

コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き (案)

【材料編】



【本編中の記載凡例】

正体記載:「①共通仕様書等の内容を分かりやすく示したもの」

斜体記載:「②共通仕様書等の内容を一部超えた箇所」

中国地方整備局 中国技術事務所

令和4年3月

はじめに(案)

国民生活やあらゆる社会経済活動は、インフラによって支えられています。これらのインフラのうち、高度成長期以降に集中的に整備されたインフラが今後一斉に高齢化することが懸念されています。近年では、緊急的に整備された箇所や、立地環境の厳しい場所などにおいて、一部の施設で老朽化による変状が散見はじめており、今後も老朽化が進んでいく状況にあります。

中国地方においてもこの傾向が見られており、コンクリート構造物の損傷として「ひび割れ」、「かぶりコンクリートの剥離・鉄筋露出」等が多く見られています。

インフラの大半を占めるコンクリート構造物は、設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の建設プロセスにより構築されています。損傷の要因は、特定の建設プロセスに限定したものではなく、設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)までの一連の建設プロセスの中で複合的に関与しているものと考えられます。このため、今後、コンクリート構造物を新設する場合は、これらの損傷要因から抽出した課題を解決し、コンクリート構造物の品質を確保・向上させることで、所定の耐久性を得ることが必要です。

これらの課題を解決するためには、コンクリート構造物の設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)に関わる基本的かつ重要な事項について、各建設プロセスにおける技術者が十分理解し、相互に連携して、コンクリート構造物を構築することが重要です。

そこで、設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の各建設プロセスの専門家で構成するアドバイザーから意見を伺い、設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)までの個別かつ一連の建設プロセスを包括した統合的な技術的留意点(ポイント)を作成しました。なお、この技術的留意点(ポイント)は中国地整管内の初期欠陥事例及びアンケート結果で得られた鉄筋腐食防止の観点から、主に3つの項目(ひび割れ抑制対策、かぶり厚確保、充填不良対策)でまとめたものです。さらに、三者会議の実施内容の明示やチェックリストの作成により、各技術者の責任の分担の明確化を図りました。これを設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の各建設プロセスに関わる技術者の方々が、十分理解され、ご活用頂くことにより、新設コンクリート構造物の品質確保・向上については長寿命化につながることを期待するものです。

なお、手引き(案)の内容は、「①共通仕様書等の内容を分かりやすく示したもの」と「②共通仕様書の内容を一部超えたもの」で構成され、これらの割合は各編で異なります。特に、温度ひび割れ抑制対策は、「②共通仕様書等の内容を一部超えたもの」に関連する内容を示しています。

本編は、「①共通仕様書等の内容を分かりやすく示したもの」と「②共通仕様書等の内容を一部超えたもの(ひび割れ抑制対策、充填不良対策)」です。

「②共通仕様書等の内容を一部超えた箇所」は、斜体で記載しています。

【参考文献】

- 1) 日本規格協会、ISO 9000 品質マネジメントシステムに関する規格
- 2) 土木学会、2018年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編](H30.10)
- 3) 日本コンクリート工学協会、コンクリート基本技術調査委員会 不具合補修WG報告書(H24.8)
- 4) 日経BP社、現場で役立つコンクリート名人養成講座(H20.10)
- 5) 日経BP社、簡単!10日間で基礎を身につける コンクリート講座(H22.12)
- 6) セメント協会、収縮専門委員会報告H-7(S37.5)
- 7) 日本コンクリート会議、コンクリート構造物におけるひびわれの制御 (ACI224 委員会報告) コンクリートジャーナル 1974年4月号(S49.4)
- 8) 中国地整、平成20年度国土交通省 国土技術研究会 「砕砂の微粒分を多く含んだコンクリート性状について」(H20.10)

