

## コンクリート強度の早期推定に関する一研究

## A STUDY ON EARLY ESTIMATION OF CONCRETE STRENGTH

神田 衛\*・石渡 章 介\*\*

By Mamoru Kanda and Shousuke Ishiwata

## 1. ま え が き

近来、コンクリート施工法の進歩に伴い、試験管理の合理化が注目され、コンクリートの強度を早期に推定する必要性は、とみに高まりつつある。

コンクリート強度の早期推定に関しては、種々の試みが提唱されているが、実用に供した事例は意外に少なく、問題点を残しているものと思われる。

従来、これに関する試みは、一般に次の3区分に大別して考えられているようである<sup>1)</sup>。

- (1) 打込み時におけるコンクリートの諸性質の試験結果に基づく推定方法
- (2) 促進養生した供試体の早期強度試験結果に基づく推定方法
- (3) 同一養生条件の供試体の早期強度試験結果に基づく推定方法

この研究は、(1)の範囲に相当するものであり、通常コンクリートの品質管理に用いられる材令28日の圧縮強度を、コンクリートがフレッシュな状態のうちに、迅速に推定することを目的としたものである。

この研究における強度推定の方法は、まだ固まらないコンクリートからふるい分けしたモルタル試料のセメント空隙比を測定することによって、使用材料に応じ前もって求めたセメント空隙比とコンクリートの圧縮強度との関係を基本として、強度を推定するものであり、安定した品質の材料が供給されることを前提とするコンクリートの工場や工事現場の強度管理を指向したものである。

先に、筆者らの一人は、まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法を発表<sup>2)</sup>したが、この測定操作の一連の過程に若干の手法を追加することによって、

モルタル試料の空気量を測定することができ、これを用いてセメント空隙比を容易に求めることがその後の研究によってわかった。

本研究において、筆者らは、新たにモルタル試料のセメント空隙比の試験方法を提案し、モルタル試料のセメント空隙比とコンクリートの圧縮強度の関係について、基礎的考察を行ない、強度推定が可能なることを確かめた。また、この方法をレデーミクストコンクリート工場において実際に利用して、4週強度の早期推定を試みた結果、強度管理を合理化できることがわかった。

本論文は、これら一連の研究結果をとりまとめたものであり、前半はおもにモルタル試料のセメント空隙比の試験方法や、セメント空隙比とコンクリートの圧縮強度の関係について実験室的研究の結果を述べ、後半はレデーミクストコンクリート工場における現場実験の結果を述べたものである。

## 2. 本研究と前の研究との関連

空隙説(Void theory)は、古く1921年Talbotにより提唱され、コンクリートの強度は、それに含まれる空隙により支配されるとするもの<sup>3)</sup>であり、これより、コンクリートのセメント空隙比と圧縮強度の間には、ほぼ一次の関係が成立するといわれている<sup>4)</sup>。

この理論は、コンクリート中に空隙ができると、水セメント比で期待する強度がえられないことを意味するものであり、AEコンクリートの広く普及している現状においてこそ、利用価値があるものと考えられる。

しかし、現実には配合の未知なコンクリートのセメント空隙比を迅速しかも正確に測定する手段がないため、この理論が実用面に活用されていないものと思われる。

そこで筆者らは、コンクリートからふるい分けしたモルタル試料を分析して、そのセメント空隙比を求めることにより、配合の未知なコンクリートの強度を、フレッシュ

\* 正会員 工博 秩父セメント(株)中央研究所 主任研究員  
\*\* 秩父セメント(株)中央研究所 深谷分室勤務

な状態で推定できるものと考えた。

すなわち、本研究の特徴とするところは、モルタル試料のセメント空隙比—セメントの容積を水と空気の容積の和で除した値—を実測して、これをコンクリート強度の推定の指標として活用したものである。

前の研究における水セメント比の測定方法<sup>2)</sup>は、コンクリートからふるい分けしたモルタル試料（約 200 cc）中に含まれるセメント量および水量を測定して、水セメント比を求めるもので、セメント量はモルタルの希釈液と塩酸との反応による温度差を利用して求め、水量は試料の空中および水中重量を測定し、セメントおよび砂の比重を既知として物理的に求めるものであった。

本研究では、前の測定方法の過程にモルタル試料の空気量の測定方法を組み込んで、モルタル試料のセメント空隙比の試験方法を提案している（4. 参照）。

### 3. モルタル試料の空気量の測定とセメント空隙比

#### (1) モルタル試料の空気量の測定

前の測定方法において、モルタル試料を三角フラスコに入れ、試料の空中重量を測定する過程がある。

ここで述べる空気量の測定方法は、試料を三角フラスコに入れた状態で、測定するものである。

##### a) 原理

いま、試料の体積 (cc)	: $M_V$
空気を含まない試料の体積 (cc)	: $M_{V_0}$
試料の空中重量 (g)	: $M$
試料の水中重量 (g)	: $M_W$
空気を含まない試料の水中重量 (g)	: $M_{W_0}$

