

# 下水汚泥溶融スラグを用いた耐酸性コンクリートの製品化基礎調査に関する報告書の概要

## 1. はじめに

近年、下水汚泥の増加に伴い汚泥の有効利用が進められているが、未だ約40%については埋め立て処分されており処分場の確保は年々困難が予想されるため、さらなる下水汚泥の有効利用が求められている。また下水道施設においては、硫化水素によるコンクリート構造物の腐食事例が多数顕在化しており、社会基盤として重要なコンクリート構造物の耐久性低下と補修・補強メンテナンス費用の負担増から、耐酸性の高耐久化が求められている。

本研究は、下水汚泥の有効利用と下水道施設の耐久性向上のため、下水汚泥溶融スラグ微粉末を主原料とした耐酸性コンクリートについて、汎用性の拡大へ向けた製品化に対する基礎調査として基本性能を取りまとめることを目的とした。

## 2. 報告書の概要

本研究では耐酸性コンクリートの「RC構造物」としての適用性を主眼として、国内で最も厳しい

表-1 暴露試験概要

コンクリートの種類	耐酸性コンクリート、普通コンクリート
鉄筋のからぶり(mm)	10mm, 20mmの供試体(2種類)
鉄筋の材質	みがき鉄筋, 異形鉄筋 各2本, 計4本 (同一供試体内に配置)
暴露期間	6, 12, 18ヶ月の3種類
⇒上記の条件に供試体をそれぞれ3サンプル(合計36本)	

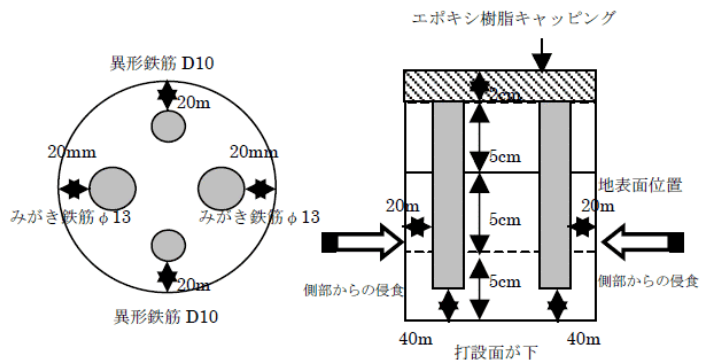


図-1 試験方法の概念図

腐食性環境(高温・酸性土壌)に類する雲仙地区での現地暴露試験を通じ、その成果をもとに今後

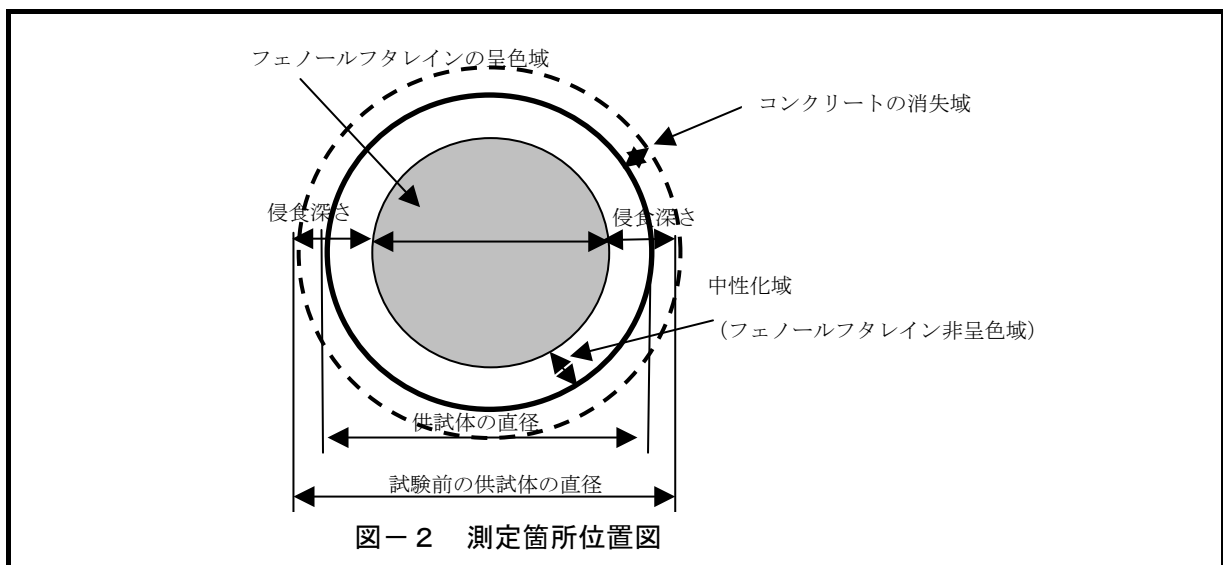
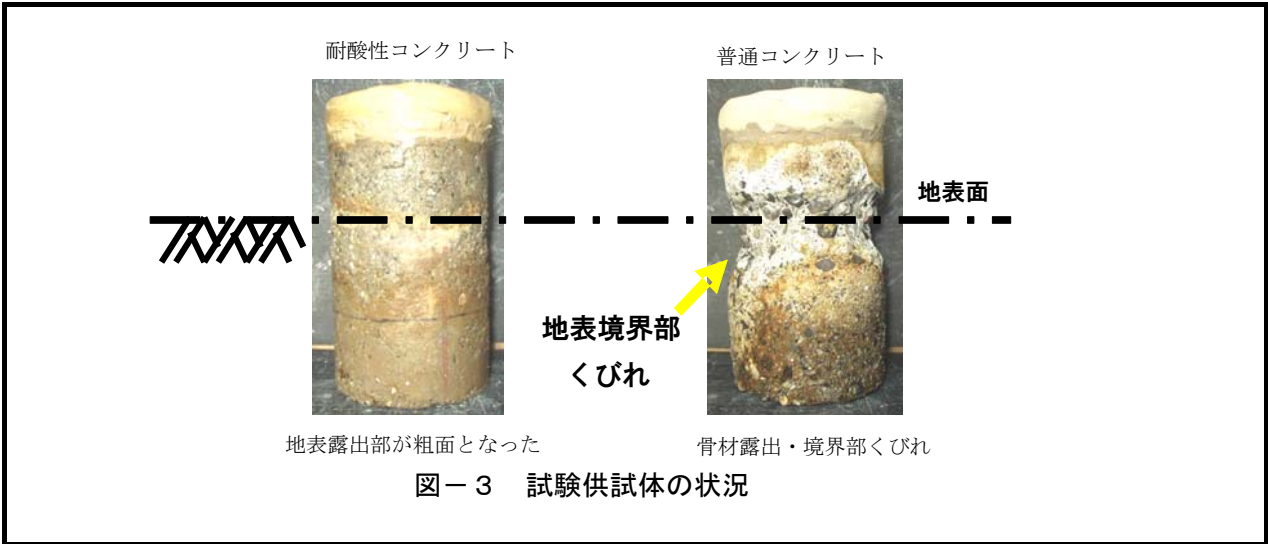


