

コンクリート中の塩分総量規制及び
アルカリ骨材反応抑制対策に関する懇談会

塩分規制に関する報告書

平成 14年 9月 20日

はじめに

国土交通省では、塩害によるコンクリート構造物の早期劣化を防止するため、「コンクリート中の塩分総量規制（昭和61年6月）」「普通ポルトランドセメントの塩素量（平成2年2月）」の通達を行った。一方、JIS規格は、「コンクリート中の塩分総量規制」についてJISA5308を昭和61年10月に、「ポルトランドセメントの塩素量」についてJISR5210を平成4年7月に改定した。これらは、コンクリートの塩害対策として顕著な効果を上げてきている。

しかし、近年、社会情勢の変化や工学の進展に伴い、見なおすべきとの意見も出されている。経済産業省の「循環型社会の構築に向けたセメント産業の役割を検討する会（座長 長瀧重義新潟大学教授）」は、セメント産業が廃棄物・副産物を大量に受け入れてリサイクルし循環型社会構築の一翼を担っている現状を確認した上で、セメント産業が一層の貢献を果たすため、セメントJIS規格の塩分値の緩和を含めた方策を提示した。また、ENにおいては、セメントの塩化物イオン量は「0.1%以下」と規定しており、我が国にも影響が及ぶことが考えられる。

このような状況を踏まえ、国土交通省並びに社団法人日本コンクリート工学協会では、平成13年10月に「コンクリート中の塩分総量規制及びアルカリ骨材反応抑制対策に関する懇談会」を立ち上げ、セメント中の塩化物規制基準値について約1年間（懇談会6回）検討を行ってきた。

本報告書は、それらの検討結果をとりまとめ、コンクリート中の塩化物規制基準値に対する基本的な考え方を提示したものである。

平成14年9月20日
コンクリート中の塩分総量規制及び
アルカリ骨材反応抑制対策に関する懇談会
座長 大門 正機

1. 普通ポルトランドセメント中の塩分量規制基準値緩和の検討の背景

経済産業省の「循環型社会の構築に向けたセメント産業の役割を検討する会（座長 長瀧重義新潟大学教授）」は、セメント産業が廃棄物・副産物を大量に受け入れてリサイクルし循環型社会構築の一翼を担っている現状を確認した上で、一層の貢献を果たすための方策を提示した。内容は、セメント産業は1トン当たりの廃棄物等利用量を2010年度400キログラム（1999年度311キログラム）に増やすことを努力目標とする、国・自治体はリサイクルを阻害する法規制について総合的に見なおし、所要の改正、運用の適正化を図る、技術開発の推進が必要であり、国は政策的支援を図る、セメントJIS規格の塩分値の緩和を推進する、廃棄物を利用したセメントの利用促進のためグリーン調達の対象拡大を探求する、などが柱となっている。

セメント産業の置かれている現況は、コンクリートの品質・耐久性向上の社会的要請の高まりもあって、高品質、高耐久コンクリートの製造が可能なセメントの供給が求められている。また、一方では、現在のセメント産業は、26百万トン（埋立廃棄物の約20%に相当）もの廃棄物等を原燃料として利用しているが、今後さらなる廃棄物等の発生量の増大に伴い処分場の確保が困難となり、実際、最終処分場の受け入れ許容量は限界に近づきつつあり（残余年数：一般廃棄物8.8年、産業廃棄物1.6年）、セメント産業の廃棄物等の受け入れへの期待が高まっている。

本検討会の報告書では、リサイクル対策の観点から見たセメント生産の特徴として、原材料選択の柔軟さ・工程の無害さ、可燃性廃棄物の利用でもダイオキシン類を無害化でき、燃えがらも原料として取り込めるなどをあげ、この特徴を生かして大量の廃棄物を利用し、さらに高炉スラグ、フライアッシュなどの副産物も混合材として有効利用できるとしている。こうしてセメントプラントは「廃棄物の処理施設」の役割をも担い、最終処分場を延命するという社会的な役割を果たすことが可能となる。この役割への期待は今後一層高まることが予想され、廃棄物等受け入れの潜在能力を試算した結果、1999年度のセメント1トン当たり311キログラムだったが、さらに119キログラムの追加利用の可能性があると推計した。

