

通常の10倍の耐硫酸性を有するコンクリートの実下水環境暴露試験

宇部興産株式会社 正会員 ○佐々木 彰, 藤野 由隆
 日本下水道事業団 佐野 勝実, 佐々木 稔
 大成建設株式会社 フェロー 新藤 竹文, 正会員 宮原 茂貞

1. はじめに

下水道施設でのコンクリートは、密閉された管路や汚泥貯留槽の気相部において、生物反応で生成された硫酸によるコンクリート中のセメント水和物の分解反応およびせっこうやエトリングナイトなどの生成反応による膨張破壊にともない、著しい侵食を生じることが知られている¹⁾。筆者らは、特殊化学混和剤を添加することで、劣化因子である周囲の硫酸と反応してコンクリート表面にバリア層として緻密で安定的なせっこう層を生成し、耐硫酸性を通常のコンクリートの10倍にまで高めたコンクリートを開発した²⁾。本研究では、この耐硫酸性コンクリートについて、実際の硫酸性腐食環境における耐久性を検証することを目的として、下水道施設における4.4年間の実環境暴露試験（以下、暴露試験）により耐侵食性を評価した。

表1 使用材料

記号	種別	品質
W	水	上水道水
N	普通ポルトランドセメント	密度：3.16g/cm ³ ブレン比表面積：3290cm ² /g
Lsp	石灰石微粉末	密度：2.70 g/cm ³ ブレン比表面積：4190cm ² /g
S1	海砂	表乾密度：2.57g/cm ³ ，粗粒率：2.71
S2	石灰石砕砂	表乾密度：2.63g/cm ³ ，粗粒率：3.09
G1	硬質砂岩砕石	表乾密度：2.70g/cm ³ ，粗粒率：6.72
G2	石灰石砕石	表乾密度：2.70g/cm ³ ，粗粒率：6.67
SAd	特殊化学混和剤	—

2. 試験方法

使用材料を表1に、コンクリートの配合を表2に示す。特殊化学混和剤を添加した配合と添加しない配合で試験を実施した。コンクリートは、所定の型枠に打設し、成型1日後に脱型した。供試体は材齢28日まで20℃の水中で養生した後、各種試験に供した。

表2 コンクリートの配合

配合 記号	単位量(kg/m ³)							
	W	N	Lsp	S1	S2	G1	G2	SAd
耐硫酸	170	310	231	—	822	—	770	24
比較用	160	291	—	914	—	946	—	—

暴露試験は、表3に示す過去にコンクリートの劣化が観測されている箇所で行った。供試体は通気性の籠および網に入れ、気中部に設置した。腐食環境の程度を確認するため、気中部の硫化水素濃度を(株)ガステック製の硫化水素連続測定器を用いて測定した。供試体は、一辺が7cm程度の直方体とし、側面の1面を残して5面を変性シリコン系樹脂で保護した。各暴露場所に各配合とも供試体を6個ずつ設置し、暴露期間0.5年、1年および4.4年において供試体を2個ずつ取り出し、表面を水洗いした後、コンクリートカッターで切断し、健全部をノギスで測定した。侵食深さは、図1に示すとおり、暴露前の寸法と暴露後の変質した層を除いた健全部の長さの差(x-y)とした。また、侵食深さは、1回の測定に2個の供試体を用い、1個あたり5箇所の測定値の平均とした。

表3 暴露場所と硫化水素濃度

記号	設置場所	硫化水素濃度(ppm)
貯留槽①	A市下水処理施設 濃縮汚泥貯留槽の気中部	0~617
貯留槽②	B市下水処理施設 汚泥貯留槽の気中部	0~1250*
着水井	B市下水処理施設 着水井の気中部	6~335

*検出限界

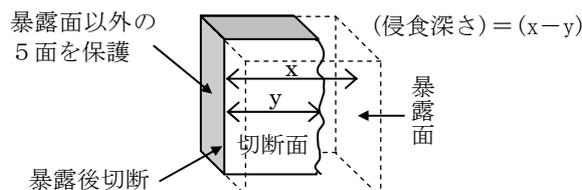


図1 侵食深さの測定

3. 試験結果

暴露試験における暴露期間と侵食深さとの関係を

キーワード 耐硫酸性, コンクリート, 下水道, 暴露試験

連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲4-11-3 宇部興産(株) 技術開発研究所 TEL03-5547-5356