とすると、体積は重量差で表わされるから、

$$M_V = M - M_W$$

$$M_{V_0} = M - M_{W_0}$$

であり、試料の空気量 (A) は、次式 (1) のごとく表わすことができる。

$$A(\%) = \frac{M_V - M_{V_0}}{M_V} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

すなわち、試料の体積と空気を含まない試料の体積を測定することによって、試料中に含まれる空気量を求めることができる。

##### b) 器具と手法

試料の体積を測定するためには、図—1 に示す器具を用いた。

この注水器具は、ゴムせんの上部に注水ろーと、下部にはガラス管（内径 5 mm）の先端に、直径 12 mm の球状のふくらみをもつ散水管がとりつけてある。球状の

側面には、水平方向の相対する 4 箇所（直径 0.5~0.7 mm）が等間隔にあげられている。

注水ろーとに注がれた水は、散水管の細い針穴から、三角フラスコの内壁に当たり、これに沿って四方に広がりながら試料の上に静かに溜るので、試料の上面をほとんど乱すことなく、水を満たすことができる。したがって、試料の空気を失わずに水中重量を測定できるので、試料の体積を求めることができる。

注水器具を通して三角フラスコに注ぐ水は、前の測定方法における試料を希釈するための水量 800 cc の一部を使用することになる。

試料の上に水を満たし、水中重量を測定する手法およびその後の操作は、セメント空隙比の試験方法として 4.(3) 中に一括して述べている。

ここにおいて、空気量の測定のために前の測定方法に追加する所要時間は、5 分以内であるので、4.(3) に述べたモルタル試料のセメント空隙比の測定に要する全所要時間は、30 分以内となる。

#### (2) モルタル試料の空気量とコンクリートの空気量

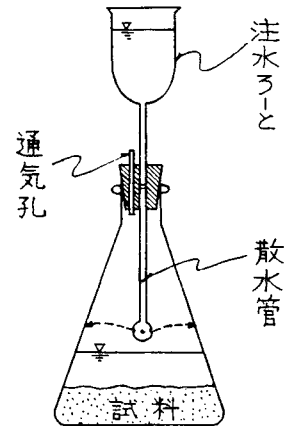
上記手法によるモルタル試料の空気量について、測定値の信頼性と空気量の安定度を調べ、コンクリートの空気量との関係を考察すると次のとおりである。

##### a) 練置き時間に対する空気量の変化

コンクリートの練りませ後の時間が経過したとき、モルタル試料の空気量はどのように変化するか、またコンクリートの空気量と比べて、どちらが安定した値を示すものかという点について実験した結果は、図—2 のとおりである。

この実験は、粗骨材の最大寸法 25 mm、スランプ 15 cm、単位セメント量  $320 \text{ kg/m}^3$  の AE コンクリートを 2 切ミキサ（可傾式）で 3 分間練りませた後、平板の上にあけてそれぞれの練置き時間まで静置しておき、試料を採取する前にコンクリートをスコップで約 20 秒間練直して、モルタル試料の空気量〔(1) の方法による〕とコンクリートの空気量（ワシントンエアメーター注水法による）を測定し、比較したものである。

図—2 によれば、練りませ後の経過時間に対して、モルタル試料の空気量は、コンクリートの空気量よりも低



図—1 注水器具の断面

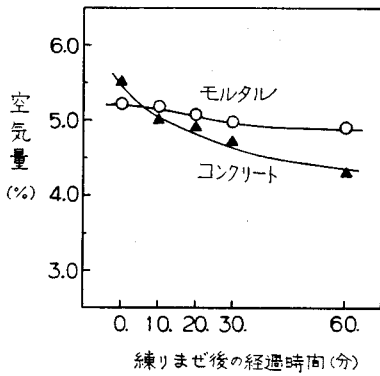


図-2 コンクリートの練置き時間に対する空気量の変化

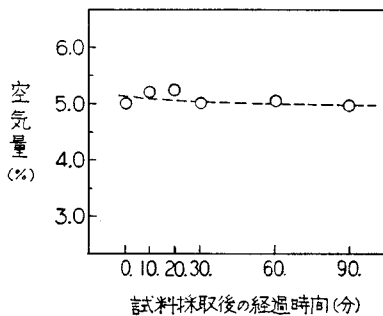


図-3 試料採取後の経過時間に対するモルタル試料の空気量

下が少なく、安定した値がえられた。これは、コンクリートからモルタル試料をふるい分ける際に、不安定な既在空気量（エンラップドエア）が大部分失われることに起因するものと考えられる。