参考として、現行規格の「塩化物イオン量200ppm以下」を「500ppm以下」と改定した場合、廃プラスチックであれば290万トン、都市ごみ焼却灰であれば600万トン、汚泥類であれば2140万トンの追加利用が可能となる。これを実現した場合、自治体等の埋立処分費用はそれぞれ、年間2700億円、660億円、4000億円の削減が可能であると推計した。

また、廃棄物等のリサイクルの観点とは別に、我が国のセメントの塩化物量は「0.02%以下」に対して、ISOの原案として有力視されているENにおいては「0.1%以下」と規定されており、国際標準化への対応が要求される可能性もある。

2. 塩分量規制値の現状

(1) コンクリート中及びセメント中の塩化物規制値の現状

国土交通省の直轄事業における土木構造物、建築物に使用されるコンクリート中の塩化物総量規制値と普通ポルトランドセメント中の塩化物規制値を表2-1に示す。

表2-1 規制基準値の現状

	基準	基準値
コンクリート中の塩化物総量	旧建設省通達 (昭和61年6月) 土木構造物	(1)鉄筋コンクリート部材、ポストテンション方式のプレストレストコンクリート部材(シース内のグラウトを除く)および用心鉄筋を有する無筋コンクリート部材における許容塩化物量は、 $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ (C1重量)とする。 (2)プレテンション方式のプレストレストコンクリート部材、シース内のグラウトおよびオートクレープ養生を行う製品における許容塩化物量は $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ (C1重量)とする。 (3)アルミナセメントを用いる場合、電食のおそれのある場合等は、試験結果等から適宜定めるものとし、特に資料が無い場合は $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ (C1重量)とする。
	JIS A 5308 (昭和61年10月)	$0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 以下
ポルトランドセメントの塩素量	旧建設省通達 (平成2年2月)	0.02%以下
	JIS R 5210 (平成4年7月)	

レディーミクストコンクリート中の塩化物総量規制値は、旧建設省通達では使用する部材によって $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ 以下または $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 以下と規定されており、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)では、荷卸し地点で塩化物イオン(Cl^-)量として $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 以下と規定されている。この規制値は、建設省総合技術開発プロジェクトの一環として、昭和60年に着手し、昭和62年度に終了した研究開発(参考資料)によるものであり、実構造物から採取したコアの調査、土木研究所の暴露実験、諸外国の鉄筋コンクリート構造物に対する規制値、及び、総塩化物量の試算より決定された値である。

一方、普通ポルトランドセメントについても、旧建設省通達並びに JIS A 5210 (ポルトランドセメント) により、塩素量 0.02% 以下と規定されている。これは当時、PC グラウトに普通ポルトランドセメントを用いても問題のないよう設定したものである。

したがって、コンクリート中の塩化物量は、総量による規制とその前段階の材料規格 (セメント、砂) による規制がかかっていることになる。

なお、現在 PC グラウトはノンブリーディング型の使用が増えていて、平成 14 年版の道路橋示方書 コンクリート橋編の 19.4.6 でもノンブリーディング型の使用を推奨している。ノンブリーディング型のグラウトはプレミックス型が大部分であり、セメントの選定が可能である。また、従来型のセメントペーストのグラウト材を用いる場合も、グラウト中の塩化物イオン量は $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下にすることが規定されている。

海外では、セメントの塩分固定能力を勘案して、塩分の総量規制値を単位セメント量の何% に抑えるとしている例がある。つまり、単位セメント量が多いほど総量規制値が大きくなり、わが国の規制値の設定とは異なっている。

(2) 西日本におけるレディーミクストコンクリートに用いる海砂の使用・規制状況

国土交通省は、比較的海砂の使用比率の高い九州、四国、中国、近畿の 4 つの地区について、各地区の海砂採取状況について調査を行った。

この結果、すべての地域で採取禁止や今後抑制及び当面現状維持であり、今後増加することはないと考えられる。(表 2 - 2 参照) また、将来海砂の代替骨材については、砕砂等で補うことが可能であると試算されている。

