

報 告

[1033] 高強度コンクリート製造における細骨材表面水の変動と圧縮強度の関係

正会員 阿部 修 (松村組技術研究所)

正会員○北山 悟 (松村組技術研究所)

浦野英男 (松村組技術研究所)

柏木隆男 (松村組技術研究所)

1. はじめに

強度が360 kgf/cm²を超える高強度コンクリートの製造においては、レデーミクストコンクリート工場(以下、プラント)の製造実績が少ないため、設計基準強度に対して品質のバラツキや養生温度などを考慮して過大な割増しをして調合強度が設定されているのが現状である。今回、筆者らは、コンクリート圧縮強度に大きな影響を及ぼす製造過程の要因としていくつか考えられるが[1]、ここでは細骨材表面水量の補正誤差を小さくすることに着目して、一応の成果を得たので報告する。

プラントは大阪市内のJIS認定工場を使用し、以下の調査及び実験を行った。①通常出荷時における細骨材表面水率変動状況の調査と製造時の表面水率設定の現状調査、②試験室での試し練り結果にもとづいてセメント水比と圧縮強度の関係の確認、③細骨材表面水量の管理に対して、通常の状態(シリーズI)と、補正誤差を小さくする状態(シリーズII)の二つのケースを設定し、実機により製造した高強度コンクリートの圧縮強度の比較実験を行った。

2. 使用材料と調合

本実験で使用したセメントは普通ポルトランドセメントを用いた。粗骨材は、茨木産碎石(比重2.69、吸水率0.32%、実績率58.9%)を使用した。細骨材は、小豆島産の山砂(比重2.56、吸水率1.40%)と瓦州産の海砂(比重2.56、吸水率1.40%)の混合砂(混合比50:50、FM2.83)を使用した。混和剤は、ナフタリン系の高性能AE減水剤と空気量調整用の補助AE剤を使用した。目標スランプは20cm、空気量は3.5%とした。調合は表-1に示す。

表-1 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		セメント	水	海砂	山砂	粗骨材
44	44.3	398	175	376	376	996
40	43.2	438	175	358	361	996
36	41.4	486	175	335	338	1003

3. 細骨材表面水率の調査

3.1 調査方法

調査は1ヶ月のうち無作為に3日を選んで行い、試料はプラントのヘッドビンから計量ホッパ

へ落下する途中で原則として30分毎に採取し、JIS A 1125の方法に準拠した電気循環乾燥器（以下、電気乾燥器）によりその表面水率を測定した値を実測値とし、またその時のバッチについてプラントが設定した値を設定値とした。なおこの設定値は、レデーミクストコンクリートのJISの規定により細骨材表面水率の試験を行った値を参考にして、操作員が練り上がりのコンクリートの目視管理をしながら過去のデータと経験にもとづき、表面水率の補正値を設定したものである。

3. 2 調査結果と考察

3日間調査した結果の表面水率実測値と設定値を図-1に示す。なお、調査日の天候は、第1回は晴、第2回は雨、第3回は曇時々雨であった。これらの図から、①晴天が続く時は表面水率は低めであるが、雨天時は全体に高くなる傾向にある。場内の設備は、材料の受け入れホッパから貯蔵サイロを経てヘッドビンまですべて屋根付きであるので、この相違は生産地と運搬途中の降雨によるものと考えられる。②日内の変動としては朝の始業時に大きく、雨天の日は全体に大きい。③設定値を実測値と比較すると、設定値は全体に1%~3%低めになっている。操作員が低めに設定する原因として考えられることは、粗骨材の表面水量への考慮、表面水率の測定方法自身の試験誤差がある。また骨材の粒径・粒度の変化にも対応し目標とするコンシステンシーを得るために水量調整の余地を残していることが考えられる。

この表面水率の設定誤差はコンクリート中の単位水量を増やすこととなり、結果として圧縮強度の低下となると考えられる。

4. 試し練り

高強度コンクリートの基本物性を把握するために、表-1の調合により、試験室での試し練り実験を秋に実施した。試し練りは、60ℓパン型ミキサを使用し、W/C=36%・40%・44%のコンクリートをそれぞれ40ℓづつ行った。練り混ぜ直後のコンクリートを供試体に成形し、標準水中養生を行って圧縮強度とセメント水比との関係を回帰式により求めた。結果は図-3及び図-5に破線で示す。

