

V-313

フライアッシュを用いた高流動コンクリートの配合設計手法の検討

ハザマ技術研究所 正会員 福留和人

// 正会員 喜多達夫

1. まえがき

高流動コンクリートは、開発されてから日が浅いこと、使用材料が多様であることから、硬化後の物性、特に耐久性に関する系統的なデータは少なく、硬化コンクリートの品質に対する配合設計手法は、確立されていないのが現状である。一方、高流動コンクリートは、特有の材料が使用されるケースがあるものの、基本的には従来のコンクリートと同様の材料を用い、各材料の配合比率を工夫してフレッシュコンクリートの性能を向上させた点が特長である。したがって、硬化後の品質は、配合比率の影響の定量化により一般的なコンクリートの延長上で評価することが可能であると考えられる。普通コンクリートの延長上で評価できれば、高流動コンクリート自体で膨大なデータを収集し、分析する労力を低減できるとともに、過去に蓄積された貴重なデータを有効に利用することが可能となる。

以上の観点から、フライアッシュを用いた高流動コンクリートの硬化後の品質（圧縮強度、中性化特性）の評価手法の検討を行った。 図-1 $(C+F)/W$ と圧縮強度の関係（材齢4W）

2. 普通コンクリートの既往データの分析

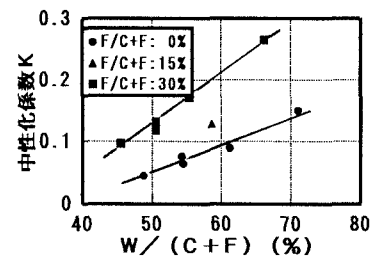
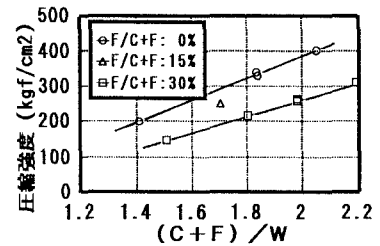
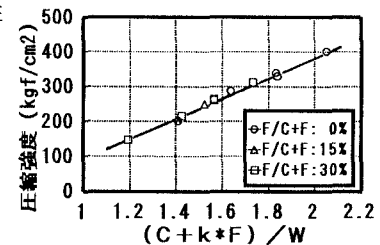
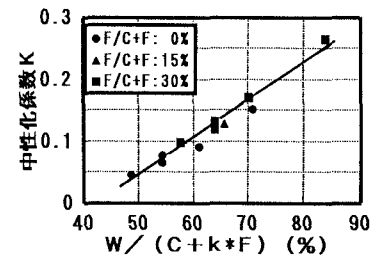
フライアッシュを用いた普通コンクリートの圧縮強度、中性化に対する抵抗性に関するデータ¹⁾の分析を行った。図-1および図-2に圧縮強度、中性化深さに関するデータを示す。図に示すようにフライアッシュの置換率によって圧縮強度、中性化深さと結合材水比の関係は異なる。Smith²⁾は、セメント等価係数 k という考えを導入してフライアッシュを用いたコンクリートの配合設計手法を検討している。この考え方は、フライアッシュをセメントに換算して、換算セメント量 $C^*=C+k \cdot F$ でフライアッシュを用いたコンクリートの物性を評価しようとするものである。

この考え方を導入して、上記データの分析を行った。統計処理により係数を求めると $k=0.3$ が算定され、図-3に示すように、フライアッシュの置換率にかかわらずほぼ一直線上にあることが確認された。中性化深さについても同一の係数 $k=0.3$ を用いて評価することが可能である（図-4）。

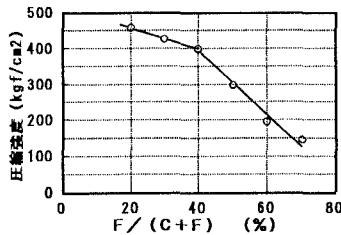
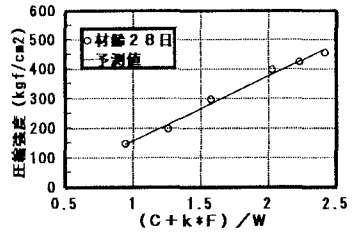
換算係数 k は、フライアッシュの品質、養生条件、材齢等により変化することから、その評価は必ずしも容易ではないが、高置換率、低水結合材比となるこれまでにない領域の高流動コンクリートの物性を評価する一手法として有用であると考えられる。以下、高流動コンクリートの物性を同様の手法により評価することとする。