表 2 - 2 西日本各府県における海砂採取許可方針 (単位:千 m³)

	地区	平成 11 年度 実績認可量	今後の認可量方針	骨材供給における海砂の位置付け
近畿地区	福井県	0		採取制限し、代替骨材供給拡大
	滋賀県	-		
	京都府	0		採取制限し、代替骨材供給拡大
	大阪府	0	× 原則採取禁止	
	兵庫県	0		
	奈良県	-		
	和歌山県	0		採取制限し、代替骨材供給拡大
	計	0		
中国地区	鳥取県	0		採取制限し、代替骨材供給拡大
	島根県	88	一般海域は平成 12 年度採取禁止(許可しない)、 特定海域は浚渫等のみ許可	県内供給量は充足状態で海砂の 積極的な必要性は認められない
	岡山県	3,312	平成 15 年度から採取禁止	採取を禁止し、他骨材で代替
	広島県	0	× 全面採取禁止	
	山口県	2,556	一般海域は 2,360 千 m ³ を上限、	代替材の活用に努めなければなら ない
	計	5,956		
四国地区	徳島県	0	× 全面採取禁止	採取を禁止し、他骨材で代替
	香川県	4,453	平成 12 年度から年 10% ずつ削減、平成 17 年度 から全面禁止	採取を禁止し、他骨材で代替
	愛媛県	3,530	県内需要分として骨材需要不足を認可	代替材の調査、研究を進め、海砂 利依存度合いの低減
	高知県	1,331	総量規制 1,000 千 m ³	主要資材としての安定供給
		計	9,314	
九州地区	福岡県	5,430	当面現状維持	海砂採取抑制検討の必要あり
	佐賀県	1,600	5 年間程度現状維持	主要資材として安定供給
	長崎県	5,959	平成 12 年度から年 500m ³ ずつ削減、平成 14 年 度に 4,500 千 m ³ とする	平成 14 年度の状況を見て決定予 定
	熊本県	841	特になし	採取制限し、代替骨材供給拡大
	大分県	975	当面現状維持	現在検討中
	宮崎県	0	× 当面許可予定無し	採取を禁止し、他骨材で代替
	鹿児島県	1,400	年 3 % 程度ずつ削減	採取制限し、代替骨材供給拡大
	計	16,205		
	西日本合計	31,475		

3. 塩害及びコンクリート中の塩化物量に関する実態調査

(1) 土木コンクリート構造物実態調査

平成11年度、建設省・運輸省・農林水産省の合同で、所管する構造物の劣化実態調査を行った。調査対象とした構造物は、全国の橋梁上部工、橋梁下部工、高架橋、擁壁、カルバート、河川構造物、トンネルの6種類で2645件の構造物である。

調査は、写真や図面等を参考に、コンクリート部材としての劣化の程度および劣化要因についての判定を行い、コンクリート構造物の耐久性に関する実態を把握した。損傷度判定標準は表3-1のように定めた。

表3-1 劣化度判定基準（トンネル以外の構造物）

劣化度	一般的状況
	劣化が著しく、補修・補強を行う必要がある。劣化のために構造物の耐力や使用性が低下していることが明白なもの。
	劣化が著しく、詳細調査を行い補修するかどうか検討する必要がある。劣化のため構造物の耐力や使用性に悪影響がでているおそれがあるもの。あるいは、放置するとさらに劣化が進行することが十分に予想されるもの。
	劣化が認められ、追跡調査を行う必要がある。現時点では即座に構造物の耐力や使用性に影響を与えないが、将来的には劣化が進行することも予想されるもの。
	劣化の兆候が認められる。軽微なひび割れや錆汁等が認められ、条件によっては劣化が進行することも予想されるもの。
	劣化の兆候が認められず、健全なもの。

調査結果より、劣化要因と竣工年代の関係を図3-1に、塩害についての劣化度と竣工年代の関係を表3-2に示す。これより、1984年の道路橋示方書塩害対策指針や1986年の塩分総量規制が実施された以降は、塩害による劣化構造物は認められていないことがわかる。

