

高速道路における脱炭素化への取り組み —環境配慮型コンクリート設計・施工管理要領 〔低炭素型コンクリート編〕の制定—

中日本高速道路株式会社 技術本部 高度技術推進部 技術開発課 課長 おんだ まさや 恩田 雅也

1. 高速道路における地球環境の 保全と脱炭素化の取り組み

中日本高速道路株式会社(以下、「当社」という)では、高速道路におけるCO₂排出源を図-1のように区分し、CO₂排出量の把握に努めている。2022年度に当社管内で排出されたCO₂は、高速道路をご利用いただいた自動車から約816.1万t、維持管理で使用する電力などから約18.4万tと試算されている¹⁾。

そのため、当社の経営方針に「デジタル化や脱炭素化などの環境変化に適応した新たな価値創造への挑戦」を掲げ、事業活動によるCO₂排出量の削減に取り組んできた。事業活動におけるCO₂排出量の削減施策としては、図-2のような取り組みを進めている。

事業活動によるCO₂排出量の削減

- 渋滞対策
- 効率照明灯具(LED)への交換
- 再生エネルギーの取り組み
- グリーンインフラ整備
- 廃熱利用融雪システムの導入
- EV設備の拡充
- 水素ステーションの設置
- CO₂排出量削減に寄与する新材料の活用

図-2 事業活動における脱炭素化の取り組み

2. 高速道路事業における マテリアルフロー

当社では高速道路の事業活動において、環境に与える影響を可能な限り少なくするため、資源の再利用(リユース)に努めている。建設工事における建設発生土について、周辺の工事等で有効利用する計画を立てるなどし、2022年度の再利用率は当社で定める長期計画値(95%)を上回る

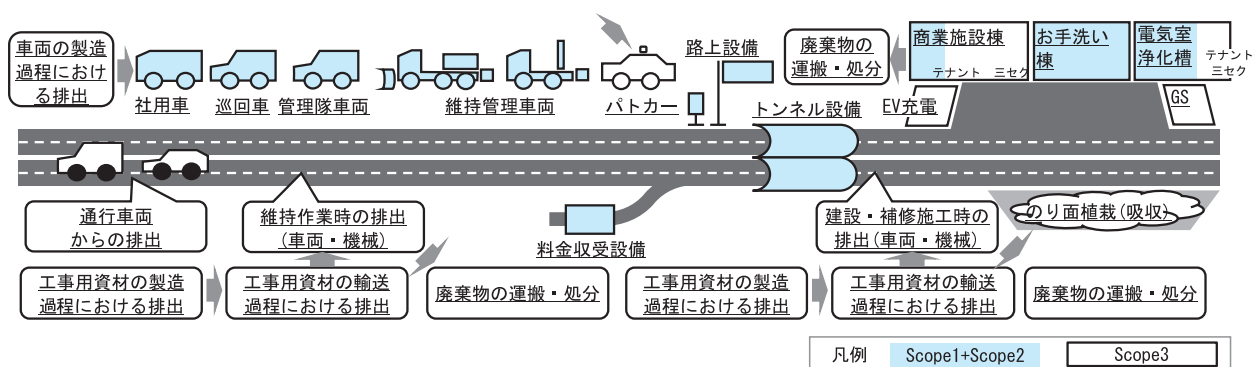


図-1 高速道路で排出されるCO₂排出源の概念図

99.1%となった。

事業活動全体のマテリアルフローは、図-3に示すように、建設および保全の工事が必要となる主な建設資材は、生コンクリート194.2千m³、アスファルト・コンクリート117.3千m³、鋼材（鋼板、鉄筋など）7.4千t、購入土7.3千m³となっている。

当社では、高速道路やサービスエリアの建設、保全を行う上で必要となる、建設資材等の環境負荷の定量的な把握のみならず、排出されるCO₂排出量の把握やその削減に努めていく必要がある。

コンクリートは、その材料であるセメントを生成するときに高温で焼成することからCO₂排出量が多い。そのため、建設会社や材料メーカー、工場製品製造者など民間会社が、すでに環境配慮型コンクリートの技術開発を行っており、当社としても高速道路構造物への導入に取り組むこととした。

3. 環境配慮型コンクリートの導入 推進に向けた取り組み

3.1 Request For Information (RFI)

高速道路構造物におけるコンクリートの基準は、日本道路公団時代から制定されてきたコンクリート施工管理要領（以下、「施工管理要領」という）を基本としている。施工管理要領には、一般的な有筋や無筋構造物に適用するコンクリートのほか、最近では現場の施工性や耐久性等を考慮し、繊維補強覆工コンクリートや中流動覆工コンクリートといった比較的新しいコンクリートも定められてきた。これらは長い実績の中で適用性を確認し、仕様規定化されたものである。

