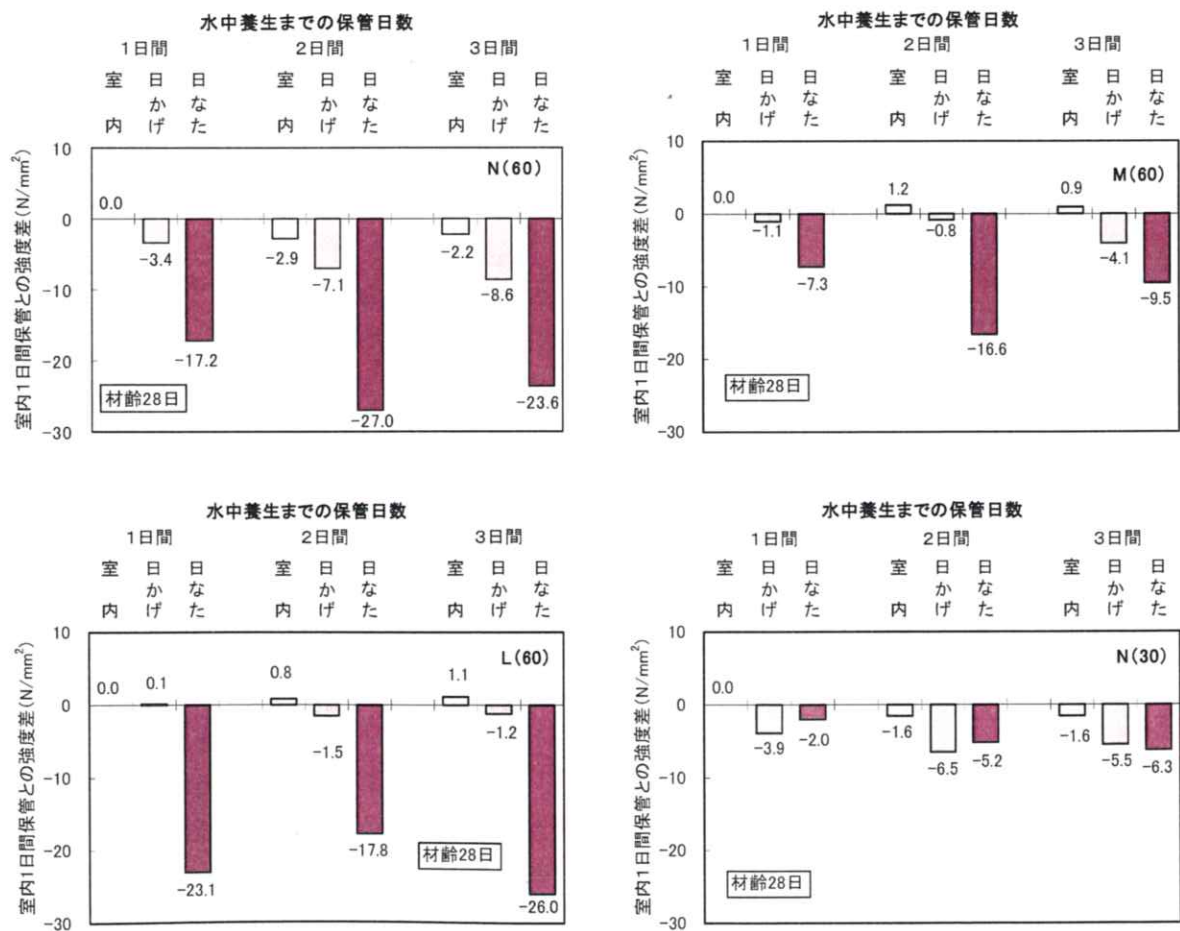
3. 試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-4 に示す。保管中の供試体中心温度および室温・外気温の測定結果の一例を図-1 に示す。N (60) の場合、日なた、日かげ、室内保管の供試体中心部の最高温度はそれぞれ 41.9℃、35.6℃、28.2℃であった。また、保管場所が同じ場合、セメント種類による供試体温度に顕著な違いは認められなかった。なお、保管期間中の室温は平均 22.5℃、最高 26.4℃であり、外気温は平均 28.8℃、最高 33.8℃であった。