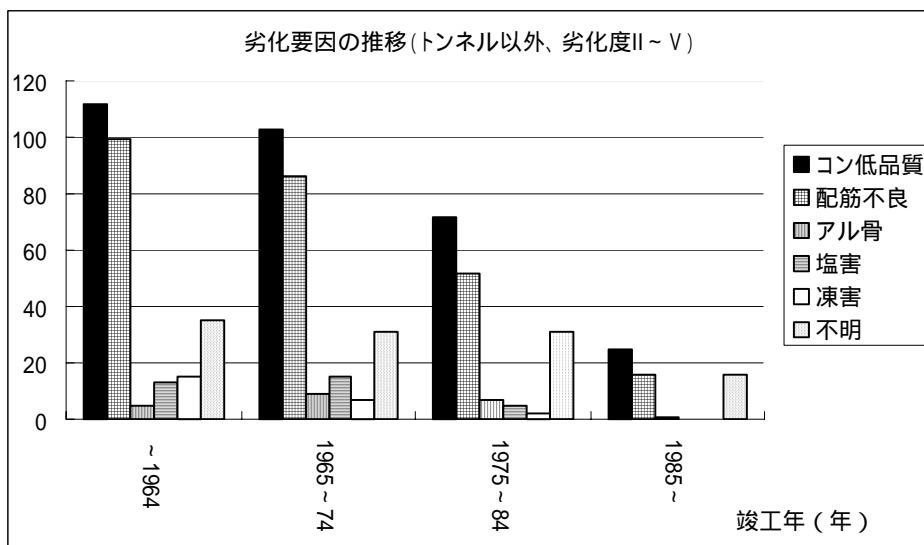


図3-1 劣化要因と竣工年代の関係（トンネル以外）

表3 - 2 劣化度と竣工年代の関係

	劣化度	劣化度	劣化度	劣化度	総計
1985年以前	17	10	3	3	33
1986年以降	0	0	0	0	0

(2) レディーミクストコンクリート中の塩化物総量の実態調査

(社)セメント協会では、レディーミクストコンクリート中の塩化物総量の実態について、比較的海砂の使用比率の高い九州、四国、中国、近畿の4つの地区について、各地区の海砂工場及び生コン工場において使用している海砂及び海砂使用のレディーミクストコンクリートの塩分量の調査を行った。調査期間は、平成9年3月から平成10年10月であり、調査対象は、海砂工場68件、生コン工場42件である。調査の結果、海砂のNaCl量は総平均で0.011%（規制値：0.04%）であり、海砂を使用したレディーミクストコンクリートの塩化物量は総平均で0.054kg/m³（規制値：0.30kg/m³）と規制値を大きく下回っていることがわかった。

独立行政法人土木研究所においては、平成11年9月から10月にかけて、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局の管内で、実際に工事に使用しているレディーミクストコンクリート（JIS認定工場で製造されたもの）の品質を調査した。調査箇所は、調査数が各県2箇所程度になるよう設定し、その結果、100件の調査結果が得られた。調査の結果、レディーミクストコンクリートの塩化物量は総平均で0.030kg/m³、最大で0.186 kg/m³（規制値：0.30kg/m³）であった。

また、経済産業省の平成13年度レディーミクストコンクリートの公示検査（約1,300工場17,165サンプル）において実施した塩化物含有量の調査結果では、全体の平均は0.042kg/m³（規制値：0.30kg/m³）となっている。

4. レディーミクストコンクリート中の塩化物総量の試算

(1) 試算結果 - 1

セメント協会資料(資料-2)に基づき、国土交通省が、海砂の使用率が多い4地区について、セメントのC1量を500ppm、400ppm、350ppmとした場合の塩分総量の試算を行った結果、塩化物総量規制基準値の $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ を超えるのは、セメントのC1量500ppmとした場合単位セメント量 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 、セメントのC1量400ppmとした場合単位セメント量 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 、セメントのC1量350ppmとした場合単位セメント量 $650\text{kg}/\text{m}^3$ となる。

