

4) 材料研究グループ

4) - 9 従来の普通セメント以外の結合材を用いるコンクリートの強度および鉄筋の防錆性に関する要求性能と仕様の検証【持続可能】

Verification of the required performance and specifications regarding the strength of concrete and the rust resistance of rebars using binders other than conventional Ordinary Portland Cement

(研究開発期間 令和5～6年度)

材料研究グループ

Dept. of Building Materials and Components

鹿毛 忠継

KAGE Tadatsugui

中田 清史

NAKADA Kiyofumi

松沢 晃一

MATAUZAWA Koichi

In this study, we experimentally verified the strength development and rust prevention (carbonation resistance) of concrete using binders that contribute to CO₂ reduction, and verified the suitability of the required performance and specifications for conventional concrete and Reinforced Concrete structures.

【研究開発の目的】

本研究では、従来の普通ポルトランドセメント（以下、OPC）以外の結合材を用いるコンクリートを対象として、建築基準法や品確法等で示される、従来の強度および鉄筋の防錆性に関する要求性能や仕様の適否を検証することを目的とする。また、従来の要求性能や仕様の適用が難しい場合は、コンクリートや鉄筋コンクリート造（以下、RC造）の要求性能の評価指標や仕様の修正など（例えば、強度管理材齢の延長や水セメント比に代わる強度による指標の導入など）についても検討を行う。

【研究開発の内容】

①コンクリート・RC造の要求性能や仕様の適否の検証

文献調査、関係者・有識者へのヒアリングにより、従来のOPC以外の結合材を用いるコンクリートの基本性能（強度特性、鉄筋の防錆性）や仕様に関する情報収集を行った。次に、図1に示すように建築基準法や品確法等に示されるコンクリートおよびRC造に関する要求性能や仕様を整理し、従来のOPC以外の結合材を用いるコンクリートおよびRC造への適否を検証した。

②コンクリート・RC造の要求性能の評価指標や仕様の修正の検討

①の調査結果を踏まえ、要求性能の評価指標や仕様の修正のため、調査対象の材料を選定・入手し、コンクリートの強度特性・防錆性（中性化抵抗性）などの室内試験およびばくろ試験を実施し、実験的検証を行った。

【研究開発の結果】

結合材として、セメントはOPC（O）、新JIS対応セメント（N）、再生セメント（R）の3種類、これらをベースとして高炉スラグ微粉末（4000、石こう有）（以下、GBFS）を混合した混合セメントの計6種類を用いた。圧縮強度および促進中性化試験体は、材齢1日で脱型後、気中養生および封かん養生は、温度20℃±2℃、相対湿度60%±5%の室内、標準水中養生は20℃±3℃の養生槽にて行った。なお、促進中性化試験の養生は、“水中4W+気中4W（標準：JIS試験方法）”、“水中1W+気中7W”は養生が十分でない場合、“水中7W+気中1W”は養生が十分な場合を想定して実施した。

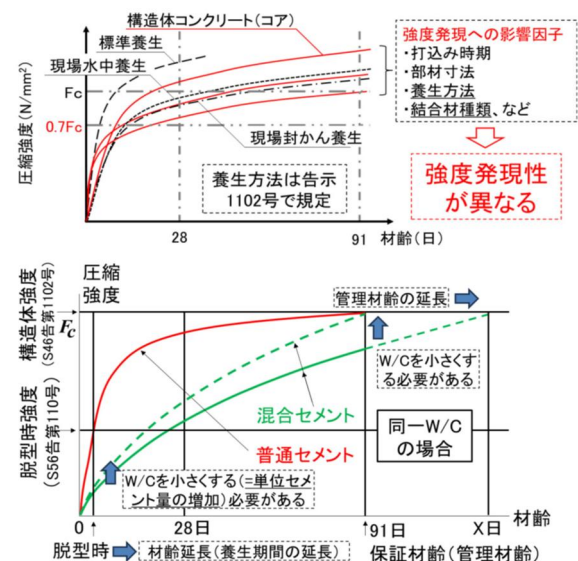


図1 コンクリートの強度発現性（上：S56年建第1102号、下：混合セメントなどを用いた場合の課題）

①強度発現性に及ぼす結合材、養生方法の影響

材齢 13 週（標準水中のみ 26 週）までの試験結果を図 2 に示す。この結果から、N の強度発現性は、一般に使用される OPC とのほぼ同様の傾向であった。R（混合率 20%）についても、ベースとなるセメント種類の影響は確認されず、強度発現性も O および N と遜色はなかった。

GBFS を用いた混合セメント（BO、BN、CO、CN）については、材齢 4 週以降の強度発現について養生方法の影響が大きい。この傾向は、一般のコンクリートと同様であり、コンクリートの強度発現は単に調合（W/B）の影響だけでなく、適切な養生を行うことで十分な強度発現が期待できることを示している。特に、混合セメントの長期の強度発現は十分な水分の供給、水分散逸の防止などにより確保できることがわかる。なお、N を混合した場合の材齢 4 週以降の強度発現は、OPC と比較するとその伸びは若干小さい傾向になった。これは、N は試作品であり、少量混合成分の増加によるクリンカ比率の低下、初期の強度発現性確保のためのセメントの比表面積を従来品より増加させていること、などが要因として推察されるが、今回の実験の範囲では確認できなかった。

