

尿素を用いた PC グラウトの各種性能評価

熊本高等専門学校 学生会員 関原 花

熊本高等専門学校 正会員 松家 武樹、岩坪 要

熊本高等専門学校 非会員 河野 恭生、本田 晴香

1. はじめに

近年、あらゆる分野においてサステナビリティの重要性が強調されており、コンクリート分野においてもサステナビリティ設計の導入が展開され始めている¹⁾。サステナビリティ設計とは、社会・経済・環境の3つの側面を柱として評価するものである。従来から評価されていた性能やコストに加え、環境を一つのインデックスとして評価することが重要となっている。

PC グラウトは水、セメントおよび混和剤を練混ぜ製造した材料である。図-1に示すように主にコンクリート道路橋の上部工に用いられているが、PC グラウトに生じる乾燥収縮ひずみはコンクリートに比して極めて大きい。乾燥収縮に伴うひび割れは橋梁内部のPC鋼材の腐食を招くため橋梁の短寿命化に直結する。しかしながら、PC グラウトの乾燥収縮ひずみに着目した研究は極めて少ない。そこで、本研究ではコンクリート分野でも用いられている尿素に着目²⁾し、練混ぜ水の容積に尿素を置換したPCグラウトの材料性能に、経済および環境性能を加えた総合的な評価を行った。

2. 実験概要

表-1に本実験におけるPCグラウトの配合を示す。本研究で使用した材料は、上水道水、顆粒タイプの尿素、普通ポルトランドセメントおよび高粘性

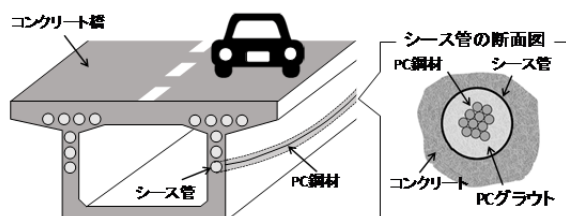


図-1 PC グラウトの施工位置

表-1 PC グラウトの配合

配合名	W/C (%)	溶液 (水+尿素) (ℓ/m^3)	単位量 (kg/m^3)			混和剤 (kg)
			水 W	尿素 U	セメント C	
P	43.0	575	575	—	1336	13.36
U10	38.7	575	517	76	1336	13.36
U20	34.4	575	460	152	1336	13.36
U50	21.5	575	287	379	1336	13.36

タイプの混和剤を用いた。混和剤を除くそれぞれの密度は、 $1.00g/cm^3$ 、 $1.32g/cm^3$ および $3.14g/cm^3$ である。尿素は練混ぜ水の容積に対し0%から50%の範囲で置換している。なお、尿素は高い水溶性を有し、溶解時に吸熱反応を起こすといった性質がある。混和剤はセメントに対して1.0%を添加した。

各配合におけるPCグラウトの製造量は10 ℓ とし、回転数 600rpm のハンドミキサーを用いて製造した。練混ぜは、最初に水、尿素および混和剤を塊がなくなる10秒程度練混ぜ、次にセメントを加え180秒間行った。

3. 実験結果

図-2に練上がり時点におけるPCグラウトの温度測定の結果を示す。PCグラウト温度は尿素的置換率が増加するとともに低下しており、この結果は尿素特有の吸熱反応による効果といえる。PCグラウトは多量のセメントを使用することに起因して、硬化過程において高い水和熱が発生する。PCグラウトの高い熱は周囲コンクリートに悪影響を及ぼすことが予想され、尿素はその影響を低減するものと考えられる。図-3に周囲コンクリートの温度ひび割れ概念図を示す。尿素による温度低減効果を、FEM温度応力解析により明らかにしていくことが今後の課題である。

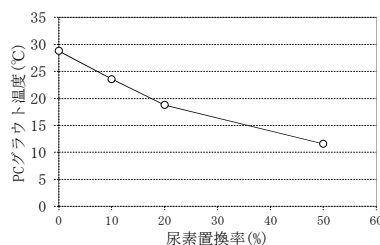
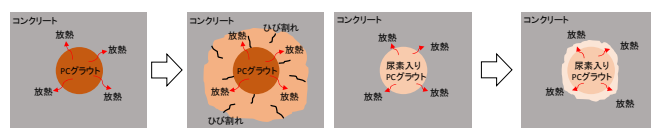


