

V - 6

コンクリートの品質向上と養生の関係

北見工業大学工学部

北見工業大学客員教授

北見工業大学 大学院

正 員 桜井 宏

(日鐵セメント(株))

正 員 鮎田耕一

正 員 藤田嘉夫

学生員○迫 宣人

1.はじめに

最近、コンクリート構造物の大型化や高層化にともない高性能のコンクリートの研究が盛んに行われている。その結果、コンクリートの強度の水準は年々高くなる傾向にある。高強度コンクリートの実用化に向けて検討が行われている。これに伴い高性能減水剤、高流動化剤の開発等が盛んである。しかし養生等の改善についての検討は十分でない。養生等の改善によりコンクリートの白華の防止¹⁾やコンクリートの強度等の改善をもたらすことが考えられる。

本論文は、初期段階における養生方法に着目し、高湿潤養生でコンクリートの強度等の性能改善の可能性について実験及び検討を行った。

2.実験概要

2.1.検討方法

Fig.2.1.1.に検討のフローを示す。実験供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体とした。Table.2.1.にコンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの性質を示す。コンクリート供試体は、高性能AE減水剤を用い水セメント比をできるだけ下げたコンクリートとした。

今回の試験に使用した材料及び物性、成分をTable.2.2.に示す。

Table.2.1.コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性質

供試体 記号	W/C (%)	S/a (%)	配 合				性 質					
			単位量(Kg/m ³)				粗骨材	細骨材	高性能AE 減水剤 (%/C+SF)	消泡剤 (%/C+SF)	スランプ (cm)	空気量 (%)
1-25-X	25	42	125	500	792	1194	H	k	2.0	0.009	0.4	0.4
1-40-X	40	42	125	313	875	1292	H	k	2.0	0.009	0.1	1.1
1-55-X	55	42	125	227	886	1337	H	k	2.0	0.009	0.1	1.3
2-25-X	25	42	125	500	792	1194	H	k	2.0	0.009	0.4	0.4
2-40-X	40	42	125	313	875	1292	H	k	2.0	0.009	0.1	0.2
2-55-X	55	42	125	227	886	1337	H	k	2.0	0.009	0.0	0.6
3-25-X	25	42	125	500	792	1194	H	k	2.3	0.009	1.3	0.6

Table.2.2.使用材料の物性および成分

使用材料	種類および記号	物性および成分
セメント	普通ポルトランド :C (大日本セメント社製)	比重:3.16 比表面積:3250 cm ² /g
細骨材	川砂 :k (産地:札内川)	表乾比重:2.63 吸水率:2.15% 粗粒率:2.68
粗骨材	碎石 :H (産地:本沢 最大寸法:20mm)	表乾比重:2.87 吸水率:1.61% 粗粒率:6.63
混和剤	高性能AE減水剤 :バリックFP200U 消泡剤 :ボソリスNo.404	芳香族アミノスルホン酸系高分子化合物, 比重:1.18~1.22 ポリアキレングリコール誘導体, 比重:1.001, pH=6.6

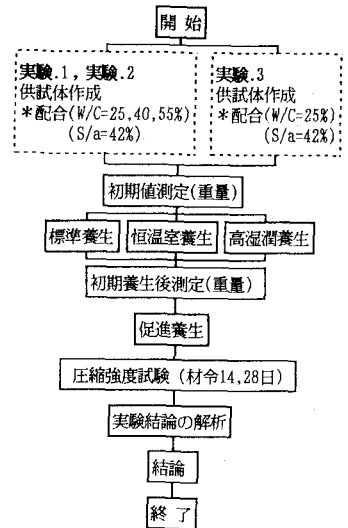


Fig.2.1.1.検討のフロー

供試体記号の説明
例) 1-25-X

養生種類
(3, 4, 5, 6, HC, CR)
水セメント比 (%)
実験ケース

Study on Relationship between Improving Quality of Concrete and Curing Condition

by H.SAKURAI, K.AYUTA, Y.FUJITA and Y.SAKO

試験項目は、フレッシュコンクリートのスランブをJIS A 1101,空気量はJIS A 1128に各々基づいて測定した。硬化コンクリートでは圧縮強度試験をJIS A 1108に基づいて材令14、28日に行いこのとき同時に抵抗線ひずみゲージを用いてポアソン比を求めた。また練り上がり後は直ちに重量を測定しTable 2.3.に示す方法で養生を行い材令1日で脱型し重量を測定した。その後直ちに標準養生、恒温室養生を行った。また、その養生の過程をFig.2.1.2.に示す。

