

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)

令和5年11月

中日本高速道路株式会社

環境配慮型コンクリート設計・施工管理要領

目 次

1	総則	1
1-1	適用	1
2	実施の流れ	6
2-1	環境配慮型コンクリート製品の適用性の確認	6
2-2	技術資料の提出	8
3	設計値と照査および施工の基本	9
3-1	全般	9
	(1)コンクリートの種別と性能照査	9
	(2)技術資料に記載する事項	11
3-2	設計に関する事項	13
	(1)一般	13
	(2)強度、応力-ひずみ曲線、ヤング係数、ポアソン比	15
	(3)収縮、クリープ	17
	(4)鋼材腐食に対する照査	18
	(5)凍害に対する照査	22
	(6)化学的侵食に対する照査	24
	(7)温度ひび割れに対する照査	25
	(8)耐火性に対する照査	26
3-3	施工に関する事項	27
	(1)一般	27
	(2)材料	27
	(3)配合	28
	(4)製造施設（生コン工場等）	28
	(5)品質管理	28
	(6)工場製品	29
4	施工管理	30
4-1	一般	30
4-2	レディーミクストコンクリート等の使用確認願	31
	(1)材料	31
	(2)配合設計	31
	(3)製造	31
4-3	施工計画	33
	(1)運搬	33
	(2)施工	33
4-4	事前確認試験	35
4-5	品質管理	36

5	検査	37
6	記録	38
7	施工後の調査.....	39

1 総則

1-1 適用

本要領は、中日本高速道路（以下、「会社」）が施工および管理する高速道路の建設ならびに維持修繕にかかわる、ポルトランドセメントの大半を混和材に置換した低炭素型の環境配慮型コンクリート構造物工事の設計・施工管理に適用する。適用にあたっては、使用する材料の特性や現場の状況を十分に勘案し、現場に適合した施工管理を行うように留意する。

なお、本要領にはポルトランドセメントを用いないゼロ・セメントコンクリート（セメントの混入率が極めて低いものも含む）は適用しないものとする。

【解説】

近年、世界各国で 2050 年のカーボンニュートラルを目指す動きが加速し、わが国においても、2030 年における温室効果ガス削減量（2013 年度比）の目標値が 46% に設定されるなど、温室効果ガス削減に向けた更なる取組みが推進されている。会社においても『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』を経営方針の一つに挙げており、高速道路事業で多くのコンクリートを用いていることから、当該事業においてもカーボンニュートラルへの貢献に向けた取組みを推進する必要がある。建設業界では、昨今の温室効果ガス削減の動きを受け、コンクリート製造時の CO₂ 排出量を従来よりもさらに削減する等のコンクリートの開発に関する取組みが活発化するなど、環境配慮型コンクリートの研究開発が進んでいる。このような背景から、コンクリート構造物工事における CO₂ 排出量削減のため、2022 年度に建設会社や材料メーカー、生コン工場などから環境配慮型コンクリートの技術情報の収集を行い、会社におけるその適用性について検討した。

これまでに業界や建設会社で提案されている製品等は、大きく 3 つに分類される。

- ① セメントの大半またはすべてを混和材に置換する『低炭素型』
- ② 樹木が空気中の CO₂ を吸収して長期間貯蔵するように、骨材や粉体に CO₂ を固定化した材料を用いたり、コンクリート製造時に CO₂ を吸収したりする『CO₂ 固定・吸収型』
- ③ これらに分類されないもの

コンクリート構造物工事における CO₂ 削減のためには、これらを活用していくことが必要となるが、本要領では現時点で研究開発から実用化のフェーズに移行している①『低炭素型』のうち、セメントの大半を混和材に置換したものを対象として定めることとした。一方、セメントのすべてを混和材に置換した「ゼロ・セメントコンクリート」は CO₂ 排出量削減への貢献は大きいものの、現時点では知見について整理されたものはほとんどないため、本要領では適用外とした。なお、セメントの混入率が極めて低いコンクリートも同様の理由で適用外とし、現状の技術を確認した結果を踏まえると、適用外とするセメントの混入率は 4% 未満を当面の目安とする。

現状において高炉セメント B 種を使用した場合、普通ポルトランドセメントを使用した場合と比較すると CO₂ 排出削減率は概ね 40% と試算されることから、本要領では普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートに比べ CO₂ 排出削減率 40% 以上のものを対象の目安とする。

なお、コンクリート工場製品、場所打ちコンクリートの有筋および無筋コンクリートのいずれも対象とする。

コンクリート構造物の計画、設計、施工管理および維持管理については、設計要領や施工管理要領などの会社の基準に基づいて行う必要があるが、本要領に示す環境配慮型コンクリートは、従来のコンクリー

トと材料、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状が異なることから、会社の基準をそのまま適用することが困難である。そのため、本要領では設計に関する事項は、土木学会「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）」など（以下、土木学会指針など）の学会基準を参考に作成し、材料・施工に関する事項については、受注者が提出する技術資料を確認することとした。なお、土木学会指針などでは、セメントを含めた結合材のうち混和材の質量比で70%以上置換したものを「混和材を大量に使用したコンクリート」と定義しているが、前述のとおり本要領では普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと比較してCO₂排出削減率が約40%以上のものを「セメントの大半を混和材に置換したコンクリート」とし対象の目安としている。このため混和材の質量比で70%未満のものでも本要領の対象になる場合がある。

これらの技術の進歩は日進月歩であることから、設計・施工に関して十分に検証されていると考えられるゼロ・セメントコンクリートの採用を検討する場合は、本社技術担当部署と協議する。また、これらの環境配慮型コンクリートには、CO₂をコンクリート製造時に原料に吸着させることでゼロカーボンとするコンクリートや細骨材に高炉スラグを使う工場製品などもあり、様々な環境配慮型コンクリート製品が開発されつつある。現在の分類は暫定的なものであり、今後の学会等の基準改訂や会社基準の仕様規定化、さらに新たな材料の開発等により変更することも考えられる。また、製鉄および火力発電の分野においてもカーボンニュートラルの取組みが活発化しているため、将来的にはこれらの分野から産出される高炉スラグやフライアッシュといった副産物の量が減少していくと予想される。そのため、低炭素型コンクリート編に留まることなく、今後の材料の開発状況に応じて、新たな編を制定していく予定である。

現在開発されている環境配慮型コンクリート製品は、実構造物への適用についてある程度検証が行われているものもあるが、高速道路の現場への適用には検証が不足する事項もあるため、本要領に基づき設計で求める性能の照査や適切な施工が行うことのできる材料を選定する必要がある。そのため、本要領では、環境配慮型コンクリートについて、設計で求める性能の確認や施工の確実性など採用を判断するための技術的な確認事項、実際の工事の品質管理、検査、施工確認などの施工管理、記録、施工後の調査等、材料選定から施工、施工後の調査について規定するものである。

なお、本要領に示す設計に関する事項については、3-2 に示すコンクリートの特性値や耐久性に関する性能照査に係る事項についてのみ規定しており、一般的な構造物設計に係る事項については設計要領などの関係基準によるものとする。また、施工に関する事項についても、環境配慮型コンクリートの特筆すべき事項を規定しており、一般的な施工に係る事項は、施工管理要領などによるものとする。

環境配慮型コンクリートの技術的情報については、学会など最新の情報を参考にするとよい。なお、本要領では、下記に示す環境配慮型コンクリートに関する最新の関連資料を参考としている。

「2022年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕」（公益社団法人土木学会）

「コンクリートライブラリー151 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計・施工指針」（公益社団法人土木学会）

「コンクリートライブラリー152 混和材を大量使用したコンクリート構造物の設計・施工指針（案）」（公益社団法人土木学会）

「コンクリートライブラリー155 高炉スラグ細骨材を用いたプレキャストコンクリート製品の設計・製造・施工指針（案）」（公益社団法人土木学会）

「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（Ⅰ）低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）」（国立研究開発法人土木研究所）

「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（Ⅱ） 混和材を用いたプレストレストコンクリート橋の設計・施工マニュアル（案）」（社団法人プレストレストコンクリート建設業協会）

「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（Ⅲ） 混和材を高含有した低炭素型コンクリートの設計・施工マニュアル（案）」（株式会社大林組）

「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（Ⅳ） 多成分からなる結合材を用いた低炭素型コンクリートの設計・施工マニュアル（案）」（大成建設株式会社、前田建設工業株式会社）

「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） 高炉スラグ微粉末を高含有した低炭素型コンクリートの設計・施工マニュアル（案）」（戸田建設株式会社、西松建設株式会社）

「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（Ⅵ） 高炉スラグ微粉末を結合材とした低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル（案）」（大成建設株式会社）

環境配慮型コンクリートの開発は、その多くが建設会社やコンクリート材料メーカー、工場製品製造者などの民間会社が行っており、現場への適用に向けて土木学会などの学協会や土木研究所と民間会社との共同研究などで指針、ガイドライン、マニュアル（案）が作成されている。これらの基準類は、対象構造物や材料あるいは作用の種類や大きさ、頻度等によっては現場への適用が困難なものもある。そのため、本要領や関連資料を調べても不明な事項については、安易な判断をせず本社技術担当部署に相談する。

環境配慮型コンクリートの多くは、コンクリートの材料のうち CO₂ 排出量の多くを占めるセメントを、製鉄過程でできる副産物の高炉スラグ微粉末、石炭火力発電所の副産物のフライアッシュ、その他シリカフュームや生石灰などの結合材に置き換えることで、CO₂ 削減に寄与するコンクリート材料である。そのため、一般的なコンクリートと様々な点で性状が異なる。なお、高炉スラグ微粉末やフライアッシュの置換率を混合セメント B 種相当としたコンクリートの一般的な傾向は解表 1-1 のようになると言われており、さらに本要領で適用を考える C 種の上限以上の環境配慮型コンクリートでは解表 1-1 と異なる傾向を示すものが見られ、施工中および施工後の構造物の性能にも大きく影響する場合もあると考えられる。そのため、耐久性を含めた設計に求める性能を満たすのみならず、材料の安定した品質や製造設備の確保が可能で、打設や養生等の施工管理方法が明確で確実な施工を行うことができるコンクリートを選定する必要がある。

