

混和材を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートの適用効果の試算

東急建設株式会社 正会員 ○鈴木将充, 正会員 早川健司
東京理科大学 正会員 高橋駿人, 正会員 加藤佳孝

1. はじめに

筆者らは、コンクリート工の合理化・省力化、CO₂排出量の削減を目的として、混和材を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートの開発を進めている。本開発コンクリートは、汎用的に用いられている普通ポルトランドセメントを使用したスランプで管理されるコンクリートと比較し、混和材の置換率の増加に伴い CO₂排出量が削減可能となるが、初期強度が低くなることや物質の透過に対する抵抗性が低くなる¹⁾等の特徴がある。そのため、適用にあたっては、開発コンクリートの特徴を踏まえて、コンクリートの配合と補強材の組合せを設定することが重要となる。

本報では、開発コンクリートを適用した際のケーススタディとして、設計基準強度および耐久性の照査結果よりコンクリートおよび補強材の組合せを設定し、施工性、経済性、環境負荷の観点から適用効果を試算した。

2. 試算条件

2.1 基本条件

表 1 に対象構造物を示す。構造物は張出し形の道路橋脚である。供用環境は温暖な内陸地域で水掛かりがあり、底版と柱下側は埋め戻して土中となる。

表 2 に試算ケースを示す。コンクリートの配合について、底版の環境は土中であることから、中性化の進行が著しく遅いので設計基準強度を満足する W/B を設定した。柱、梁では設計基準強度および中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査²⁾を満足する W/B を設定した。B70 では梁、B80 では柱と梁で、鋼材腐食に対する照査から W/B が決定されていることがわかる。更に B80 ではエポキシ樹脂塗装鉄筋（以降、EP 鉄筋）を用い、柱のかぶりを最外縁鉄筋＋施工誤差としたケースも設定した。施工性の向上のためスランプフロー（SF）45cm と設定した。

2.2 試算方法

施工性は過去の施工実績および土木学会指針³⁾を基に施工時間および締固め人員（補助含む）を試算した。経済性は材料コストのみを対象とし、汎用材料のコストは市

表 1 対象構造物

構造物	部材	コンクリート 数量 (m³)	設計 基準強度 (N/mm²)	SL (cm)	かぶり (mm)
道路橋 下部工	底版	148	24	8	80
	柱	39	30		45
	梁	57			

表 2 試算ケース

種類	部材	呼び 強度 (N/mm ²)	W/B (%)	S _d /S _{lim} ≤1.0	補強材
SL8-N	底版	24	56.9	0.44	鉄筋
	柱	30	50.0	0.19	
	梁	30	50.0	0.95	
SF45-N	底版	24	60.0	0.55	鉄筋
	柱	30	51.0	0.23	
	梁	30	51.0	0.98	
SF45-B70	底版	24	53.0	0.29	鉄筋
	柱	30	46.0	0.39	
	梁	33	42.5	0.99	
SF45-B80	底版	24	50.0	0.19	鉄筋
	柱	36	34.8	0.99	
	梁	60	23.4	0.99	
SF45-B80(EP)	底版	24	50.0	0.19	鉄筋
	柱	30	42.0	1.20	EP 鉄筋
	梁	30	42.0	1.38	

場単価より、B70 および B80 のコストは参考文献⁴⁾を基に原材料単価より決定した。CO₂排出量は、参考文献^{例えば}⁵⁾等を基に試算した。

3. 試算結果

試算結果は、SL8N-鉄筋を基準（以降、ベース）とし、部材合計、即ち構造物全体をベースとの比で表す。

3.1 施工性

SL8cm を SF45cm に変更することで、施工時間比は 0.56、締固め人員比は 0.71 に削減できる結果となった。施工時間については、ベースと比較して総締固め時間を相当に短縮できるが、ポンプ車の筒先移動に要する時間が支配的であった。締固め人員については締固め時間の短縮および締固め間隔の拡大に伴いパイプレータ本数を減らすことができたことにより削減できた。

キーワード：締固めを必要とする高流動コンクリート、混和材大量使用、施工性、経済性、CO₂排出量、CO₂価格
連絡先：〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所土木材料 G Tel:042-763-9507

3.2 経済性

図1にベースに対する材料コスト比を示す。材料コスト比は、SF45B80-EP鉄筋>SF45B80-鉄筋>SF45N-鉄筋>SF45B70-鉄筋>ベースの順に高く、ベースと比較して11～24%程度高かった。全てのケースでベースより高いのは、施工性が向上するSF45では、材料分離抵抗性を確保するためにセメント量を多くし、流動性を高くするために化学混和剤の種類が変わること、更にB70およびB80では、硬化コンクリートの品質を満足するためW/Bが小さくなること、EP鉄筋は塗装費用の加算が要因であった。