【問合せ先】

国土交通省 中国地方整備局 中国技術事務所 品質調査課
TEL:082-822-2340 (代表) FAX:082-823-9706

チェックリスト【材料編】

・チェック項目を実施できなかった場合は「その理由」を、また、チェック項目を実施したが問題があった場合は「今後の対応」を、備考欄に簡潔にコメントすること

コンクリート構造物の品質確保・向上のチェックリスト 【材料編】	1/1	チェック実施者	
		所属	
		実施年月日	年 月 日

材料編			
手引き(案)の目次	チェック項目	チェック	備考
1 基本原則(材料段階)	・設計者、施工者のニーズを十分理解したか		
	・構造物に求められている品質向上・耐久性向上方法を検討したか		
	・設計者、施工者に対して品質向上・耐久性向上方法を提案したか		
	・品質向上・耐久性向上に関わる協議結果を確実に記録したか		
2 一般	・コンクリートを構成する材料は、JISに適合したものを標準として使用したか		
3 ひび割れ抑制対策			
3.1 温度ひび割れ抑制	・温度ひび割れ抑制のため、低発熱型セメントの使用、単位セメント量の低減、単位水量の低減を実施したか		
	・水和発熱抑制のため、低発熱型セメント、混合セメントを使用したか		
	・単位水量の低減および水和熱による温度上昇の低減のため、混和材を使用したか		
	・単位水量の低減のため、混和剤を使用したか		
3.2 収縮ひび割れ抑制	・自己収縮ひび割れ抑制のため、単位セメント量の低減および総水和熱量の小さいセメントを使用したか		
	・乾燥収縮ひび割れ抑制のため、単位水量の低減や、混和剤・混和材の使用を実施したか		
	・乾燥収縮量を低減するために収縮低減剤を使用したか		
	・コンクリートの乾燥収縮に起因するひび割れ発生の低減のため、膨張材を使用したか		
	骨材は、過大な収縮量とならないものを使用したか		
4 充填不良対策			
4.1 材料分離抑制	・材料分離抑制のため、碎石の粒形や細骨材の微粒分を考慮した適切な配合や混和材の使用を行ったか		
	・砕砂に含まれる石粉の混入率は適切か		

<目次>

1. 基本原則（材料段階）	1
2. 一般	3
3. ひび割れ抑制対策	5
3.1. 温度ひび割れ抑制	5
3.2. 収縮ひび割れ抑制	7
4. 充填不良対策	9
4.1. 材料分離抑制	9
チェックリスト【材料編】	11

対象構造物と用語の定義

対象構造物:
 新設の橋梁やその他の鉄筋・無筋コンクリート構造物
 (PC や舗装、ダムなどの特殊なコンクリート構造物を除く)

品質:
 設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の各建設プロセスまたは全体における、コンクリート及び構造物の特性。その特性や集まりが要求性能を満たす程度。
 ISO9001:本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度。¹⁾

耐久性:
 構造物が予定供用期間にわたり安全性、使用性および復旧性を保持する性能。²⁾

不具合:
 竣工までにコンクリート構造物のある部位、または箇所が所定の性能や機能を満たしていないこと、あるいはその状態³⁾

初期欠陥:
 施工時に生じた変状のうち、有害となる可能性のあるひび割れや豆板、コールドジョイント、砂すじなどの変状。かぶり不足やPCグラウト充填不足などを含む。²⁾

1. 基本原則(材料段階) ポイント

- 設計者、施工者のニーズを十分に理解
- 構造物に求められている品質向上・耐久性向上方法を検討
- 設計者、施工者に対して品質向上・耐久性向上方法を提案
- 品質向上・耐久性向上に関わる協議結果を確実に記録

解説

1. 材料の位置づけ・役割

①コンクリート構造物の品質向上・耐久性向上を図るためには、設計意図に基づいて適切な施工が行われ、品質の良い材料が安定供給されることが重要である。また、ひび割れ抑制、かぶり厚確保、充填不良等の対策を講じるためには、フレッシュコンクリートの流動性や材料分離抵抗性等、コンクリートが施工しやすく、初期欠陥が生じにくい材料であることが望ましい。したがって、材料段階においては、設計及び施工が意図しているコンクリートの性能を十分理解したうえで、品質向上・耐久性向上を図るための効果的な材料を提供することは極めて重要である。

2. 連携すべき事項

- ①材料の特徴及び特性値
(セメント、骨材、混和剤/材、生コン等)
- ②品質向上・耐久性向上の具体的な事項
(ひび割れ対策、かぶり厚確保、充填不良対策としての材料・配合)
- ③協議記録、材料の品質検査記録
(施工者との協議結果、メーカーの品質検査記録等)