解表 1-1 混和材の置換率を混合セメント B 種相当としたコンクリートの品質の一般的な傾向

項目	特徴（ポルトランドセメントのみを用いたコンクリートとの比較）
強度発現	水結合材比が同程度の場合、初期材齢では遅れることが多いが、その後も継続することが多い。
中性化に対する抵抗性	水結合材比と単位水量が同程度の場合、環境条件の影響も受けるが、低下することが多い。
塩化物イオン浸透に対する抵抗性	水結合材比と単位水量が同程度の場合、環境条件の影響も受けるが、向上することが多い。
凍結融解に対する抵抗性	化学混和剤を用いて空気量を確保した場合、同等か向上することが多い。
アルカリシリカ反応の抑制効果	置換率を一定以上とした場合に抑制効果が得られることが多い。
クリープ係数	載荷時の圧縮強度が同程度の場合、同等か小さくなることが多い。
自己収縮ひずみ	水結合材比が同程度で、高炉スラグ微粉末を用いた場合は、せつこう添加量や温度履歴の影響も受けるが、収縮量は同等か大きくなることが多く、フライアッシュを用いた場合は、収縮量は同等か小さくなることが多い。
乾燥収縮ひずみ	水結合材比と単位水量が同程度の場合、収縮量は同等か小さくなるが多い。
ワーカビリティ	水結合材比と単位水量が同程度の場合、化学混和剤の種類と使用量の影響も受けるが、同等か向上することが多い。
単位水量	化学混和剤の使用量とスランプが同程度の場合、少なくできることが多い。
断熱温度上昇特性	水結合材比と単位水量が同程度で、高炉スラグ微粉末を用いた場合は、発熱速度は小さくなるが多いが、終局値は同等か大きくなるが多く、フライアッシュを用いた場合は、どちらも小さくなるが多い。
凝結時間	化学混和剤の種類と使用量、せつこうの添加量の影響も受けるが、水結合材比と単位水量が同程度の場合、同等か遅くなるが多い。
湿潤養生期間の影響	水結合材比が同程度の場合、湿潤養生期間の長短が品質に与える影響が大きく、同等の品質を得るための湿潤養生期間が長くなるが多い。
冬期施工時の低温の影響	水結合材比が同程度の場合、化学混和剤の種類と使用量の影響も受けるが、凝結や強度発現が遅れることが多い。
夏期施工時の高温の影響	化学混和剤の種類と使用量の影響も受けるが、ワーカビリティの経時的な低下の程度が大きくなることもある。
色調	高炉スラグ微粉末を用いた場合、表面は脱型直後に青藍色を呈するが徐々に白くなり、内部は長期材齢においても青藍色を呈することが多い。
材料製造時の二酸化炭素排出量	減少する。

※普通ポルトランドセメントを用いて、高炉スラグ微粉末あるいはフライアッシュの置換率を混合セメント B 種相当としたコンクリートの品質の一般的な傾向である。高炉スラグ微粉末には JISA 6206 に適合する高炉スラグ微粉末 4000、フライアッシュには JISA 6201 に適合するフライアッシュ II 種の使用を想定している。

出典：低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）、国立研究開発法人土木研究所

1-2 用語の定義

本要領に用いる用語を、次のように定義する。

環境配慮型コンクリート：カーボンニュートラルへの貢献に向け、温室効果ガス削減に資するコンクリート。本要領ではそのうち、セメントの大半を混和材に置換し、コンクリート製造時のCO₂排出削減率が普通ポルトランドセメントを使用した従来のコンクリートと比較して約40%以上のものを低炭素型として定義する。

結合材：コンクリート材料のうち、セメントおよびセメントと同程度またはそれ以上の粉末度で、水と反応し、コンクリート強度発現に寄与する物質を生成するものの総称。

混和材：セメント、水、骨材以外の材料で、コンクリート等に特別の性質を与えるために、打込みを行う前までに必要に応じて加える材料のうち、使用量が比較的多く、それ自体の容積がコンクリートの練上がり容積に算入されるもの。

置換率：混和材として用いるセメント以外の結合材の質量を、結合材の質量で除した値を百分率で表したものの。

【解説】

現在、一般的なコンクリートと同様に使用できるように開発された環境配慮型コンクリートの多くには、セメントの一部を高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフェーム、膨張材、その他せっこう、消石灰、石灰石微粉末などに置換えて結合材としたコンクリートがある。

高炉スラグ微粉末は、溶鉱炉で銑鉄と同時に生成する熔融状態の高炉スラグを水によって急冷した後、これを乾燥・粉砕したもの、またはこれに少量のせっこうを添加したものである。また、フライアッシュは、石炭火力発電所で微粉炭を燃焼した際に発生する石炭灰のうち、集塵器で採取された灰のことで、採取された灰は分級工程を経て細粉・粗粉に分けられ、品質試験を行いサイロで貯蔵、管理されたものである。シリカフェームは、フェロシリコンや金属シリコンを製造するときに生じる排ガスを捕集したもので、フライアッシュと同様にポズラン反応を示し、さらにマイクロフィラー効果による緻密化やコンクリートの流動化に寄与しコンクリート強度を高める効果がある。膨張材を含めこれらは JIS A 5308 : 2014 に示す材料である。

混和材、結合材などの用語については、環境配慮型コンクリートの基準を確認するうえで基本的な用語となることから確認の意味も込めて掲載している。内容については土木学会の指針などを参考にしたので、その他の用語についてはそれらを参考にするとよい。

2 実施の流れ

2-1 環境配慮型コンクリート製品の適用性の確認

環境配慮型コンクリートの現場での適用の可否を判断するため、受注者は、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内容について記載した資料（以下、「技術資料」）を作成し、監督員に提出する。技術資料の具体的な記載事項は、3-1（2）に示す。なお、対象工事での適用性の確認は、提出された技術資料をもって図 2-1 に示すとおり実施する。

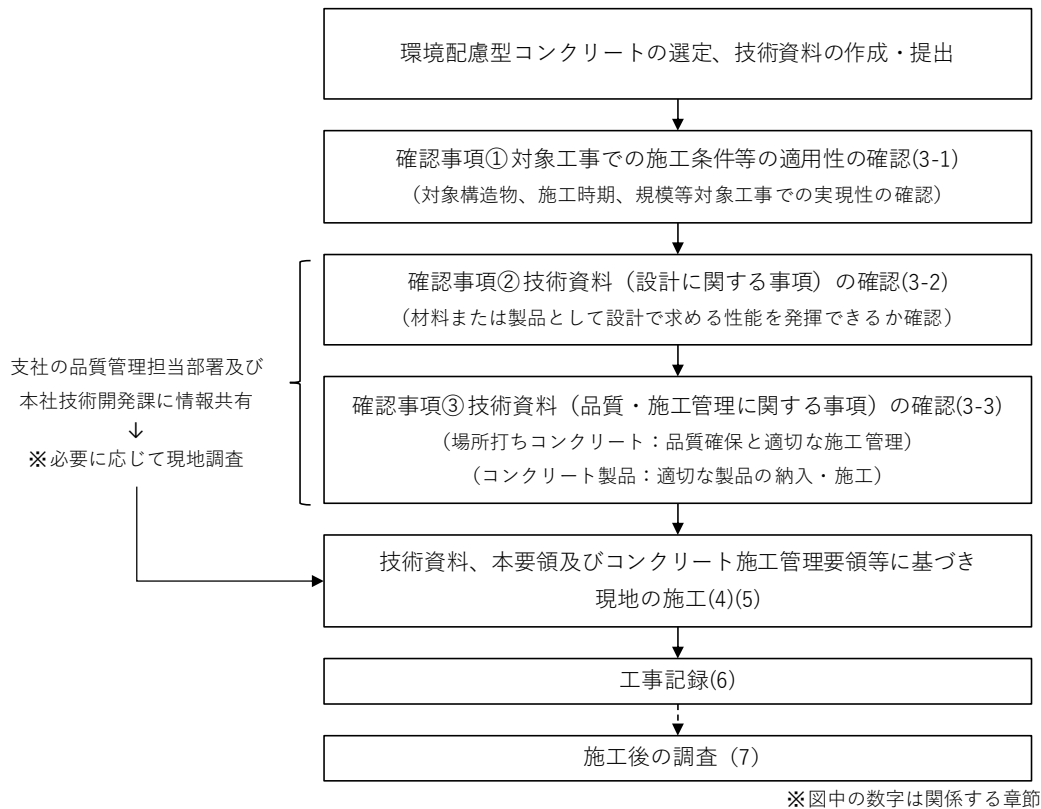


図 2-1 環境配慮型コンクリート製品の適用性の確認の流れ

【解説】

環境配慮型コンクリート製品は、一般的には使用していない材料や配合で製造されるため、一般的なコンクリートのように長い実績のなかで適用性を確認し、仕様規定化されたものとは異なる。そのため、単に強度のみに着目して環境配慮型コンクリートに置き換えるのではなく、そのコンクリートの特性を踏まえて現場での適用性を十分に確認したうえで採用を判断しなければならない。採用を判断するために確認する事項を3つに区分し、①強度発現が遅いなど養生期間などを考慮した施工時期や対象構造物や規模など対象工事での施工や契約条件などの確認、②対象構造物の設計で求める性能を有していることの確認、③性能を発揮するための材料やプラントでの製造の均一性などの品質確保、コンクリートの圧送性や充填性などの施工時の特性の確認、施工時の検査・立会など含めた一般的なコンクリートの施工管理に追加、変更して行う必要がある事項等の確認を行う。なお、確認事項の内容やその方法については関係する章節を参考にされたい。

施工については、製品により画一的に定めることが困難な施工、管理方法の違い、コンクリート施工管

理要領に規定する事項と異なる点等を、技術資料、施工前に提出される施工計画書などをもとに監督員と受注者で費用を含めて確認・協議し、それらに基づき基準試験や日常管理試験などを実施して、必要な検査、立会を監督員で行う。

技術資料の確認において、製品開発者による事前検討や試験等の確認が十分でない事項が部分的にある場合は、工事期間中に補足試験や検討を行うことも考えられる。その場合はそれらの試験や検討に要する期間を勘案して工事工程などの施工条件を確認して採用を判断する必要がある。

2-2 技術資料の提出

- ・環境配慮型コンクリートの採用の可否判断および現場での品質、施工管理については、施工予定者より提出された技術資料に基づき行う。技術資料の内容の確認において疑義が生じた場合は、支社品質管理担当部署および本社技術担当部署に相談する。
- ・技術資料には適用する構造物、採用するコンクリート材料およびその特性に応じて、必要とする事項を記載する。また、過去の実績や試験・研究などに関する論文や技術資料・基準などについて、必要に応じて追記する。
- ・技術資料において確認できない事項があった場合は、追加検討または試験等について監督員と受注者で協議し、必要に応じてその実施計画についても技術資料に含める。

