

コンクリート品質管理の自動化(FM管理装置の開発)

建設省 東北地方建設局 高橋 秀雄

I 管理要素と管理システムについて

コンクリート品質管理の究極の目的は、強度や耐久性等、所要とされるコンクリートの品質を確保することにあるが、杓杓の経過を持ち、特性を完全に把握した上で次の段階に進むことは許されることではなく、各段階ごとに、材料の品質及び計量の管理、練りませの管理、打設時の管理が行なわれ、究極の管理を代行しているものである。

これら各段階の管理について種々検討の結果、次のような品質管理システムを実現することにより、販賣の常駐がなくても、今まで以上の品質管理が可能であり、しかも実現可能と判断した。

即ち、

- 1) 水セメント比を主管理要素とするため、バッチャーのセメント計量を二重計量制(練りませの前後を計量)とすると共に、細骨材の表面水を安定化(一定化)するため、砂ビンへの貯蔵容量を大きく取り排水可能な構造とし、また、バッチャーにR/I水分計による水量の自動補正に対処することとした。
- 2) 品質要素として次に重要(耐久性)な空気を管理する手法として、細骨材の粒度を自動計測管理する。
- 3) 施工管理要素として、スランパ及び空気量を補助管理要素として考慮する。
- 4) 強度はチェック要素及び記録として測定する。

以上、1)についての水セメント比は強度、耐久性等に最も大きな影響を及ぼす要素として認識されながら、簡単に正確な測定が難しい点から極めて一部以外は品質管理要素としてはとり上げていなかった。練りませたコンクリートについては、水セメント比を試験する直接的な方法としては、洗い分析法や比重計による方法等が提案されているが、いずれも熟練した人手により行なわれ、材料や計量の変動に対処するだけの十分な回数の試験を行なうことは不可能である。一方混合する水及びセメントの計量が完全に行なわれていれば計算値として求められるものであるが、この場合問題となるのは、セメントのほかり残し量の問題と、砂の含水量の正確な把握である。従来は砂の含水量については定期的に資料を採取して測定し、その値をもつて一定期間の代表値とみなし、期間内の変動は管理の対象外とされていた。このことが品質変動の大きな原因と見なされ前記の対処を考えた。

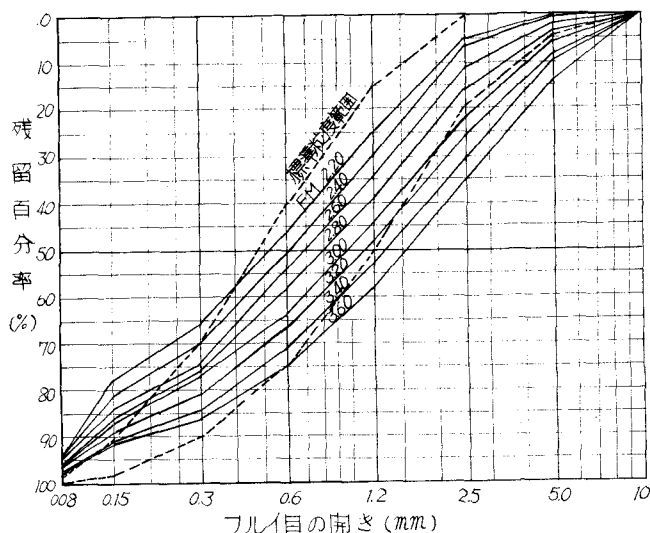
2)については細骨材「粒度分布」がコンクリートのウオーカビリティに非常に大きな影響をもち、更に混和剤(AE剤等)を混入する場合は空気量にまで影響を及ぼすものであるため、この管理は最終的なコンクリート製品の管理上、最も重要な管理要素の一つである。しかしながら粒度分布の測定は一般にフルイ分け試験結果によるFM値が対象とされているため、フルイ分け前後における乾燥を含め極めて難しいものとされている。これを完全に管理状態におくには更に簡単な試験法の開発が必要であることから、実験により簡便に測定可能と目されたFM管理装置の開発を行なったものである。