Table.2.3.養生の種類

養生方法	養生条件	記号
標準	水中養生	SC(STANDARD CURING)
恒温室	温度約20℃,湿度約85%	CR(CURING ROOM)
高湿潤	材令1日まで温度約20℃ 湿度約95%以上で養生 その後、水中養生。	HC (HIGH HUMID CURING)

2.2.練り混ぜ方法

Fig.2.2.にその練り混ぜ方法を示す。まず重力式ミキサーで粗骨材と細骨材を投入後30秒間空練りした後、高性能AE減水剤及び消泡剤を含んだ全体の水の84%に相当する一次水を投入し60秒間練り混ぜる。次に強制式ミキサーに移しセメントを投入後120秒間空練りした後、二次水として残りの16%に相当する水を投入し均一に混ぜ合わされるまで練り混ぜた。

2.3.養生方法

2.3.1.各種養生方法

本研究では、各種養生方法が強度にどの様に影響を与えるか知るために標準養生と恒温室養生、そして高湿潤養生 (High Humid Curing:以下HCと略)を行った。

2.3.2.HC養生方法

この養生は、打設後の初期の段階での水分の蒸発を最小限に抑えて、コンクリートを常に湿潤状態に保っておくものである。またこの養生は、Fig.2.1.2.に示すように打設直後から6時間までの間の各ケースで開始した。

2.3.3.促進養生

本実験は、標準養生や高湿潤養生を行う場合は材令1日の脱型以後は水中で、また恒温室養生のものは約20℃で湿度が約85%に管理された恒温室で圧縮強度試験を行う材令まで、養生を行うのを原則としたが、一部のものは試験材令を確保するために積算温度で管理し、実際の材令よりも短時間で養生できる促進養生を行った。また、促進養生を行ったときの温度は、45℃及び55℃の2種類である。

2.3.4.載荷面の処理

目標とする強度が高強度であるので硫黄キャッピングでは、供試体が破壊する前にキャッピングが壊れることが想定されたため、研磨を行い載荷面を平滑にすることとした。

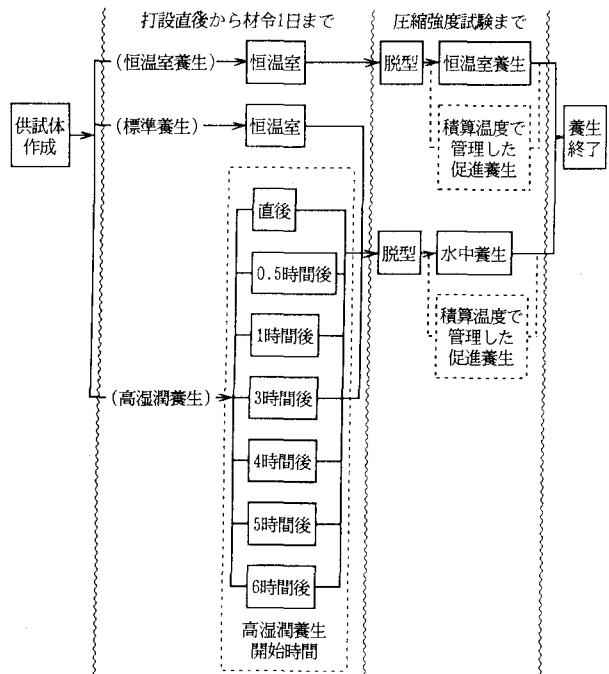
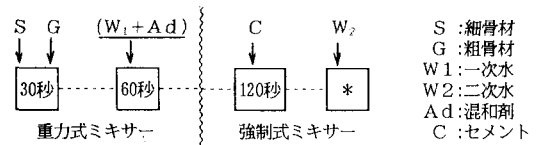