【解説】

技術資料の提出の目的は、多種多様な環境配慮型コンクリート製品の採用の可否を、監督員と受注者で協議し判断するために必要な技術的な事項を確認することにある。環境配慮型コンクリートに使用する結合材や混和材は、コンクリート構造物を構築する基本的な材料であり、施工だけでなくその後の維持管理にも影響するため、確認事項は多くなるがこれらを十分理解して確認することが肝要である。なお、現場での確認において疑義があった場合は、必ず本社に相談して判断する。

このため、施工実績や製品の性能等に関する根拠資料を添付してもらうことが基本である。公知にされていない技術情報がある場合は、その資料の取扱い等も協議し、必要に応じて秘密保持契約などを締結することも考えられるので、その場合は本社技術担当部署に相談されたい。

環境配慮型コンクリートは、土木学会や土木研究所などで研究されているが、JIS等の規程は未だ定められていないため、各製品の技術開発のなかで行った試験や検討事項が異なることもある。確認事項が不足する場合は、すぐに採用を否決するのではなく、必要な試験、検討を実施することで判断することも考えられる。ただし、その場合はそれらの実施について工事工程などへの影響など確認し、大幅な工事内容の変更を伴わないよう配慮する。

3 設計値と照査および施工の基本

3-1 全般

(1) コンクリートの種別と性能照査

環境配慮型コンクリートを適用するコンクリートの種別と性能照査項目については下表を基本とする。
 なお、適用構造物として、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当面の間、対象としないものとする。

表 3-1 コンクリートの種別と性能照査項目

確認事項	照査項目	コンクリートの種別、適用構造物、構造物種別		
		A1-1、A1-3、A1-4、A1-5、 B1-2、B1-3、B2-1、T1-4、 T3-4、Y1-1	H1-1、HS1-1、H2-1	C1-1、C2-1、D1-1、N1-1
		有筋コンクリート構造物：擁壁、カルバート、壁高欄、ケーソン、トンネル構造物、場所打ちぐい等	セメントコンクリート舗装：セメントコンクリート舗装版	無筋コンクリート構造物：用・排水構造物、基礎コンクリート、無筋コンクリート擁壁、トンネルインパート、敷均しコンクリート、ブロック積等裏込め等
		構造物種別R	構造物種別H	構造物種別M
環境負荷低減効果等	CO ₂ 削減量等	○	○	○
設計で要求する性能	強度等	○	○（曲げ強度）	○
	収縮、クリープ	△	△	×
	鋼材腐食に対する抵抗性（中性化、塩害等）	○	○	×
	コンクリート劣化に対する抵抗性（凍害、ASR）	△	△	△
	化学的浸食	△	×	△
	その他（耐火性能等）	△	×	×
	温度ひび割れ	△	×	×
品質確保と適切な施工管理	材料、配合、製造等の品質管理	○	○	○
	ワーカビリティ（スランブ ^{注1} ）、圧送性、充填性	○	○	○
	強度発現等の工事への影響	○	○	△
	検査、立会項目等	○	○	○

○は必須、△は必要に応じて、×は基本的に不要

注1) スランブは、コンクリート施工管理要領の規定によらず、製品ごとの配合によって決定されたスランブもしくはスランブフローとしてよい。

【解説】

環境配慮型コンクリートを使用する構造物に応じて、設計で求める性能等が異なるため、表 3-1 に構造

物種別ごとに確認事項を整理した。

設計で要求する性能に関する事項については、無筋コンクリート構造物や鉄筋量が少ないコンクリート構造物では鋼材腐食に対する確認事項など照査項目が不要なものもある。また、同じ構造物種別のものでも、構造物の規模によりマスコンクリート等の温度ひび割れの可能性がある場合やクリープや乾燥収縮を設計で考慮している構造物の場合は、それらに関するコンクリートの特性を把握して、対策等の検討を行う必要がある。また、高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等の混和材の使用は、セメント量が相対的に少なくなるため ASR 等の抵抗性が高くなることが一般的であるが、反応性骨材使う場合はその影響を確認する。

品質や施工管理に関する事項については、使用する材料の均一性、製造計画の実現性、コンクリートの圧送性や充填性など打設時の不具合の抑制、強度発現遅延による工事工程などの影響に留意する必要がある。

環境配慮型コンクリートは、同強度の従来のコンクリートと比べて、水粉体比が小さく、粘性が高い傾向にあるため、大きめのスランプもしくはスランプフロー管理とすることができる可能性がある。そのため、施工性の観点からコンクリート施工管理要領の規定によらず、製品に適したスランプもしくはスランプフロー管理としてよいものとした。

なお、環境配慮型コンクリートの多くは、内部鋼材に対する防食性能や、クリープ等の特性が十分に把握されておらず、知見が少ないことから、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では、現時点では、適用しないこととした。新たな知見が得られる等、それらの構造物について適用を検討する場合は本社技術担当部署と協議されたい。

環境配慮型コンクリートは、現状では施工実績が少なく、施工後の状況を継続的に点検・調査し、変状が発生した場合は、早期に発見し必要に応じて対応することが必要となる。そのため、腐食等の環境が厳しく、また点検や補修等の対応が困難な箇所は、当面の間、採用を控えることとする。なお、場所打ちぐい等の基礎構造物については、酸素の供給量が少なく腐食環境が厳しい条件とはいえないため、適用の対象としている。

(2) 技術資料に記載する事項

技術資料に記載すべき事項は下表の内容とすることを基本とする。なお、(1) に示すように対象構造物、使用するコンクリートに応じて省略しても良い。

表 3-2 技術資料に記載する事項

項目	内 容	
環境負荷低減効果等	CO ₂ 削減効果、削減率算出基準等	
	提案されたコンクリートの特徴、特性に関する事項	
	過去の研究、関連する技術資料・指針、実績等	
設計で要求する性能	環境配慮型コンクリートの適用に伴う設計の変更の有無と変更内容	
	強度、応力-ひずみ曲線、ヤング係数、ポアソン比 (3-2 (2))	
	収縮、クリープ (3-2 (3))	
	鋼材腐食抵抗性	中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食抵抗性 (3-2 (3) ②)
		塩害環境下の鋼材腐食抵抗性 (3-2 (3) ③)
		中性化と塩化物イオンの侵入の複合に伴う鋼材腐食抵抗性 (3-2 (3) ④)
	凍害 (3-2 (5))	
	化学的浸食に対する照査 (3-2 (6))	
	温度ひび割れ (3-2 (7))	
その他、耐火性 (3-2 (8)) 等		
品質確保と適切な施工管理	環境配慮型コンクリートの適用に伴う工事 (仕様等) の変更の有無と変更内容	
	材料、配合、製造 (3-3 (2) ~ (4))	
	品質管理 (3-3 (5))	
	工場製品 (3-3 (6))	

※表中の数字は関連する章節

【解説】

技術資料に記載すべき事項を整理した。

環境負荷低減効果などに関する事項については、CO₂削減効果の他、提案されたコンクリートの特徴、特性に関する情報、製品開発などに関する研究や技術資料、その他実績などの情報について確認して、適用を検討するコンクリートの基本的な内容を把握できるようにした。

コンクリートの環境負荷低減効果の照査の方法は、現時点ではその標準が定められていないため、CO₂の排出量の削減効果を示す場合は、対象とする環境負荷（この場合はCO₂）、使用材料の生成過程のみ等のシステム境界、単位質量当たりの排出量などの根拠となるインベントリーデータ、環境負荷の計算方法、効果を示すための基準や比較対象を適切に選定して示す必要がある。

会社において環境配慮型コンクリートの技術情報を公募した際に示したCO₂削減量の方法には解表3-1、解表3-2がある。ゼロ・セメントコンクリートではCO₂を吸着する等の製品もあるため、それらの効果も適切に評価する必要がある。なお、これらの評価の仕方については各種機関において研究されており、解説に記載した算出方法以外を否定するものではない。提示された算出方法についてヒアリング確認するとともに、その内容について疑義があった場合は、本社に相談する。

解表 3-1 コンクリートの環境負荷低減効果の検討条件の例

項目	内容
環境負荷	温室効果ガスのうち二酸化炭素（CO ₂ ）ガスの排出量
システム境界	原材料生成時に排出されるCO ₂ を対象（運搬・製造は考慮しない）
インベントリーデータ	解表3-2参照
環境負荷の計算方法	配合に基づき各材料にインベントリーデータ（排出原単位）を乗じて積算（積み上げ法）。コンクリート 1 m ³ あたりのCO ₂ 排出量を表示。
評価の基準、比較対象	一般のコンクリートの場合と比較
その他	CO ₂ を吸着する資材を混入する場合は1m ³ あたりのCO ₂ 吸着固定量を加算

解表 3-2 使用材料の CO₂ 排出原単位の例

材料	原単位 (kg-CO ₂ / t)	出典
ポルトランドセメント	762.7	セメント協会：セメントのLCIデータの概要（2021.4.12公表） ※2019年度実績値
高炉セメントB種	440.3	
フライアッシュセメントB種	640.9	
高炉スラグ微粉末	26.5	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評価 （その2），P39の差し替え表，2004年9月
フライアッシュ	19.6	
細骨材	3.7	
粗骨材	2.9	
水	0.245	東京都水道局公表値

設計で要求する性能に関する事項については、適用に伴いかぶりの増や防錆鋼材への変更などの設計変更の有無や変更内容、設計の前提条件となるコンクリートの特性値や制限値などのほか、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、それらの特性値などの情報を求めている。また、凍害や温度ひび割れについては、施工環境において環境配慮型コンクリートの適用を検討するための、基本的な物性値である相対弾性係数、断熱温度上昇量に関する試験またはそれ以外の方法で行った検証試験などに関する情報を求めている。具体的な内容について次節以降に記載する。

品質確保と適切な施工管理に関する事項については、強度発現の遅延に伴う養生期間の増、工期変更などの適用に伴う工事の仕様の変更の有無と変更内容、性能を満足する基本的な配合、原料の品質の安定供給、材料を配合するサイロを有する製造設備の所在、その他圧送時の材料分離や閉塞、確実な充填、コンクリート施工管理要領に規定する以外の例えば特殊な材料の保管状況の確認、特殊な事前確認試験などの事項、立会やその頻度の変更等、工場製品の場合はその製造管理や引渡し時の確認事項などの情報を求めている。それらの具体的な内容についても次節以降に記載する。