**b) 試料採取後の経過時間に対する空気量の安定度**

前記 a) のコンクリートを練りませた後、モルタル試料を一度に採取して三角フラスコに入れ、せんをした状態で静置して、それぞれの経過時間に対する空気量の変化を調べた結果は、図-3 のとおりである。

これによれば、モルタル試料の空気量は、試料採取後 90 分経過してもほとんど変化がなく、安定した値を示した。このことは、コンクリートの強度試験用供試体を採取すると同時にモルタル試料をとれば、時間が経過しても供試体採取時における空気量とほぼ同等の値が測定できることになり、実用上都合がよい。

**c) モルタル試料の空気量とコンクリートの空気量との関係**

粗骨材の最大寸法を 25 mm とした配合の異なるコンクリートの空気量を、それぞれ広範囲に変化させて、モルタル試料の空気量とコンクリートの空気量を測定し、比較した結果は、図-4 のとおりである。

これによれば、モルタル試料の空気量とコンクリートの空気量との間には、高度の相関があり、コンクリート

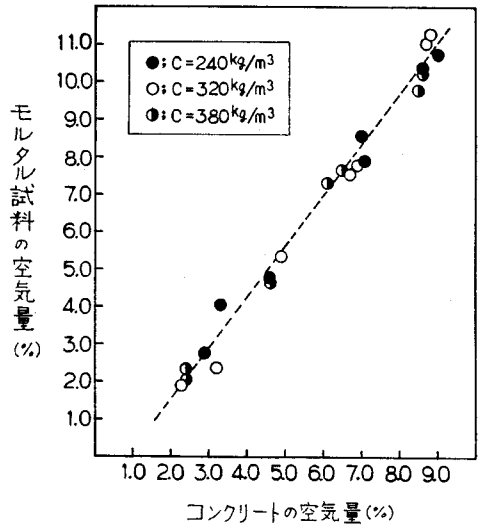


図-4 モルタル試料の空気量とコンクリートの空気量との関係

の空気量が増加するほど、モルタル試料の空気量は大きな値を示した。

このことは、コンクリートの空気量が粗骨材を含めた全容積に対する割合で表われるのに対し、モルタル試料の空気量は、その一部であるモルタルそのものの値がえられるため、コンクリートの空気量が増加するほど、モルタル試料との間に差を生ずるものと考えられる。

**(3) モルタル試料のセメント空隙比**

モルタル試料のセメント空隙比 ( $K$ ) は、試料中に含まれるセメントの容積 ( $C_v$ ) と、試料中の水 ( $W$ ) および空気 ( $A_v$ ) の容積の和 ( $V$ ) によって表わされる。

$$K = \frac{C_v}{V} = \frac{C_v}{W + A_v}$$

試料中のセメント量 ( $C$ ) および水量 ( $W$ ) は、前の測定方法により求められるので、試料の容積 ( $M_v$ ) に対する空気量 ( $A$ ) が測定できれば、セメントの比重 ( $\rho_c$ ) を仮定して、

$$K = \frac{C}{\rho_c \left( W + \frac{A}{100} \cdot M_v \right)}$$

のごとく示される。

ここで試料の空気量は、3.(1) の式 (1) に示すごとく、試料の体積 ( $M_v$ ) と空気を含まない試料の体積 ( $M_{v0}$ ) から、

$$A(\%) = \frac{M_v - M_{v0}}{M_v} \times 100$$

のごとく求められるので、試料のセメント空隙比は、結局体積差を空気の容積と考え、

$$K = \frac{C}{\rho_c (W + M_v - M_{v0})}$$

と表わすことができ、これを実測によって求めることができる。

#### 4. モルタル試料のセメント空隙比の試験方法 (私案)

##### (1) 適用範囲

普通ポルトランドセメントまたは早強ポルトランドセメントを用い、自然の細骨材を用いたコンクリートに適用できる。

ただし、石灰石の細骨材を用いたコンクリートには適用できない。

##### (2) 測定器具と材料

5 mm ふるい、200 cc コップ、500 cc 三角フラスコ(ゴムせん付)、スプーン、ガラス棒、1 l メスシリンダー、3 l ポリエチレン製広口試料ビンと断熱ケース<sup>3)</sup>、100°C 足長温度計(1/5目盛)、比重天秤(検定感量 0.2 g)、金網かご、一級塩酸(500 g)、注水器具(図-1 参照)、スポイト。

