

低温で養生した若材齢の耐硫酸コンクリートの硫酸抵抗性

大成建設(株)技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○大脇 英司
 大成建設(株)技術センター (現 四国支店) 正会員 荻野 正貴
 宇部興産(株)建設資材カンパニー 技術開発研究所 藤野 由隆
 宇部興産(株)建設資材カンパニー 技術開発研究所 佐々木 彰

1. はじめに

下水道施設のコンクリートは微生物由来の硫酸で早期に劣化することがあり、防食が求められる¹⁾。一方、「耐硫酸コンクリート」も開発され、普及が期待される²⁾。下水道施設は処理水量が低下する冬季に改修されることも多い。また、運転停止期間の短縮のため施工期間は短い方がよい。すなわち、「耐硫酸コンクリート」には、寒冷期の短い養生で性能を発揮することが求められる。材齢28日まで20°Cの水中で養生したコンクリートを用いて耐硫酸性を評価することが標準的であるが、ここでは、寒冷環境を模して5°Cで養生した若材齢の「耐硫酸コンクリート」の耐硫酸性について報告する。

2. 評価の対象としたコンクリート

「耐硫酸コンクリート」(耐-5°C-5d, 耐-5°C-9d, 耐-標-28d)は耐硫酸性と自己充填性を有し、耐硫酸性付与剤(主成分:高分子界面活性剤)と石灰石微粉末,石灰石骨材の使用に特徴がある。使用材料と配合を表1に示す。比較には呼び強度27の普通コンクリート(普-標-28d:普通 27 18 20 N)を用いた。

コンクリート標準示方書の施工標準に従うとコンクリートは5°Cの環境で施工されることがある。その場合、普通ポルトランドセメントを用いると、最早、材齢9日で湿潤養生を終える³⁾。また、上市されている防食工法では、一週間程度で施工を完了する工法がある。これらを考慮し、5°Cで5日または9日間、封緘養生し、「耐硫酸コンクリート」の硫酸抵抗性を調べた(図1)。なお、硫酸浸漬試験では表面の一部を被覆するため、5°Cで2日間の乾燥を追加した。

3. 耐硫酸試験の方法

φ10×10cmの円柱試験体を作製し、所定の養生と乾燥を行った。2つの底面を樹脂で被覆して20°Cの水中で一昼夜、静置した後、濃度10%の硫酸に浸漬した。硫酸と試験体は体積比で2:5とし、浸漬材齢2,4,8週で硫酸を交換した。材齢8,12週にブラシ(樹脂線材)で脆弱部を除去して質量を測定した。また、円柱の軸を含む平面で試験体を切断し、フェノールフタレインを噴霧して、曝露した柱面からの中性化深さを求めた。ブラシによる脱落深さと中性化深さを合算し、硫酸浸透深さとした¹⁾。

表1 耐硫酸コンクリートの配合

配合名	単位量 (kg/m ³)						化学混和剤
	水	セメント#1		石灰石微粉末	細骨材	粗骨材	
		膨張材					
耐-5°C-5d	170	310	30#2	290	782#3	770#4	15.6#5
耐-5°C-9d							17.6#5
耐-標-28d	170	294	—	—	890#6	951#7	2.65#8
普-標-28d							

#1:普通ポルトランドセメント, #2:石灰系, #3:石灰石砕砂, #4:石灰石砕石, #5:耐硫酸性付与剤を含む, #6:千葉県産山砂と埼玉県産砕砂の混合, #7:東京都産砕石と山口県産砕石の混合, #8:高性能AE減水剤

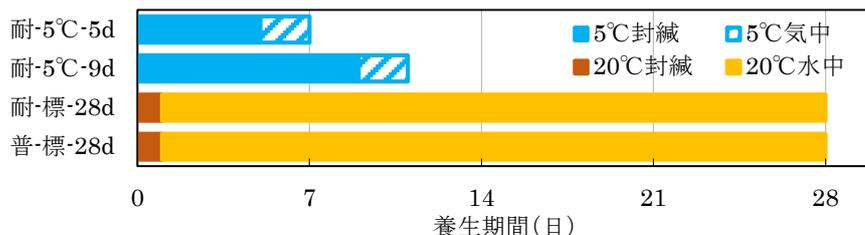


図1 試験体の養生

キーワード コンクリート, 下水道, 硫酸酸化細菌, 硫酸劣化, 耐硫酸, 寒中施工

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター 社会基盤技術研究部 Tel. 045-814-7228

4. 養生期間と硫酸抵抗性

乾燥操作を含む所定の養生が終了した試験体の圧縮強度(各3体の平均値)を図2に示す。普-標-28dとの比較から、耐-標-28dは呼び強度27の普通コンクリートと同等以上の強度を持つ。低温で養生期間の短い耐-5°C-5dと耐-5°C-9d(2日間の乾燥を追加)の圧縮強度は耐-標-28dに対して、それぞれ65%, 81%であった。強度発現だけでなく、水和反応の進行や水和組織の発達も未熟であると推察されるが、強度は30N/mm²程度以上あることから、反応の進行や組織形成が極端に劣るわけではない。