3-2 設計に関する事項

(1) 一般

- 1) 環境配慮型コンクリートは、構造物に要求される性能を満足するために必要な特性値が確保されていなければならない。
- 2) 性能照査に用いる環境配慮型コンクリート構造物の設計値は、試験また信頼できる資料に基づいて設定することを原則とする。

【解説】

1) コンクリート構造物の設計においては、それぞれの限界状態において、要求性能に応じた設計限界値が設定された上で、荷重や環境の作用により生じる応答値を算定し、応答値が設計限界値を超えないことを確認する。その具体的な方法は、2022年制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕（以下、「示方書〔設計編：標準〕」）に従うものとし、本要領では、混和材を大量に使用したコンクリートの特性のうち構造物の性能に対する影響が大きいと考えられる項目、すなわち、強度特性、変形特性、鋼材腐食に関する照査、凍結融解抵抗性に対する照査、化学的侵食に対する照査、初期ひび割れに対する照査およびその他耐火性に対する照査について記述している。本要領で示されていない性能については、示方書〔設計編：標準〕に従い適用する構造物の要求性能に応じて適切に照査する。

2) 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なく、施工条件さらにはコンクリートの使用される環境条件によっても大きく影響される場合がある。これらの条件が多様であるため、ここでは環境配慮型コンクリートに関して、通常的设计段階で用いられる諸特性の一般的な数値を示した。これらの数値は標準的な値である。このため、コンクリートの材料特性について、実際の使用材料、配合、施工、環境などの条件のもとでの信頼できる数値が得られるならば、ここに示した諸数値の代わりに、実際に即した値を用いることが望ましい。なお、環境配慮型コンクリートは開発されてからの年数が短いこともあり、十分に確認されていない特性値もある。その場合は試験を行って確認することを原則とする。また、コンクリート構造物の長期耐久性に関わる特性（表 3-2 に示す設計で要求する性能）等について十分な確認ができていない場合は、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等により、設計を行う必要がある。

次節以降に、(2)強度、応力-ひずみ曲線、ヤング係数、ポアソン比、(3)収縮、クリープ、(4)鋼材腐食に対する照査、(5)凍害に対する照査、(6)化学的侵食に対する照査、(7)温度ひび割れに対する照査、(8)耐火性に対する照査の考え方を示すので、設計に関する事項について適切に確認されたい。

なお、アブサンデン現象について、国立研究開発法人土木研究所 共同研究報告書 整理番号 476 号（土木研究所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(VI)-高炉スラグ微粉末を結合材とした低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル(案)）における 4.7 長期的な安定性の評価では、その発生可能性と暴露試験結果を踏まえて長期耐久性について示されている。そこでは、高炉スラグ微粉末の置換率を JIS R 5211 の高炉セメント C 種よりも高くしたコンクリートでは、コンクリートの表面のペーストが脆くなり、骨材が露出するアブサンデン現象の発生が懸念されることも示されている。また、若材齢で高温履歴を受けるようなコンクリートでは、エトリングタイトの遅れ生成 (DEF) の発生が懸念されること等が指摘されている。一方で暴露試験によりアブサンデン現象および DEF が生じないことを確認しており、実環境においてアブサンデン現象や DEF によって硬化体の安定性が損なわれることがないと判断してよいこととされている。ただし、蒸気養生などの特殊な製造方法で作製された環境配慮コンクリートでは、

試験により別途確認することが望ましい。

また、本要領で対象とする環境配慮型コンクリートは、セメント使用量が少なく、アルカリシリカ反応の抑制効果をもつ混和材を大量に使用していることから、2017年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕3.4、4.3.3に従い、高炉スラグ微粉末あるいはフライアッシュの置換率をこれらの分量以上とする場合には、アルカリシリカ反応の抑制効果が得られると考えてよい。しかし、混和材の置換率を一定以上としてもアルカリシリカ反応を完全に抑制できない場合があるため、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が得られることを確認する。

(2) 強度、応力-ひずみ曲線、ヤング係数、ポアソン比

- 1) 環境配慮型コンクリートの強度の特性値は、材齢 28 日における試験強度に基づいて定めることを原則とする。ただし、構造物の使用目的、主な荷重の作用する時期および施工計画などに応じて、それ以外の適切な材齢における試験強度に基づいて定めてもよい。
- 2) 限界状態の照査の目的に応じて、環境配慮型コンクリートの応力-ひずみ曲線を仮定する。
- 3) 環境配慮型コンクリートのヤング係数は、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」によって求めることを原則とする。
- 4) 環境配慮型コンクリートのポアソン比は、弾性範囲内では一般に 0.2 としてよい。
ただし、引張を受け、ひび割れを許容する場合は 0 とする。

【解説】

1) 環境配慮型コンクリートが適切に養生されている場合、その圧縮強度は材齢とともに増加し、一般の構造物では、標準養生を行った供試体の材齢 28 日における圧縮強度以上となることが期待できる。また、環境配慮型コンクリートの強度発現は、混和材の種類や置換率によって異なり、一般のコンクリートと比較して、初期材齢で遅くなり、長期的に継続する傾向が多くみられるが、混和材の種類および置換率ならびに水結合材比を適切に選定することによって、その圧縮強度は材齢 28 日において一般の構造物で要求される圧縮強度以上となる。これらの点を考慮して、環境配慮型コンクリートの強度特性は、一般の構造物に対して、材齢 28 日のコンクリート標準供試体を用いて JIS A 1108:2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」または JIS A 1113:2006「コンクリートの割裂引張強度試験方法」で得られる試験強度に基づいて定めることを原則とした。

しかし、構造物の種類によってはコンクリートの打込み後かなり長い期間を経過した後に設計荷重を受ける場合があり、また、環境配慮型コンクリートでは一般のコンクリートと比較して強度発現が遅いこともあるため、早期の強度をもって環境配慮型コンクリートの強度の特性値を決めるのは実用上適当でない場合がある。このような場合には、材齢 56 日や材齢 91 日における試験強度から定めてもよい。

環境配慮型コンクリートの圧縮強度と引張強度の関係は、一般のコンクリートと同程度との試験結果が得られている。よって、環境配慮型コンクリートの引張強度の特性値 f_{tk} は、一般のコンクリートと同様に、圧縮強度の特性値 f'_{ck} に基づいて、示方書〔設計編:標準〕式(解 5.3.1)により求めてよい。

2) 環境配慮型コンクリートの場合でも、応力-ひずみ曲線は材齢、作用する応力状態、載荷速度および載荷経路などによって相当に異なる。このことを踏まえて、混和材を大量に使用したコンクリートの応力-ひずみ曲線は、限界状態の照査の目的に応じて示方書〔設計編:標準〕を参照して仮定することとした。

3) 環境配慮型コンクリートのヤング係数は、JIS A 1149:2010「コンクリートの静弾性係数試験方法」によって求めることを原則とした。一方、環境配慮型コンクリートが土木学会「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152」)

1.1(2)適用の範囲に適合する場合は、構造物の使用性の照査や疲労破壊に対する安全性の照査における弾性変形または不静定力の計算には、一般に式(解式 3.1)から求められるヤング係数 E_c (N/mm^2) を用いてよい。

$$\begin{aligned} E_c &= \left(2.2 + \frac{f'_c - 18}{20} \right) \times 10^4 & 20 \leq f'_c < 30 \text{ N/mm}^2 \\ E_c &= \left(2.8 + \frac{f'_c - 30}{33} \right) \times 10^4 & 30 \leq f'_c < 40 \text{ N/mm}^2 \\ E_c &= \left(3.1 + \frac{f'_c - 40}{50} \right) \times 10^4 & 40 \leq f'_c < 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (\text{解式 3.1})$$

4) 環境配慮型コンクリートのポアソン比は、弾性範囲内において、一般のコンクリートと同程度との試験結果が得られていることから、一般のコンクリートと同様の値を用いてよいこととした。

ただし、環境配慮型コンクリートがライブラリー152 1.1(2)適用の範囲に適合しない場合は、試験により確認するのが良い。

(3) 収縮、クリープ

- 1) 環境配慮型コンクリートの収縮の特性値は、使用する混和材、骨材、セメントの種類、コンクリートの配合等の影響を考慮して定める。
- 2) 環境配慮型コンクリートのクリープ係数は、適切な試験により求めたクリープ係数に基づき、構造物周辺の湿度、部材断面の形状寸法、コンクリートの配合、応力が作用するときのコンクリートの材齢等の影響を考慮して、適切に定める。

【解説】

1) コンクリートの収縮は、乾燥収縮、自己収縮を含み、構造物の置かれる環境の温度、相対湿度、部材断面の形状、コンクリートの配合のほか、骨材の性質、セメント等の結合材、混和材の種類、コンクリートの締固め、養生条件などの要因によって影響を受ける。そこで、養生条件、環境条件、形状寸法を統一した条件下での収縮を、そのコンクリートの収縮の特性値とした。構造物の性能照査においてコンクリートの収縮が影響する構造物の応答値を算定する場合は、強度等の特性値と同様にコンクリートの収縮の特性値を設計段階で設定し、その値を設計図書に記載する。

収縮の特性値は、100×100×400mm の角柱供試体を用い、水中養生7日後、温度20℃、相対湿度60%の環境下で、JIS A 1129:2010「モルタルおよびコンクリートの長さ変化測定方法」に従って測定された乾燥期間6ヶ月における収縮ひずみとし、実際に使用するコンクリートと同材料、同配合のコンクリートの試験値や、実績をもとに定める。

構造物中におけるコンクリートの収縮は、そのコンクリートの収縮の特性値に、構造物の置かれる環境の温度、相対湿度、部材断面の形状、乾燥開始材齢などの影響を考慮して算定する。

2) 混和材を結合材の50%まで置換して用いたコンクリートのクリープ係数は、無置換のものに比べて小さくなることは確認されている。しかし、混和材を結合材の70%以上用いたコンクリートのクリープ係数は、十分なデータがないことから、構造物の性能照査においてクリープの影響を考慮する必要がある場合には、試験等によって特性値などを定める必要がある。