3. 連携方法

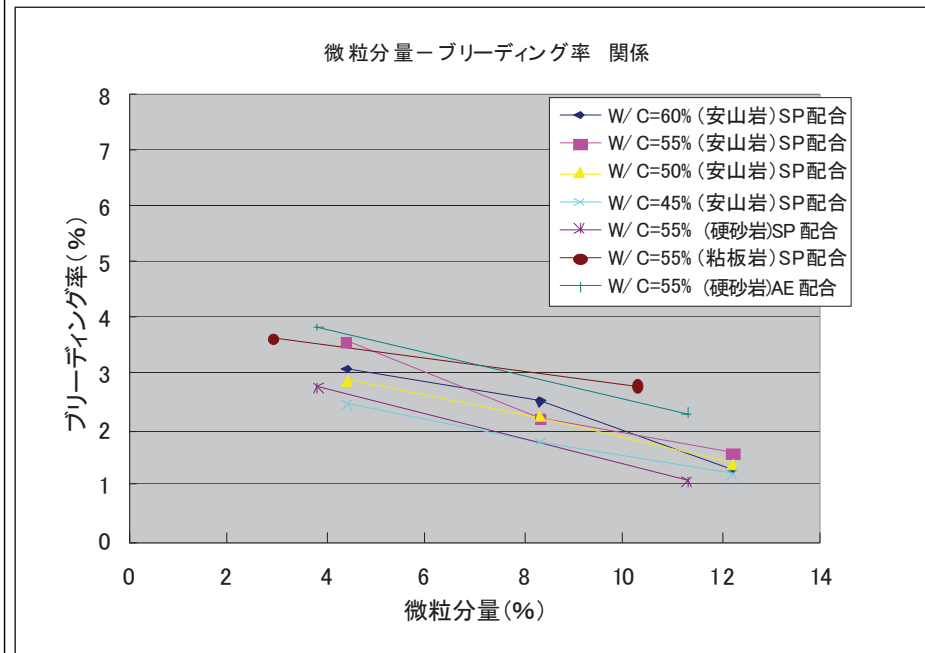
- ①材料提供者(材料メーカー等)は設計者、施工者のニーズを把握し、品質向上・耐久性向上のための有効な材料を提供する。また、その有効性と効果を十分説明することが重要である。
 - ・設計者、施工者のニーズを十分理解する
 - ・必要に応じて現場等に行き、品質向上・耐久性向上方法を検討する
 - ・設計者、施工者に対して、品質向上・耐久性向上方法を提案する
 - ・品質向上・耐久性向上に関わる協議結果(対策の理由、方法)を確実に記録する

参考

【参考】1

中国地方における微粒分を多く含んだ砕砂の有効活用(検討資料抜粋)⁸⁾

- ・中国地方の砕石・砕砂の生産トン数の上位3岩種(安山岩・硬砂岩・粘板岩)を用いたコンクリート試験結果から、12%程度までの微粒分が混入しても悪い影響は及ぼさず、むしろ、ブリーディングが抑制され、微粒分がコンクリートの品質向上に寄与する。
- ・JIS規格を超える量の微粒分を含んだ砕砂(MF砕砂)を使用したコンクリートのフレッシュ性は、粘性が通常よりも若干高くなり、材料分離抵抗性が高くなるなどの傾向がある。



【参考】2 石灰石微粉末の作用機構と性能(効果と留意点)⁵⁾

混和材の種類	製造方法	作用機構	効果	留意点
石灰石微粉末	石灰石を微粉碎したもの	硬化反応には寄与しない	流動性・材料分離抵抗性の向上、水和熱低減	粉末度・使用量によって効果が大きく異なる

4. 充填不良対策

4.1. 材料分離抑制ポイント

- 材料分離抑制には、砕石の粒形や細骨材の微粒分を考慮した適切な配合や混和材の使用が効果的
- 砕砂に含まれる石粉は 3～5%混入している方が良い
(※中国地方では、12%程度まで利用することも検討)