圧縮強度試験の結果を表-5 に示す。図-2 は室内で 1 日間保管された場合の材齢 28 日強度



図－1 温度測定結果



図－2 室内で1日間保管した場合と各保管条件との強度差

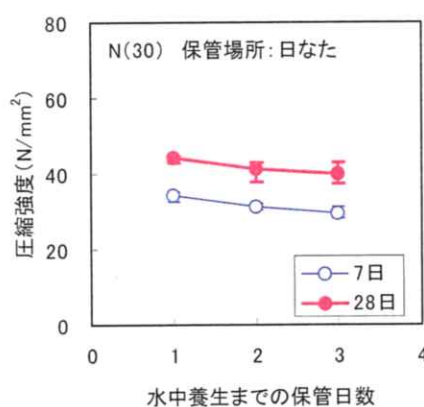
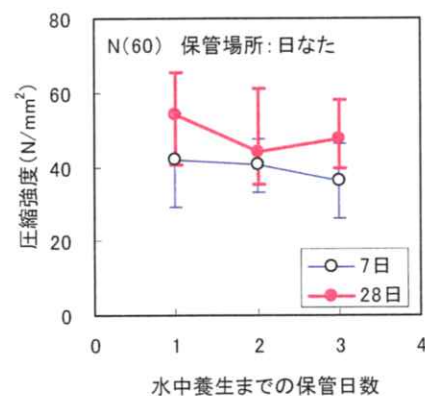
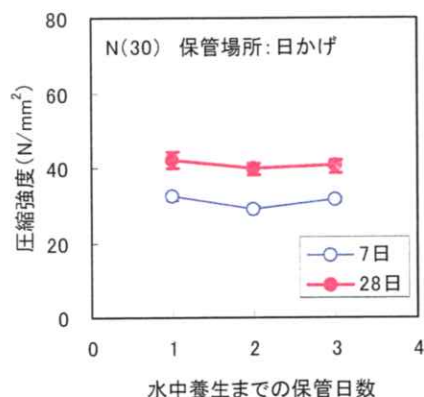
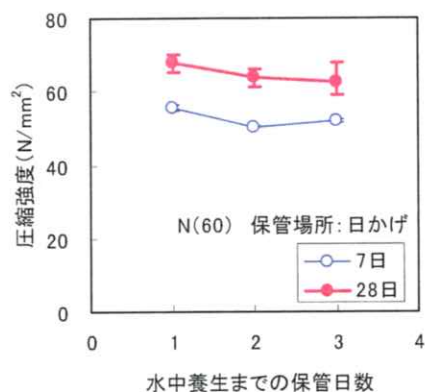
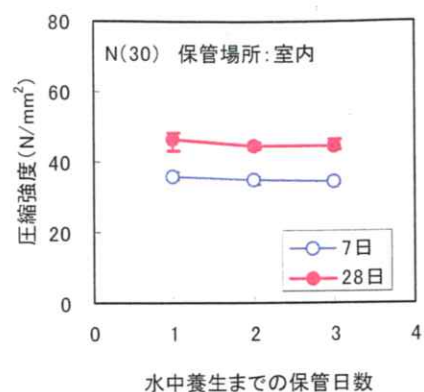
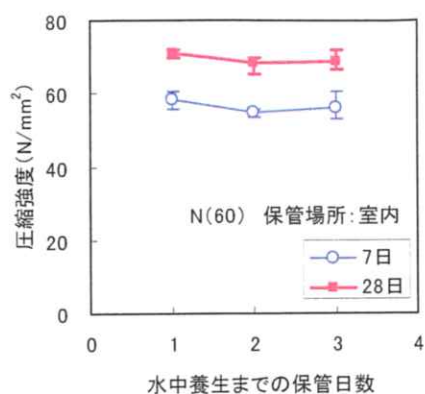