②中性化抵抗性に及ぼす結合材、養生方法の影響

促進中性化試験（試験材齢 26 週）の結果から算出した中性化速度係数 A（mm/√週）を図 3 に示す。養生および調合（結合材種類や W/B）の影響は予想した結果が得られた。GBFS を用いた混合セメントについては、品確法における混和材の結合材量への寄与率（k=0.7）により算出した W/B での試験も行い（□部分）、B 種相当では安全側の評価、C 種相当では危険側の評価を与える結果となった。表 1 は、養生方法ごとの 8W 強度（1/√8w）に対する中性化速度係数 A の比率を「水中 4W+気中 4W（標準）」の値で規準化して示した。これより、中性化は強度を指標とした整理も一定程度は可能であるが、養生方法の影響までは反映できないことがわかる。

本研究では、CO₂ 削減に寄与する結合材を用いたコンクリートの強度発現性および防錆性（中性化抵抗性）について実験的検証を行い、従来のコンクリート・RC 造の要求性能や仕様の適否について検証した。

【参考文献】

- 1) 鹿毛忠継ほか：CO₂ 排出量の削減に寄与するコンクリートに関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1195-1196、2023.9、pp.1441-1442、2024.9
- 2) 鹿毛忠継ほか：CO₂ 削減に寄与する結合材を用いたコンクリートの強度および中性化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（投稿中）、2025.9

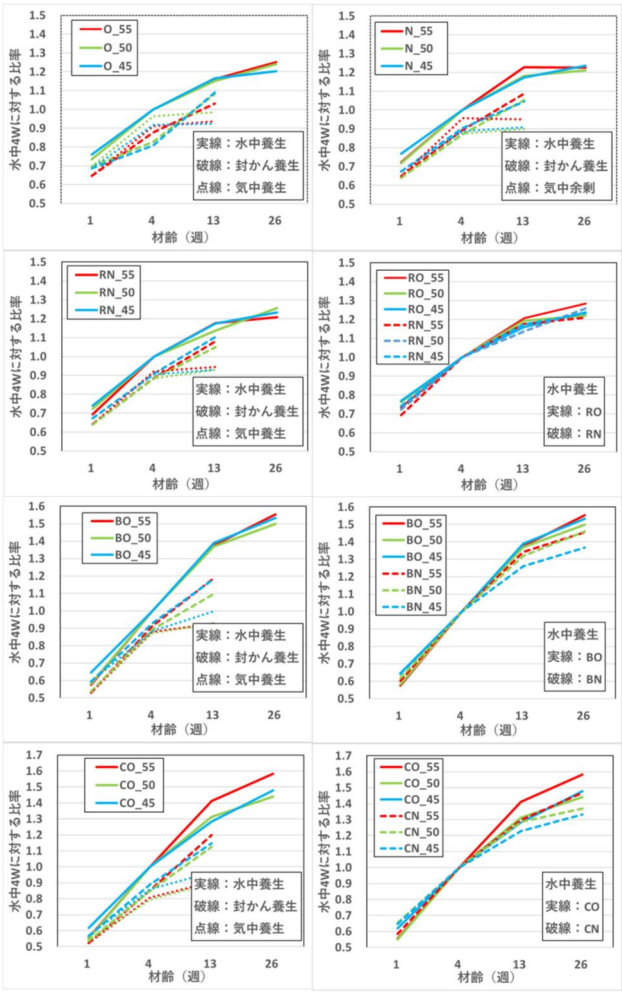


図 2 強度発現性に及ぼす結合材、養生方法の影響

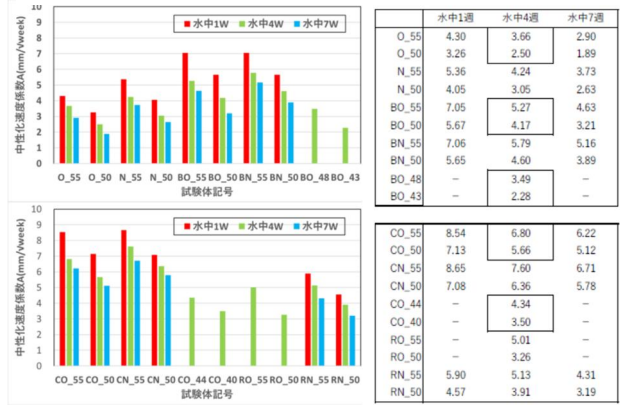


図 3 中性化に及ぼす結合材、養生方法の影響

表 1 8W 強度（1/√8w）に対する中性化速度係数の比率

	水中1週	水中4週	水中7週		水中1週	水中4週	水中7週
O_55	1.10	1.00	0.79	CO_55	1.14	1.00	0.91
O_50	1.22	1.00	0.75	CO_50	1.16	1.00	0.90
N_55	1.17	1.00	0.87	CN_55	1.06	1.00	0.86
N_50	1.23	1.00	0.85	CN_50	1.07	1.00	0.91
BO_55	1.19	1.00	0.88	CO_44	—	1.00	—
BO_50	1.22	1.00	0.77	CO_40	—	—	—
BN_55	1.12	1.00	0.90	RO_55	—	—	—
BN_50	1.12	1.00	0.84	RO_50	—	1.00	—
BO_48	—	1.00	—	RN_55	1.07	1.00	0.83
BO_43	—	1.00	—	RN_50	1.10	1.00	0.82