##### (3) 測定方法

① コンクリートから 5 mm ふるいでふるい分けた試料を、200 cc コップに採取する。

② スプーンを用いて試料を三角フラスコに入れ、試料の空中重量を測定する<sup>注1)</sup>。

③ あらかじめ用意した水 800 cc の一部を、注水器具を用いて三角フラスコ内に注ぎ、次に注水器具を取りはずして、三角フラスコの口まで水を満たし、60 秒間静置する。

④ 三角フラスコに試料を入れたまま金網かごに入れて、静かに浸水し、試料の水中重量を測定する。

⑤ スポイトを用い、三角フラスコの肩ぐち付近まで水位を下げ、その水を③の操作の残りの水にもどしてから、ガラス棒で3分間かくはんして、試料中の空気を追い出す。

⑥ その後5分間静置して試料の沈降を待ち、⑤の操作の残りの水を三角フラスコの口まで加える。

⑦ ④の操作と同様に、空気を含まない試料の水中重量を測定する<sup>注2)</sup>。

⑧ 容器(3 l ポリエチレン製広口試料ビン)に、三角フラスコを逆にして、軽く上下に振りながら中味をこぼさないようにあけ、フラスコ内に残った試料を⑥の操

注 1) 三角フラスコ内面の口もと付近に付着したモルタルを、布できれいにふきとってから重量を測定する。

注 2) 浸水の際、三角フラスコの口より逃げるアワの層や浮遊物は、測定結果に影響をおよぼさない。

作の残りの水を用いて、よく洗いながら入れる。

⑨ 容器にふたをし、断熱ケースに入れ、約 30 秒間左右に振とうして<sup>注3)</sup>、その温度を測定する。

⑩ 塩酸(500 g)の温度を測定する。

⑪ 断熱ケースに入れた容器中に、塩酸を投入してすばやくふたをし、断熱ケースを約 30 秒間左右に軽く振とうする。

⑫ ふたをとり<sup>注4)</sup>、ただちに足長温度計を差し込み、その先端で軽く 2~3 度かくはんして、最高温度を測定する。

##### (4) 結果の計算

###### a) セメント量

$$\text{温度差(°C)} = (\text{最高温度}) - \{0.8 \times (\text{希釈液の温度}) + 0.2 \times (\text{塩酸の温度})\}$$

$$\text{セメント量(g)} = 3.0 \times (\text{温度差}) - 34.5$$

###### b) 水量

$$\begin{aligned} \text{水量(g)} = & (\text{試料の空中重量}) - \left[ (\text{試料の水中重量}) \right. \\ & \left. - (\text{セメント量}) \times \frac{\text{セメントの比重}-1}{\text{セメントの比重}} \right] \\ & \times \frac{\text{砂の比重}}{\text{砂の比重}-1} + (\text{セメント量}) \end{aligned}$$

###### c) セメント空隙比

$$\begin{aligned} \text{空気の容積(cc)} = & (\text{試料の空中重量} - \text{試料の水中重量}) \\ & - (\text{試料の空中重量} - \text{空気を含まない試料の水中重量}) \end{aligned}$$

$$\text{セメント空隙比} = \frac{\text{セメント量}}{\text{セメントの比重} \times (\text{水量} + \text{空気の容積})}$$

##### (5) 参考事項

試料を採取してから持ち運ぶ場合、あるいは測定までに時間のあく場合には、三角フラスコに試料を入れせずにしておくといよい。

#### 5. コンクリート強度の早期推定に関する基礎的考察

##### (1) 空気量を異にしたコンクリートのセメント水比と強度との関係

コンクリートのセメント水比と強度との関係は、空気量によって相違するので、AE コンクリートの空気量が変動するような場合は、強度の推定をセメント水比のみ

注 3) これによって、希釈液の温度を均等にさせ、容器と希釈液とが平衡温度に達したと考える。

注 4) 温度の上昇により、容器内の圧力が高くなっているため、容器のふたをわずかにゆるめ、圧力をぬいてから開けるとよい。

の指標に頼ることはできない。

図-5には、空気量を異にしたコンクリートのセメント水比と強度との関係を示した。これによると、空気量が広範囲(約2~9%)に変化するとき、セメント水比から強度を推定する信頼性は著しくとぼしくなる。

この実験は、粗骨材の最大寸法を25mmとし、単位セメント量をそれぞれ、240, 320, 380 kg/m<sup>3</sup>としたコンクリートについて、スランプを一定(15cm)として空気量を変化させた場合と、水セメント比63.8, 48.8, 40.5%をそれぞれ一定(スランプ開放)として空気量を変化させた場合を含めて、セメント水比と強度との関係を求めたものである。なお、セメントは普通ポルトランドセメントを、骨材は粗・細骨材とも荒川産を、またAE剤はピンソルを使用した。