解説

1. 材料分離を抑制するためには

①材料分離を抑制するためには、砕石の粒形や細骨材の微粒分を考慮した適切な配合や混和材の使用が効果的である。

2. 適切な配合

①砕石は、角ばりや表面の粗さの程度が大きいので、ワーカビリティの良好なコンクリートを得るためには砂利を用いる場合に比べて単位水量を増加させる必要がある。砕石を使用する場合には粒子形状の良否を検討する必要がある。

②砕砂に含まれる石粉は、一般にその比表面積がブレーン値で 1500～8000cm²/g 程度の範囲の粒子で、コンクリートの単位水量を増加させる要因ではあるが、材料分離を抑える効果も有するため、砕砂の場合には、むしろ 3～5%の石粉が混入している方が望ましい。また、石粉等の微粒分量の最大値は、JIS A 5005 で 9.0%以下と規定されている。

※中国地方では、学識経験者・関係機関からなる「微粒分活用研究会」において、MF (マイクロファイン) 砕砂コンクリートの利用技術手引き (案) がとりまとめられている。12%程度までの微粒分は、使用可能であると報告されている。

MF (Micro-Fine) 砕砂：JIS 規格を超える量の微粒分を含んだ砕砂

3. 混和材の使用

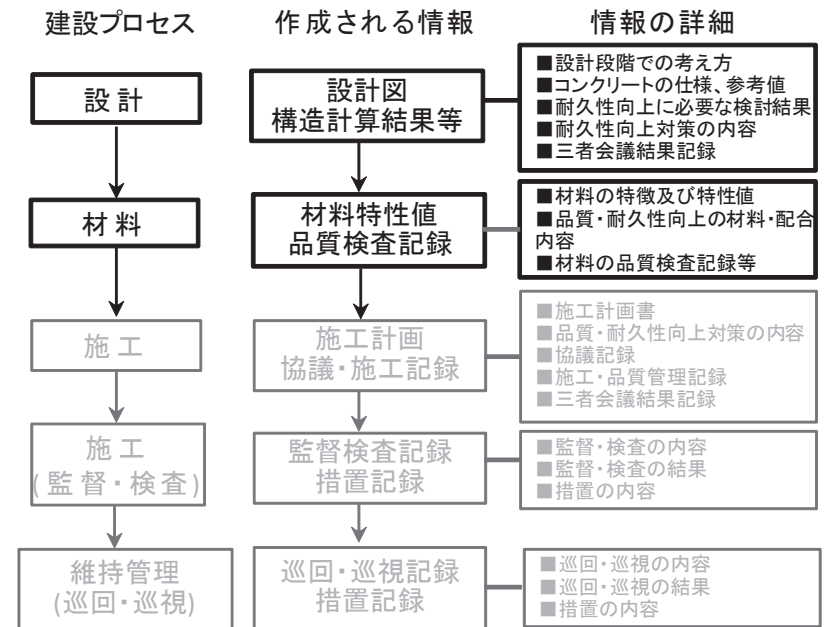
①石灰石微粉末を利用することで、材料分離抵抗性を向上することができる。

参考

【参考】1 建設プロセスの流れ (材料)



【参考】2 連携すべき事項 (材料)



※本手引き (案) において「維持管理(巡回・巡視)」は供用開始後、定期巡回 (道路) や目的別巡視 (河川) で初期欠陥を発見し、措置を行うことを指す。

2. 一般ポイント

■コンクリートを構成する材料は、JIS に適合したものを標準として使用

解説

1. 材料の標準

- ①セメントは、JIS R 5210、JIS R 5211、JIS R 5212、JIS R 5213 および JIS R 5214 に適合したものを標準とする。
- ②骨材は、JIS A 5308 附属書 A、JIS A 5005 に適合したものを標準とする。
- ③混和材として用いるフライアッシュは、JIS A 6201 に適合したものを標準とする。
- ④混和材として用いる膨張材は、JIS A 6202 に適合したものを標準とする。
- ⑤混和材として用いる高炉スラグ微粉末は、JIS A 6206 に適合したものを標準とする。
- ⑥混和材として用いるシリカフェームは、JIS A 6207 に適合したものを標準とする。
- ⑦混和剤として用いる AE 剤、減水剤、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤、高性能減水剤、流動化剤および硬化促進剤は、JIS A6204 に適合したものを標準とする。
なお、高性能 AE 減水剤と従来の AE 減水剤の中間的な機能を有するものがある。
- ⑧特殊な材料の選定にあたっては、既往の実績工事を調査し、事前に十分な試験を行ったうえで品質を確認するのがよい。
なお、信頼できるデータにより品質を確認できた場合は、試験をする必要はない。信頼できるか否かの判断は、第三者である専門家によることとする。
- ⑨生コン（フレッシュコンクリート）は、JIS A 5308 に適合したものを標準とする。

