

コンクリートの中性化に及ぼすコンクリート用混和材料の影響  
その2 中性化速度の評価

正会員 ○鹿毛忠継\* 同 棚野博之\*\* 同 濱崎 仁\*\*\*  
同 古賀純子\* 同 土屋直子\*\* 同 下屋敷朋千\*\*\*\*

高炉スラグ微粉末 フライアッシュ 中性化  
圧縮強度 水セメント比 コンクリート

1. はじめに

その2では、その1で述べた試験結果を踏まえ、中性化速度係数に及ぼす混和材置換率や強度の影響を検討を行い、中性化速度係数の評価に関する考察を行った。

2. 考察

2.1 中性化比率の検討

日本建築学会より2004年3月に刊行された「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説」<sup>1)</sup>(以下、耐久設計指針)では、鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計の方法として、「性能検証型一般設計法」および「標準仕様選択型設計法」が示されている。

「性能検証型一般設計法」における中性化に対する性能の検証方法では、中性化速度式は、式(1)のとおりとし、中性化深さCを求めるためには、中性化速度係数Aを決定すればよい。また、係数Aは、コンクリートの材料・調合、環境条件の影響を考慮した式(2)で表している。

$$C = A\sqrt{t} \quad \text{式(1)}$$

$$A = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \quad \text{式(2)}$$

ここに、

- k: 岸谷式では1.72、白山式では1.41となる係数
- $\alpha_1$ : コンクリートの種類(骨材の種類)による係数
- $\alpha_2$ : セメントの種類による係数
- $\alpha_3$ : 調合(水セメント比)による係数
- $\beta_1$ : 気温による係数
- $\beta_2$ : 湿度による係数
- $\beta_3$ : 二酸化炭素濃度による係数

ここで、耐久設計指針では、セメントの種類による係数 $\alpha_2$ として、普通ポルトランドセメントの係数を1.0とした場合、高炉セメントA種は1.3、高炉セメントB種は1.6、高炉セメントC種は1.8、フライアッシュセメントB種で1.8の値が示されている。

図-1に中性化比率(普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと混和材を使用したコンクリートの中性化速度係数の比)と水セメント比との関係、図-2に中

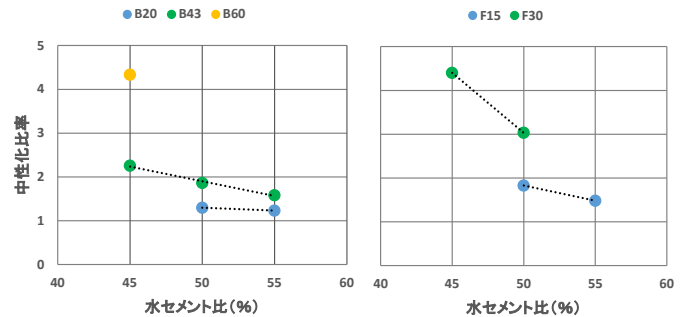


図-1 中性化比率と水セメント比との関係

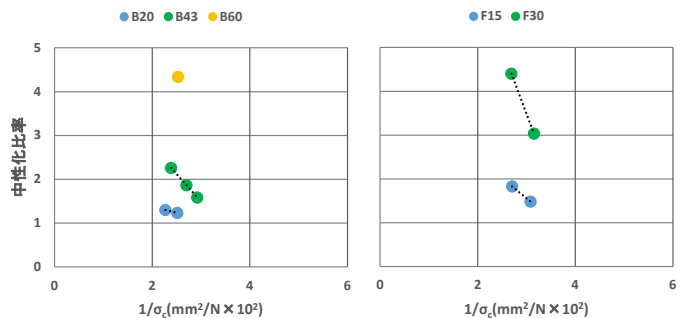


図-2 中性化比率と圧縮強度の逆数との関係

性化比率とコンクリートの圧縮強度の逆数との関係を示す。水セメント比(W/C)が50~55%の場合、耐久設計指針で推奨されている値とほぼ同等の値であるといえる。一方、W/Cが小さい(45%)場合や混和材の使用量が増加すると中性化比率は大きくなる。これは、低水セメント比における普通セメントを使用したコンクリートの強度増加とそれに伴う中性化抵抗性の増加に対して、混和材を使用したコンクリートの中性化抵抗性の増加割合が小さいことが原因であると推察される。

2.2 強度による中性化速度の評価

日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」<sup>2)</sup>において、圧縮強度の逆数と中性化速度の関係について、一定の比例関係があることが示されている。前述のとおり、中性化速度式は、水セメント比の関数として示されているが、その場合、セメント等の結合材の影響を考慮しなければならない。すなわち、中性化速度を評価する場合、これらの係数を把握しておく必要がある。一方、中性化速度とコンクリートの圧縮強度

に一定の関係があれば、コンクリートの強度管理によって中性化速度の評価が可能となり合理的である。この考え方を踏まえ、JASS 5 では鉄筋コンクリート造建築物の計画供用期間に応じた耐久設計基準強度が示されている。