コンクリートの空気量が強度におよぼす影響は、配合により異なり、空気量の増加に対する強度の低下は、富配合ほど著しいとされている<sup>5)</sup>。

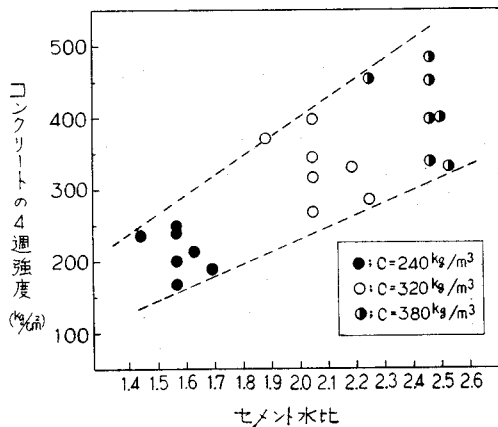


図-5 空気量を異にしたコンクリートのセメント水比と強度との関係

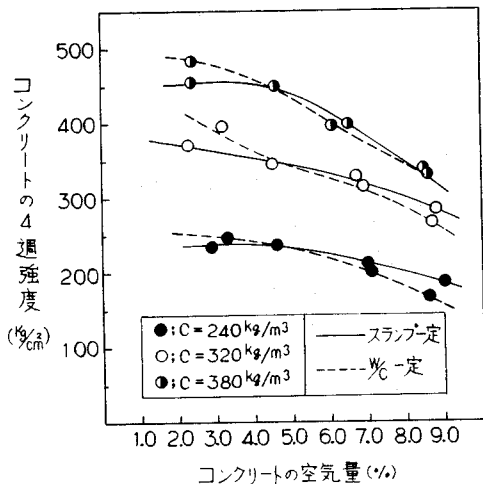


図-6 コンクリートの空気量と強度との関係

図-6には、コンクリートの空気量と強度との関係を示した。これによれば、スランプを一定として空気量を変化させた場合と水セメント比を一定として空気量を変化させた場合とでは、図中に示すごとく強度におよぼす傾向が若干異なる。実用上のコンクリートにおける空気量の変動を考慮するとき、両者の場合がいずれも起こりうると考えられる。

これらコンクリートの配合および空気量の相違を含めて強度推定を行なうためには、セメント水比と空気量を同時に考慮した指標が必要となる。

(2) モルタル試料のセメント空隙比とコンクリートのセメント空隙比

強度推定の指標として、セメント空隙比を考えると、コンクリートのセメント空隙比は、実際に測定することがむずかしい。しかし、コンクリートからふるい分けしたモルタル試料のセメント空隙比は、4.に述べた方法により容易に実測できるので、これを用いてコンクリート強度の変動を知ることができると考えられる。

いま、実験室内で計量値が正確に既知の場合には、コンクリートのセメント空隙比を求めることができるので、試験練りにより求めたコンクリートのセメント空隙比と実測したモルタル試料のセメント空隙比を比較すると、図-7のごとき関係となる。

これによると、コンクリートのセメント空隙比とモルタル試料のそれとの間には、高度の相関があるので、前者を後者におきかえて考えることができる。これは、4.の測定方法によってえられるモルタル試料のセメント空隙比が十分信頼できる値であることを意味しており、わずかに200ccの試料の測定によって、コンクリートのセ

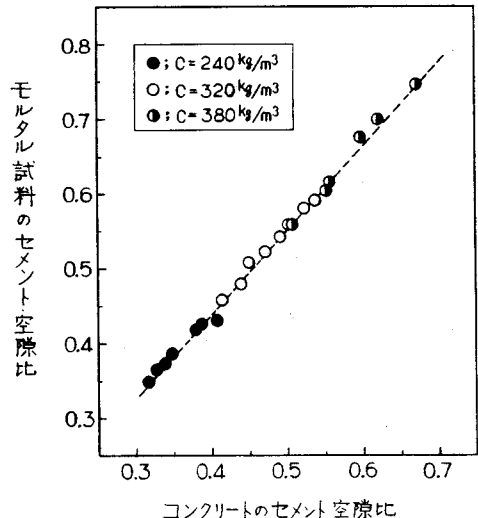


図-7 コンクリートのセメント空隙比とモルタル試料のセメント空隙比の関係

メント空隙比を代表できることがわかる。

ここで、セメント空隙比の構成要因である両者の空気量の間には、次のような相違があるものと考えられる。

すなわち、コンクリートの空気量は、粗骨材とモルタルとの占める割合に影響されるのに対し、モルタル試料の空気量は、これに影響されない値がえられる。このことは、配合の相違によっては、コンクリートからふるい分けたモルタル試料の空気量が同じ値を示しても、コンクリートの空気量は異なる値を示す場合が考えられる。