2. 技術的留意点(材料編)の構成

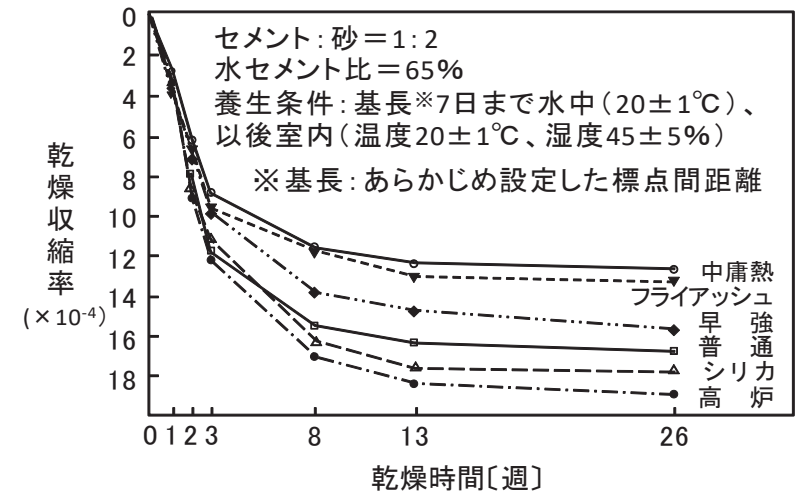
- ①本編は、新設コンクリート構造物の品質確保・向上及び長寿命化を図るために、材料段階において留意すべき事項について「ひび割れ抑制対策」、「かぶり厚確保」、「充填不良対策」の3項目のうち、「①ひび割れ抑制対策」、「②充填不良対策」についてまとめたものである。
なお、「かぶり厚確保」の対策については、材料供給側での対応は担当外事項となるため、ここでは記述しない。施工上の留意点については、【施工編】「7.鉄筋工」を参照されたい。

参考

【参考】1 膨張材の作用機構と性能（効果と留意点）⁵⁾

混和材の種類	製造方法	作用機構	効果	留意点
膨張材	石灰を主成分とするものまたはカルシウム・サルホ・アルミネート (CSA、消石灰と石こうおよびアルミナを調合、焼成したもの)	水酸化カルシウム (石灰系) またはエトリンガイト (CSA) の生成 (膨張反応)	ひび割れ低減 ケミカルプレストレス	湿潤養生が不可欠、風化防止

【参考】2 セメント種類による乾燥収縮の違い⁶⁾



【参考】3 コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材種類の影響⁷⁾

骨材	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	材齢1年後の収縮率 (%)
◎ 硬砂岩※	2.40~2.78	0.1~1.6	—
◎ 粘板岩	2.75	1.3	0.068
◎ 花崗岩	2.67	0.8	0.047
石灰岩	2.74	0.2	0.041
石英	2.66	0.3	0.032

※硬砂岩については、一般的な値を示した。

◎: 中国地方で使用されている主な岩種 (中国地整管内 208 の生コン工場の岩石名のアンケート調査、微粒分活用研究会検討結果による)

3. ひび割れ抑制対策

3.2. 収縮ひび割れ抑制ポイント

- 自己収縮ひび割れ抑制には、単位セメント量の低減および総水和熱量の小さいセメントの使用が効果的
- 乾燥収縮ひび割れ抑制には、単位水量低減、混和剤・混和材の使用が効果的
- 収縮低減剤は、乾燥収縮量を低減
- 膨張材は、コンクリートの乾燥収縮に起因するひび割れ発生を低減
- 骨材は、過大な収縮量とならないものを使用