3. 高流動コンクリートの既往データの分析

図-5は、水結合材比を一定としてフライアッシュの置換率を変化させた場合の高流動コンクリートの圧縮強度特性である³⁾。フライアッシュ置換率40%以上で急激に圧縮強度が低下する傾向が見られ

図-2 $W/(C+F)$ と中性化係数の関係図-3 $(C+kF)/W$ と圧縮強度の関係図-4 $W/(C+kF)$ と中性化係数の関係

る。この結果から、置換率40%まで強度発現に寄与すると仮定して、係数 $k=0.3$ を用いてデータの整理を行った。図-6に $(C+k \cdot F)/W$ と圧縮強度の関係を示す。図に示すように高置換率の領域まで同一の直線上にあることが確認された。


図-5 $F/(C+F)$ と圧縮強度の関係

図-6 $(C+k \cdot F)/W$ と圧縮強度の関係

4. 試験による換算係数 k の同定

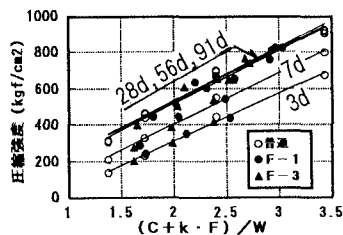
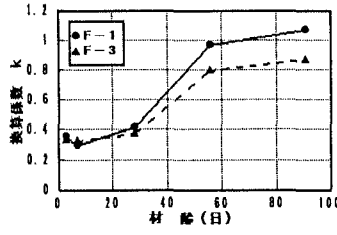
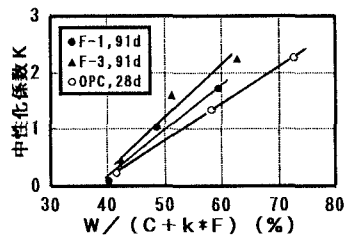
品質の異なるフライアッシュ(分級(F-1)、原粉(F-3))を用いた高流動コンクリートおよび普通セメントを用いた普通コンクリートを用いて、圧縮強度特性および促進試験(30℃,60%RH, CO_2 10%)による中性化に対する抵抗性の測定を行い、セメント換算係数の検討を行った。

表-1および表-2にそれぞれ使用材料およびコンクリートの配合を示す。ここで、フライアッシュの置換率を3水準変化させ、水粉体比および高性能AE減水剤は、それぞれの置換率で、スランプフロー60~65cm、V漏斗(65mm)流下時間10秒程度となるように選定した。

図-7に $(C+k \cdot F)/W$ と圧縮強度の関係を示す。ここで、換算係数 k は、各フライアッシュ、各材齢毎に算定した。図-8に材齢と換算係数 k の関係を示す。

フライアッシュの種類、置換率によって水結合材比は異なるが、換算係数 k を導入することで同一の直線で評価可能である。ただし、図-8に示すように材齢に伴う換算係数 k の変化は材齢28日以降フライアッシュの種類によって若干異なっており、ポゾラン反応性の差異が見られる。図-9に中性化係数と水結合材比の関係を示す。なお、フライアッシュの長期に渡るポゾラン反応の効果を考慮して、高流動コンクリートの試験開始材齢は91日とした。ここで、換算係数は、2.の結果から $k=0.3$ とした。圧縮強度特性と同様、フライアッシュの種類で若干異なり、F-3を用いた方が若干中性化速度が速くなる傾向が見られる。

以上のように、フライアッシュの品質の影響の調査・定量化が必要であるが、換算係数 k を用いた評価手法は、今後配合が多様化する中で、物性の予測評価上有効な手法であると考えられる。


図-7 $(C+k \cdot F)/W$ と圧縮強度の関係

図-8 材齢と換算係数 k の関係

図-9 $W/(C+k \cdot F)$ と中性化係数の関係

【参考文献】[1] 土木学会：コンクリートライブラリー，第64号『フライアッシュを混和したコンクリートの中性化と鉄筋の発錆に関する長期研究』，1988.3 [2] Smith,M.H.:The design of fly-ash concrete. Proceedings of the Institute of Civil Engineers (London),36, pp.769~790, 1967. [3] 土田茂、安田幸弘：フライアッシュを結合材とする高流動コンクリートの適用実績および将来構想，超流動コンクリートに関するシンポジウム論文集，日本コンクリート工学会，pp.155~160, 1993.5.