(4) 鋼材腐食に対する照査

① 一般

- 1) 環境配慮型コンクリートは、与えられた環境条件の下、設計耐用期間中に、中性化と水の浸透および塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食によって構造物の所要の性能が損なわれてはならない。一般に、以下の(i)を確認した上で、限界状態を超えた場合の性能に及ぼす影響を考慮して(ii)および(iii)の照査を行う。
 - (i) コンクリート表面のひび割れ幅が、鋼材腐食に対するひび割れ幅の設計限界値以下であること。
 - (ii) 設計耐用期間中の中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食深さが、設計限界値以下であること。
 - (iii) 塩害環境下においては、鋼材位置における塩化物イオン濃度が、設計耐用期間中に鋼材腐食発生限界濃度に達しないこと。
- 2) 環境配慮型コンクリートにおいて、中性化と塩化物イオンの侵入の複合作用が懸念される場合には、その影響を考慮して鋼材腐食に対する照査を行う。

【解説】

- 1) コンクリートの中性化とコンクリート中への水の浸透および塩化物イオンの侵入は、コンクリート中の鋼材腐食の原因となる。本要領では、示方書〔設計編：標準〕に準じて、中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する検討方法と、塩害環境下における塩化物イオンの侵入による鋼材腐食に対する検討方法を示している。これらはいずれも、コンクリート表面から鉄筋に向かう次元方向の物質移動を想定したものである。このような照査法が成り立つのは、ひび割れ位置における局所的な腐食が生じないことが前提となる。このためには、かぶりコンクリートのひび割れ幅が小さくなければならない。そこで、(i)により、ひび割れ幅が鋼材腐食に対するひび割れ幅の設計限界値以下に抑えられていることが確認されたうえで、(ii)中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食深さの照査、(iii)塩害環境下においては、鋼材位置における塩化物イオン濃度の照査を行うこととした。なお、水の浸透に伴う鋼材腐食深さの算定が困難な場合には、中性化に対する照査を持って、水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査に代えてもよい。鋼材腐食に対するひび割れ幅の設計限界値(mm)は、鉄筋コンクリートの場合、 $0.005c$ (c はかぶり (mm)) としてよい。ただし、0.5mm を上限とする。
- 2) 環境配慮型コンクリートは、一般にはあまり中性化速度が大きいとはいえないような、飛沫帯などの海洋環境や、凍結防止剤散布環境においても中性化が進みやすい傾向がみられ、中性化と塩化物イオンの侵入が複合して作用する状態となる。このような複合作用が想定される環境においては、中性化残りを考慮した中性化深さを照査することとした。なお、現状では混和材を大量に使用したコンクリートの構造物への適用事例が少なく、中性化と塩化物イオンの複合作用の状態を見極めることが難しいと思われる。このため海水中など中性化の影響がないことが明白な場合を除いて、塩害環境においては中性化と塩化物イオンの侵入の複合作用を考慮した照査を行うとよい。

② 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査

- 1) 環境配慮型コンクリートの中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査は、鋼材腐食深さが設計耐用期間中に鋼材腐食深さの設計限界値に達しないことを確認することを、鋼材腐食に対する照査の原則とする。
- 2) 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査を中性化深さをを用いて行う場合には、中性化深さが設計耐用期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことを確認することで、鋼材腐食に対する照査としてよい。
- 3) 2)の照査を満足することが困難な場合は、耐食性が高い補強材や防錆処理を施した補強材を用いる。

【解説】

1) 鋼材腐食深さの設計限界値 s_{lim} は、構造物の重要性や維持管理区分などを考慮して、適切に設定する必要がある。一般に、コンクリートのひび割れや剥離等といった鋼材腐食によって最初に生じる変状を防ぐために、鋼材腐食深さの設計限界値を設定するのが良い。ただし、設計で想定していない様々な環境作用や、施工による品質の相違、また使用する照査手法の相違等により、鋼材腐食深さがその設計限界値を実際に超えることがあると、コンクリートのひび割れや剥離等に至り、構造性能の低下が生じ、維持管理において問題が発生する恐れがある。したがって、設計では十分に余裕を見込んだ値とする必要がある。

環境配慮型コンクリートの中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査は、示方書〔設計編：標準〕

3.1.3.2 鋼材腐食深さに対する照査に準拠して行う。

水分浸透速度係数は、「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法（案）JSCE-G 582-2018」に準拠した試験により求めることを原則とした。ただし、環境配慮型コンクリートに使用するセメントが、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種で、水結合材比の範囲が、0.40 以上 0.60 以下の場合は、3.1.3.3 コンクリートの水分浸透速度係数の設定 における（解 3.1.3）式により水分浸透速度係数を評価してもよい。

2) 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食深さの算定が困難な場合には、中性化深さが設計耐用期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことを確認することで、鋼材腐食に対する照査としてよい。

示方書〔設計編：標準〕3.1.3.4 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査 に準拠して行う。ただし、環境配慮型コンクリートは一般に単位セメント量が少ないか、またはセメントを使用しない配合でありアルカリ量が比較的強く中性化速度係数が大きい。従って、照査に用いる中性化速度係数については以下の方法により設定する。

環境配慮型コンクリートが、ライブラリー152 1.1(2)適用の範囲に適合する場合は、同設計施工・施工指針（案）3.4.2 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査 (2)に準拠して設定して良い。

環境配慮型コンクリートが、ライブラリー152 1.1(2)適用の範囲に適合しない場合は、中性化速度係数の特性値 α_k は、供用時の環境条件と同条件で行った暴露試験の結果を用いることが望ましい。暴露試験の結果を入手できない場合には、JIS A 1153:2012「コンクリートの促進中性化試験方法」に準拠した促進中性化試験を行い、二酸化炭素濃度差を補正して求めた中性化速度係数の推定値 α_p を用いて中性化速度係数の特性値 α_k を設定してもよい。

3) 中性化速度係数が大きい材料でかぶりを大きくしても耐久性照査を満足できない場合は、腐食防止処置補強材（エポキシ樹脂塗装鉄筋）や耐食性の高いステンレス鉄筋等の使用を検討する。

③ 塩害環境下における鋼材腐食に対する照査

環境配慮型コンクリートを用いたコンクリートの塩化物イオン浸透による鋼材腐食に対する抵抗性は、施工時と供用時に構造物が置かれる環境条件を適切に考慮して、暴露試験や促進試験の結果等に基づき、十分な信頼性を有する方法によって照査する。

【解説】

環境配慮型コンクリートの塩害による鋼材腐食に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。しかし、この照査方法によりがたい場合には、信頼できるデータにより照査してもよい。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{解式 3.2})$$

ここに、 γ_i : 一般に 1.0~1.1 としよ

C_{lim} : 耐久設計で設定する鋼材腐食発生限界濃度 (kg/m³)

C_d : 鋼材位置における塩化物イオンの設計値 (kg/m³)

塩化物イオン濃度の設計値 C_d は、示方書 [設計編:標準] 3.1.4 塩害環境下における鋼材腐食に対する照査 解式 (3.2) により算出してよ

いものとした。コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 D_k については、2022 年版コンクリート標準仕様書 [設計編] 3.1.4.2 コンクリートの塩化物イオン拡散係数の設定値 において 3 つの設定方法 (i) (ii) (iii) が示されているが、この時、(i) の水セメント比と見かけの拡散係数の関係式については、混和材を大量に使用する、あるいはゼロセメント等の条件のコンクリートに対して、一般的に環境配慮型コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 D_k を配合等から算定する式は現状では示されておらず (i) の方法を適用できない。

このため、示方書 [設計編:標準] 3.1.4.2 コンクリートの塩化物イオン拡散係数の設定値における (ii) (iii) の方法により設定することとした。

一方、鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} について、混和材を大量に使用したコンクリート中の鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度は、現時点で明らかになっていないが、対象とする環境配慮型コンクリートがライブラリー152 1.1(2) 適用の範囲に適合する場合は、示方書 [設計編:標準] に示されたシリカフェームを用いた場合の値である 1.2 kg/m³ を目安として用いることができる。この他、環境配慮型コンクリートがゼロ・セメントコンクリートや特殊な粉体を利用する場合は、設計耐用期間中に鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度に達しないことを照査するためには、試験や実績等に基づき、鋼材腐食発生限界濃度を適切に設定する必要がある。

④ 中性化と塩化物イオンの侵入の複合に伴う鋼材腐食に対する照査

環境配慮型コンクリートの中性化と塩害の複合劣化に伴う鋼材腐食に対する照査は、中性化残りを適切に設定した上で中性化深さが設計耐用期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことを確認することで、鋼材腐食に対する照査としてよい。

【解説】

環境配慮型コンクリートにおける中性化と塩害の複合劣化に対する照査は、中性化残りを考慮して中性化に伴う鋼材腐食に対する照査と同様に行うものとした。中性化残りは、十分に信頼できるデータを有する場合はこれを用いてよい。示方書〔設計編：標準〕3.1.3.4 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査では、塩害環境下における中性化残りの設定値は10～25 mmとしている。同解説では、腐食開始の中性化残りを設定する資料が無い場合には安全側の対処として25mmとし、類似の条件の構造物の調査結果や実験によって十分確認されている場合には、その結果を参考にして25mmよりも小さくしてよいことが示されている。混和材を大量に使用したコンクリートにおいても、十分に信頼できるデータが無い場合には中性化残りの設定値を25mmとする。

環境配慮型コンクリートでは、単位セメント量が少なく初期の $[OH^-]$ が減少し中性化速度係数が大きくなることが予想されるが、中性化残りで照査することによりこれらの特性については考慮できると考えられる。

(5) 凍害に対する照査

- 1) 環境配慮型コンクリートの凍害に対する照査は、コンクリートの相対動弾性係数の設計応答値をもとに行うことを原則とする。
- 2) 凍結防止剤や海水等による塩化物の影響を受ける構造物の場合には、相対動弾性係数による照査に加えて、表面損傷（スケーリング）に対して照査を行う。

【解説】

1) 国立研究開発法人土木研究所 共同研究報告書 471 号（低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究方向書（I））では、低炭素型セメント結合材を用いたコンクリートでは、化学混和剤を用いて AE コンクリートとすることによって、セメントのみを用いたコンクリートと同等以上の凍結融解に対する抵抗性を確保できることが多いことが示されている。しかし、高炉スラグ微粉末の置換率を高炉セメント C 種の上限值よりも高くしたコンクリートでは、化学混和剤を用いて AE コンクリートとしても凍結融解に対して十分な抵抗性が得られない場合がある。また、フライアッシュを用いたコンクリートでは化学混和剤がフライアッシュに含まれる未燃カーボンに吸着されて空気量の確保が困難となる場合もあることが指摘されている。