しかしながら、環境配慮型コンクリートは、従来のコンクリートとは材料、配合、結合のメカニズム、施工方法および硬化コンクリートの性能が

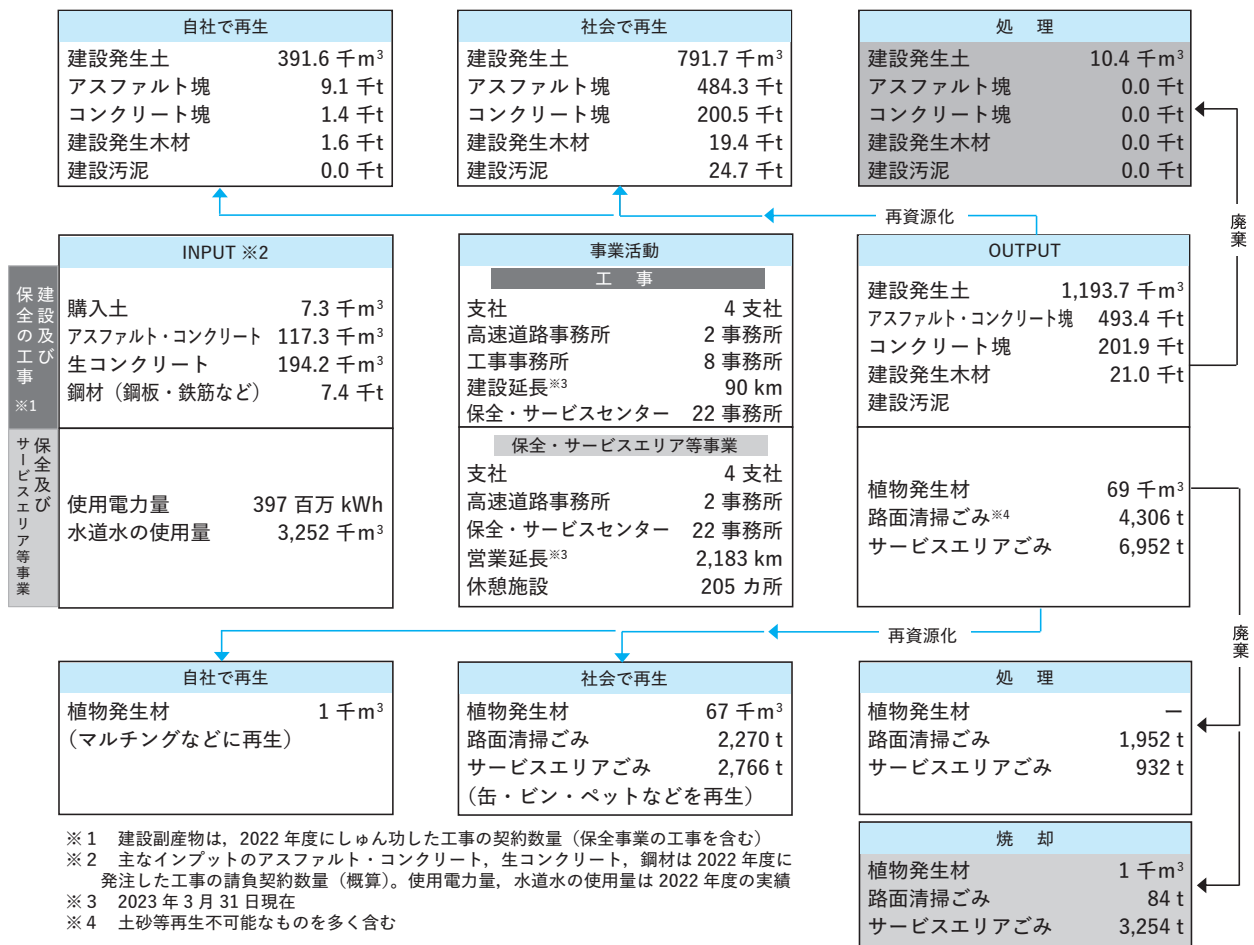


図-3 事業活動に伴うマテリアルフロー

異なる。そのため、施工管理要領のように仕様規定をするのではなく、高速道路構造物の設計で求められる性能や施工条件に対して、適用可否を判断することができるような新たな基準が必要である。

