

# 硬化コンクリート中のセメント量の推定方法 (II)

## ——石灰岩に対する適用例——

Estimation of Cement Content in Hardened Concrete

——Application to Concrete Containing Limestone——

小 林 一 輔\*・河 合 研 至\*

Kazusuke KOBAYASHI and Kenji KAWAI

### 1. は じ め に

前報<sup>1)</sup>では、コンクリート構造物から採取したコアの分析によって、硬化コンクリート中のセメント量を推定する方法、すなわち、試料をふっ化水素酸により完全に分解して得られる酸化カルシウム量の定量値と偏光顕微鏡による鉱物学的アプローチを用いた新しい推定手法を提案した。

本報では、この推定手法を、粗骨材として石灰岩を用いたコンクリート供試体に対して適用した場合の結果について報告するとともに、すでにセメント協会コンクリート専門委員会が提案している方法(セメント協会法)によって得られた結果と比較した。

### 2. セメント協会法<sup>2)</sup>

この方法は、硬化コンクリートの配合推定方法として提案されている唯一の方法で、使用材料の性質が明らかかな場合には、各材料の単位量の推定精度は高い。推定方法は、分析試料を分析し、不溶残分および酸化カルシウム量を定量し、試料乾燥ベースでの配合割合を次式より計算する。

$$A = R_c / R_A \times 100$$

$$C = (C_o - A / 100 \times C_A) / C_c \times 100$$

ここで、A : 骨材量 (%)

C : セメント量 (%)

R<sub>c</sub> : コンクリート中の不溶残分 (%)

R<sub>A</sub> : 骨材中の不溶残分 (%)

C<sub>o</sub> : コンクリート中の酸化カルシウム量 (%)

C<sub>A</sub> : 骨材中の酸化カルシウム量 (%)

C<sub>c</sub> : セメント中の酸化カルシウム量 (%)

それぞれの単位量は、これらの配合割合に試料の絶対比重を乗じることにより求める。ここで、使用材料の入手が不可能な場合には、骨材またはセメントの全国平均

\*東京大学生産技術研究所 第5部

値として、R<sub>A</sub>=95.4%、C<sub>A</sub>=0.3%、C<sub>c</sub>=64.5%を用いることとしている。

しかし、現在生コン等で多用され始めている石灰岩等、可溶成分を多く含む骨材を用いている場合にこれを適用することは、明らかに不適切である。

ここでは、セメント協会法では適用が問題視されるケース、すなわち粗骨材として石灰岩を用いたコンクリートについて特に取り上げてみた。

### 3. 実 験

コンクリート供試体の配合を表-1に、使用した骨材の産地、岩石種ならびに物性を表-2に示す。セメントは、普通ポルトランドセメント(等価Na<sub>2</sub>O量0.52%)を使用した。

分析時までの養生は湿空養生とし、供試体を湿らせたろ紙で包みビニル袋に2重に入れて密封し20°Cで保存した。

粉碎方法、分析方法ならびに推定方法は前報に示したとおりである。

### 4. 結果および考察

#### 4.1 細骨材の分析結果

コンクリート中のモルタル部分の偏光顕微鏡による、

表-1 コンクリート供試体の配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
20	8	2	55	50	201	365	879	915

表-2 骨材の産地・岩石種・物性

	産地・岩石種	比 重	粗粒率	吸水率(%)
細骨材	大井川産砂岩	2.64	3.04	1.00
粗骨材	栃木葛生産石灰岩	2.77	6.80	0.704

研 究 速 報

表-3 細骨材の分析結果

コンクリート中のモルタル部分の細骨材の容積占有率	
推 定 値	51.93%
原配合からの計算値	49.72%
酸化カルシウム量 比 重	
推 定 値	1.16% 2.65
使用前の細骨材	0.38% 2.64

表-5 コンクリートの分析結果

	酸化カルシウム量	単位容積重量
コンクリートの実測値	23.3%	2.40t/m <sup>3</sup>
使用材料の定量値から求めた計算値	26.0%	—

コンクリート中のモルタル部分の細骨材の容積占有率の推定結果ならびに比重・酸化カルシウム量の推定結果を表-3に示す。酸化カルシウム量の推定においては、細骨材の構成要素を砂岩分、頁岩分、石英分は大別し、これらのそれぞれの酸化カルシウム量の加重平均としたが、今回の結果より、さらに細分化し、鉱物レベルでの観察を行う必要があることがわかった。また、全般的にみて、偏光顕微鏡を用いた鉱物学的アプローチは有効であると思われる。

4.2 粗骨材の分析結果

画像処理によるコンクリート中の粗骨材の容積占有率の推定結果、比重の測定結果ならびに酸化カルシウム量の定量結果を表-4に示す。簡便な画像処理により粗骨材の容積占有率の推定が可能であることがわかった。しかし、粗骨材の容積占有率の推定値は、単位細骨材量の推定においても用いており、粗骨材の容積占有率の推定値のズレが、単位細骨材量の推定値にズレを生じさせる要因となりかねないため、より高い精度での推定が必要であると思われる。