3.3 CO₂ 排出量

図1にベースに対するCO₂排出量比を示す。CO₂排出量比は、SF45N-鉄筋>ベース>SF45B70-鉄筋>SF45B80-鉄筋>SF45B80-EP鉄筋の順に高く、混和材を大量に使用することで40%以上CO₂排出量を削減できることがわかる。特に、SF45B80-EP鉄筋は、CO₂排出量を47.3%削減でき、日本の2030年度温室効果ガス削減目標を達成できる結果であった。

3.4 CO₂ 価格

IPCCの特別報告書⁶⁾を参照すると、地球温暖化を1.5℃に抑えるためのCO₂価格として、2030年では135～6,050(2010年USドル)/t-CO₂、2050年では245～14,300(2010年USドル)/t-CO₂と記されており、シナリオによって大きな幅があることがわかる。国が認証するJクレジットの認証済み最大希望売却価格は¥16,500/t-CO₂⁷⁾であるが、今後、あらゆる市場取引でCO₂排出量が考慮されるようになれば、CO₂価格は更に高騰していくと考えられる。適正なCO₂価格は、市場形成後の需供バランスによって決定されることになるが、ここでは、今回の試算からCO₂価格を逆算する。

図2にCO₂価格の計算結果を示す。CO₂価格は、材料コストとCO₂排出量に関わるコストの総和に対して、ベースと同コストになるように、ケース毎にCO₂排出量取引におけるCO₂価格を計算した。即ち、(ベースからの材料コスト増分) / (ベースからのCO₂排出量減分)で求めた。SF45B70-鉄筋、SF45B80-鉄筋、SF45B80-EP鉄筋を比較すると、CO₂削減の対策方法によってCO₂価格は異なり、¥19,000～37,000/t-CO₂程度であることがわかる。なお、今回の試算ケースでは、施工性の向上によるコスト低下を考慮できていないため、ここで逆算したCO₂価格よりは低価格になると考えられる。

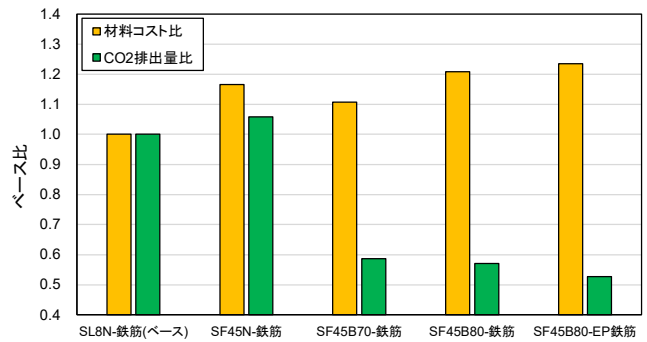


図1 材料コスト比およびCO₂排出量比

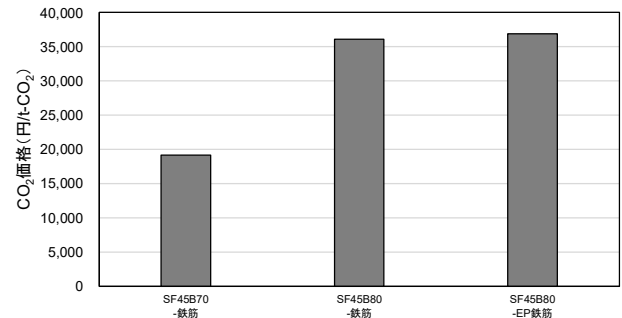


図2 CO₂ 価格

4. おわりに

試算により混和材を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートを道路橋下部工に適用した場合、目的とする施工性向上およびCO₂排出量の削減が達成できること、それに伴い必要となる材料コストが概ね把握できた。今後は対象構造物を増やして開発コンクリートの適用先を整理する考えである。

謝辞：本研究の一部は国土交通省関東地方整備局令和4年度「技術（シーズ）マッチング」で実施した。

参考文献

- 1) 高橋駿人, 加藤佳孝: 中性化したコンクリートの水分浸透速度係数に関する検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第22巻, pp.103-106, 2022.10
- 2) 土木学会: 2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】, 2018.3
- 3) 土木学会: 締固めを必要とする高流動コンクリート配合設計・施工指針(案), 2023.2
- 4) 土木研究所ほか: 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書(V), 2016.1
- 5) 土木学会: コンクリート技術シリーズ 62 コンクリートの環境負荷(その2), 2004.9
- 6) IPCC: SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5℃, Chapter2, pp.152-153, 2018.10
- 7) Jクレジット制度 HP 認証済みクレジット一覧, <https://japancredit.go.jp/sale/index.php#result>, 2023.3 確認