そこで、環境配慮型コンクリートを凍結融解作用を受ける環境下の構造物に用いる場合は、凍害に対して照査を行う必要があり、凍害の照査は、一般のコンクリートと同様、示方書〔設計編：標準〕2 編に準じて、凍結融解試験の結果として得られるコンクリートの相対動弾性係数の特性値から求めた設計値により照査を行ってよいこととした。この場合の凍結融解試験は、JIS A 1148:2010「コンクリートの凍結融解試験方法」に示される水中凍結融解試験方法（A 法）に基づき行うものとする。また、凍結融解試験の試験開始材齢は 28 日を標準とする。なお、コンクリート構造物が凍結融解作用を受けない環境下に設置される場合には、凍害に対する照査を行わなくてよい。

環境配慮型コンクリートの耐凍害性は、混和材の種類や置換率により異なることから、原則として試験を行い確認する必要がある。凍害に対する照査は、凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値 E_{\min} とその設計値 E_d の比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行うことを原則とする。ただし、凍結融解試験における相対動弾性係数の特性値が 90% 以上の場合には、この照査を行わなくてよい。

$$\gamma_i \frac{E_{\min}}{E_d} \leq 1.0 \quad (\text{解式 3.3})$$

ここに、 γ_i : 一般に 1.0～1.1 としてよい。

E_d : 凍結融解試験における相対動弾性係数の設計値
 $= E_k / \gamma_c$

E_k : 凍結融解試験における相対動弾性係数の特性値。

γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としてよい。ただし、上面の部位に関しては 1.3 とするのがよい。

E_{\min} : 凍害に関する性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値。
 一般に解表 3-2 によってよい。

解表 3-2 凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値 E_{min} (%)

気象条件 断面	凍結融解がしばしば繰り返される場合		氷点下の気温となることがまれな場合	
	薄い場合 ²⁾	一般の場合	薄い場合	一般の場合
構造物の露出状態 (1) 連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合 ¹⁾	85	70	85	60
(2) 普通の露出状態にあり (1) に属さない場合	70	60	70	60

- 1) 水面に近く水で飽和される部分、および水面から離れてはいるが融雪、流水、水しぶき等のため水で飽和される部分等。
2) 断面の厚さが 20cm 程度以下の部分等。

2) 積雪寒冷地において、凍結防止剤を散布する道路構造物や海水の影響がある海岸構造物では、凍結融解により生じる表面損傷（スケーリング）が問題となっている。このため、このような条件下の構造物において、環境配慮型コンクリートを適用する場合には、スケーリングに対する性能の照査を行う必要がある。スケーリングに対する照査は、示方書〔設計編：標準〕2 編に準じて、凍結融解作用に伴うコンクリートの質量減少であるスケーリング量を指標とし、一面凍結融解試験による供試体表面の変状をもとに定めたスケーリング量の限界値に至らないことを照査する。

(6) 化学的侵食に対する照査

環境配慮型コンクリートを用いたコンクリートの化学的侵食に対する抵抗性は、施工時と供用時に構造物が置かれる環境作用を適切に考慮して、暴露試験や促進試験の結果等に基づき、十分な信頼性を有する方法によって照査するものとする。

【解説】

化学的侵食に関する照査は、示方書〔設計編：標準〕に従い構造物の要求性能に応じて適切に照査する。

化学的侵食に関する照査は、化学的侵食深さの設計応答値 y_{ced} のかぶり c_d に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行うことを原則とする。ただし、コンクリートが所要の耐化学的侵食性を満足すれば、化学的侵食によって構造物の所要の性能は失われなし、この照査を行わなくてよい。

$$\gamma_i \frac{y_{ced}}{c_d} \leq 1.0 \quad (\text{解式 3.4})$$

ここに、 γ_i : 一般に 1.0~1.1 としよ。

y_{ced} : 化学的侵食深さの設計応答値

$$y_{ced} = \gamma_c y_{ce}$$

y_{ce} : 化学的侵食深さの特性値

γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.3 としよ。

c_d : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値(mm)。 (解式 3.5) で求めることとする。

$$c_d = c - \Delta c_e \quad (\text{解式 3.5})$$

c : かぶり (mm)

Δc_e : 施工誤差 (mm)

コンクリートの化学的侵食を構造物の所要の性能に影響を及ぼさない程度に抑えることが必要な場合には、劣化環境に応じて解表 3-3 に示す水セメント比以下に設定するのがよ。なお、厳しい化学的侵食環境下では、混合セメントや混和材の適用、コンクリート表面保護工の併用等も検討するのがよ。

解表 3-3 化学的侵食に対する抵抗性を確保するための最大水結合材比

劣化環境	最大水セメント比 (%)
SO ₄ として 0.2%以上の硫酸塩を含む土や水に接する場合	50
凍結防止剤を用いる場合	45

注) 実績、研究成果等により確かめられたものについては、表の値に 5~10 を加えた値としよ。

(7) 温度ひび割れに対する照査

環境配慮型コンクリートで温度ひび割れの発生が懸念される場合には、温度応力解析の結果等に基づき、温度ひび割れに対する抵抗性を評価するものとする。

【解説】

1) 若材齢での温度変化や自己収縮などに伴う体積変化が拘束されるために発生する温度ひび割れに対する抵抗性の評価は、示方書〔設計編:標準〕、あるいはマスコンクリートのひび割れ制御指針に準拠した十分な信頼性を有する解析手法を用いて、温度ひび割れ発生確率あるいは温度ひび割れ指数に基づいて行う必要がある。また、これらと同等以上の信頼性を有することが確認された方法であれば、温度ひび割れに対する抵抗性の評価に用いてよい。

温度ひび割れに対する抵抗性の評価において、ひび割れ発生確率あるいはひび割れ指数の目標値については、構造物の要求性能と供用時に構造物が置かれる環境条件を考慮した上で適切に設定する必要がある。また、温度ひび割れを制御するためには、設計、材料選定、配合設計、施工等の各段階で採用することのできる温度ひび割れ制御対策を総合的に検討し、必要に応じた対策を実施する必要がある。

示方書〔設計編:標準〕では、セメントの種類ごとにコンクリートの熱特性（熱膨張係数、断熱温度上昇特性など）、力学特性（圧縮強度、割裂引張強度、ヤング係数等）、収縮特性（自己収縮ひずみ等）などの物性値を示している。混和材を用いる場合については、高炉セメント B 種あるいはフライアッシュセメント B 種を用いたコンクリートの物性値を示しているが、高炉スラグ微粉末あるいはフライアッシュの置換率を高炉セメント C 種相当以上あるいはフライアッシュセメント C 種相当以上としたコンクリート、複数の混和材を同時に用いたコンクリート、早強ポルトランドセメントの一部を混和材で置換したコンクリート等については、温度ひび割れに対する抵抗性の評価に用いる物性値が明確ではない。低炭素型セメント結合材を用いたコンクリートの物性値が既存の基準類に示されていない場合には、試験や実績等によって適切な物性値を設定して、温度ひび割れに対する抵抗性を評価する必要がある。

(8) 耐火性に対する照査

環境配慮型コンクリートがかぶりに応じた所要の耐火性を満足すれば、火災等によって構造物の所要の性能は失われないとしてよい。

【解説】

耐火性に関する照査は、示方書〔設計編：標準〕に従い構造物の要求性能に応じて適切に照査する。

示方書〔設計編：標準〕における耐火性の照査では、2編4章に示す一般的な環境下において耐久性を満足するかぶりの値に20mm程度を加えた値に最小値とすれば、耐火性に対する照査は省略してよいとしている。環境配慮型コンクリートでは一般に単位セメント量が少ない傾向にあり、中性化速度が大きくなり鋼材腐食に対する抵抗性を確保するために必要なかぶりが大きくなると考えられる。従って、一般的な環境下における耐久性を満足するかぶりよりも大きくなる可能性があるが、耐火性についてはかぶりコンクリートの中性化による影響は小さいと考え、4編5章に従った。

3-3 施工に関する事項

(1) 一般

環境配慮型コンクリートは、材料、製造、品質などの管理方法が明確で適切に施工できるものとする。

【解説】

環境配慮型コンクリートは近年開発された製品（配合）が多く、会社のコンクリート構造物に限らず、施工実績は少ない。また、これまで一般的に製造・施工していたコンクリートと同様に製造・施工すると、必要な性能が得られないことや、材料の品質管理や製造・施工の過程を含めコンクリートとして安定した品質が確保できない場合も考えられる。そのため、環境配慮型コンクリートの開発者は、製造者および施工者が製造・施工するために必要な知見について技術資料に記載しておかなければならない。特に(2)～(6)および4章に記載した留意点などについては、技術的な知見に基づいて記載する必要がある。

(2) 材料

環境配慮型コンクリートに使用する材料の種類、品質は、製造した環境配慮型コンクリートが要求される性能を安定して満足するものとする。

環境配慮型コンクリートに使用する材料は、CO₂の排出量の低減量が確認できる材料を使用することを基本とする。

【解説】

環境配慮型コンクリートは、主にセメントの製造に起因するCO₂の排出量を低減しているため、これまでの会社の工事で一般的に使用されているコンクリートとは異なる結合材や混和材が使用されている場合がある。このため、環境配慮型コンクリートの製造には、開発者により検討が行われた材料の種類、品質が確保された材料を使用する必要があり、環境配慮型コンクリートの開発者はこれらの材料の種類や品質、またその管理方法について明確に、技術資料に記載する必要がある。

しかし、現場の生コン工場を使用して環境配慮型コンクリートを製造する場合、生コン工場では多くの配合のコンクリートを製造しているため新たな種類や品質の材料を使用するためにはサイロ等の工場の整備を増設する等が必要となる場合がある。よって、環境配慮型コンクリートを生コン工場で製造する場合は、極力生コン工場が通常使用している材料でも製造できるように試験等を行い確認しておいた方がよい。これは材料の貯蔵、品質管理などの生コン工場の負担を減らすだけでなく、仕様と異なる材料が混入する等のリスクを排除するためにも有効である。

環境配慮型コンクリートでは、その目的であるCO₂等の温室効果ガスの低減率を確認する必要があるため、コンクリート材料に由来するCO₂排出量について確認しておく必要がある。例えばJISに規定される混合セメントは混合率ごとに種別が決められているが混合率には幅があるため、市販の混合セメントを使用する場合には、メーカーの試験成績表などで確認する必要がある。なお、使用量が少なくコンクリートとしてのCO₂排出量に影響を及ぼさない材料についてはこの限りではない。

