

## 混和材を使用したコンクリートの粉体構成の評価指標の提案

大成建設（株）技術センター 正会員 ○ 大脇 英司  
 同上 正会員 荻野 正貴  
 同上 正会員 岡本 礼子

### 1. はじめに

著者らは、混和材を大量に使用したコンクリートの多様な結合材または粉体の構成を一元的な指標： $K$ により示すことができ（式1）、それぞれの結合材が持つキャラクターを表現できる可能性があることを示した<sup>1)</sup>。

$$K = [\text{高炉スラグとセッコウの割合}]/a + [\text{その他の粉体の割合}]/b \dots \text{式1}^1)$$

ここで、 $a$ :[高炉スラグとセッコウの割合]軸の切片、 $b$ :[その他の粉体の割合]軸の切片。 $a=67.3$ ,  $b=30.0$ <sup>1)</sup>。

結合材を高炉スラグ微粉末(上市される高炉スラグ微粉末はセッコウが添加される場合があり、これを含む)と、ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末以外の成分(その他の粉体:主にフライアッシュやシリカフェーム)に分けて表現する。例えば、図1に示す配合物(結合材また粉体)の $K$ は図2のように計算でき、同一の $K$ を持つ配合物は直線上に配置される。この $K$ を用いて混和材を大量に使用したコンクリートの中酸化の抑制に対する硝酸塩の添加効果(図2)を整理した<sup>1)</sup>。また、異なる配合物に対して必要な硝酸塩の添加率を示し(図3)、材料設計に利用できることを示した<sup>1)</sup>。ここでは、 $K$ が示す材料学的な意味について検討した結果を報告する。

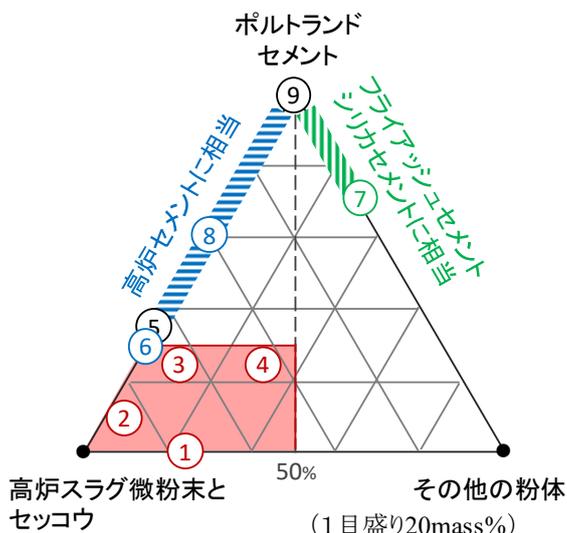


図1 検討した結合材(粉体)の構成

### 2. 結合材または粉体の化学組成と“K”

混和材を大量に使用したコンクリートは結合材や粉体の構成が多様であり、例えば、ポルトランドセメント含有率などの指標で配合や物性を一意に表すことは難しい。他方、 $K$ を用いると表現できる可能性があるが、本質的な意味は不明である。 $K$ に対応するキャラクターを検討し、結合材または粉体の化学組成と相関性が高いことが確認できた。

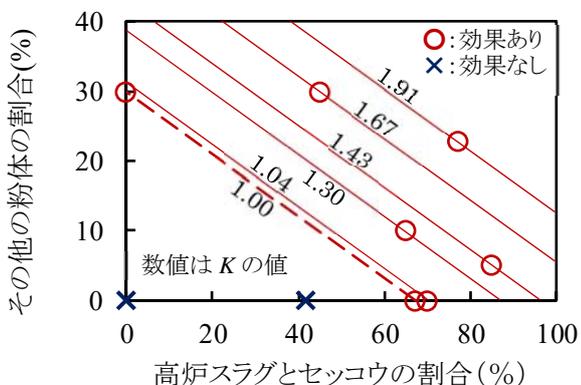


図2  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の添加効果と $K$  (文献1に加筆) ( $K \geq 1$ のとき、添加効果がみられる)

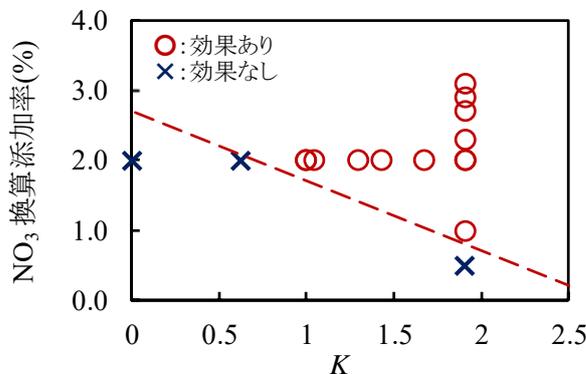


図3  $K$ で示した配合物の中酸化抑制に必要な硝酸塩の添加率<sup>1)</sup>

キーワード コンクリート, 評価指標, 混和材, 低炭素, 高炉スラグ, フライアッシュ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL. 045-814-7265

図1の①～⑨の配合について、 $K$ と化学組成を求めて図示した(図4)．構成材料の化学組成は、成分が単一の化合物である場合を除いて、既往の分析例を参照した． $K$ は主要な化学成分と線形関係を有し、混和材を大量に使用したコンクリートの多様で複雑な結合材や粉体の化学組成を表していることが分かった．なお、 $K=1.9$ (図中、 $K$ の最高値)の点(①の配合)は、各成分の近似直線から外れる傾向にある．①はケイ酸やアルミン酸を化合しないカルシウム塩(消石灰、石灰石微粉末)を含んでおり、このような場合には $K$ の算出方法に調整の余地があると思われる．