28日間の水中養生を行った「耐硫酸コンクリート」は、硫酸劣化の速度を一般的なコンクリートの約1/10に抑制できる(図3)²⁾。耐硫酸モルタルの試験では濃度5%の硫酸を用いるが¹⁾、それより高濃度の10%硫酸に耐-5°C-5dと耐-5°C-9dを浸漬したときの質量変化と硫酸浸透深さの変化を図4と図5に示す。耐-5°C-5d, 耐-5°C-9dとも、その変化は耐-標-28dと同様であり、寒冷下の短期の養生であっても優れた耐硫酸性を有することが確認できた。「耐硫酸コンクリート」は表面に密実にセッコウを生成し、皮膜を形成することが耐硫酸性向上の一因である⁴⁾。本試験では材齢8週においてブラシで表面を研削し、再度、浸漬して材齢12週で評価したが、耐硫酸性が毀損されることはなく、堅牢な保護皮膜が形成されていた。

5. おわりに

下水道施設のコンクリートの硫酸劣化に対する改修工事では、寒冷下の短期間の養生で防食性能を発揮するコンクリートが求められる。「耐硫酸コンクリート」は、コンクリート標準示方書に示される標準的な施工を行えば、寒冷期に若材齢において硫酸と接触しても十分な抵抗性を有していることが確認できた。

参考文献

- 1) 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，下水道事業支援センター(2012)。
- 2) 大脇英司ほか：耐硫酸コンクリートを活用した下水道施設の整備と再生，コンクリート工学，Vol.54, No.12, pp.1169-1177 (2016)。
- 3) 土木学会コンクリート委員会：2012年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，土木学会 (2013)。
- 4) 小西和夫ほか：下水道施設用コンクリートの耐硫酸性に関する研究，セメントコンクリート論文集，No.57, pp.315-320 (2003)。

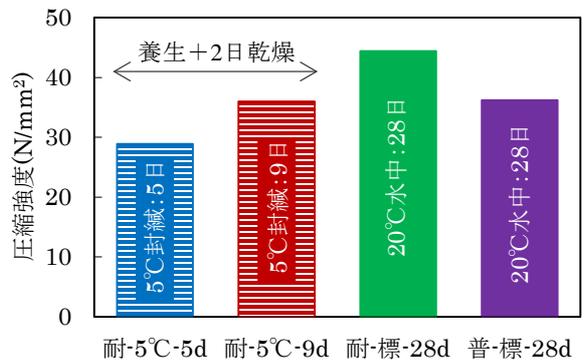


図2 初期養生終了後の圧縮強度

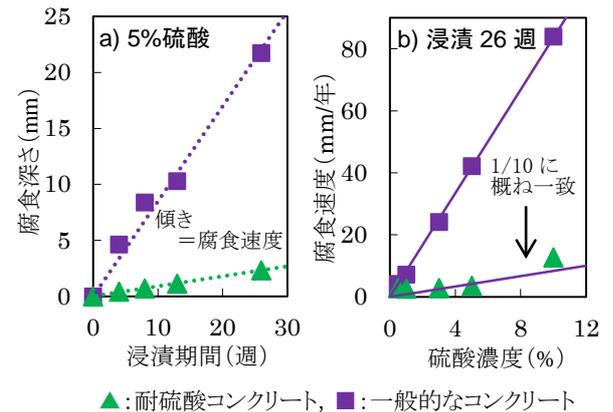


図3 硫酸による腐食速度の測定例; a)と硫酸濃度による腐食速度の変化;b) (文献2に加筆)

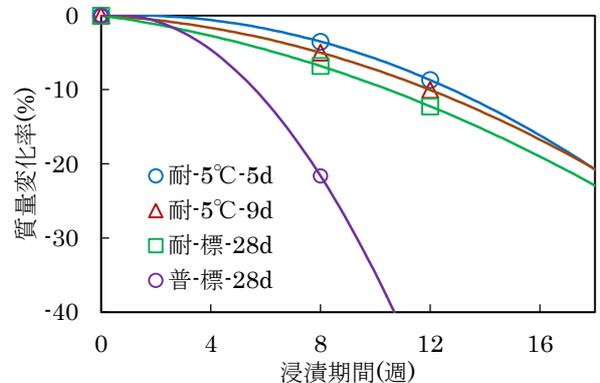


図4 10%硫酸浸漬時の質量変化

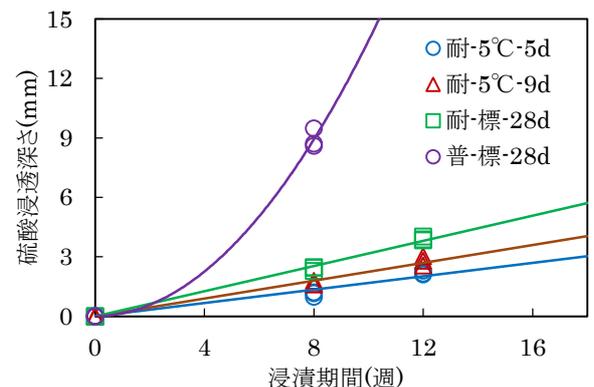


図5 10%硫酸浸漬時の硫酸浸透深さの変化