図-3 圧縮強度試験における供試体3本の強度のばらつき

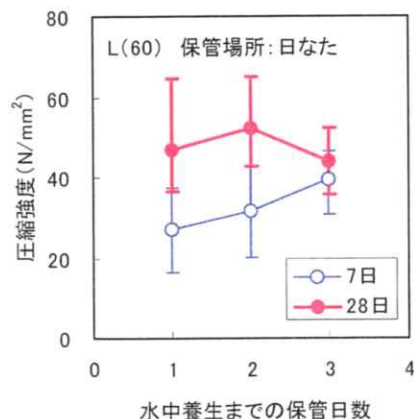
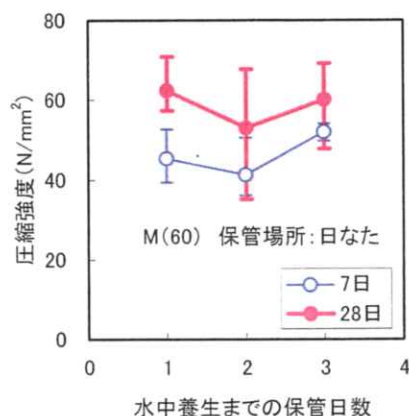


図-4 日なた保管における供試体3本の強度のばらつき

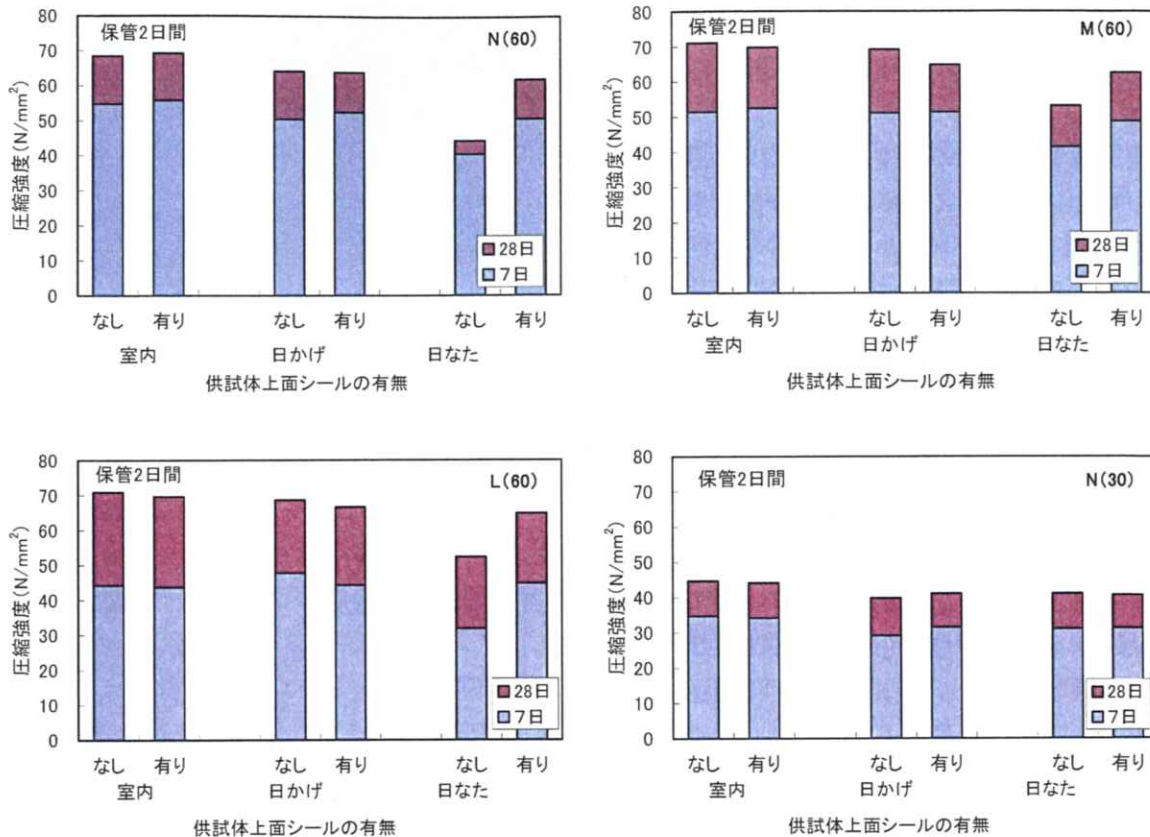


図-5 上面シールの有無による強度の比較

と各々の条件で保管された材齢 28 日強度との差を示したものである。N (60) の場合、日かけで 3 日間保管した場合との強度差は約 8 N/mm^2 であったが、日なたで保管した場合との差は 20 N/mm^2 を超える結果となった。M (60) と L (60) では、日なたで保管した場合の室内保管に対する強度差は N (60) と同様に顕著であるものの、日かけで保管した場合と室内保管との強度差は僅かであった。このように、日かけで保管された場合における強度への影響は、セメントの種類によって異なることが確認された。特に、普通ポルトランドセメントを使用した場合には、日なたで保管した場合はもとより、日かけで保管した場合にも室内保管に比べて強度が低下するため注意が必要である。

一方、普通コンクリート N (30) については、日かけ保管、日なた保管ともに保管期間を 2 日以上とした場合には、室内で 1 日間保管した場合に比べて 6 N/mm^2 程度の強度低下となった。以上より、直射日光を受ける条件で保管した場合の高強度コンクリートの強度発現性は、普通コンクリートに比べて、極めて大きな影響を受けることが確認された。

続いて、保管期間の影響について着目すると、N (60) および N (30) では屋外（日かけおよび日なた）で保管した場合、保管期間を 1 日間とした方が 2 日間、3 日間に比べて、室内で



写真-1 日なた保管で生じたひび割れ

1 日間保管した場合との強度差が小さい。一方、M (60) および L (60) については、強度差と保管期間との間に明らかな傾向は認められなかった。