図-2 測定箇所位置図



図－3 試験供試体の状況

耐酸性コンクリートの製品化への基礎資料として報告書を纏めたものである。

**3. フィールド暴露試験の概要**

耐酸性コンクリートを国内最大級の腐食性環境である長崎県雲仙市の雲仙地区の高温・酸性土壌中で3年間にわたりフィールド暴露試験を実施した。

耐酸性コンクリートは、普通コンクリートのセメントに相当する結合材を下水スラグとアルカリ材料（水ガラス）に代替したコンクリートである。耐酸性コンクリートの細骨材および粗骨材は普通コンクリートと同じものを使用している。

耐酸性コンクリートは酸性土壌に埋設すると、

酸によりその表面が中性化されるが、中性化された部分はコンクリートの表面からはく離せずに保持されている。コンクリート二次製品における汎用性を拡大するために、本試験では酸の侵食により生じた耐酸性コンクリートの中性化域での鉄筋の発錆が懸念されるため、鉄筋の防錆能力の確認を行った。

試験に用いた供試体は耐酸性コンクリートおよび普通コンクリートの中に鉄筋を入れ、そのかぶり厚さを変えたφ100×200mmの円柱供試体であり、定期的に供試体から鉄筋を取り出して、その錆具合を確認した。試験概要を表－1に試験方法の概念図を図－1に示す。

表－2 鉄筋の腐食グレード

腐食グレード	鉄筋鋼材の状態
1	黒皮の状態、または錆は生じているが全体的に薄い緻密な錆であり、コンクリート面に錆が付着していることはない。
2	部分的に浮き錆はあるが、小面積の斑点状である。
3	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮き錆が生じている。
4	断面欠損が生じている。

表－3 鉄筋腐食の分類結果

鉄筋種類	コンクリート種類	かぶり (mm)	評価 (腐食グレード)		
			暴露期間 6ヶ月	暴露期間 12ヶ月	暴露期間 18ヶ月
異形鉄筋 D10	耐酸性コンクリート	10	1	1	1
		20	1	1	1
	普通コンクリート	10	1	2 (6本中1本) 1 (6本中5本)	2 (6本中3本) 1 (6本中3本)
		20	1	1	2 (6本中1本) 1 (6本中5本)