図-2 PC グラウトの練上がり温度



a) 一般的な場合

b) 尿素を用いた場合

図-3 周囲コンクリートの温度ひび割れ概念図

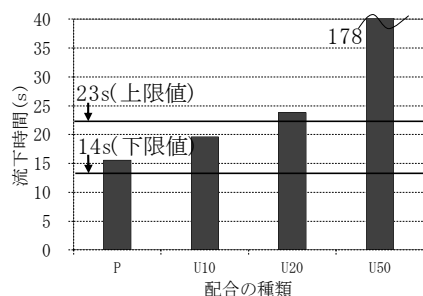


図-4 流下時間

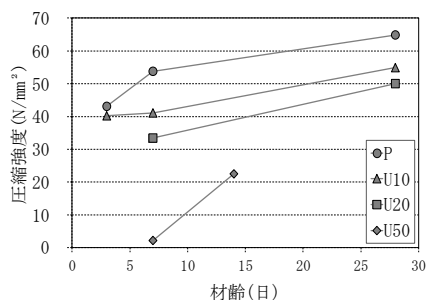


図-5 圧縮強度

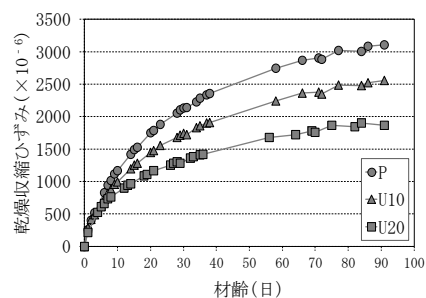


図-6 乾燥収縮ひずみ

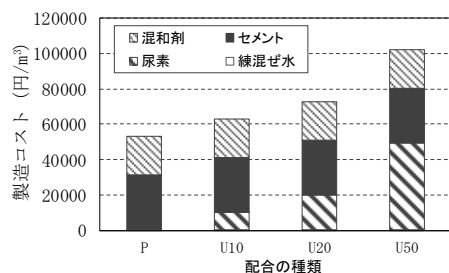


図-7 コスト

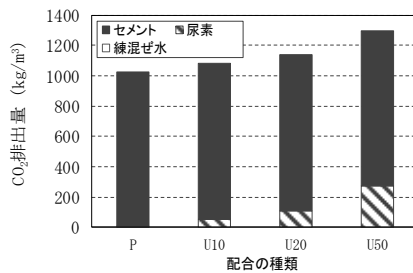


図-8 CO₂排出量

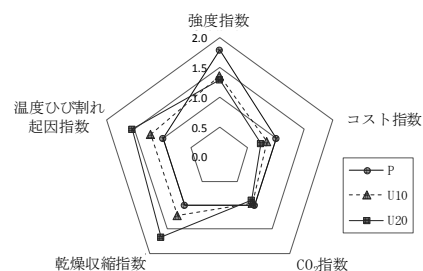


図-9 総合評価

図-4にJP漏斗を用いて行った流下時間の結果を示す。流下時間は尿素置換率が増加するとともに長くなっている。これは、練混ぜ水の容積に尿素を置換したことによって、PCグラウトの温度低下に伴う粘性の増加が影響していると考えられる。

図-5に各材齢におけるPCグラウトの圧縮強度を示す。PCグラウトの圧縮強度は尿素置換率の増加とともに低下している。これは練上がり温度の低下に伴う水和の遅延作用であると考えられる。

材齢91日までの乾燥収縮ひずみの結果を図-6に示す。PCグラウトの乾燥収縮ひずみは尿素置換率が増加するとともに低減しており、尿素混入による練混ぜ水の減少が影響しているといえる。

4. コストおよびCO₂排出量ならびに総合評価

本研究では、材料に起因したコストおよびCO₂排出量を評価した。図-7および図-8に各配合のコストおよびCO₂排出量を示す。なお、セメント、混和剤、水および尿素的単価は、それぞれ580円/25kg、1,610円/kg、988円/m³および3,240円/25kgである。一方、CO₂排出原単位は、セメント719.4kg-CO₂/t、水0.348kg-CO₂/tおよび尿素769.0kg-CO₂/tであり、混和剤に関しては使用量が少量であることから対象から除外している。

図-9には本研究で得られた結果の総合評価を示す。強度指数は圧縮強度の管理値である材齢7日の30N/mm²を1.0とし、その他の指数はP配合の結果

を1.0として算出している。指数の値が高いほど性能が高いことを意味する。同図に示す五角形の面積が大きいほど総合的に高い性能である。尿素を置換することにより強度指数、コスト指数およびCO₂指数は減少するが、温度ひび割れに起因する指数および乾燥収縮指数は増加する。本結果を評価するとU20配合が総合的に高い性能を有していることが明らかとなった。

5. まとめ

尿素20%を置換したPCグラウトは、強度指数、コスト指数およびCO₂指数は減少するが、温度ひび割れに起因する指数および乾燥収縮指数は増加し、総合的に高い性能を有することが明らかとなった。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省研究費補助金（基盤研究(C)(一般)、課題番号17K00607；研究代表者：松家武樹）および独立行政法人国立高等専門学校機構研究プロジェクト（若手研究；研究代表者：松家武樹）の助成により行った。

参考文献

- 1) 堺孝司、横田弘：コンクリート構造物のサステイナビリティ設計—地球環境と人間社会の不確実性への挑戦—、技報堂出版、2016
- 2) 河井徹、阪田憲次：尿素を用いたコンクリートの諸特性、コンクリート工学年次論文集、Vol.29, No.1, pp.639-644, 2007