解説

1. 自己収縮の少ないセメントの使用

①自己収縮を抑制するためには、単位セメント量の低減および総水和熱量の小さいセメントを使用することが重要である。

②セメントの組成化合物としては、 C_3A の含有量が少なく、 C_2S が多いものほど収縮量は小さくなるといわれており、低熱ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメントが該当する。

2. 乾燥収縮ひび割れ抑制のために

①乾燥収縮ひび割れを抑制するためには、単位水量をできるだけ少なくすること、混和剤・混和材の適切な使用、乾燥収縮率が小さいセメントの使用、弾性係数が大きな骨材の使用により、収縮量を小さくすることが効果的である。

3. 収縮低減剤の使用

①乾燥収縮ひび割れを抑制するためには、収縮低減剤を適切に使用し、収縮量を小さくすると効果的である。

4. 膨張材の使用

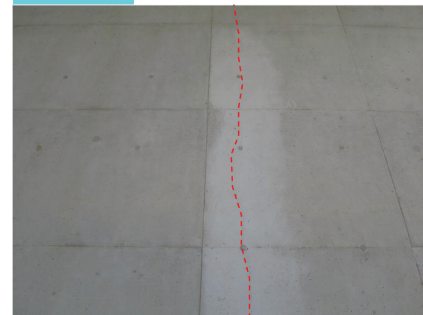
①膨張材は、コンクリートの乾燥収縮を補償しひび割れ低減に効果がある。

5. 砕石使用上の留意点

①収縮を抑制するためには、砕石は JIS A 5005 に適合したものを標準とし、骨材自体の吸水率が小さいものを使用することが重要である。

参考

【参考】1 温度ひび割れの事例



【参考】2 充填不良による豆板の事例



※充填不良による豆板は施工上の不備だけでなく、材料の不備によっても発生する可能性がある。

3. ひび割れ抑制対策

3.1. 温度ひび割れ抑制ポイント

- 温度ひび割れ抑制には、**低発熱型セメントの使用、単位セメント量の低減、単位水量の低減が効果的**
- 水和発熱抑制のため、**低発熱型セメント、混合セメントの使用が有効**
- 単位水量の低減および水和熱による温度上昇の低減のため、**混和材の使用が有効**
- 単位水量の低減のため、**混和剤の使用が有効**

解説

1. 温度ひび割れ抑制のために

①温度ひび割れを抑制するためには、**低発熱型セメントの使用、単位セメント量の低減、単位水量の低減が効果的**である。

2. 低発熱型セメントの使用

①温度ひび割れを抑制するためには**水和熱を抑えることが重要**であり、**低発熱型セメント**である**中庸熱ポルトランドセメント**や**低熱ポルトランドセメント**の使用や、**高炉セメント**や**フライアッシュセメント**を使用すると効果がある。ただし、**高炉セメント B 種**は、近年ではコンクリートの断熱温度上昇量が普通ポルトランドセメントより高くなる場合もあり、部材寸法や拘束条件、環境条件等によっては温度ひび割れが発生する事例が報告されている。

3. 混和材の使用

- ①温度ひび割れを抑制するためには、**単位水量低減**や**水和熱による温度上昇の低減効果**を有する**フライアッシュ**や**高炉スラグ微粉末**（粉末度や置換率を考慮）を使用すると効果がある。
- ②品質の優れた**フライアッシュ**を適切に用いると、**粒子が球状**のため、**コンクリートのワーカビリティを改善し単位水量を減らすことができる**こと、**水和熱による温度上昇の低減効果**が期待できる。
- ③**高炉スラグ微粉末**は、**製鉄所の溶鉱炉から排出されるスラグ**を水で急冷し、**粒状化したものを微粉砕したものである**。急冷するため**結晶化せずガラス質**となり、**水和反応を起こしやすい**（潜在水硬性）。効果は、**ワーカビリティの改善、水和熱による温度上昇の低減**など、**効果**をもたらす。
- ④**膨張材**は、**セメント硬化時にコンクリート自体に膨張圧を与える**（ケミカルプレストレス）ことによって**ひび割れを制御する効果**がある。

4. 混和剤の使用

- ①温度ひび割れを抑制するためには、**単位水量低減効果のある混和剤**を使用すると効果がある。
- ②**高性能減水剤**、**AE 減水剤**、**高性能 AE 減水剤**は、**単位水量の低減に加え、単位セメント量の低減効果も有しているため**、これらの**混和剤の使用は、温度ひび割れ抑制に有効**である。

