

骨材種の異なる耐硫酸コンクリートの耐硫酸性および物性

大成建設株式会社 正会員○宮原茂禎 正会員 大脇英司
宇部興産株式会社 正会員 藤野由隆 正会員 伊藤隆紘
正会員 玉滝浩司 正会員 伊藤智章

1. はじめに

著者らは、通常のコンクリートと比較して優れた耐硫酸性を有する自己充填コンクリートを開発し、実用化を進めている。石灰石骨材を使用すると優れた耐硫酸性を持つ耐硫酸コンクリートが製造できるが、コンクリートの製造プラントの常用の骨材は石灰石に限らない。石灰石以外の骨材でも実用に十分な耐硫酸性を持つことから¹⁾、常用の骨材を使用すれば石灰石の調達やサイロの入替えに要する労力やコストを削減できる。本報では、岩種の異なる骨材を使用した耐硫酸コンクリートについて、耐硫酸性や物性を評価した。

2. 材料・配合および試験方法

耐硫酸コンクリートは耐硫酸性付与材と石灰石微粉末を使用して耐硫酸性を高めたものである。締固めを必要としない自己充填コンクリートとして型枠に充填する。耐硫酸性およびその他の物性の試験には表-1 に示す 4 種の配合を用いた。配合①と配合②は石灰石骨材を使用し（石灰石系）、配合③と配合④は硬質砂岩碎石と山砂を使用した（非石灰石系）。配合①と配合③は構造物の新設への適用を想定して粗骨材最大寸法を 20mm とした。配合②と配合④は補修工事などで薄い断面に充填することを想定して粗骨材最大寸法を 15mm とし、既設コンクリートによる拘束や収縮に起因するひび割れを防止するために膨張材を使用した。比較用の配合（普通）は同一水セメント比の普通コンクリート（27-18-20N）とした。

試験項目は硫酸浸透深さ：JIS A7502-2、圧縮強度：JIS A 1108、ヤング係数：JIS A 1149、塩化物イオンの拡散係数：JSCE-G 572²⁾、促進中性化速度係数：JIS A 1153（20℃、RH60%、CO₂ 濃度 5%）とした。試験はそれぞれの規格に準拠した。促進中性化の試験期間は 3 ヶ月とした。塩化物イオンの拡散係数試験は、試験体を水中養生して、材齢 28 日以降に

JSCE-G 572 に準じて被覆したのち、10%の塩水に 3 ヶ月間浸せきした。

3. 試験結果

練上り時のフレッシュ性状を表-2 に示す。耐硫酸コンクリートは専用の流動調整剤（増粘剤）を用いてフレッシュ性状を調整するが、いずれの配合でも

材料分離を生じずに、目標範囲に制御することができた。

5%の硫酸へ 112 日間浸せきしたときの硫酸浸透深さは、石灰石系が 0.6mm 以下、非石灰石系が 3.0mm 以下となった（図-1）。日本下水道事業団のマニュアル³⁾では普通モルタルの硫酸浸透速度が 0.19mm/日とされ、112 日間では 21mm となることを考慮すると、両者ともに優れた耐硫酸性を有していた。耐硫酸コンクリートは、マニ

表-1 配合 (単位量：kg/m³)

配合	W/C (%)	W	C	EX	Lp	細骨材	粗骨材	A	B	Ad (C×%)
石灰石系	①	51.7	160	310	290	LS : 802	LG : 767	9.6	6.0	—
	②			295		LS : 802	LG : 770		5.5	
非石灰石系	③			310		S : 778	G : 755		6.0	
	④			295		S : 778	G : 755		5.0	
普通(比較用)	51.7	178	345	—	—	S : 831	G : 929	—	—	1.0

W：水，C：セメント，EX：膨張材，Lp：石灰石微粉末，LS：石灰石砕砂，S：山砂，LG：石灰石碎石，G：硬質砂岩碎石，A：耐硫酸性付与材，B：専用流動調整剤，Ad：AE 減水剤

表-2 フレッシュ性状試験結果

項目		スランプ フロー (cm)	U 型充填 高さ (mm)	空気量 (%)
目標値		70, -10 以上 +5 以下	≥300	4.5±1.5
石灰石系	①	68.5	354	5.5
	②	68.0	354	5.6
非石灰石系	③	62.0	350	5.8
	④	60.5	346	5.6

キーワード 下水道，耐硫酸コンクリート，耐硫酸性，中性化速度係数，塩化物イオン拡散係数

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL 045-814-7221（代表）

ュアル³⁾のモルタルライニング工法に対する防食設計法が適用できることを曝露試験で確認しているが⁴⁾、石灰石骨材を使用したものは設計厚みをより小さくでき、非石灰系のものは上述のように、製造コストを削減できる。

圧縮強度とヤング率の関係を既往のデータ⁵⁾と比較した(図-2)。試験は材齢28日に行った。耐硫酸コンクリートの圧縮強度は同一W/Cの普通コンクリートと同等でありヤング率の関係は既往の評価式の示す曲線付近に分布した。