Fig.2.1.2.供試体の養生のフロー



*: 均一に混ぜ合わされるまで練り混ぜるため未定。

Fig.2.2.練り混ぜ方法

3.実験及び考察

3.1.実験結果

3.1.1.圧縮強度と各養生条件の関係

Table.3.1.1.、およびFig.3.1.1.に各水セメント比 $W/C=25、40、55\%$ ごとの圧縮強度と標準養生、恒温室養生及び高湿潤養生の開始時間が3時間と4時間の関係を示す。いずれの水セメント比でも、標準養生よりも高湿潤養生のものが高かった。その中でも打設後3時間で高湿潤養生を行ったものが大きな値を得た。なお、ポアソン比は、開始時間や養生種類に関係なく、 $0.20\sim0.25$ の範囲である。

Table.3.1.1.圧縮試験結果

記号	供試体	材令14日 圧縮強度 (Kg/cm^2)	材令28日 圧縮強度 (Kg/cm^2)
○	1-25-HC	725.4	877.9
●	1-25-CR	756.0	888.9
△	1-25-3	835.4	899.3
▲	1-25-4	783.6	852.1
□	1-40-HC	530.4	551.8
■	1-40-CR	496.4	519.0
▽	1-40-3	624.9	643.9
▼	1-40-4	562.8	582.6
×	1-55-HC	374.1	405.9
+	1-55-CR	354.4	371.3
◇	1-55-3	391.7	430.1
◆	1-55-4	381.2	429.3

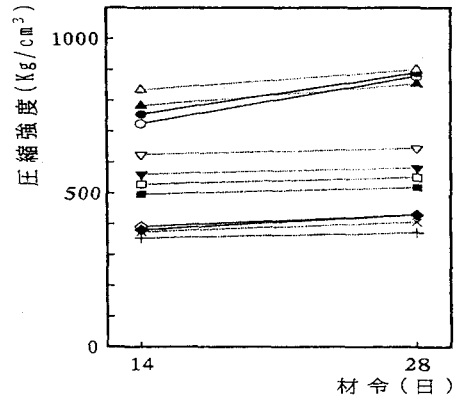


Fig.3.1.1.各種養生条件と圧縮強度の関係

3.1.2.圧縮強度と特殊養生の関係

Table.3.1.2.、およびFig.3.1.2.各水セメント比 $W/C=25、40、55\%$ ごとの圧縮強度と高湿潤養生の時間との関係を示す。いずれの水セメント比でも、養生開始時間の早い打設後3時間で高湿潤養生を行ったものが大きな圧縮強度を示した。また水セメント比のうち最も大きい $W/C=55\%$ のものだけが他にものとは少し違った傾向を示している。他のものが材令14日に最も強かった順に、そのまま材令28日まで持続しているが、 55% のものは開始時間にかかわらず材令28日ではほぼ同じ値になっている。これは、 55°C の促進養生を行ったことで強度の発現が頭打ちになったのが原因であると考えられる。

また、強度の材令14日に対する28日の強度の増加率は水セメント比が小さい $W/C=25\%$ のものが最も高い傾向を示している。なお、今後キャッピングの条件等を検討し再現性等を照査することも検討中である。なお、ポアソン比は、養生開始時間に関わらず $0.20\sim0.25$ の範囲である。

Table.3.1.2.圧縮試験結果

記号	供試体	材令14日 圧縮強度 (Kg/cm^2)	材令28日 圧縮強度 (Kg/cm^2)
○	2-25-3	551.3	907.3
●	2-25-4	544.1	863.2
△	2-25-5	494.8	765.8
▲	2-25-6	536.7	865.3
□	2-40-3	599.6	619.9
■	2-40-4	597.8	601.3
▽	2-40-5	571.0	578.2
▼	2-40-6	554.4	585.0
×	2-55-3	336.8	382.6
+	2-55-4	312.7	378.5
◇	2-55-5	289.7	377.7
◆	2-55-6	264.5	382.5

