

コンクリートの環境性評価における圧縮強度および耐用年数の影響

太平洋セメント株式会社	正会員	○桐野 裕介
太平洋セメント株式会社		内田 俊一郎
株式会社トクヤマ	正会員	加藤 弘義
明治大学		小山 明男
広島大学	フェロー会員	河合 研至

1. はじめに

コンクリートの環境性を適切に評価するためには、評価の基準となる性能（あるいは機能）を定めることが必要となる¹⁾。コンクリートの代表的な性能としては、一般に圧縮強度や耐久性が想定されるものの、現状では簡便な手法として重量や体積を基準として環境性の評価が行われる場合が多い。コンクリートの性能あたりの環境性は、先行研究においても一部検証されているものの^{例えば2)}、特定の材料・配合条件下にて CO₂ 排出量等の特定の環境領域を対象とした限定的な検証がなされているのみである。本研究ではコンクリートの環境性評価における適切な基準の設定に向け、コンクリートの性能に基づく環境性を広く評価し、その傾向を把握することを目的とした。

2. 評価方法

コンクリートの性能として、水中養生 28 日および 91 日材齢における圧縮強度と耐用年数を対象とした。配合および圧縮強度は文献³⁾と同一のデータセットを用いた。耐用年数は中性化速度から算出し、中性化深さの設計値を 20mm と仮定した場合の最大値を土木学会の算定式⁴⁾を用いて求めた。なお、耐用年数はかぶりによっても調整可能であるものの、本研究では簡単のため、かぶりを一定として算定した。環境性の評価として、CO₂ 排出量、天然原料使用量、廃棄物・副産物使用量、廃棄物使用量を対象とし、文献³⁾と同一のデータを用いて構成材料起源のインベントリ分析を実施した。なお、「廃棄物」とは価値の無い不要物であり、本研究ではセメントクリンカー焼成用に活用されている代替原料に対応し、「副産物（共製品）」である混合材、添加材等は含めなかった。

評価対象は、目標スランプ 12cm の一般用コンクリートと目標スランプフロー60cm の高強度コンクリートとし、1m³ あたりの環境性を、圧縮強度あるいは耐用年数によって規格化した値を評価した。結合材は、普通ポルトランドセメント(N)、高炉セメント B 種(BB)、フライアッシュセメント B 種(FB)、石灰石フィラーセメント(LF、混合率 22%)を対象とした。また、高性能 AE 減水剤(SP)の使用による単位水量低減効果を併せて評価した。

3. 評価結果

コンクリートの各性能あたりの CO₂ 排出量を図 1 に示す。各文献の材料・配合等の違いによる影響はそれほど大

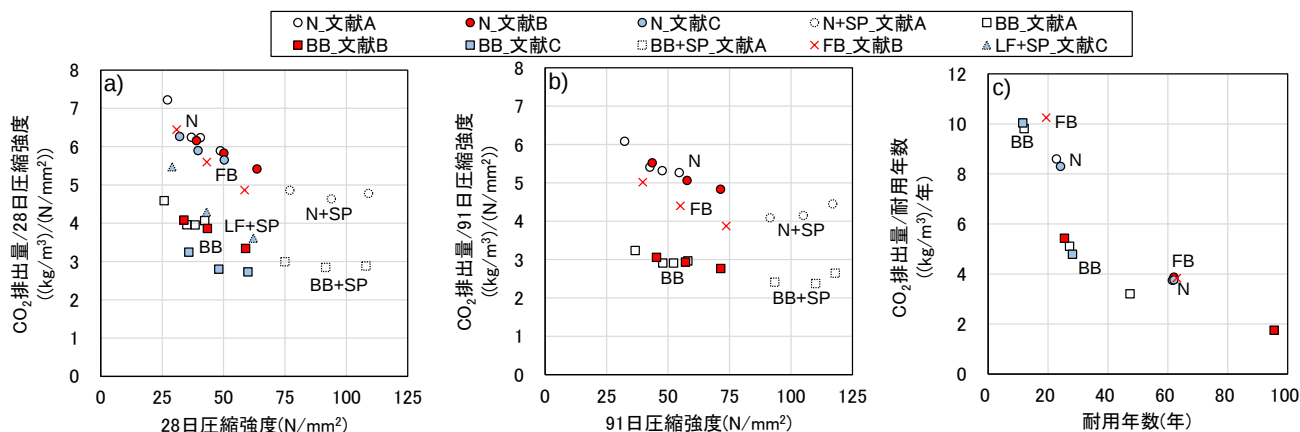


図 1 a)28 日圧縮強度, b)91 日圧縮強度, c)耐用年数あたりの CO₂ 排出量

キーワード ライフサイクルアセスメント(LCA), CO₂, 天然原料, 廃棄物・副産物, 混合材, 機能単位
 連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2
 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3841