3ヶ月間の促進中性化試験により得られた中性化速度係数を、式(1)⁶⁾により大気中における速度係数に換算し、既往の曝露試験データ⁵⁾と比較した(図-3)。

$$A = A_{Act} \cdot \sqrt{CO_2/CO_{2Act}} \quad (1)$$

ここで、 A : 大気中における中性化速度係数の推定値 (mm/√year), A_{Act} : 促進試験による中性化速度係数 (mm/√year), CO_2 : 大気中の CO_2 濃度 (0.035%), CO_{2Act} : 促進試験における CO_2 濃度 (5%)

耐硫酸コンクリートの中性化速度係数は、同一水セメント比の普通コンクリートと同等であった。また、補正の不確実性を含むが、既往のデータのばらつきの範囲内に分布することを確認した。

浸せき法による塩化物イオンの拡散係数は、配合によらず、普通コンクリートと同等であった(表-3)。

以上から、耐硫酸コンクリートは骨材の種類によらず、強度特性や一般的な耐久性(耐硫酸性を除く)が、同一W/Cの普通コンクリートと同等であることを確認した。

4. まとめ

石灰石骨材または非石灰石骨材を使用した耐硫酸コンクリートの品質を調査した。耐硫酸性は骨材種によらず優れており、石灰石系は一層の高耐久化に、非石灰石系はコスト削減に有効と考えられた。圧縮強度やヤング係数および耐硫酸性以外の耐久性は、同一水セメント比の普通コンクリートと同等であり、構造設計や耐久設計において、通常のコンクリートと同様に、現行の規準類に準じて設計できることが示された。

参考文献

- 1) 佐々木彰ほか：骨材岩種と水セメント比がコンクリートの耐硫酸性に与える影響，土木学会第61回年次学術講演会，pp.599-600，2006。2) 土木学会：2018年制定土木学会標準示方書【規準編】。3) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，2017。2018。4) 宮原茂禎ほか：耐硫酸コンクリートを用いた防食工の供用7年における追跡調査，土木学会第75回年次学術講演会，V-167，2020。5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 コンクリート工事，2018。6) 日本建築学会：高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説，1991。

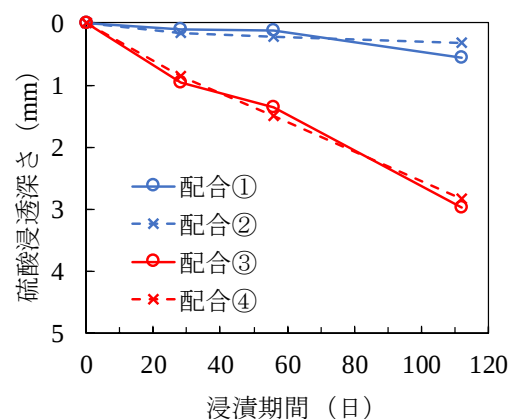


図-1 硫酸浸透深さ

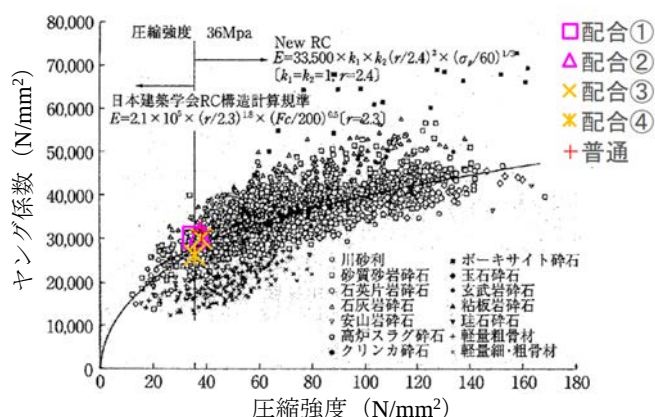


図-2 圧縮強度とヤング係数の関係⁵⁾に加筆

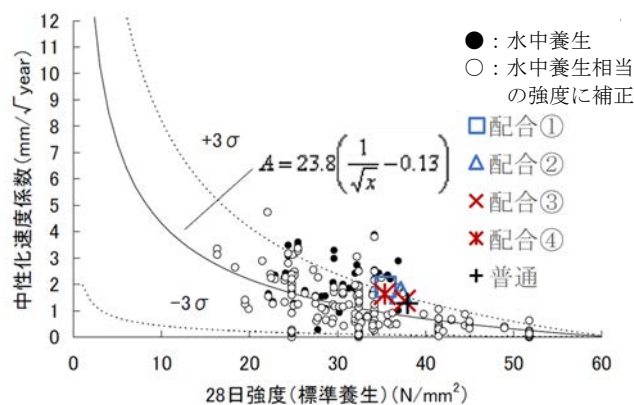


図-3 圧縮強度と中性化速度係数の関係⁵⁾に加筆

表-3 塩化物イオンの拡散係数

配合	拡散係数 (cm²/年)
配合①	2.95
配合②	3.12
配合③	2.89
配合④	2.80
普通	2.95