そこで、現在各々のメーカーが開発している環境配慮型コンクリートの技術情報について、RFIにより広く募集をかけ、23社から38製品の情報提供を得た。

当社では、RFIから得られた技術情報などを参考に、2023年度から学識経験者、環境配慮型コンクリートの開発者からなる「環境配慮型コンクリートの適用に関する技術検討会」（委員長：宮川豊章 京都大学名誉教授）を組織し、「環境配慮型コンクリート設計・施工管理要領（低炭素型コンクリート編）」（以下、「本設計・施工要領」という）を制定することとした。

3.2 新しいコンクリート導入のための基準制定

本設計・施工要領の制定にあたって、当社として環境配慮型コンクリートの分類と適用範囲、その後の展開について整理を行った（図-4）。

CO₂排出量が多い普通ポルトランドセメントの使用量を減らすものを「低炭素型」、CO₂をコンクリートの中に貯留する、または吸収するものを「CO₂固定・CO₂吸収型」、これらに分類されないものを「その他」とした。

なお、公益社団法人土木学会 コンクリートライブラリー152「混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針（案）」（以下、「ライブラリー」という）では、セメントと混和材の含量に対する混和材の分量が質量比で70%以上

のものを「大量に使用した」と定義している²⁾。

一方、現状で高炉セメントB種といった混和材を使用した場合、CO₂排出量削減率は概ね40%と試算される。そのため、本設計・施工要領では「セメントの大半を混和材に置換」し、従来のコンクリートと比較して、CO₂排出量削減率が40%以上になるものを対象とした。

また、低炭素型には、セメントをまったく使用しない「ゼロセメントコンクリート」、CO₂固定・吸収型で、あらかじめ骨材や粉体にCO₂を固定化するもの、練り混ぜや養生時にCO₂を吸収させるものなどがある。これらについては、まだ知見が多くはなく、また高速道路構造物に適用する場合の耐久性などに対する材料の特性値の検証が十分でないことから、本設計・施工要領の対象外とした。

なお、前述のように知見が十分でない新たなコンクリートの提案があれば、今回対象外とした新たな材料についても、材料の特性値やCO₂排出削減効果を検証し、性能照査の上、試験的な導入や、本設計・施工要領に新たな編を追加していくことを考えている。

4. 本設計・施工要領の概要

4.1 基準の概要

本設計・施工要領では、設計に関する事項はライブラリー等の学会基準を参考にして定め、材料・施工に関する事項については、本設計・施工要領に基づき受注者から提出される技術資料をも

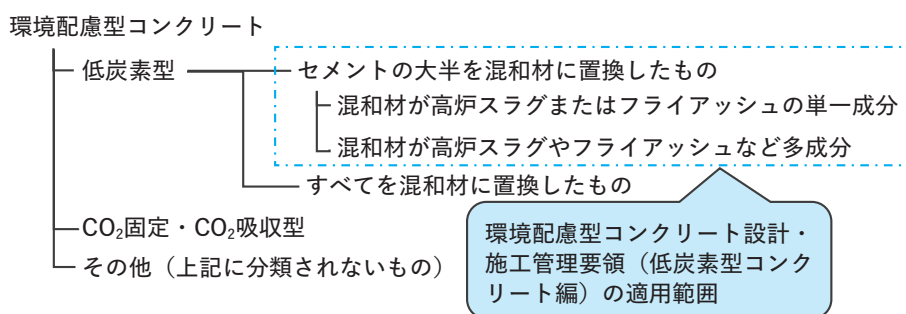


図-4 環境配慮型コンクリートの分類

とに採用可否の判断や品質・施工管理を行うこととした。また、その内容については現地、支社、本社一体となって確認できる枠組みにした。各製品開発の過程で JIS などに規定がなく、試験方法や検討事項も異なる場合があるため、必要な試験、検討を実施しながら、採用を判断することができることとした。

次に、本設計・施工要領の構成を示す(図-5)。

■総則、実施の流れについて (1章, 2章)

1, 2章では、本設計・施工要領の適用範囲を明確にするとともに、2022年3月にRFIにより収集した環境配慮型コンクリートの中から分類分けを行い、当社としての適用範囲を定めている。

本設計・施工要領では、当社が環境配慮型コンクリートを現場で適用する判断を行うため、受注者にCO₂削減効果のほか、対象工事での施工条件、設計で求める性能、施工に関する事項等の適用性が判断できる技術資料を提出することを求めている。これまでのコンクリートは、長い実績の中で使いやすい範囲内での凝結時間の安定性、強度発現の速度と到達強度の安定性など、その適用性を確認し、仕様規定化されてきた。

一方、環境配慮型コンクリートの中には、これまで使用してこなかった材料や配合で製造されるものも少なくないため、開発されたコンクリートの各特性を理解し、現場での適用性を十分に確認することとしている。なお、製品ごとに技術開発