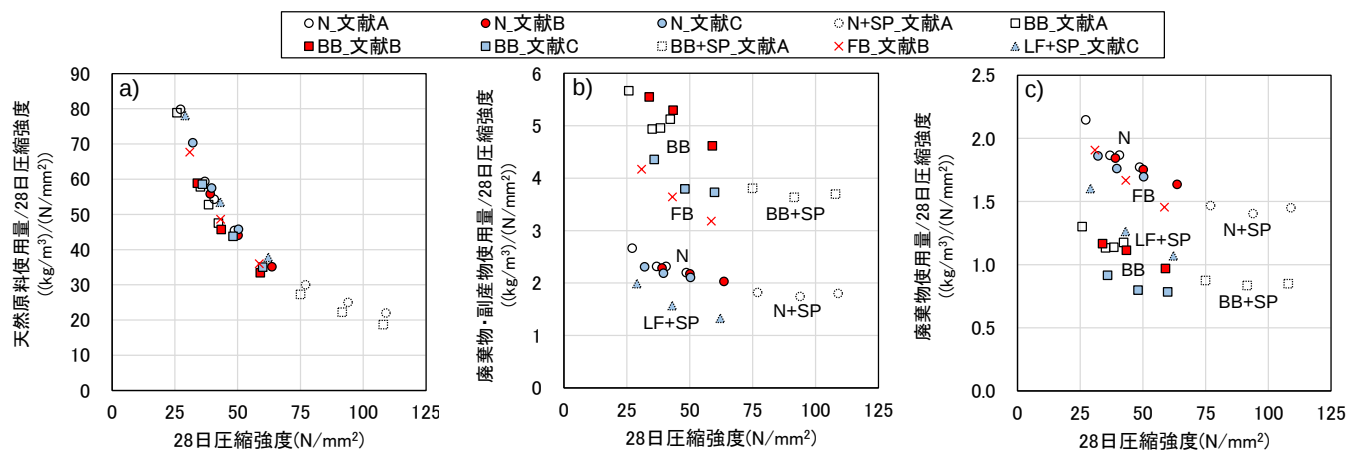


図2 28日圧縮強度あたりの a)天然原料使用量, b)廃棄物・副産物使用量, c)廃棄物使用量

きくなく、同一の結合材を用いた場合、一般用コンクリートでは性能の向上と共に性能あたりの CO_2 排出量が減少する傾向が得られた。一方、高強度コンクリートでは圧縮強度あたりの CO_2 排出量は概ね一定であった。これらの傾向は、国外のデータを用いた先行研究²⁾と概ね一致していた。耐用年数あたりの CO_2 排出量は、耐用年数の値によって大きく変わることが判明した。これは、耐用年数が単位有効結合材量の2乗に比例する⁴⁾ことによる。

混合材の使用による CO_2 排出低減効果は、各性能によって異なる結果が得られた(図1)。特に、FBではその違いが大きく、材齢28日の圧縮強度及び耐用年数を基準とした場合では、Nと比較して CO_2 排出低減効果はほとんど確認できない一方、材齢91日の圧縮強度を基準とした場合では CO_2 排出低減効果を確認できた。この結果は、フライアッシュの品質等によっても変わることが想定されるものの、ポゾランとしての長期強度増進効果等のフライアッシュの特性が反映されているものと考えられる。また、LFとSPの組み合わせでは、28日圧縮強度を基準とした場合において CO_2 排出低減効果が得られた。石灰石微粉末の強度増進効果は一般に大きくないものの、SPと組み合わせることによって、単位結合材量を維持しつつ単位水量を減少させたことが貢献したと考えられる。

28日圧縮強度あたりの各種環境性を図2に示す。圧縮強度あたりの天然原料使用量は、結合材種類の影響がほぼ無く、圧縮強度の増加によって一様に減少した。これは、天然原料の大部分が骨材由来であることによる。圧縮強度あたりの廃棄物・副産物使用量及び廃棄物使用量は、圧縮強度の増加に伴って減少した。これらの使用量は増加する程、望ましい結果であるため、 CO_2 排出量及び天然原料使用量とは逆の傾向となっており、環境領域間のトレードオフが生じることが確認された。また、結合材種類の影響では、廃棄物・副産物使用量はBBの値が最も高い一方、廃棄物使用量はNの値が最も高く、活用がより望まれる廃棄物のみを評価した場合、Nの貢献が大きかった。

4. まとめ

コンクリートの環境性評価における適切な基準の設定に向け、コンクリートの性能あたりの環境性を評価した。主な結果は次の通りである。(1)性能あたりの CO_2 排出量は、性能の向上と共に減少する。(2)28日圧縮強度あたりの環境性は、評価対象となる環境領域によって傾向が異なり、 CO_2 排出量及び天然原料使用量は強度の向上によって改善する一方、廃棄物・副産物使用量及び廃棄物使用量は減少する。(3)混合材の使用による環境性の変化は、基準となる性能や対象となる環境領域によって異なる。

謝辞

本研究の実施にあたっては、(公社)日本コンクリート工学会の「セメント・コンクリートの環境影響評価に関する研究委員会」の委員各位よりご助言を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) JIS Q14044 : 環境マネジメント -ライフサイクルアセスメント- 要求事項及び指針, 2010
- 2) Damineli, B. L. et al., *Cement and Concrete Composites*, Vol.32, pp.555-562, 2010
- 3) 桐野裕介ほか, セメント技術大会講演要旨, 2023
- 4) 土木学会 : コンクリート標準示方書 [設計編], pp.153-156, 2017