参考

【参考】1 セメントの種類と特徴、用途⁴⁾

◎:特に適している ○:適している △:使用してもよい

種類	特徴	用途					
		一般の構造物	コン強度クリート	コン高流動クリート	コンマスククリート	ダム	海洋構造物
普通ポルトランドセメント	・汎用性高い	◎	○	△	△	△	○
早強ポルトランドセメント	・早期に強度発現	○					◎
中庸熱ポルトランドセメント	・水和熱が低い ・初期強度は小、長期強度は大		○	○	○	○	
低熱ポルトランドセメント	・中庸熱ポルトランドセメントよりも水和熱が低い ・初期強度は小、長期強度は大 ・長期的に強度が増進		◎	◎	◎	◎	○
高炉セメント B 種※	・初期強度は小、長期強度は大 ・化学抵抗性、耐海水性に優れる ・アルカリ骨材反応防止にも効果あり	◎		△	△	△	◎
フライアッシュセメント B 種	・水密性、化学抵抗性に優れる ・アルカリ骨材反応防止にも効果あり ・乾燥収縮は小	○		△	△	△	◎

注)コンクリート標準示方書ではアルカリシリカ反応と記されているが、ここでは「アルカリ骨材反応」と表記した。
 ※高炉セメント B 種は、近年では初期強度を高めるためにスラグ混合率および粉末度等が調整されたことにより、コンクリートの断熱温度上昇量が普通ポルトランドセメントよりも高くなる場合があり、部材寸法や拘束条件、環境条件等によっては温度応力によるひび割れが発生する事例が報告されている。高炉セメント B 種の諸特性を活かすためには、打込み初期に湿潤養生を十分に行う必要がある。

【参考】2 混和材の作用機構と性能（効果と留意点）⁵⁾

混和材の種類	製造方法	作用機構	効果	留意点
高炉スラグ微粉末	製鉄所の高炉で銑鉄を製造する際に発生する高炉スラグを、水を噴射するなどして急冷させてから微粉砕したもの ^{※1)}	潜在水硬性	ワーカビリティ改善、水密性向上、長期強度増進、化学抵抗性（海水や硫酸塩に対する抵抗性）向上、アルカリ骨材反応 ^{※2)} 抑制、水和熱低減（粉末度が小さくて置換率が高い場合）	湿潤養生が不可欠
フライアッシュ	微粉炭燃焼ボイラーの排ガス中に含まれる微粒子	ポゾラン反応	ワーカビリティ改善、水密性向上、長期強度増進、水和熱低減、アルカリ骨材反応 ^{※2)} 抑制	湿潤養生が不可欠、空気連行性の低下

※1:「日経 BP 社、簡単! 10 日間で基礎を身につける コンクリート講座(H22.12)、p20-fig.17」を基に一部修正
 ※2: コンクリート標準示方書ではアルカリシリカ反応と記されているが、ここでは「アルカリ骨材反応」と表記した。

【参考】3 各種混和剤の使用目的およびその効果⁴⁾

種類	タイプ	使用目的	効果
AE 剤	—	コンクリート中に多数の微細な独立気泡を連行し、ワーカビリティおよび耐凍害性を向上させる	ワーカビリティの改善、単位水量の低減、耐凍害性の改善
減水剤	標準形、遅延形、促進形	所要のスランプを得るための単位水量を低減させる	ワーカビリティの改善、単位水量の低減
高性能減水剤	—	単位水量を大幅に低減させる。または同一の単位水量の下でスランプを大幅に増加させる	単位水量の低減、単位セメント量の低減
AE 減水剤	標準形、遅延形、促進形	AE 剤と減水剤の性能を併せ持ち、ワーカビリティおよび耐凍害性を向上させる	ワーカビリティの改善、単位水量の低減、単位セメント量の低減、耐凍害性の改善
高性能 AE 減水剤	標準形、遅延形	AE 減水剤よりも高い減水性能を発揮して単位水量を低減させるとともに、スランプを保持する	ワーカビリティの改善、単位水量の低減、単位セメント量の低減、スランプロスの低減、耐凍害性の改善