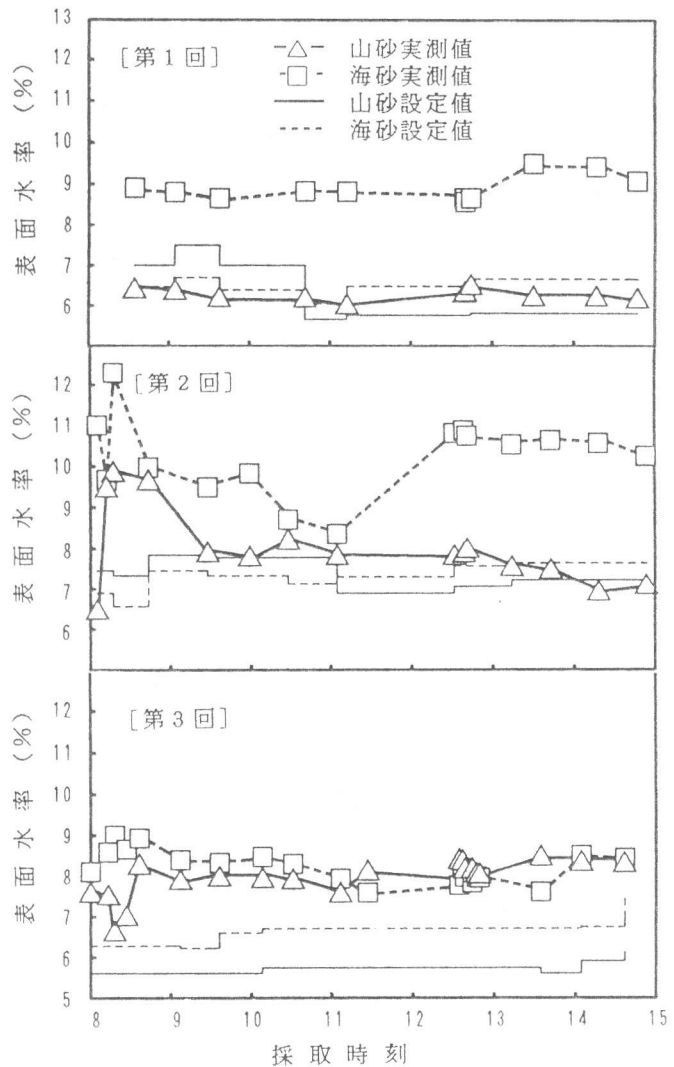


図-1 細骨材の表面水率調査

5. プラントの実機による製造実験と考察

5.1 実験方法

(1) 使用ミキサは、容量 2.5m^3 の二軸ミキサを用い、1 バッチ 2m^3 練りとした。

(2) 調合は試し練り時と同一とし、混和剤添加量については実験時期の気温、細骨材の粒度等の条件により調整した。

(3) 製造時の細骨材表面水量率の設定は、シリーズ I ではプラント操作員の判断による通常管理状態で行い、シリーズ II では練り混ぜ 30 分前に採取した試料を JIS A 1125 の方法に準ずる赤外線ランプ簡易水分計（以下、赤外線水分計）により測定し、その測定値を表面水率の設定値とした。ここでは測定を迅速に行うため、赤外線水分計を使用した。同一試料を用いて赤外線水分計と電気乾燥器の測定値の比較をした結果を図-2 に示す。

(4) 3 章と同じ方法で、練り混ぜ直前にバッチ毎の試料を採取し、電気乾燥器にて測定した値を、実測値として、設定値との比較を行った。

(5) 練り混ぜ直後のトラックアジテータから採取したコンクリートを、供試体に成形し、標準水中養生を行った。

5.2 シリーズ I (実施は 12 月)

図-3 は、試し練りコンクリートと実機練りコンクリートとのセメント水比と圧縮強度の関係の比較を示す。実機練りコンクリートの強度は試し練りコンクリートの強度よりも 1 週、4 週共約 $65 \sim 85\text{kgf/cm}^2$ 低い。図-4 に示す実測値から設定値を引いた設定誤差より単位水量を比較すると約 1.2% 程度の増量となり、W/C では +5% となる。

5.3 シリーズ II (実施は 1 月)

シリーズ II では、細骨材表面水率の設定の誤差を小さくするために、5.1 (3) による方法で設定値を定めて高強度コンクリートを製造した。

図-4 に示す表面水率の設定誤差は、シリーズ I (1~10) では +5% の範囲で大きい、シリーズ II (11~16) では赤外線水分計の測定誤差やサンプリング誤差などがあるにもかかわらず、 $\pm 1.7\%$ 程度の範囲におさまり、表面水率設定の誤差を小さくできたことを示している。