の中で行われた試験や検討事項が異なることから、採用にあたって現場の施工条件や適用場所を踏まえた必要な試験、検討を実施することも重要と考えられる。

3章では、環境配慮型コンクリートの種別と適用構造物、確認すべき性能照査項目を定めた。

■技術資料に記載する事項について (3章)

現場での適用可否を判断するため、技術資料において、(1)環境負荷低減効果、(2)設計で要求する性能、(3)品質確保と適切な施工管理に分類して記載することとした。

■環境負荷低減効果等について (3章)

環境負荷低減効果の評価方法については、各種機関が研究中であり、その標準が定められていない。そのため、本設計・施工要領では使用材料の生成過程までのシステム境界、インベントリデータ、環境負荷の計算方法等と比較対象を適切に選定して示す必要がある。

■設計で要求する性能について (3章)

環境配慮型コンクリートは、一般的なコンクリートと硬化後の性状が異なり、必要に応じてかぶりの増や防錆鋼材への変更、構造物によっては収縮やクリープを考慮して設計するため、その前提条件となるコンクリートの特性値や制限値を提出することとした。

環境配慮型コンクリート設計・施工管理要領 (低炭素型コンクリート編)

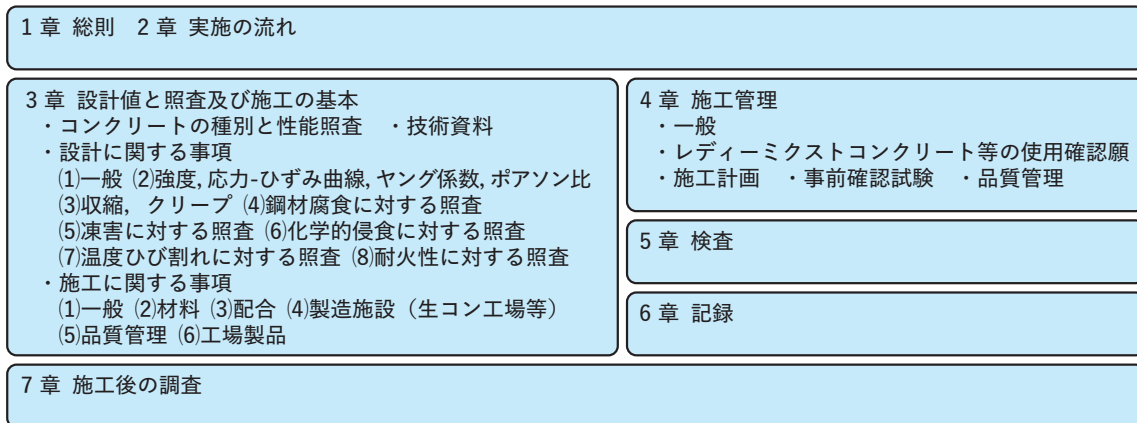


図-5 環境配慮型コンクリート設計・施工管理要領 (低炭素型コンクリート編) の構成

コンクリートの特性値は、使用材料や配合の条件ばかりではなく、施工条件さらには使用される環境条件によっても大きく影響されることが知られている。特に高速道路構造物への適用にあたっては、長期耐久性に関わる特性値の確認までに時間を要することから、試験で得られる数値に対して、例えば下限値を設計値とするなど、設計に際しては適切な評価をする必要がある。

環境配慮型コンクリートを高速道路構造物に適用するには、内部鋼材に対する防錆性能やクリープ等の特性が十分に把握されておらず、設計耐用期間中の性能照査が困難なため、現時点では橋梁上部構造、橋梁下部構造、プレストレストコンクリート構造には適用しないとされた。なお、設計に用いる特性値が設定され、構造物の設計耐用期間中の性能照査が可能になれば、適宜適用を広げていくこととしている。

環境配慮型コンクリートは、普通ポルトランドセメントを混和材等に置換するケースが多く、劣化に対する抵抗性が一般のコンクリートに比べ低下することが懸念される。そのため、中性化のみではなく、塩害と中性化の複合劣化や、凍結融解抵抗性を確認の上、鋼材腐食や凍害に対する照査を行うこととした。なお、水分浸透速度係数は小さい傾向があると言われているが、現時点ではその実績やデータが不足している。照査にあたっては、材料が持つ特性や構造物の適用箇所・環境条件を踏まえた検討が必要である。

また、一般的には環境配慮型コンクリートの使用によりアルカリシリカ反応の抑制効果が得られると考えられる。しかしながら、アルカリシリカ反応が疑われる骨材を用いる場合には、事前の試験によって十分な抑制効果を確認する必要がある。