図-3、4 は 1 回の強度試験に用いた供試体 3 本の平均強度、最大値および最小値を示したものである。高強度コンクリートの場合、セメント種類に関わらず日なたで保管した際の強度のばらつきが顕著となった。高強度コンクリートは写真-1 に示すようなひび割れが保管中に発生しており、このひび割れの状況（程度・方向等）により強度試験の結果が大きくばらついたものと考えられる。なお、普通コンクリートの N (30) では、ひび割れは発生しておらず、日なたで保管した場合においても強度試験の結果に顕著なばらつきは認められない。高強度コンクリートのみにひび割れが発生した理由として、普通コンクリートに比べてブリーディングが極めて少ないために供試体が高い乾燥を受けたためと考えられる。

供試体上面をシールして保管した場合と施さなかった場合の強度を比較したものが図-5 である。日なたで保管された高強度コンクリートの場合、上面シールを施すことにより、上面シール無しの場合に比べて $9 \sim 17 \text{ N/mm}^2$ も材齢 28 日強度が高くなることが認められた。しかしながら、上面シールを施しても直射日光の当たる場所で保管された供試体の強度は、室内で保管された場合に比べて最大 7 N/mm^2 程低下した。上面シールを施しても、直射日光の照射する場所で供試体を保管しないように配慮する重要性を再認識する結果となった。また、供試体上面にシールを施した場合には、写真-2 に示すように日なた保管で発生したひび割れが認められなかった。さらに、図-6 に示すように上面シールにより供試体 3 本の強度のばらつきも小さくなった。換言するならば、直射日光が当たる場所で供試体が保管されていても、上面シールが施されていた場合には、強度のばらつきや外見上の変状から、日なたで保管された形跡を認めることが困難になることを、生コン製造者は留意しておくことが必要と思われる。

4. まとめ

構造体補正強度 ($F_c + n S_m$) 60 N/mm^2 の高強度コンクリートを対象に、保管条件が強度試験結果に及ぼす影響について夏期に検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 高強度コンクリートの場合、直射日光の当たる場所で保管された供試体の強度は空調された室内で保管された強度に比べて大幅に低下し、その低下量は 28 日強度で 20 N/mm^2 を超