図-3 に中性化速度係数とコンクリートの圧縮強度の逆数との関係を示す。なお、コンクリートの圧縮強度は、標準水中養生の期間（0 週～13 週）が終了後した時の強度を用いた。図より、中性化速度係数と圧縮強度の逆数には一定の関係があると考えられるが、相関はそう高くはない。普通セメントと高炉スラグ微粉末では、中性化速度係数の値は異なるものの、近似直線の傾きは同程度である。一方、フライアッシュの中性化速度係数は、強度の変化に鈍感であり、全体的に中性化速度係数は大きくなることわかる。

### 2.3 品確法における中性化速度の評価

2000 年 4 月 1 日に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（以下、品確法）では、コンクリートの材料の性能（品質）に関係する「劣化の軽減」に関する性能等級と評価基準が示されている。また、平成 21 年 6 月に施行された「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」（以下、長期優良住宅法）では、長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準が示された。

品確法や長期優良住宅法における具体的な「評価基準」は、一般的な材料・施工の条件と維持管理が行われることを前提に、鉄筋コンクリート造の場合、等級（劣化対策等級 1～3）ごとに、要求される耐久性（中性化抵抗性）に応じて、水セメント比（例えば、劣化対策等級 3

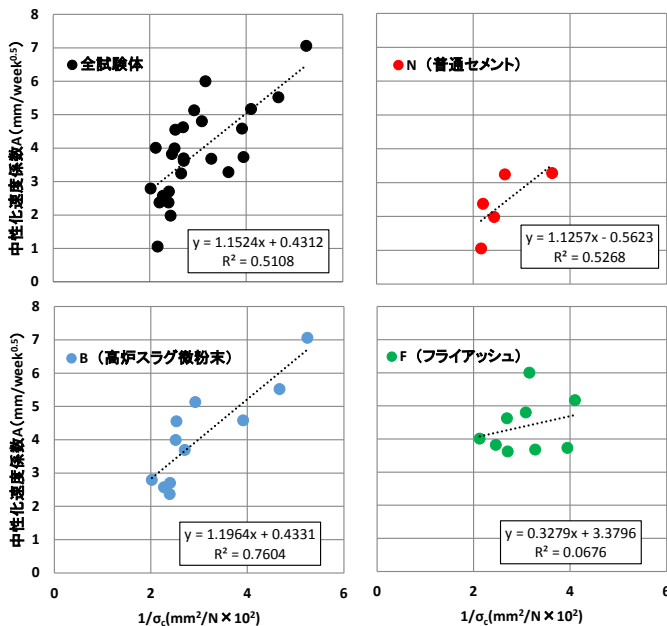


図-3 中性化速度係数と圧縮強度の逆数との関係

では 50%以下) と最小かぶり厚さの組合せが示されている。ここで、高炉セメントやフライアッシュセメントに関しては「ただし書き」があり、水セメント比の算出にあたっては、フライアッシュセメントを使用する場合は、混合物を除いた部分を、高炉セメントを使用する場合は、混合物の 10 分の 3 を除いた部分をその質量（すなわち、高炉スラグの分量に 0.7 を掛けてセメント量に換算する）として用いることが規定されている。すなわち、混合セメントあるいは混和材を結合材として用いるコンクリートを使用する場合、品確法や長期優良住宅法において等級 2 以上を取得するためには、セメント量を確保するか、水セメント比を小さくする必要があるといえる。

図-4 に中性化速度係数と修正水セメント比との関係を示す。修正水セメント比は、前述のとおり品確法における混和材置換率に応じた水セメント比の修正方法（単位結合材料の修正）によった。すなわち、修正水セメント比は、混和材置換率の増加に伴い、修正前の水セメント比より大きくなる。

図より、高炉スラグ微粉末およびフライアッシュともに、中性化速度係数と修正水セメント比との相関は非常に高く、品確法による水セメント比の修正方法は、一定の信頼性があることがわかる。ただし、高炉スラグ微粉末で混和材置換率が高い（B60）場合、直線関係から逸脱するような性状も確認された。

### 3. まとめ

コンクリート用混和材料を使用したコンクリートの中性化速度係数の検討を行い、混和材置換率や養生期間の影響ならびに中性化速度の評価方法について検討を行った。今後、別途実施している暴露試験も含むデータの蓄積ならびに評価方法の検討を継続して行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説，2004.3
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2009，2009.2

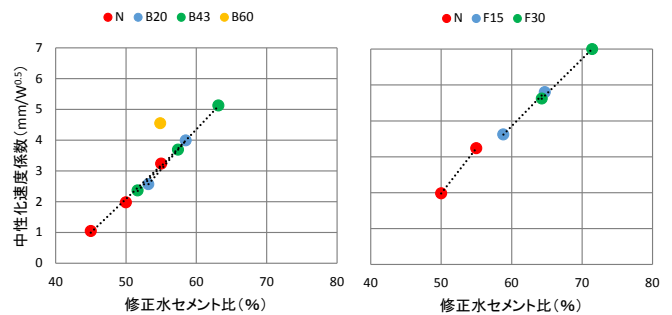


図-4 中性化速度係数と修正水セメント比との関係

\*国土技術政策総合研究所

\*\*建築研究所

\*\*\* 芝浦工業大学

\*\*\*\*「ベターリビング」つくば建築試験研究センター

\*National Institute for Land and Infrastructure Management

\*\*Building Research Institute

\*\*\*Shibaura Institute of Technology

\*\*\*\*Center for Better Living Tsukuba Building Test and Research Laboratory