また、コンクリートの強度におよぼす空気量の影響は、比較的大きく点する既存空気と考えられるものよりも、均等しかも微細に分布する連行空気の方が、より大きいものと推察される。

すでに 3.(2) に述べたごとく、採取されたモルタルの試料中においては、不安定な既存空気がほとんど消滅していると考えられるので、たとえば、AE コンクリートから採取したモルタル試料に含まれる空気は、ほとんど連行空気では占められているものと思われる。

これらより、プラスチックなコンシステンシーをもつコンクリートにおいて、その強度が粗骨材の間を埋めるモルタル部分の性質とくにセメント水比と空気量との関係に支配されると考えるとき、コンクリートの空気量よりもモルタル試料の空気量を用いる方が、コンクリートの強度との相関が高いと判断されるので、モルタル試料のセメント空隙比を実測して強度推定の指標とすることが、好ましいと考えられる。

### (3) モルタル試料のセメント空隙比とコンクリートの強度との関係

5.(1) の実験における空気量の異なる各種配合のコンクリートについて、モルタル試料のセメント空隙比の実測値とコンクリートの強度との関係を示すと、図-8 の

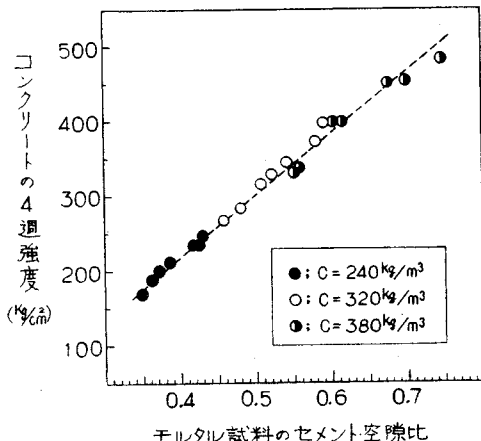


図-8 モルタル試料のセメント空隙比とコンクリートの強度との関係

ごとくなる。

図-5 に示した空気量の異なるコンクリートのセメント水比と強度との関係は、モルタル試料のセメント空隙比を指標とすることによって、図-8 のごとく高度の相関関係となった。

このことは、モルタル試料のセメント空隙比の実測値を、コンクリート強度の関数として扱うことができることを意味しており、実用的価値がきわめて高いものと判断される。

実際にコンクリートの強度を推定する方法としては、使用する材料に応じ前もって、モルタル試料のセメント空隙比の実測値とコンクリートの強度との関係を求めておき、この関係を基本式として、採取したモルタル試料のセメント空隙比の測定結果から、コンクリートの強度推定を行なうことになる。

## 6. レデーミクストコンクリート工場における強度推定の実験

本章は、前章の方法を、実際にレデーミクストコンクリート工場における日常の強度管理に利用して、出荷するコンクリートの標準水中養生における材令 28 日の圧縮強度を推定した実験結果を述べたものであり、あわせて品質管理への適用を示唆したものである。

### (1) コンクリートの強度推定の基本式

コンクリートの配合設計に必要なセメント水比と強度との関係は、通常これを試験室内で求めることが多いが、使用材料が同一でも、パッチャープラントで実際に練り混ぜたコンクリートのそれとは、ミキサのタイプ、練り混ぜ量、および時間などの条件の相違によって、必ずしも一致しない。

このことから、強度推定の基本となるモルタル試料のセメント空隙比( $K$ )とコンクリートの強度( $\sigma$ )との関係式は、実際にパッチャープラントで練り混ぜたコンクリートについて求める必要がある。

強度推定に先立ち、筆者らの関係しているレデーミクストコンクリート工場の出荷品について、普通ポルトランドセメントを使用した粗骨材の最大寸法 25 mm のコンクリートを対象に、 $\sigma_{28} \sim K$  の関係を求めた結果は、 $\sigma_{28} = 964 \cdot K - 144$  がえられた。この関係において、 $\sigma_{28}$  が工場出荷品の強度であり、 $K$  がその実測値であることが、強度推定上大切な意味を持っている。なおこの工場では、粗・細骨材とも荒川産を使用し、原則として AE 剤を用いたコンクリートを出荷している。

この関係は、工場出荷時のコンクリートについて求めたものであり、本章に述べる実験は、これを強度推定の

ための基本式とした。

(2) 出荷コンクリートの強度推定

実験の対象としたコンクリートの品種は、表-1のごときものである。この実験は、レデーミクストコンクリート工場内で行なったもので、発車直前のアジテータトラックからコンクリートを排出して、圧縮強度試験用供試体 (JIS A 1132 に準ずる) を採取し、同時にセメント空隙比を測定するためのモルタル試料を採取した。実験期間は、基本式の作成の期間を含めて、約4箇月 (冬期) である。