各種学会等の資料を参考にしながら、本設計・施工要領を取りまとめた中で、環境配慮型コンクリートの鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度の知見が不足していたので暴露試験や促進試験を統一的な試験方法で行い、十分な信頼性のある方法で塩害環境下における鋼材腐食に対する照査を実施する必要があると考えている。

■品質確保と適切な施工管理について (3章)

環境配慮型コンクリートによっては、強度発現が遅い、フレッシュコンクリートの性状が安定しない、圧送時の材料分離、製造設備が別途必要など、施工条件を考慮して適用の判断を行わなくてはならないことから、受注者と発注者が同じ情報を持って必要な検討をする必要がある。

環境配慮型コンクリートの施工にあたっては、その開発者により検討された配合設計、品質管理項目、品質管理方法を監督員に技術資料として提出するとともに、それにより施工を行うことを基本とした。また、施工によっては環境配慮型コンクリートの使用が長期になることや、次の施工まで期間が開く場合があるなど、骨材や混和材の品質が途中で変化することも考えられる。

一般的なコンクリートの場合は、施工管理要領に記載された修正配合設計などの方法によるが、環境配慮型コンクリートについては、試験練りにより性状を確認することとした。

■施工計画について (4章)

現場施工にあたっては、現地プラントの材料の貯蔵設備や使用する材料ごとの計量方法、製造設備に適した材料の投入順序や練り混ぜ時間を施工計画書に記載の上、監督員、受注者双方で確認する必要がある。

そのため、環境配慮型コンクリートの施工にあたっては、スランプ（スランプフローを含む）試験や圧縮強度試験について、施工管理要領より頻度を高くすることとした。これらの試験データについては、製造、運搬等を含めた各種要因が品質のばらつきに及ぼす影響を確認するとともに、適切な品質管理方法の検討に反映することを考えている。

環境配慮型コンクリートは一般的に粉体量が多い配合となっており、現場で施工する際にはブリーディング量や充填性が異なる場合がある。そのため、打設面の表面仕上げ方法や、打継面の処理方法などを施工計画書に記載することとした。

また、セメントを混和材に置換していることか

ら、初期強度発現が小さく、また脱型期間が長くなることも考えられる。これは工事の工程に影響する一方で、硬化コンクリートの緻密化にも影響があることから、施工計画書への記載が必要な事項とした。

環境配慮型コンクリートは、一般的なコンクリートでは使用していない材料を使用する場合があります。生コン工場のプラント、アジテータ車およびポンプ車の洗い水や戻りコンの処理についても、特記事項がある場合は施工計画書に記載することとした。

これらについては、開発者、製造者、施工者および発注者がその内容を十分理解した上で、施工する必要がある。

■記録について (6章)

環境配慮型コンクリートの施工記録にあたっては、施工管理要領のほかに、打設ロットごとに(1)打設日、型枠脱型日、(2)型枠脱型後の養生方法および養生期間、(3)材齢28日におけるコンクリート表面の記録、(4)不具合等が発生したときは写真を記録に残す必要がある。

■施工後の調査について (7章)

環境配慮型コンクリートについては、特に耐久性に関する知見が少ないことから、施工した構造物や試験体を長期的にモニタリングする必要がある。工事期間中にあっては発注者と受注者で調査項目を定めて調査していくが、工事しゅん功後にあっては維持管理にスムーズに引き継ぐことができるように工事記録を整理することとした。

4.2 現在の取り組み状況

本設計・施工要領は、令和5年11月に制定し、当社ホームページで公表している。工事受注者から本設計・施工要領に基づき、技術資料の提出があり、施工計画の立案に向けて準備を進めている工事も出てきた。

当社のカーボンニュートラルに向けたコンクリート分野の取り組みはまだ始まったばかりであり、開発者、製造者、施工者と一体となって取り組んでいかななくてはならない。逐次技術開発状況を注視するとともに、当社管内での試験施工、本施工時の各種試験結果を整理し、課題を一つ一つ解決、新たな知見に基づき、本設計・施工要領の不断の見直しを行っていく所存である。

5. 今後に向けて

今後もカーボンニュートラルの取り組みは活発化し、現時点では当社の本設計・施工要領の適用範囲外とした環境配慮型コンクリートが開発されていくものと考えている。当社としても引き続き、高速道路構造物への適用を検討していく必要があることから、環境配慮型コンクリートの開発状況や設計・施工に必要なデータの提供について、今後ご理解とご支援をいただきたい。

【参考文献】

- 1) 中日本高速道路株式会社 NEXCO 中日本レポート 2023
- 2) 公益社団法人土木学会 コンクリートライブラリー 152 「混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針 (案)」