写真-2 上面シールの有無による供試体表面の比較（左：上面シール無し、右：上面シール有り）どちらも日なたで2日間保管

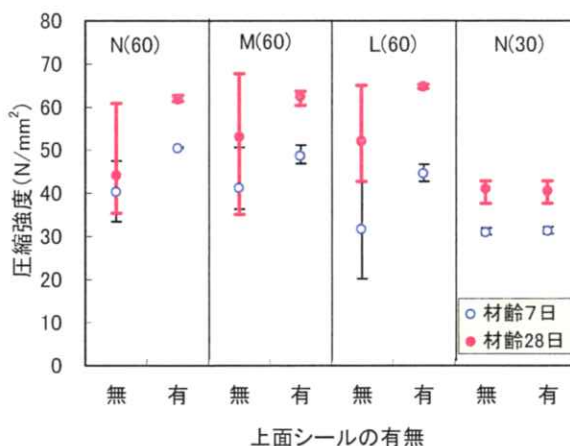


図-6 上面シールの有無による強度のばらつき度合いの比較

える場合も認められた。

- (2) 普通コンクリート（普通ポルトランドセメント使用、呼び強度 30）では、日なたおよび日かげで 2～3 日間保管された場合の強度は室内で 1 日間保管された場合に比べ、 6N/mm^2 程度低くなった。
- (3) 普通ポルトランドセメントを使用し日なたおよび日かげで保管した場合、保管期間を 1 日とした方が、2 日、3 日間保管した場合よりも強度が高くなる傾向を示した。一方、中庸熱および低熱ポルトランドセメントを使用した高強度コンクリートの場合には材齢 3 日までの期間において、保管期間と強度との間に明瞭な関係は認められなかった。
- (4) 日かげで保管した場合と室内で保管した場合との強度差は、セメントの種類によって異なり、普通ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートでは、室内保管と日かげ保管との強度差が $3\sim 9\text{N/mm}^2$ となった。一方、低熱ポルトランドセメントを使用した場合、日かげと室内保管との間に顕著な強度差は認められなかった。
- (5) 高強度コンクリートに対し上面シールを施して直射日光のあたる場所で保管した場合、上面シールを施さない場合に対し $9\sim 18\text{N/mm}^2$ ほど高い強度が得られた。しかしながら、上面シールを施した強度でも、試験室内で 1 日間保管した場合の強度と比べると最大で 7N/mm^2 程度低くなった。これより、上面シールを施しても直射日光のあたる場所で供試体を保管してはならないことが再確認された。
- (6) 供試体上面にシールを施さないで直射日光のあたる場所で保管した場合、保管中において供試体にひび割れが発生した。また、供試体 3 本の強度のばらつきが顕著となった。一方、直射日光が当たる場所で供試体が保管されていても、上面シールが施されていた場合には、強度のばらつきやひびわれ等の変状から、日なたで保管された形跡を認めることが困難になることを、生コン製造者は留意する必要がある。

【共同研究者】

本論文は、木混会（エスオーシー工場長会）で平成 16 年度研究課題として取り組んだ内容を取りまとめたものです。第 13 回生コン技術大会（全国生コンクリート工業組合連合会、全国生コンクリート共同組合連合会共催）に同一内容の論文を投稿しています。

木混会（エスオーシー工場長会）

市川エスオーシー生コン（株）

埼玉エスオーシー（株）戸田工場

佐倉エスオーシー（株）

昭和エスオーシー（株）府中工場

東京エスオーシー（株）芝浦工場

東京エスオーシー（株）業平橋工場

成田エスオーシー（株）

宮松エスオーシー（株）川崎工場

宮松エスオーシー（株）玉川工場

横浜エスオーシー（株）横浜工場

吉建エスオーシー（株）

住友大阪セメント（株）セメント・コンクリート研究所 生コン技術センター

東京セメント販売部 技術センター