全国生コンクリート工業組合連合会から収集した、平成13年度の代表的な工場において実績のあるレディーミクストコンクリート中のセメント量の調査結果より、コンクリート中のセメント量の最大値は、九州地区では $612\text{kg}/\text{m}^3$ 、近畿地区では $625\text{kg}/\text{m}^3$ であった。この単位セメント量は異常に多いもので、これ自体に問題がある可能性があるが、とりあえずここでは単位セメント量の最大値として取り扱ってみる。

この結果、セメントのC1量が350ppmであれば、海砂に含まれる塩化物量の最も多い四国地区においても、塩化物総量規制値($0.30\text{kg}/\text{m}^3$)を満足する。また、九州・近畿地区では、レディーミクストコンクリート中の単位セメント量は多いものの、砂の塩化物量が四国地区ほどは多くなく、セメントの塩化物量が400ppmであれば塩化物総量規制値($0.30\text{kg}/\text{m}^3$)を満足する。

(2) 試算結果 - 2

独立行政法人建築研究所では、建築用レディーミクストコンクリートについて、札幌、東京、名古屋、大阪、福岡、那覇の計6都市において抽出した比較的出荷量の多いレディーミクストコンクリート工場の標準期の調査を調査し、セメントの塩化物量(200ppm~500ppm)と砂の塩化物量(0.01%~0.04%)の組み合わせで塩化物総量を試算した。

この結果、砂の塩化物量を0.04%と仮定した場合、レディーミクストコンクリートの塩化物総量規制基準値($0.30\text{kg}/\text{m}^3$)を満足するのは、札幌、名古屋、福岡、那覇の4地区において、セメントの塩化物量200ppmを使用した場合のみであった。また、砂の塩化物量を0.01%と仮定した場合については、概ね、セメントの塩化物量350ppm~400ppmであれば、レディーミクストコンクリートの塩化物総量規制基準値($0.30\text{kg}/\text{m}^3$)を満足する。

5. 廃棄物を利用したセメント中の塩素含有量の試算

塩素は、セメントを製造するためのあらゆる原燃料の中に存在し、その一部が最終製品の中に残留する。特に廃棄物等の中には、かなり高濃度の塩素を含有するものがあり、将来そのような原燃料の使用比率が増大すると仮定すれば、セメント中の塩素含有量も増大するものと予測される。

(社)セメント協会では、現状の各種セメント成分等の品質確保を前提として、天然原料および化石燃料をどの程度廃棄物等で代替が可能かを試算した。

(1) 現状の廃棄物使用量および追加可能量の試算

経済産業省の報告書では、現在、セメント産業は高炉スラグ、フライアッシュ、副産せっこう等 2600 万 t もの廃棄物等を原燃料として利用しており、その量は埋立処分される廃棄物の約 20%にも相当し、セメント生産量 1t 当たり、廃棄物等の利用量は 311kg に達している。この結果、現状のクリンカーベース塩素量は、76.5ppm となっている。

さらに、現状の各種セメント成分等の品質確保を前提として、天然原料および化石燃料をどの程度廃棄物等で代替が可能か試算すると、全セメント平均 1t 当たり 119kg/t の追加利用の可能性がある。(表 5 - 1 参照)

表 5 - 1 廃棄物の最大許容量および追加可能量〔経済産業省報告書〕

態様別廃棄物	最大許容量 kg/t	現状利用量 kg/t	最大潜在追加可能量 kg/t
クリンカー用原料として	240	179	61
燃料として	65	10	55
仕上げ材、混合材として	125	122	3
廃棄物等利用計	430	311	119

(2) 廃棄物追加量に対応した塩素含有量の試算

受け入れの最大許容量は、各化学成分の構成上必ずしも全量受け入れられないが、廃棄物の種類別に、表 - 5 の原燃料の最大潜在追加可能量を、廃棄物(スラッジ、下水汚泥、浄水汚泥、廃油、再生油、廃タイヤ、廃プラスチック等)の加重平均として加算すると、塩化物イオン量の増加分は 157.7ppm 程度となる。(表 5 - 2 参照)

