

35°Cを超える暑中コンクリートに関する基礎的研究

(株)大林組 正会員 ○田中 将希 正会員 桜井 邦昭
正会員 上垣 義明 正会員 堀田 繁

1. はじめに

近年、地球温暖化などの影響もあり、夏期では日最高気温が35°Cを超える猛暑日が増大している。一方、土木学会が発刊するコンクリート標準示方書〔施工編〕や各発注機関の仕様書では、コンクリートの打込み温度は35°C以下を標準とする旨が示されている。さらに示方書では、35°Cを超える場合、コンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならないとされ、確認すべき項目として、以下の5項目を挙げている。①フレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響を確認する、②硬化コンクリートの強度に及ぼす影響を確認する、③コンクリートの施工に及ぼす影響を確認する、④温度ひび割れに対する照査を行う、⑤初期の高温履歴が圧縮強度に及ぼす影響を試験により確認する。

そこで、本研究では、コンクリート温度が35°C付近と35°Cを大きく超える40°C付近において上記の5項目に関するコンクリートの各種品質について比較検討し、基礎データを収集するものとした。

2. 試験概要

コンクリート配合を表-1に、使用材料を表-2に示す。土木工事に汎用的に用いる配合を想定し、水セメント比55%、目標スランプ12cmとした。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材には陸砂、粗骨材には最大骨材寸法20mmの砕石を用いた。混和剤には、いずれも遅延形のAE減水剤(WR)およびAE減水剤(高性能タイプ、HWR)を用いた。温度は、40°C付近と35°C付近の2水準とし、室内温度を40°Cまたは35°Cに設定した。コンクリートの種類は、40°CでWRないしHWRを用いたWR(40°C)、HWR(40°C)、および35°CでHWRを用いたHWR(35°C)の3種類とした。

表-1 コンクリート配合、実験条件

No.	供試体名	練上り温度(°C)	セメント種類	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(C×%)			
								W	C	S	G	WR	HWR	AE1	AE2
1	WR(40°C)	40	N	12±2.5	4.5±1.5	55	44.7	170	309	799	1033	0.2	-	7A	0.5A
2	HWR(40°C)	40	N	12±2.5	4.5±1.5	55	45.5	164	298	822	1004	-	1.25	7A	0.5A
3	HWR(35°C)	35	N	12±2.5	4.5±1.5	55	45.5	164	298	822	1004	-	1.10	6A	0.5A

表-2 使用材料の一覧

種類	記号	銘柄、成分及び物性	メーカー、産地
セメント	C	普通、密度3.16g/cm ³ 、比表面積3280cm ² /g	太平洋セメント
水	W	上水道水、密度1.00g/cm ³	
細骨材	S	陸砂、表乾密度2.60g/cm ³ 、吸水率2.18%、粗粒率2.51、実積率67.2%、表面水率0.6%	千葉県木更津産
粗骨材	G	砕石2005、表乾密度2.64g/cm ³ 、吸水率0.93%、粗粒率6.60、実積率57.5%、混合比率：2010：1005=60：40、表乾状態	東京都青梅市
AE減水剤	WR	チューポールNR-20R(遅延形) 有機酸系誘導体と芳香族高分子化合物の複合体(0.2~0.3%)	竹本油脂製
AE減水剤(高性能タイプ)	HWR	チューポールEX60R(遅延形) 変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体(0.5~2.0：1.0%)	竹本油脂製
空気連行剤	AE1	AE300、100倍希釈液で使用：1A：0.001%	竹本油脂製
空気量調整剤	AE2	AFK-2、100倍希釈液で使用：1A：0.001%	竹本油脂製

フレッシュコンクリートの品質確認として、スランプと空気量の経時変化(静置)、ブリーディング率、凝結時間を測定した。硬化コンクリートの強度確認として、圧縮強度試験を行った。供試体は、材齢1日まで各温度条件で養生した後、20°Cの水中で養生し、材齢7日と28日で圧縮強度試験した。

コンクリートの施工に及ぼす影響確認として、プロクター貫入試験を実施した。貫

入抵抗値が0.1N/mm²に達する時間を測定することで、許容打重ね時間間隔を確認した。温度ひび割れに対する照査として、HWR(40°C)とHWR(35°C)について、空気循環式断熱温度上昇試験装置を用いて断熱温度上昇量試験を行った。養生初期の高温が圧縮強度に及ぼす影響を確認するため、供試体を60°Cに設定した乾燥炉で材齢7日まで封緘養生したのち、20°Cの水中にて材齢28日まで養生し、圧縮強度試験を行った。

キーワード 暑中コンクリート、品質管理、フレッシュコンクリート、硬化コンクリート

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部

3. 試験結果

図-1 にスランプの経時変化を示す。HWR(40℃)は、HWR(35℃)に比べ、スランプの低下率がやや大きくなる傾向が認められるが、大きな差異はなかった。また、混和剤の異なる WR(40℃)と HWR(40℃)では大差はなかった。図-2 に空気量の経時変化を示す。いずれの配合・条件でも、時間経過に伴う大きな変化は認められなかった。