II FM管理装置の開発

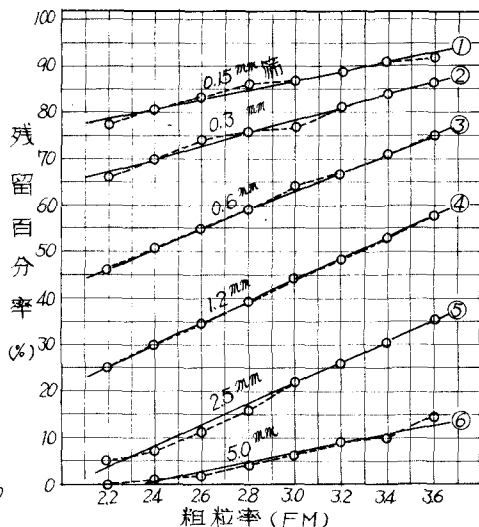
1. 代表フルイの検討

ロッドミルにより作られる砂は、原料の粒度、パルプ濃度、ロッド量等が普通考えられる範囲で変化しても粒度分布特性は変らない。(図-1)よりFMと残留重量率の関係を表わすと(図-2)のとおりに、残留重量(Y)とFM値(X)の関係は、 $Y = aX \pm b$ で表わされる。各フルイについて検討した結果、精度的に、且、目詰対策上の実用性から、代表フルイは(1.2%)とした。

(図-1) ロッドミル砕砂の粒度分布曲線



(図-2) 篩目と残留百分率及びF.M.の関係



各フルイ毎の回帰直線式及び残留量率の偏差の推定値(合)を求めた結果を(図-2)に付記する。

2. 湿式法の開発と振動篩置法の考案

ロッドミル製砕砂は、分級機(クラッシュファイヤ)により分級き上げ、コンベヤでストックパイルに輸送するが、この状態において表面水量は25~30%に達し極めて不安定でこの水分対策をどのようにするかF.M管理装置成否のポイントであった。振動脱水機による砂の安定性試験の結果に着目し、コーン状の容器に湿潤な試料(砂)を入れ、これに振動衝撃を与えることにより圧密現象が生じ、実用的に一定の含水比と一定の密度になることを実験によりつきとめた。これにより、試料の計量が定数化され、不要となったほか、フルイ分けが湿式でよいことになり、装置の開発構想は大きく前進し、(図-3)のプロセスで設計製作を実施した。なお容器の大きさは実験検討の結果、精度的判断から(2ℓ)とした。

3. 水中フルイ分け法の考案

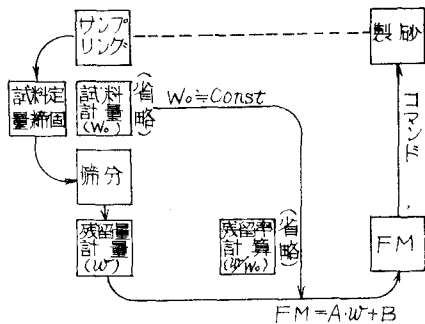
予備実験は、代表フルイとして0.6%と1.2%フルイを用いた場合、シャワーをあびせながら行なう湿式フルイ分けの安定時間の目安と、誤差の性質、程度を知るために行なったものが(図-4,5)である。この結果、シャワー強度を適切に調整することにより数分以内で十分な精度で湿式フルイ分けが可能と判断された。この場合の誤差は、シャワー圧によりフルイ目程度の砂が押し出されることに起因するものであり、F.M換算精度を向上せしめる性質を有しており、しかも事前試験により調整可能であることから実験結果、JIS法(乾式)によりは短時間に、かつ効率のよい水中フルイ分けによることとした。フルイの大きさは、JIS法の試料層圧より検討し、500%ととした。

4. F.M値の算式

残留量率(Y)とF.M(X)との関係は④式に代入整理すれば(代表フルイの検討)から、 $F.M(X)$

フルイ目	$Y = a \cdot X \pm b$	合
①(0.15)	$Y = 10.208X + 56.208$	0.8212
②(0.3)	$Y = 14.018X + 36.161$	0.8624
③(0.6)	$Y = 20.476X + 1.619$	0.4984
④(1.2)	$Y = 23.363X - 26.315$	0.3313
⑤(2.5)	$Y = 22.798X - 46.863$	0.9474
⑥(5)	$Y = 10.089X - 23.446$	1.0330
$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y)^2}{n-1} / C_2}$		