なお、廃棄物の追加利用による六価クロム等の重金属については、廃棄物中の

重金属含有量を調査のうえ採用するので、構造物等への影響はない。

表5 - 2 原燃料の最大潜在追加可能量に対する塩化物イオン量の増加分

態様別廃棄物		加重平均塩素含有量 mg/kg	最大潜在追加可能量 kg/t	塩化物イオン量の増加分 ppm
クリンカー用原料として	表5 (スラッジ、下水道生汚泥、下水汚泥焼灰、浄水汚泥、その他)	437	61	26.7
燃料として	表5 (廃油 再生油)	1093	20 ⁽¹⁾	21.9
	表5 (廃プラスチック、RDF)	3116	35 ⁽¹⁾	109.1
計				157.7

注⁽¹⁾ 燃料としての最大潜在追加可能量 55kg/t のうち、廃油類を 20kg/t、廃プラスチック類を 35kg/t と仮定した。

(3) 廃棄物を利用したセメント中の塩素含有量の規格値について

今後セメント工場において使用量が増大すると考えられる廃棄物の追加量および塩素含有量を仮定して、今後のクリンカー中の塩素含有量を試算すると、 $76.5 + 157.7 = 234.2\text{ppm}$ となる。但し、廃棄物の原燃料使用量の増大による石炭、粘土等の使用量の減少については考慮していない。

また、標準偏差を 40ppm と仮定すると、セメント中の塩素含有量の規格値としては、400ppm 程度まで緩和する必要があるものと考えられる。($UL = 234.2 + 40 \times 4 = 394.2\text{ppm}$)

5. まとめ

本懇談会では、セメント産業が廃棄物等のリサイクルの観点から、今後さらに大量の廃棄物・副産物の受け入れ、循環型社会の構築に貢献するという期待感が高まっていることから、国土交通省の規制として、リサイクルを阻害すると考えられるセメント中の塩化物量の規制値について、緩和ができるかどうかの検討を行った。

塩化物量規制値の現状は、レディーミクストコンクリート中の塩化物総量の規制とその前段階のセメントの塩化物量の規制値が設けられているが、レディーミクストコンクリート中の塩化物総量規制 ($0.30\text{kg}/\text{m}^3$) を満足すれば、コンクリートの品質に影響はないことが確認されている。

レディーミクストコンクリート中の塩化物量の実態調査の結果より、平均値が $0.054\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.042\text{kg}/\text{m}^3$ 等であり、規制値を大きく下回っている。また、コンクリー

ト中の塩化物量に影響を与える海砂の使用は、比較的使用比率の高い九州・四国・中国・近畿の4地区での調査の結果、すべての地域で採取禁止や今後抑制、当面現状維持であり、今後、コンクリート中に砂より供給される塩化物量はさらに減少するものと考えられ、コンクリート中の塩化物総量は、総量規制値 $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ に対してさらに安全な値となることが予想される。

このような状況を踏まえ、海砂の使用実態調査やレディーミクストコンクリート中の単位セメント量の実態調査を行い、最も塩分量の多い四国地区の平均の海砂のC1量 0.014% 、細骨材中の海砂の使用比率 65% 、単位セメント量 $550\text{kg}/\text{m}^3$ とした場合のセメントの塩化物量の試算を行った結果、およそセメントの塩化物量が $350\text{ppm} \sim 400\text{ppm}$ のあたりであれば、コンクリート中の塩化物総量規制値 ($0.30\text{kg}/\text{m}^3$) を満足することがわかった。ただし、試算に用いた値以上の塩分量が含まれる海砂や、より海砂の使用比率が高い場合には、総量規制値 ($0.30\text{kg}/\text{m}^3$) を超えることが考えられるため、これまで通りに塩分総量規制値の管理を確実に行うことが必要である。

以上より、当懇談会は、コンクリートの耐久性を確保できるコンクリート中の塩化物総量規制値 $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ を満足する範囲内で、セメント中の塩化物量の規制値 200ppm を緩和することが可能であることを国土交通省に提案する。