4.3 コンクリートの分析結果

供試体の単位容積重量の測定結果ならびに酸化カルシウム量の定量結果を表-5に示す。また、各使用材料の酸化カルシウム量を配合比で積算した計算上のコンク

リートの酸化カルシウム量も付記したが、各使用材料の分析では、試料の処理方法、定量方法で異なった点もあり、一概に両者の比較を行うことはできない。

4.4 配合推定結果

上記の分析結果を基にして計算した配合推定結果を表-6に示す。また表-6には、使用材料の入手が不可能であり、骨材中の不溶残分、酸化カルシウム量ならびにセメント中の酸化カルシウム量として全国平均値を用いた場合の、セメント協会法による配合推定結果もあわせて示した。

本研究で用いた手法による推定結果に関して、単位粗骨材量における推定値のズレは、主にコンクリートより取り出した粗骨材の比重の測定値のズレによるものである。このズレが、そのまま単位セメント量にズレを生じさせる原因となっている。ここで、仮に取り出した粗骨材の比重の測定値として2.77を得たとすると、単位セメント量、単位粗骨材量の推定値はそれぞれ382kg/m<sup>3</sup>、950kg/m<sup>3</sup>となり、原配合に近い値を得ることができる。

これに対し、セメント協会法では、骨材量推定の際に骨材中の不溶残分として明らかに誤った定量値を用いることとなるため、単位セメント量としては無意味な結果しか得られないことがわかる。

この結果より、本研究で用いた推定手法は、石灰岩等の可溶成分を多く含む骨材を用いている場合でも推定が可能であることが確認できた。

また、表-7には配合推定に影響を及ぼす要因を挙げたが、この表より単位細(粗)骨材量には細(粗)骨材の比重が、単位セメント量にはコンクリートの酸化カルシウム量が大きく影響することがわかった。今後、推定精度を高めていく際には、特にこれらの分析に注意を要する。

表-4 粗骨材の分析結果

コンクリート中の粗骨材の容積占有率	
推 定 値	34.31%
原配合からの計算値	33.03%
酸化カルシウム量 比 重	
コンクリートより取り出した粗骨材	(32.7%) 2.97
使用前の粗骨材	33.6% 2.77

表-6 コンクリート供試体の配合推定結果

	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	水	セメント	細骨材	粗骨材
本研究における推定結果	148	324	904	1019
セメント協会法による推定結果	688	851	856	
原 配 合	201	365	879	915

表一 7 配合推定に影響を及ぼす要因

要 因	要因の ズレ	単 位 量 の 変 動 量	
		単位細(粗)骨材量	単位セメント量
細(粗)骨材の容積占有率	1%	26~28kg/m <sup>3</sup>	2~19kg/m <sup>3</sup>
細(粗)骨材の比重	0.1	31~41kg/m <sup>3</sup>	0~27kg/m <sup>3</sup>
細(粗)骨材のCaO量	1%	—	15~18kg/m <sup>3</sup>
コンクリートのCaO量	1%	—	39~41kg/m <sup>3</sup>
コンクリート試料の比重	0.1	—	11~16kg/m <sup>3</sup>

5. ま と め

本報では、筆者らの提案した配合推定方法を粗骨材として石灰岩を用いたコンクリートに対して適用し単位セメント量の推定を試みた。本研究により次のことがわかった。

- 1) 本研究で用いた単位セメント量の推定手法は、セメント協会法と比較し、セメント協会法では適用不能な石灰岩骨材でも比較的良い精度で推定が可能であることが明らかとなった。
- 2) 試料をふっ化水素酸により完全に分解して得られる

全酸化カルシウム量の定量値を用いた配合推定方法は、石灰岩等の可溶成分を多く含む骨材を用いている場合でも推定が行いうる事が明らかとなった。

3) 単位セメント量の推定においては、酸化カルシウム量の定量値が大きく作用してくるため、これらの影響を少なくすることが必要である。

4) 単位細骨材量ならびに細骨材中の酸化カルシウム量の分析手法としての鉱物学的アプローチは、推定手法として有効であることが明らかとなった。

今後は、他の岩石種の骨材を用いた場合の推定結果を明らかにしていくとともに、空気量を考慮した場合、混和材料が添加されている場合の対応を明らかにし、適用範囲を広げていく予定である。(1987年7月17日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林一輔・河合研至：硬化コンクリート中のセメント量の推定方法(Ⅰ)，生産研究，Vol. 39，No. 9，1987年9月
- 2) セメント協会：コンクリート専門委員会報告 F-18 硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告，昭和42年9月