### 3. “ $K$ ”の利用について

ポルトランドセメントの製造管理に用いる係数や指標は焼成の難易に関わる情報のほか、水和活性、強度発現性、水和熱、化学抵抗性などを示す指標ともなる．また、高炉スラグ微粉末の水和反応性の評価には塩基度も利用される．化学組成(図4)からこれらを求め、 $K$ と比較した．水硬率と塩基度の例を図5に示す． $K$ はこれらを代替でき、ポルトランドセメントと高炉スラグの双方の性状を整理できることから、混合セメントや混和材を使用したセメントの性状の表現に利用することが期待できる．

混和材を用いたコンクリート中のC-S-Hの化学組成の例と<sup>2),3)</sup>、図4の $K$ と化学組成を図6に示した． $K$ の大小(混和材等の使用割合の多寡)と、混和材等の使用割合の多寡によるC-S-Hの化学組成の変化が一致する傾向にあった． $K$ の示す化学組成は水和前のものであり、水和反応によるC-S-Hの化学組成とは単純に比較できないが、 $K$ によりC-S-Hの変化の予測が可能になることが示唆された．

### 4. おわりに

提案する $K$ (式1)は混和材を大量に使用したコンクリート等の化学組成を代表し、結合材や粉体の特徴や、水和反応の整理への活用が期待できることが分かった．なお、式1の $a$ 、 $b$ は使用材料の化学組成などにより最適化が可能であり、また使用材料によっては、ケイ酸やアルミン酸を化合しないカルシウム塩を $K$ の算定から除外することなどの修正法があることが考察された．

### 参考文献

- 1)大脇英司ほか：硝酸塩の添加による低炭素型コンクリートの中性化抑制効果について，土木学会第74回年次学術講演会，V-14，2019．
- 2)宮原茂禎ほか：炭酸ナトリウムを刺激剤としたスラグセメントペーストのC-S-Hの組成，Cement Science and Concrete Technology, Vol.69, pp.69-75, 2015．
- 3)宮原茂禎ほか：高炉スラグ微粉末を大量に使用した環境配慮コンクリートのC-S-Hの組成と構造，土木学会第73回年次学術講演会，V-205, pp.409-410, 2018．

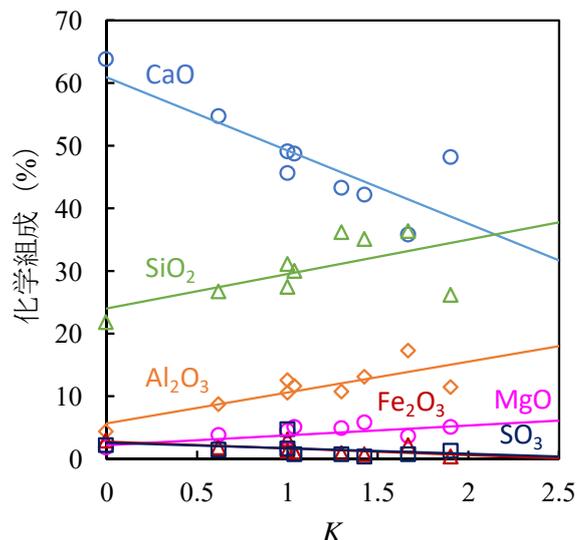


図4  $K$ の値と化学組成

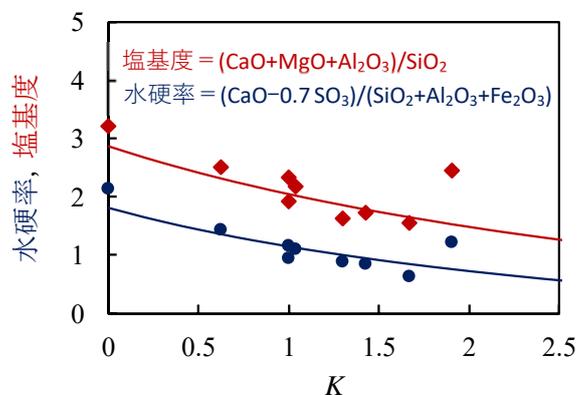


図5  $K$ の値とセメントの製造管理に関わる係数や指数

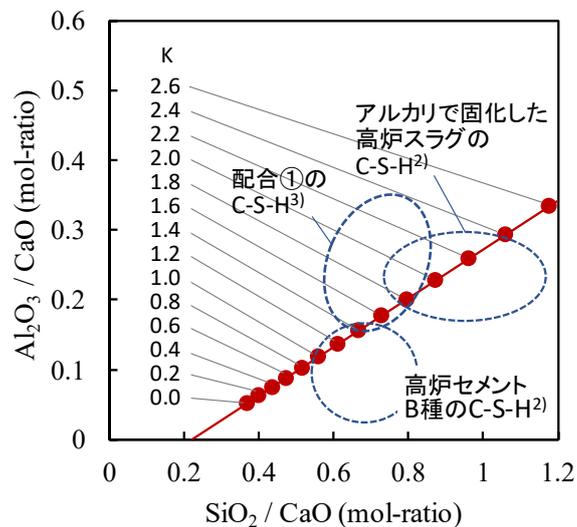


図6  $K$ の値による出発組成の表示と結果として生成するC-S-Hの化学組成