表-3 に各種試験結果を示す。ブリーディング率について、HWR(40℃)は HWR(35℃)に比べ、若干小さくなったが、極端に減少することはなかった。また、WR(40℃)と HWR(40℃)では大きな差はなく、混和剤の影響は認められなかった。許容打重ね時間間隔、凝結の始発・終結時間は、どちらも温度の異なる HWR(40℃)と HWR(35℃)で大きな差異はないが、混和剤の異なる WR(40℃)と HWR(40℃)では、WR(40℃)の方が少し早まる結果となった。圧縮強度は、高温履歴の有無を問わず、HWR(35℃)より HWR(40℃)の方がやや増加傾向にあるが、圧縮強度に大きな差異は認められなかった。また、高温履

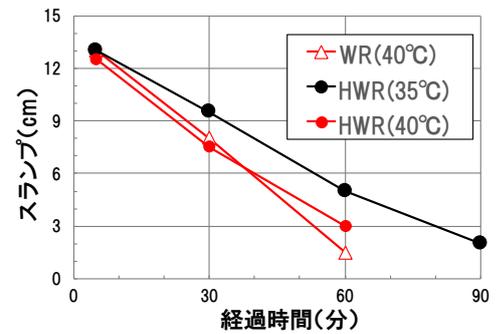


図-1 スランプ経時変化

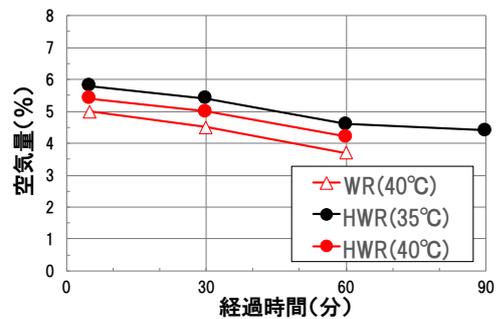


図-2 空気量経時変化

表-3 各種試験結果

No.	供試体名	ブリーディング		貫入抵抗値 0.1~1.0N/mm ² 到達時間(h-m)		凝結時間 (h-m)		圧縮強度 (N/mm ²) 20℃水中養生		圧縮強度 高温履歴 60℃7日間	開始 温度 (℃)	最高 温度 (℃)	温度 上昇量 (℃)	逆解析結果	
		率 (%)	量 (cm ³ /cm ²)	0.1N	1.0N	始発 3.5N	終結 28N	7日	28日					T=K(1-e(-αt))	
														K	α
1	WR(40℃)	2.54	0.11	1-05	2-20	2-55	4-05	-	-	-	-	-	-	-	-
2	HWR(35℃)	3.03	0.13	1-55	3-40	4-20	5-25	22.3	31.7	26.3	34.7	78.0	43.3	42.8	1.315
3	HWR(40℃)	2.52	0.11	1-45	3-35	3-55	4-50	24.8	33.7	28.4	39.6	82.4	42.8	42.2	1.537

歴を受けた場合、高温履歴を受けていない供試体に比べ材齢 28 日強度は小さくなった。

表-3 と図-3 に HWR(40℃)と HWR(35℃)の断熱温度上昇量試験の結果を示す。最高温度は、打込み温度の増加分だけ高くなったが、断熱温度上昇量に大きな差異はなかった。また、実験結果より逆解析し、断熱温度上昇量 K と温度上昇速度に関する係数 α を求めた。K は温度の違いによる影響は少なく、α は HWR(40℃)の方がやや大きくなった。

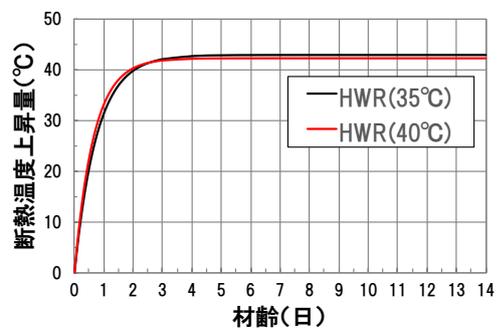


図-3 断熱温度上昇試験

4. まとめ

コンクリート温度 40℃付近と 35℃付近において、フレッシュコンクリートの品質、圧縮強度、凝結特性および断熱温度上昇量について基礎データを収集した。以下に得られた知見を示す。

- (1) スランプの経時変化は、35℃を超えるとやや低下が生じやすい傾向にあるが、その差は小さい。また、AE 減水剤と高機能タイプの AE 減水剤の差異がスランプの経時変化に及ぼす影響は認められない。
- (2) 空気量の経時変化は、40℃付近と 35℃付近とで差異は認められない。
- (3) ブリーディング率は、40℃付近の方が小さいが、その違いはわずかで、ほとんど影響は認められない。
- (4) 許容打重ね時間間隔および凝結時間は、40℃付近であっても 35℃付近との大きな差異は認められない。
混和剤が AE 減水剤の場合、高機能タイプの AE 減水剤に比べ少し硬化が早まりやすい。
- (5) 圧縮強度は、温度の違いが及ぼす影響は小さく、大きな違いは認められない。
- (6) 断熱温度上昇量は、40℃付近と 35℃付近で大きな差異は認められない。