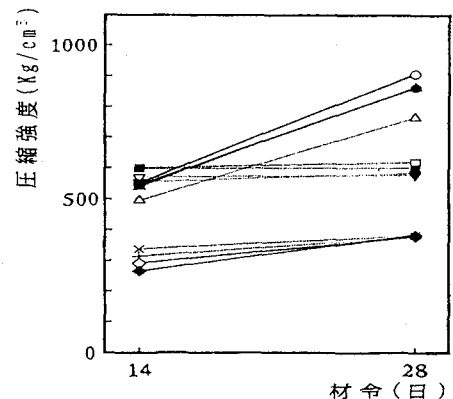


Fig.3.1.2.各種養生条件と圧縮強度の関係

3.1.3.高湿潤養生開始時間と圧縮強度の関係

Fig.3.1.3.に高湿潤養生開始時間と圧縮強度の関係を示す。このグラフは、標準養生材令14日相当(420D°D)の圧縮強度を基準とした比(以下圧縮強度比と略)で比較を行ったものである。このグラフより多少のばらつきはあるが高湿潤養生の開始時間が早い方が強度の発現に効果がある。また、高湿潤養生開始時間が3時間までは、1.15と圧縮強度比が高いのは凝結開始前の極初期の方がHC養生の効果が高いことを示していると思われる。現在の養生方法については極初期の養生段階では十分ではない²⁾が、以上のことより極初期の養生段階での水分が強度の発現にかなり影響を与え、養生時の水分の蒸発は少ないほど強度は増加傾向にあることが分かる。したがって高湿潤養生はコンクリートの性能改善に適用可能であると考えられる。

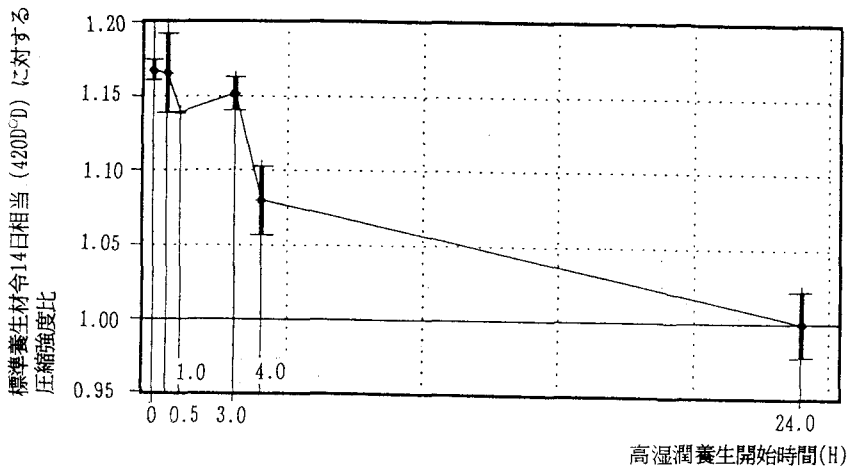


Fig.3.1.3.高湿潤養生開始時間と標準養生材令14日相当(420D°D)に対する圧縮強度比の関係(W/C=25%)

4. 結論

コンクリートの品質向上と養生の研究で得られた結果は以下のとおりである。

コンクリートの強度の発現には、打ち込み直後の極初期養生段階での水分が影響を与え、養生時の水分の蒸発は、少ないほど強度は増加傾向があり、コンクリートの性能改善に適用可能であると考えられる。

【謝辞】

本研究にあたり北海道大学の佐伯昇教授、(株)満尾総研、池田コンクリート(株)の御指導と御協力を受けた。ここに感謝する。本研究の実施にあたり新栄砕石工業(株)、山上高圧コンクリート(株)、花王株式会社、藤沢薬品工業株式会社の御協力を得た。また北見工業大学の猪狩平三郎技官、北見工業大学大学院の荒井、荒木、小笠原、水谷、阿部、中尾氏、北見工業大学卒論生の伊藤、岩井、佐瀬、田中、吉川氏に実験および解析に御協力を得た。ここに感謝する。

《参考文献》

- 1)桜井宏、鮎田耕一、荒木敬大：コンクリートの白華発生の要因に関する研究、セメント、コンクリート論文集、No.47、1993
- 2)土木学会：コンクリート標準示方書、平成3年度版、PP84～PP87、1991