(3) 配合

環境配慮型コンクリートの配合は、設計で要求される性能が満足される配合とする。

【解説】

環境配慮型コンクリートは、CO₂等の温室効果ガスを低減する目的で開発されたコンクリートであるため、生コン工場が保有している各種コンクリートの配合やコンクリート施工管理要領で示す配合設計の方法は使用できない。そのため、技術資料には、要求される性能を満足する環境配慮型コンクリートの基本配合を記載するものとする。

なお、会社の構造物で使用するコンクリートでは、要求する耐荷性能や耐久性能を満足する必要がある。また、製造・施工の過程においても初期欠陥が発生しないような性能も必要となる。よって、環境配慮型コンクリートはこれらの性能が満足されるように配合するものとする。

(4) 製造施設（生コン工場等）

環境配慮型コンクリートの製造施設（生コン工場等）は、環境配慮型コンクリートが製造できる設備を計画するものとする。

【解説】

現場で環境配慮型コンクリートを適用する際の課題のひとつに、開発者が提案した環境配慮型コンクリートを現場付近の生コン工場で出荷可能か否かがあげられる。よって、技術資料提出時に製造設備が決定しているか否かは採用の判断に大きく影響するため、使用する生コン工場の計画がある場合については技術資料に記載する。

(5) 品質管理

環境配慮型コンクリートの製造および施工の過程で必要な品質管理項目や品質管理方法は、製造および施工した環境配慮型コンクリートが、設計で要求される性能が満足される品質管理とする。

【解説】

環境配慮型コンクリートは、(2)～(4)でも記載したように一般的なコンクリートと異なる点が多く、一般のコンクリートと同様の品質管理が行えない場合がある。よって、環境配慮型コンクリートの開発者は、コンクリート標準示方書や施工管理要領の品質管理の考え方を十分理解した上で、開発した環境配慮型コンクリートに適した品質管理項目、品質管理方法を技術資料に記載し、明確にしておく必要がある。

(6) 工場製品

① 一般

工場製品に環境配慮型コンクリートを使用する場合は、製品が必要な性能を満足する材料および方法で製作する。

【解説】

工場製品は一般的に製作した製品が性能を満足していればよいため、特に配合等を指定していることは少なく既に環境配慮型コンクリートが使用されている実績もある。よって、工場製品に環境配慮型コンクリートを使用する場合は、CO₂の排出量が低減できる方法であれば、その配合や製造方法は指定せず、環境配慮型コンクリートを使用して製品が性能を満足していればよい。

ただし、近年では構造部材にも大型のプレキャスト部材が使用されることが多くなってきており、耐荷性能だけでなく耐久性についても必要な性能を満足する必要があるため、プレキャスト床版等の構造部材への適用は十分な検証が必要である。

② 材料・配合および製作

工場製品に環境配慮型コンクリートを適用する場合には、あらかじめCO₂の排出量の低減が可能な材料・配合および製作方法とする。

【解説】

工場製品は、製作した製品が性能を満足していればよいため、一般に材料や製造過程については工場の任意となっている場合が多いが、環境配慮型コンクリートはCO₂の排出量を低減することが目的であることから、材料や製造過程についても確認しておく必要がある。また、工場製品の納入期間が長期間となる場合には、途中で材料の変更や、養生方法などの変更を行うことも考えられるため、定期的に確認する必要がある。特に蒸気養生を行う場合は季節によって養生時間などを変更している場合があるため、年間を通じたCO₂排出の削減量について確認しておく必要がある。

なお、初期の養生時間によりその後の強度発現だけでなく耐久性にも影響する可能性があるため、十分な確認が必要である。

③ 品質管理

工場製品に環境配慮型コンクリートを適用する場合には、製品が性能を満足するような品質管理方法を事前に確認するものとする。

環境配慮型コンクリートを適用した工場製品は、材料から養生までの一連のプロセスが事前に検討された方法で行うものとする。

上記①でも記載したように、近年工場製品は構造部材にも使用されており、構造部材として使用するためには、耐荷性能だけでなく耐久性についても必要となっている。特に環境配慮型コンクリートを適用する場合は、近年開発されたコンクリートであるため耐久性に関する性能の確認が重要である。よって、事前に品質管理方法を十分に確認しておく必要がある。

また、環境配慮型コンクリートは製造時のCO₂排出量を低減していることに付加価値があるが、製造後の製品からそれを確認することは困難である。よって、計画された材料、配合、製造、養生など一連の流れが計画通りに行われたことを確認することで、CO₂の排出量が低減されていることを確認するとよい。

4 施工管理

4-1 一般

環境配慮型コンクリートを使用する場合は、設計で要求した性能が満足されるように施工管理するものとする。

環境配慮型コンクリートの製造者および施工者は、技術資料の内容を反映した上で、配合の設計や施工計画の立案を行うものとする。

【解説】

環境配慮型コンクリートは近年開発された製品（配合）が多く、会社のコンクリート構造物に限らず、施工実績は少ないため、製造者および施工者はその技術資料の内容を十分に理解した上で、配合設計、製造および施工計画を立案する必要がある。

また、施工計画書には、環境配慮型コンクリートの開発者から確認した内容や試験の結果等を含め、製造および施工に必要な内容について記載し、監督員の確認を得なければならない。なお、施工計画書などに記載する内容について、施工管理要領に記載していない留意事項を次節以降に記載しているが、使用する環境配慮型コンクリート毎に必要な施工管理方法が異なる場合があるので、これ以外についても必要な項目について施工計画書に記載するとともに、施工計画書をもとに適切な施工管理を行う必要がある。

4-2 レディーミクストコンクリート等の使用確認願

(1) 材料

環境配慮型コンクリートに使用する材料が JIS A 5308 や施工管理要領に規定された材料と異なる場合には、材料の品質およびその管理方法について明確にするものとする。

【解説】

会社の工事で一般に使用されるコンクリートは、材料についても JIS 等で規定されているため、その規定に基づいて品質管理を行えばよい。しかし、環境配慮型コンクリートにはこれらの規定にない材料が用いられている場合がある。その場合、開発者が指定した品質を満足するものを使用することを基本とするが、施工計画においても材料の品質やその品質管理の方法について、監督員の確認を得るものとする。

(2) 配合設計

環境配慮型コンクリートの配合は、開発者により検討された配合を基に配合設計を行うことを基本とする。ただし、入手可能な材料を基に配合を修正する場合は、要求される性能が満足される配合設計を行うものとする。

【解説】

施工管理要領で記載されている配合設計の方法は、一般的なコンクリートに対する配合設計の方法を示している。しかし、環境配慮型コンクリートは、一般的なコンクリートでは考慮しない CO₂ 等の温室効果ガスを低減する材料の使用を前提として、その中で施工に必要なフレッシュ性状や強度や耐久性などの硬化性能が満足するように配合されている。よって、一般的なコンクリートと同様な配合設計は行えないため、環境配慮型コンクリートの開発者により検討されている配合を基に配合設計を行うことを基本とした。

しかし、コンクリートに使用する材料は生コン工場ごとに異なるため、その材料を使用した場合、開発者が検討を行った配合では要求される性能を満足するコンクリートが製造できない場合が考えられる。よって、開発者により検討された配合を見直す必要があるが、その場合は環境配慮型コンクリートの開発者に確認するとともに実際に使用する材料を用いた配合のコンクリートにより、各種試験を行う必要がある。

なお、環境配慮型コンクリートの使用が長期にわたる場合には、骨材等の品質が途中で変化する場合も考えられる。この場合も、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らず試験練りを行う等して性状を確認する。

(3) 製造

生コン工場環境配慮型コンクリートを製造する場合には、施工管理要領による他、次の内容について施工計画書などに記載する。

- 1) 材料の貯蔵設備
- 2) 使用する材料毎の計測方法
- 3) 製造設備に適した材料の投入順序および練混ぜ時間

【解説】

1) 環境配慮型コンクリートを生コン工場で製造する場合、生コン工場が通常使用していない材料を使用する場合が考えられる。これらの材料の貯蔵は工場が所有している他の材料のサイロと入れ替えるか仮設の貯蔵設備などの使用となるため、これらの対応について施工計画書に記載する必要がある。この時、材

料の入れ間違いや気候の影響による品質の低下が起こらないように留意する。

2) コンクリートの品質を確保するためには材料を正確に計量する必要があるが、通常の方法と異なる経路でミキサに投入する場合等もあるため、計量方法についても確認しておく。なお、JIS A 5308 では、各材料の計量誤差として、セメントで±1%、混和材で±2%（高炉スラグ微粉末で±1%）、その他の材料で±3%としているが、環境配慮型コンクリートの場合はセメントを混和材料で大量に置換し、フレッシュ性状に大きく影響を及ぼす材料が含まれることもあるため、計量誤差についても計画書に記載する。

3) 環境配慮型コンクリートは、セメント以外に複数の結合材を用いる配合となっており、粉体量も多くなり粘性が高くなる場合があることから、練上がり後のコンクリートが均一となるように材料の投入の順序や練り混ぜ時間について事前に検討する必要がある場合もある。

4-3 施工計画

(1) 運搬

製造した環境配慮型コンクリートを生コン工場から現場に運搬する場合には、施工管理要領によるほか、次の内容について施工計画書に記載する。

- 1) 現場までの運搬方法
- 2) ポンプ圧送の方法

【解説】

1) 2) 製造した環境配慮型コンクリートを生コン工場から現場までの運搬や、施工箇所でのポンプ圧送により環境配慮型コンクリートのフレッシュ性状は変化するため、配合決定時にはフレッシュ性状の変化を考慮して配合設計しておく必要がある。運搬時間やポンプ施工の高さ等は施工日毎に変化するため、一般には、最大となる場合を想定するが多いが、環境配慮型コンクリートは、一般のコンクリートに比べフレッシュ性能の経時変化などが大きい場合もあるため、運搬やポンプ圧送の方法は、フレッシュ性状の変化が少ない方法を事前に検討しておくことが望ましい。また、実施工の前には必要に応じて実際想定する運搬方法での運搬試験、ポンプ圧送試験を行う等して確認する。