図2に示す。いずれの供試体も暴露期間1年までは僅かな侵食に留まっていたが、暴露期間4.4年経過時の調査では、各暴露場所ともに比較用コンクリートの侵食

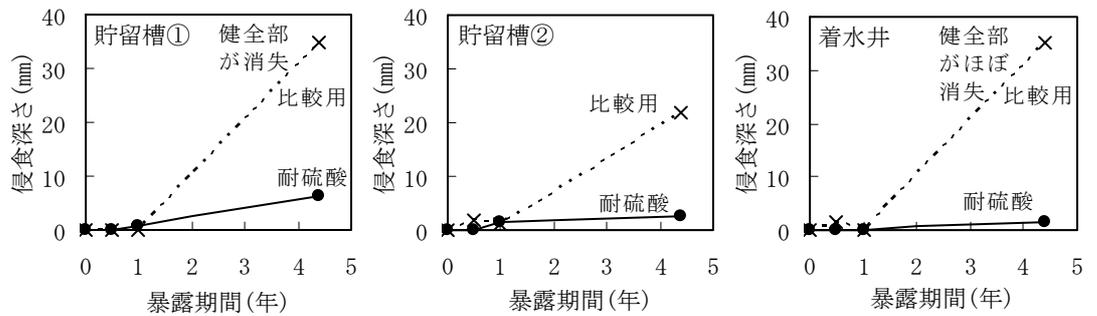


図2 暴露期間と侵食深さとの関係

は著しく進行しており、特に貯留槽①と着水井に設置した比較用コンクリートは健全部がほとんど消失していた。着水井での侵食状況(暴露期間4.4年)を写真1および写真2に示す。比較用コンクリート供試体では、コンクリートの侵食にともない暴露面を除く5面を保護していた変成シリコーン系樹脂が界面から徐々に剥がれていき、暴露期間の途中からほぼ全面が暴露環境に曝されていたと推定されるが、いずれにせよ、供試体の基長70mmであることから侵食深さは少なくとも35mmであると考えられる。これに対し、耐硫酸コンクリート供試体は、侵食深さが最も大きかった貯留槽①においても2.8~9.6mm(平均6mm)であり、さらに侵食深さが小さかった貯留槽②および着水井では、それぞれ0~5.6mm(平均2.4mm)および0~3.6mm(平均1.6mm)であった。また、暴露期間の途中に変成シリコーン系樹脂の一部が剥がれ、上面および底面からも侵食していた。腐食環境に曝された期間が不明であるので評価対象とはしなかったが、この部分の上面あるいは底面からの侵食深さは、暴露面からも侵食されたと考えられる角部を除き、暴露面と同程度であった。

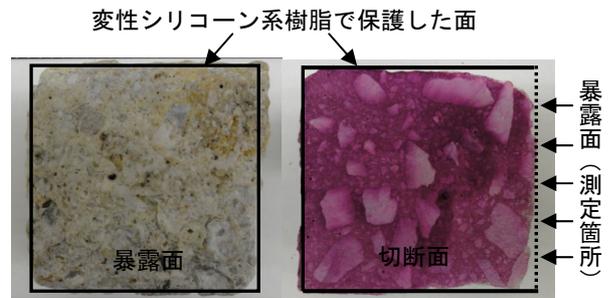


写真1 着水井に暴露した耐硫酸コンクリート

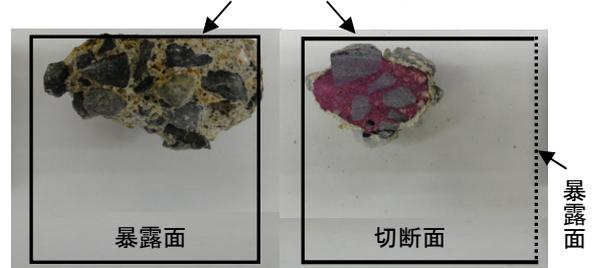


写真2 着水井に暴露した比較用コンクリート

暴露期間4.4年における比較用コンクリートに対する耐硫酸コンクリートの侵食深さの比(耐硫酸の侵食深さ/比較用の侵食深さ)を図3に示す。同図には既報²⁾の5%硫酸浸せき試験の結果も併記する。なお、貯留槽①および着水井の比較用コンクリートはほぼ消失していたため、侵食深さを35mmとして算出した結果を記す。侵食深さの比は0.05~0.18(1/20~1/6)であり、耐硫酸コンクリートの高耐久性を実環境において実証することができた。

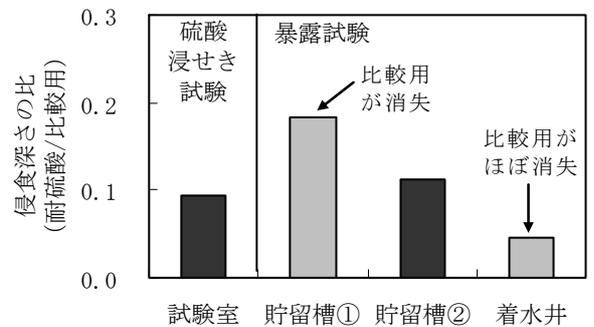


図3 侵食深さの比(耐硫酸/比較用)

4. まとめ

筆者らが開発した通常の10倍の耐硫酸性を有するコンクリートについて、下水道処理施設における暴露試験を実施した。その結果、比較用の通常のコンクリートでは4.4年間の暴露により激しい侵食が生じていたのに対し、耐硫酸性コンクリートの侵食は1/20~1/6と僅かであり、その優れた耐硫酸性を実環境において実証することができた。

参考文献:

- 1) 三品文雄:微生物腐食の4段階メカニズム、さらに詳しい下水道腐食対策講座、2003
- 2) 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、第61回年次学術講演会講演概要集、土木学会、pp599-600、2006.9
- 3) 蔵重勲、魚本健人:硫酸腐食によるセメント硬化体の侵食メカニズム、セメント・コンクリート論文集、No.55、pp458-463、2001