(図-3) 測定プロセス



は⑤式で求められる。また(Y)は⑥式であり⑤式に代入整理すればFM(X)は⑦式で求められることになる。すなわち、残留重量(W)のみから算出できることになる。

$$Y = a \cdot X + b \quad \text{④}$$

$$X(FM) = (Y - b/a) \quad \text{⑤}$$

$$Y = (W \times 100) / W_0 \quad \text{⑥}$$

$$X(FM) = A \cdot W + B \quad \text{⑦}$$

$$A = 100 / (a \times W_0)$$

$$B = b/a$$

(W) : 残留重量
(W₀) : 試料重量
a, b及び⑦式における(W₀)は定数

図-5 湿式フル分けと乾燥フル分けの比較

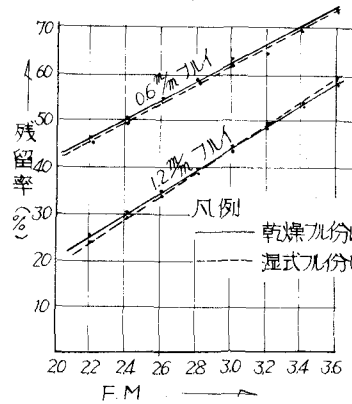
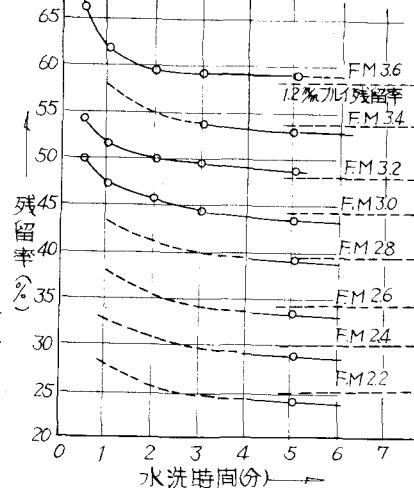
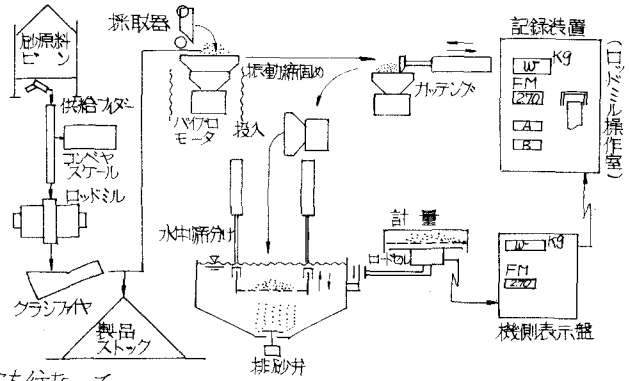


図-4 湿式フル分けによる至時変化 (例) 1.2% フライ



御所ダム本体建設工事において、細骨材(砂)のFMは 2.7 ± 0.2 としている。ロッドミル製砂砂の実際について、FMと代表フライ(1.2%)残留重量率の関係を当初の原石予定であった両輝石安山岩(比重2.3)について調査した結果より定体積定重量(W₀)の偏差、残留量(フル分け)(W)の偏差、演算式との偏差、計量の誤差についてそれぞれに誤差の伝播はないものとして計算したところFM値換算で ± 0.044 となり十分管理できるものと判断し、FM管理装置(図-6)の試作に着手した。

(図-6) FM管理装置フローシート



5. FM管理装置の実用テスト中間報告

現在、実用化のためのデータの集積及び分析を行っており最終的な判断はできないが、試作機であるための機械トラブル及び原石(旧河床砂礫)のために多少精度が低い。計画においては定体積定重量(W₀)の偏差を0.65%、残留重量(W)の偏差を0.95%、残留率(Y)の偏差を0.78% (いずれもJIS法:絶乾換算)としたが実際(湿式)においてはそれぞれ1.16%、1.88%、1.81%となり湿式の回帰直接 $Y = 30.68X - 42.86$ より求めたFM(X)の演算式 $(X) = 8 \times 10^{-4} \times W + 1.4$ の偏差(FM値換算、JIS法との比較)が ± 0.053 となり計画値 ± 0.044 より悪いことになる。

FM測定記録例

F 2.73	KEISOKU INDIC	F: FM値
W 1.578 kg		W: 湿潤残留重量
No 53		(W)
T06H41M		NO: 測定NO.
F 2.62		T: 累積運転時間
W 1.533 kg		H: 時
No 52		M: 分
T06H26M		
* F 3.13		
W 2.176 kg		
No 51		
T06H12M		
* F 2.43		
W 1.294 kg		
No 50		
T05H57M		

Ⅱ む す び

ロッドミル研砂の粒度安定上、必須条件である製砂原石供給量が、旧河床砂礫を原料とすることに起因し不安定なため粒度の偏折が見られ、ひいてはFM値が変動している。今後破砕計画の修正、改善、データの集積を図り、また、カッテナヤ水中フルイへの投入法など機械的な改良を行えばコンクリートの品質管理の自動化は十分可能である。