モルタル試料のセメント空隙比の実測値と標準水中養生における材令28日の実際強度との関係は、図-9に示すとおりである。これを前記実験室内における図-8の関係と対比するとき、実際のコンクリートの製造においては、強度の幅が増加していることがうかがわれるが、これは、材料のばらつきその他の影響によるものと思われる。しかし、この関係を一次の関係式で代表し<sup>注5)</sup>、強度を推定しても実用上満足できる相関性があると判断できる。

なお、図中には参考までに前もって求めた基本式を記入したが、これはばらつきのほぼ中心に位していることが確認できた。

表-1に示す各品種のコンクリートについて、推定強度と実際強度を比較し、試験順位にしたがって、その推移をプロットすると、図-10のごとくなる。すなわち

図-10は、試験数100個について、推定強度を実際強度で追従したものである。

これによると、推定強度と実際強度は、ほぼ一致した傾向がえられている。

実際強度に対する推定誤差のばらつきの程度を示せば、図-11のごとくなり、正規分布すると考えられる。

これによると、標準偏差は4.5%を示し、推定誤差 (平均) 4%で強度を推定することができた。

表-1 実験の対象としたコンクリートの品種

設計基準強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) スラブ (cm)	150	180	210	240	300
8			○	○	○
12	○		○		
15	○	○	○		
18	○	○	○	○	
21	○	○	○		

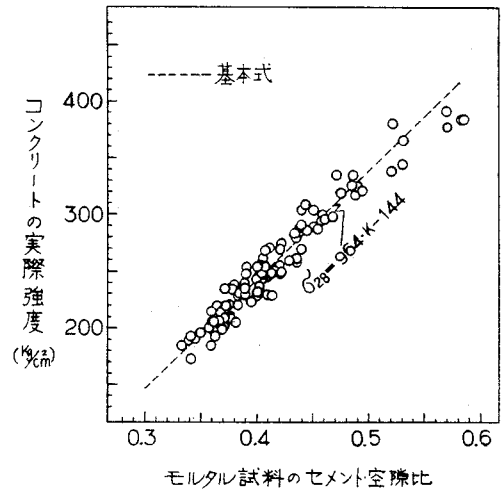


図-9 モルタル試料のセメント空隙比とコンクリートの実際強度

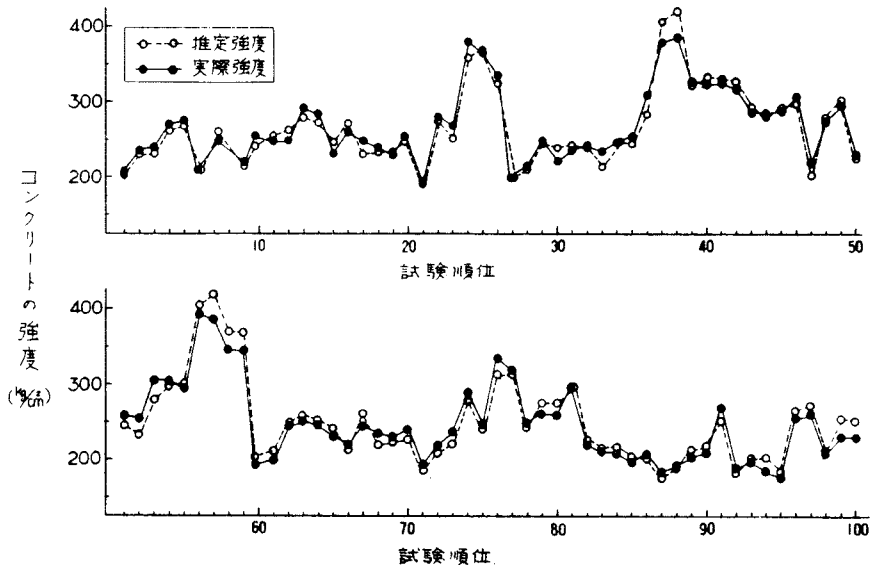


図-10 推定強度と実際強度の推移 (設計基準強度 150~300 kg/cm<sup>2</sup> の範囲のコンクリートについて)

