

混和材を用いたコンクリートの強度推定に関する一検討方法

徳 島 県 正会員 ○多田 純
徳島大学工学部 正会員 島 弘

1. はじめに

セメント・コンクリート用混和材料の使用は、コンクリートの性質の改善やある特殊な性質の付与、単位セメント量、単位水量の低減などに効果があり、強度、耐久性などの品質が優れる¹⁾。しかし、これらの影響は微粒子混和材の種類、成分、粉末度によって様々であり、混和材の使用によるコンクリートの品質に対する定式化の検討が望まれている。そこで、種類、粉末度、成分の違う微粒子混和材を用いたときの強度発現のメカニズムを検討し、なにをどれだけ混入すれば、強度の増加はどれくらいになるかということ定式化することを最終的な目的として、過去の実験データをもとに、配合による違いによる影響を各々のデータを比較検討し、不確定要因に対するパラメータの検討を行った。

2. 研究概要

シリカ微粉末、フライアッシュ、高炉スラグ、をはじめとする微粒子混和材が用いられ、比較のためのブレンなコンクリートの強度が、各々の配合において実験されているデータを用い、さらに微粒子混和材とセメントの化学成分、及び粉末度の明確なもののみを選んだ。養生方法については、標準養生のものとし、骨材、水の品質や、セメントそのものに入っている不純物の影響を取り除き、ブレンに対しての、混和材を加えたコンクリートの強度増加の度合いをみるために、ブレンなコンクリートの強度を1.0とし、混和材を混入した各配合の強度を表した。また、混和材の代替率の違いと、比表面積の違いを考慮するために、比表面積に混和材の混入量を掛け合わせ、混和材の表面積を計算し、強度比との関係をみた。C-S-Hに関して、混和材混入によるポズラン反応によって生成されるC-S-H量を計算し、何も混入していないブレンコンクリートのC-S-H生成量を1.0とし、それに対して混和材を混入した場合を比で表し、生成されるC-S-Hによる強度比への影響をみてみた。この計算により、セメント量が変わらずに、混和材の量を変えた配合においては、必要量以上混入しても反応しないことより、残りの微粒子のフィラー効果の検討も考えた。相乗効果の検討に関しては、化学成分の計算より得られた数値を元に化学反応を起こさずに、そのまま残ったと思われるものに関して、充填材としての作用も考慮し、水和反応及びポズラン反応に必要とされる量との差に比表面積をかけ、これも表面積とし正負両方の領域において検討した。

3. 研究結果と考察

強度比は、混和材の比表面積が大きいほどブレンに対する強度は大きくなり、ポズラン反応もしくは、フィラー効果などの、化学的效果および物理的效果が予想される²⁾。しかし、セメントに対する混和材の割合の影響が、同じ混入量であれば、粉末度の大きい方が強度の増加は大きい、混入量、粉末度、強度といった三つの要素を同時に検討するのは難しい（図-1）。そこで、横軸を混和材の比表面積と混入量を掛け合わせた表面積とし、縦軸を強度比とする方法によって、混和材の粉末度、代替率もしくは混入量の違いによらず、比較検討が出来る（図-2）。

この方法を意味合いとして考えた場合、粉末度が小さいが混入量が多いものと、混入量は少ないが粉末度の大きいものが同じ扱いになり、使用できないことになる。しかし、混入

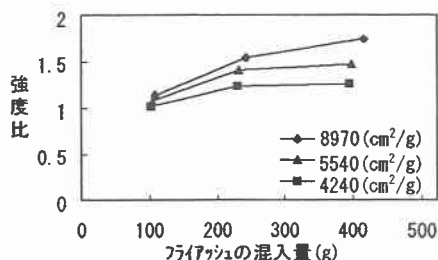


図-1 フライアッシュ混入量と強度比との関係

量に関しては、コンクリートの品質改善を目的として使用されているため影響がほとんどないと思われるぐらい極端に少ないもしくは多い場合は考えないとした。微粒子混和材の比表面積を考えた場合は、粉末度の小さすぎるものはもはや微粒子としての範囲を超え、また逆に、粉末度の大きすぎる、つまり比表面積の大きすぎるものは、事実上作ることができないということであり、ある程度最小値と最大値は限定されるため有効と考えた。