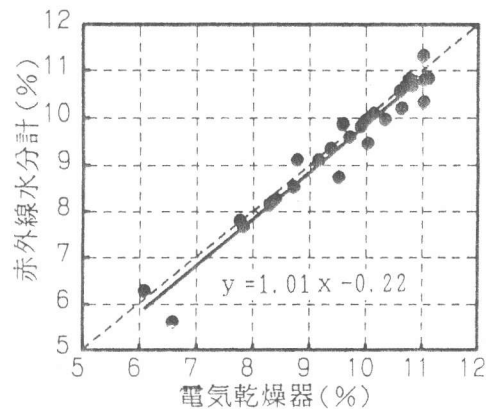


図-2 細骨材表面水率測定器の比較

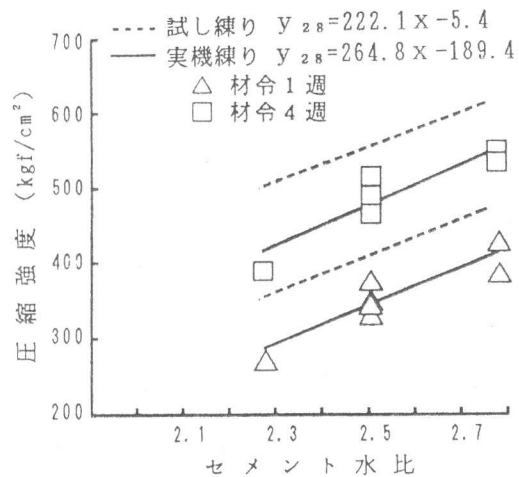


図-3 シリーズ I
セメント水比と圧縮強度

図-5 に設計セメント水比と圧縮強度の関係を示す。1 週強度が試し練りの強度より約 200~500 kgf/cm² 低下しているが、これは実機練り時の気温（平均 7℃）が試し練り時よりも低かったことが初期の強度発現に影響を及ぼしているものと考えられる。4 週強度ではほぼ試し練りコンクリートによるセメント水比と圧縮強度の関係に近くなり、バラツキの少ない高強度コンクリートを製造できることが確認された。

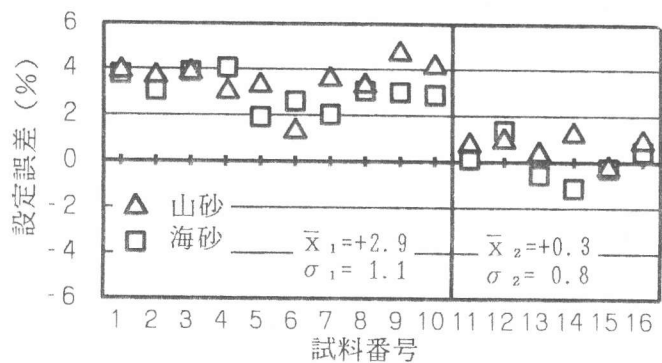


図-4 細骨材表面水率の設定誤差
(実測値－設定値)

6. まとめ

今回の実験により以下のことが明らかになった。

- ①細骨材表面水率変動状況を調査した結果、雨天の日は全体に高く日内の変動が大きい。また一般的に朝と昼の始業時は変動しやすい。
- ②今回の実験では、変動の大きな朝の始業時は製造を見合わせて、練り混ぜ 30 分前に採取した細骨材を測定し、その表面水率をプラントの設定値とすると製造時の実測値との誤差は ±1.7% 以内にできた。
- ③またその結果、圧縮強度の平均値は、通常管理状態の圧縮強度に比べて 約 75 kgf/cm² 高くなり、試し練りの圧縮強度とほぼ等しくなった。

これらのことより、高強度コンクリートの製造において、細骨材表面水率の設定誤差が圧縮強度の変動に対する、主要な要素であることが確認された。

なお、表面水率の測定方法を改善して、測定値を設定値に迅速に反映するとともに、設定誤差をさらに小さくする方策を今後検討していく予定である。また、今回は冬季での実機練りコンクリートの実験であったが、標準期および夏季においても引き続き行う予定である。

〈謝辞〉

本報告をまとめるに当たっては、京都大学の森田教授の御指導と、日本建築総合試験所の田村室長、高橋主査、大橋研究員の御指導と実験協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：構造体コンクリートの強度に関する研究の動向と問題点、1987

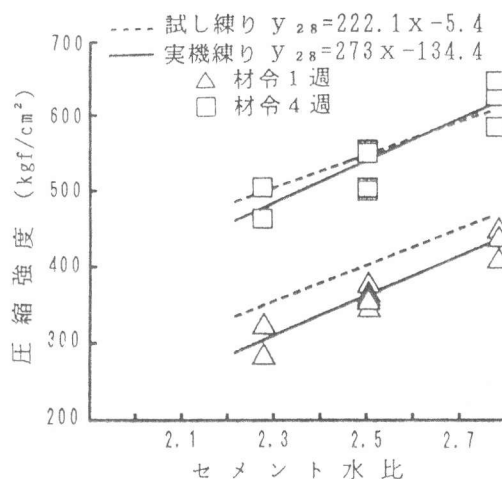


図-5 シリーズII
セメント水比と圧縮強度