注 5) 高強度で勾配がわずかに小さくなる傾向が認められるので、強度推定が広範囲におよぶ場合は、基本式を分けて使用することも精度を高める点で効果がある。

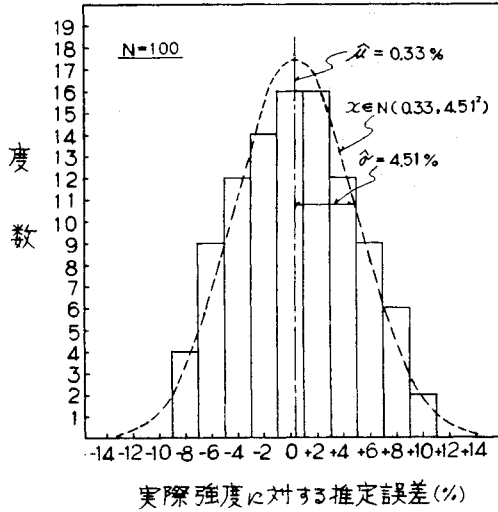


図-11 推定誤差のばらつきの程度

(3) 品質管理への適用

従来、品質管理の特性値としての強度は、供試体の採取後、結果の判明までに長時間を要するので、その変動に対して実際的なアクションをとれない矛盾を含んでおり、品質管理の効果をあげるうえには、適当でないともいわれている<sup>6)</sup>。

また強度の変動要因には、コンクリートの本質的な変動によるものの他に、試験技術による見掛け上の変動が考えられる。

したがって、コンクリートの品質と相関の高い代用特性値の利用が考えられるが、実際に効果をあげている例は少ない。

本文に述べた方法は、これに対する一つの手段とも考えられる。すなわち、モルタル試料のセメント空隙比を代用特性値として品質管理を行なうことにより、目標強度に対する変動の推移、ばらつきの大きさ、および片よりの状態などを早期に察知できるので、コンクリートの製造工程への活かしたアクションに役立てることができると思われる。

図-12には前記実験の中から設計基準強度 180 kg/cm<sup>2</sup> の品種 30 個について、実測したモルタル試料のセメント空隙比（あるいは推定強度）による管理図と、実際強度による管理図とを例示し、図中にはそれぞれの平均値および標準偏差を示した。

これによれば、材令を経ずして強度の管理図における平均値や標準偏差を推定することも可能となるので、品質管理の効果を上げることが期待できよう。

7. むすび

本論文は、通常コンクリートの品質管理に用いられる

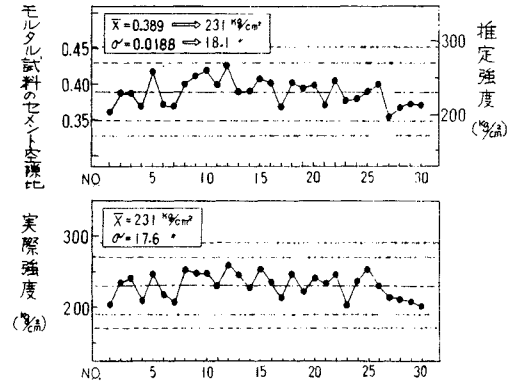


図-12 設計基準強度 180 kg/cm<sup>2</sup> の管理図例

標準水中養生の材令 28 日の強度を、コンクリートがフレッシュな状態で迅速に推定することを目的とした一連の研究結果について述べたものであり、まだ固まらないコンクリートからふるい分けたモルタル試料のセメント空隙比を実測することにより、前もって求めた強度との関係に基づいて、強度を推定する方法を提示した。

すなわち、モルタル試料のセメント空隙比の試験方法を新たに提案し、この測定値とコンクリートの強度との関係について基礎的な考察を行ない、強度推定が可能なことを確認した。また、この強度推定の方法を実際にレデーミクストコンクリート工場において利用した結果、推定誤差（平均）4% で強度を推定することができた。

この方法は、安価な器具と容易な操作により、所要時間 30 分以内に強度を推定することができるので、安定した品質の材料が供給されることを前提とするコンクリートの工場や工事現場における強度管理に役立てることができると思われる。

参考文献

- 1) 十代田知三：促進養生におけるコンクリート強度早期判定方法（各国における研究概要）セメントコンクリート，No. 222, 1965年8月。
- 2) 神田 衛：まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法，土木学会論文報告集，第193号，1971年9月。
- 3) A.N. Talbot：A Proposed Method of Estimating the Density and Strength of Concrete and of proportioning the Materials by the Experimental and Analytical Consideration of the Voids in Mortar and Concrete, Proc. ASTM, 1921.
- 4) たとえば、岡田清・明石外世樹・神山一・児玉武三：土木材料学，国民科学社。
- 5) P. Kleiger：Studies of the Effect of Entrained Air on the Strength and Durability of Concrete made with Various Maximum Sizes of Aggregate, Highway Research Board, 1952.
- 6) 尾坂芳夫：コンクリート技術・最近の問題点，9. レデーミクストコンクリートを用いる工事における品質管理，日本コンクリート会議。

(1972.8.15・受付)