コンクリートの強度に与える影響の一要因として、C-S-Hの生成量が予想される。図-3は、プレーンのコンクリートにおいて予想されるC-S-H生成量を基準にし、各配合におけるC-S-H生成量の計算値を比で表したものである。このデータは、水セメント比が固定され、さらに、セメント量と、細骨材の量も固定されており、これらの影響を無視できる状態にあり、C-S-H量の生成量は、強度に影響する大きな要因であることが考えられる。また、混入されるフライアッシュの粉末度が大きいほどその効果が顕著であり、C-S-Hの生成量が同じであれば、粉末度の大きいものほど強度が上がるのが分かる。

図-4は、計算される理想的な混和材の混入量と実際に入っている量との差を考え、その差に混和材の比表面積をかけ、表面積として表した。表面積を横軸にとることによって、数値が負の場合は十分な量の SiO_2 がなく $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が余っていることを表し、正の方向は、十分なポズラン反応が行われた上で、なおかつ余っている混和材の量を表すことができる。横軸が負の範囲において、ポズラン反応による、C-S-Hの増加とフィラー効果によると思われる強度の増進が見られるが、正の範囲においては、化学成分が余っており、微粉末効果のみの影響ということがうかがえ、強度の上がり具合が、直線の傾きが小さくなっていることから考えられる。正の範囲の傾きは物理的效果、負の範囲は化学的效果と物理的效果およびその相乗効果ということになり、その検討ができると思われる。また、比表面積の大きいもの、つまり、粉末度の大きいものほど、強度の上がり具合も大きくなっていることがわかる。

4. まとめ

化学成分の計算における検討方法によっても、ポズラン反応によって生成されるC-S-H量が強度に与える影響は大きく、その度合いが粉末度にも影響されている。

【参考文献】

- 1) 笠井芳夫, 小林正几: 「セメント・コンクリート用混和材量」技術書院株式会社, 1986, PP. 9~130
- 2) 島 弘, 中辻 健, 石井光裕, 河野 清: セメント・コンクリート論文集, No. 46, 1992, PP. 250~255
- 3) 西林新蔵, 南条毅一: 「材料」Vol. 43, No. 484, PP. 114~120, Jan. 1994

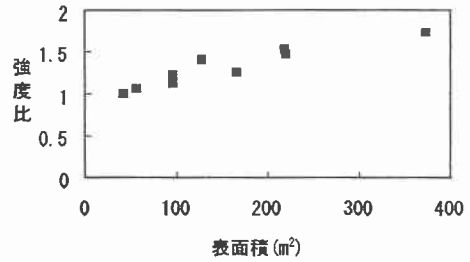


図-2 フライアッシュの表面積と強度比の関係

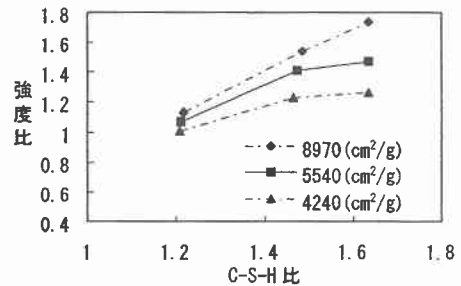


図-3 フライアッシュの C-S-H 比と強度比の関係

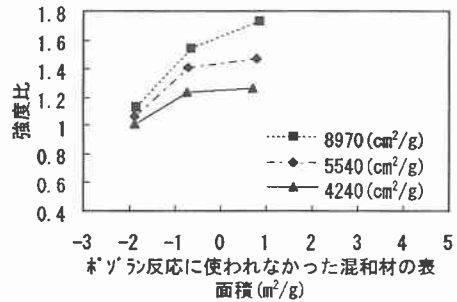


図-4 ポズラン反応と強度比との関係