(2) 施工

環境配慮型コンクリートを現場で施工する場合には、施工管理要領によるほか、次の内容について施工計画書に記載しなければならない。

- 1) 打込みおよび締固めの方法
- 2) 表面の仕上げおよび打継ぎ目の仕上げの方法
- 3) 脱型時期および脱型後の養生方法
- 4) 戻りコンの処理方法

【解説】

1) 環境配慮型コンクリートは一般的なコンクリートと材料や配合が異なるため、一般的な施工方法ではコンクリートの材料分離や充填性が異なることにより、通常の打込みおよび締固めでは、コールドジョイントや材料分離（豆板など）の初期欠陥が発生する可能性がある。よって、コンクリートの打込み、締固めの方法について、事前に確認し、施工計画書に反映させる必要がある。

2) 環境配慮型コンクリートの中には、通常のコンクリートに比べ初期強度発現が小さく、また、使用される材料についても細粒分量の大小の影響によりブリージング量が通常のコンクリートと異なることも考えられる。その場合、打設面の表面の仕上げ方法や、打継ぎ面の処理の方法について事前に確認し、施工計画書に記載しておく必要がある。

3) 一般的に混合セメントは普通セメントを使用したコンクリートより脱型時期が長くなる傾向にあるが、環境配慮型コンクリートについてもセメントを混和材で置換したもの等は同様な傾向にあると考えられる。これは、通常のコンクリートより初期の強度発現が小さいだけでなく、養生期間を長くすることによりコンクリート内の組織が緻密化する等の影響もあるため、施工する際の、養生方法、脱型時期などについて施工計画書に記載しておく必要がある。

4) 環境配慮型コンクリートに特殊な材料を使用する場合、プラントでの洗い水や戻りコンの処理について通常のコンクリートと同様に扱うことが適切でない場合も考えられる。環境配慮型コンクリートの開発

者は、特別な処理が必要な場合は必ず技術資料に記載するとともに、製造者および施工者はその内容を十分理解した上で施工計画書に記載する。

4-4 事前確認試験

環境配慮型コンクリートの製造および施工に関して確認が必要な事項については、事前に試験等を行い確認するものとする。

[必ず実施する確認試験]

- ・実機による練混ぜ試験
- ・アジテータ車等の運搬における性状変化の確認

[必要に応じて実施する確認試験]

- ・ポンプ圧送性試験
- ・協議により必要とされた試験

【解説】

環境配慮型コンクリートは近年開発された製品が多く、まだ施工実績が少ない。そのため、技術資料の内容で不明な点がある場合には、開発者に確認したうえで事前に材料特性や施工性の試験を行った上で製造・施工をする必要がある。

[必ず実施する確認試験]

環境配慮型コンクリートは、開発時に室内試験などで多くの検討が行われていたとしても、現場で適用する場合には実機での確認試験が必要となるため、環境配慮型コンクリートでは必ず実機で確認しておく必要がある。同様の理由でアジテータ車等での運搬によるフレッシュ性状の継時変化についても確認する必要がある。

[必要に応じて実施する確認試験]

環境配慮型コンクリートの開発時にポンプ圧送性について明確にされていない場合や、開発時に検討された材料や配合と異なる場合、事前に検討されていたとしても暑中コンクリートとして施工するなど施工条件が異なる場合については、ポンプ施工時のフレッシュ性状の変化について確認が必要となる。

また、環境配慮型コンクリートの採用にあたり、監督との協議により確認が必要とされた試験についても事前に確認試験を行う必要がある。

4-5 品質管理

環境配慮型コンクリートの品質管理は、技術資料によるものとするが、材料、製造および施工の段階で適切に行なう。

環境配慮型コンクリートの技術資料に特に定めのない場合は、施工管理要領に以下の内容を加えて行う。

- ・スランプ（スランプフローを含む）〔フレッシュコンクリート〕：最初の5台を追加する。
- ・圧縮強度〔硬化コンクリート〕材齢7日強度を追加する。また、施工日毎に試験体を3体作製し保管する。
- ・コンクリート構造物の非破壊試験：テストハンマーの測定時期は材齢28日で実施することを標準とする。
- ・その他協議により必要とされた品質管理内容

【解説】

施工管理要領では一般的なコンクリートの施工管理について記載したうえで、特殊コンクリートについてはそのコンクリートに関する特筆事項について別途記載している。環境配慮型コンクリートについても、基本、施工管理要領によることが可能と考えるが、環境配慮型コンクリートによっては開発者が別途指定する品質管理方法や品質管理基準を定めている場合があるため、品質管理は、材料、製造、施工のそれぞれの段階で適切に行われなければならない、品質管理項目や品質管理方法については施工計画書に記載し、事前に監督員の確認を得るものとする。

また、環境配慮型コンクリートは施工実績が少ないため、品質に変動を及ぼす影響がある環境が明らかになっていない。そこで、施工の初期段階で変動を把握するためにスランプ試験（スランプフロー試験を含む）については最初の5台分も行うとともに、圧縮強度（硬化硬化コンクリート）については材齢7日についても実施することとした。なお、7. 施工後の調査に示すとおり、施工日毎に3体作製し保管するものとする。なお、施工管理要領にはスランプ、空気量などの試料採取はコンクリート打込み箇所で行うこととしているが、打込み箇所で行うのが困難な場合には、ポンプ圧送ロスを考慮した上で荷卸し地点において試料採取している場合もみられる。しかし、環境配慮型コンクリートではポンプ圧送による性状変化について不明な点も多いため、施工管理要領のとおり打込み箇所で行うことを基本とする。ただし、打込み箇所と荷卸し地点でのデータから荷卸し地点でも品質管理が可能と監督員が認めた場合については変更してもよい。

テストハンマーによる非破壊試験について施工管理要領では補正を行うことで材齢28日でなくても実施できることとしているが、環境配慮型コンクリートはこれらの確認ができていないためやむを得ない場合を除き材齢28日で行うこととした。

上記以外にも、協議で必要とされた品質管理項目については、適切な品質管理を実施するものとする。

5 検査

- 1) 環境配慮型コンクリートの検査項目および監督員の立会いを要する項目については、施工計画書およびコンクリート施工管理要領によるものとするが、フレッシュコンクリートの日常管理試験については監督員の立会いを基本とする。
- 2) コンクリートの出来形検査では、寸法以外に表面の状況等についても確認する。
- 3) 工事後に適切な方法で CO₂ 削減効果について確認する。

【解説】

- 1) 環境配慮型コンクリートのフレッシュ性状について、例えばスランプ等の数値だけで表すことが困難な場合もある。そのためフレッシュコンクリートの日常管理試験は監督員が立会いをすることを基本とした。
- 2) 環境配慮型コンクリートは使用している材料の特性上、通常のコンクリートと表面の状態が異なる場合がある。また、表面の状態が長期的にどの変化していくか等の知見が少ないため、出来形検査時に表面の状況についても確認することとした。
- 3) 当初計画時に想定された CO₂ の削減量について、当初計画から大幅な工事内容の変更または施工管理において大幅な削減量の変更の可能性が確認される等の理由で工事完了後に確認する場合は、工事完了後に受注者は CO₂ 削減量の算出に必要な資料を監督員に提出するものとする。

6 記録

環境配慮型コンクリートの施工の記録は、NEXCO 施工管理要領の他に打設ロット毎に以下の内容を記録する。

- ・ 打設日、型枠脱型日
- ・ 型枠脱型後の養生方法および養生期間
- ・ 材齢 28 日におけるコンクリート表面の記録
- ・ 不具合等が発生した場合は写真撮影し記録

【解説】

記録は管理様式 1-1～3 を用いて行う。

環境配慮型コンクリートを施工した場合は、施工時の状況を把握できるように、通常のコンクリートに加えて標記について記録として残すこととした。

7 施工後の調査

環境配慮型コンクリートにより施工したコンクリート構造物は、施工後に調査を行う。

環境配慮型コンクリートを使用した場合は、打設日毎に圧縮強度試験用の試験体を3体作製し保管する。

【解説】

環境配慮型コンクリートは施工実績が少ないため、特に耐久性に関して構造物もしくは試験体を長期的にモニタリングすることで、技術資料に記載されている内容や未確認の項目について確認する必要がある。そのため、環境配慮型コンクリートを使用した場合は、施工した構造物について調査を行うこととした。調査の項目については以下の例を参考に、対象とする構造物の規模などを加味して監督員と受注者で別途定め、その内容を管理様式 1-4 にとりまとめるものとする。監督員は管理する保全・サービスセンターに管理様式 1-4 を引継ぐものとする。

(施工後の調査の例)

・コンクリート表面のひび割れ調査 実施時期：施工後 1、3、6、12 ヶ月、工事しゅん功時

また、調査の結果不具合などが発見された場合等、施工されたコンクリートの材料や品質等を確認する必要があるため、施工日毎に3体の圧縮強度試験体を製作し材齢 28 日まで水中養生したのち、現場の環境に近い常態で保管しておくこととする。

なお、調査については基本的に工事工期内については工事受注者で行うものとし、しゅん功後は、発注者が実施するものとする。また、上記以外の調査について今後追加も予定している。

管理様式 1-1

No.	環境配慮型コンクリートの施工記録										日付	年	月	日	
	事務所名	構造物部位	工事名			脱型日時	養生方法	材齢28日における圧縮強度		受注者名					材齢28日の表面状況(写真No)
フレッシュスラップ(cm)			空気量(%)	温度(°C)	材齢28日における圧縮強度(平均(N/mm ²))			材齢28日における圧縮強度(各値(N/mm ²))							
	施工日時	月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											
		月	日	時											

管理様式 1 - 2

No.	環境配慮型コンクリートの施工記録（材齢28日の表面状況）			日付	年	月	日
事務 所名	工事名	受注者名					
写真 No. () 施工 日 月 日		写真 No. () 施工 日 月 日					
写真 No. () 施工 日 月 日		写真 No. () 施工 日 月 日					

管理様式 1 - 3

No.	環境配慮型コンクリートの施工記録 (不具合箇所)		日付	年 月 日
事務所名	工事名		受注者名	
	写真		構造物 部位	不具合状況
写真 No. () 施工 日 月 日				
写真 No. () 施工 日 月 日				
写真 No. () 施工 日 月 日				

管理様式 1 - 4

		作成日	202〇.〇.〇 (西暦)
環境配慮型コンクリート採用カルテ			
採用工事名			
採用事務所		工事受注者	
製品名		製品開発者	
実施箇所			
製品概要			
写真・図面等			
長期的な確認項目等			
点検方法・評価手法			
特有の補修・取替方法			

注：・各詳細版は保全への引継ぎまでに整備するものとする。

・写真や図面をわかりやすく添付する場合、様式の枠の大きさを適宜変更して対応すること。