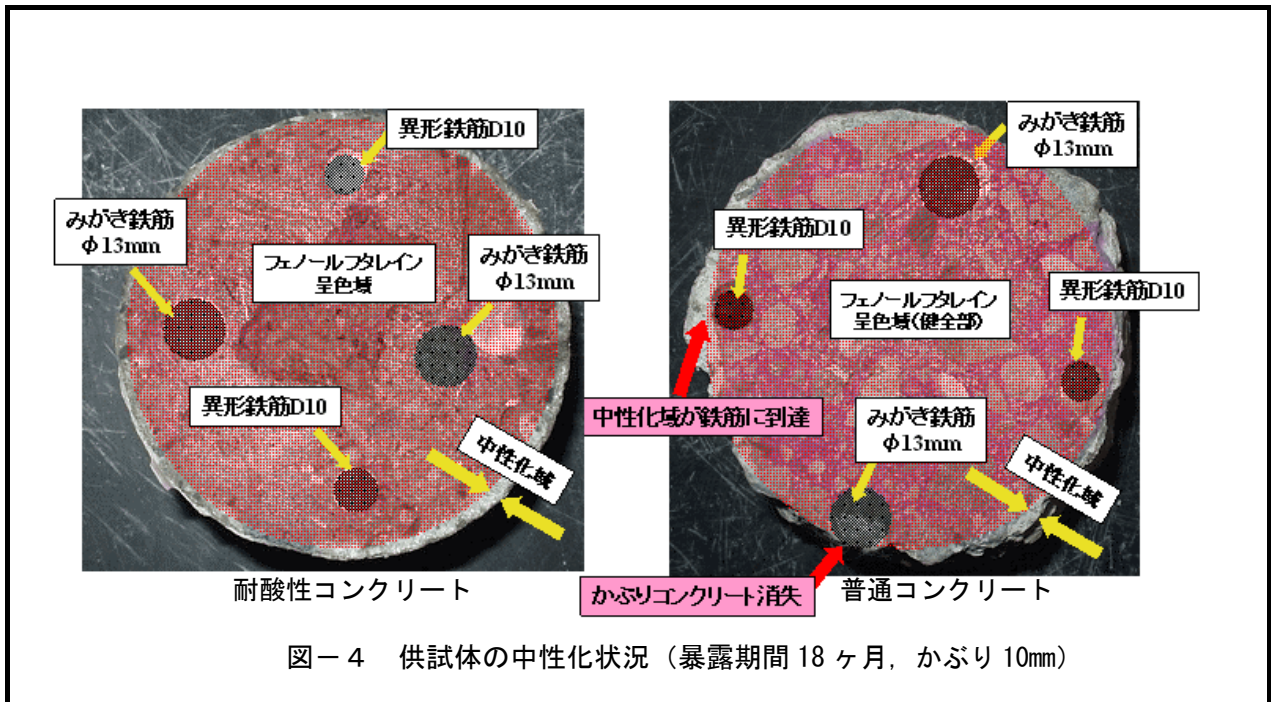


図-4 供試体の中性化状況（暴露期間 18 ヶ月，かぶり 10mm）

### 3. 1 測定方法

- 1) 設定した暴露期間ごとに耐酸性コンクリートの供試体 3 本，普通コンクリートの供試体 3 本を暴露場所から採取し，試験室において直径を測定した後，気中部，地表境界面，地中埋設部の 3 箇所を切断しフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化域を測定した。測定した直径および中性化域からコンクリートの消失域および侵食深さを求めた。図-2 に測定箇所位置図を示す。
- 2) 中性化域の測定後に供試体から鉄筋を取り出し，『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指針・同マニュアル』H14.12（下水道事業団）における鉄筋の腐食診断にもとづき腐食グレードを評価した。

## 4. フィールド暴露試験の結果

### 1) 環境測定結果

雲仙地区（市有地）における環境測定結果は地中温度 35.0℃～92.8℃，硫化水素ガス濃度 0ppm～160ppm であった。これらの値は，土壤内にある温泉蒸気の脈が常時移動しており，土中温度や硫化水素ガス濃度に影響を受けている。なお，土壤の pH の測定結果は pH2.11

～pH2.12 であった。

### 2) 供試体の外観

耐酸性コンクリート供試体の表面は，地表露出部が粗い面となっている。一方，普通コンクリート供試体の表面は地表境界面ではっきりと消失域があり，表面は白色に変色しており，石膏化が認められるとともに粗骨材の露出が見られる。図-3 に試験供試体の表面の侵食状況を示す。

### 3) 鉄筋の発錆と腐食グレード

耐酸性コンクリート内に配置した異形鉄筋には発錆が認められないのに対し，普通コンクリート内に配置した異形鉄筋はかぶりコンクリートの消失から発錆を確認した。表-2 に鉄筋の腐食グレードを示す。表-3 に鉄筋腐食の分類結果を示す。

### 4) 中性化域の状況

耐酸性コンクリートの中性化域は，鉄筋位置まで中性化域が達しておらず，鉄筋位置でのアルカリ領域は保持されているのに対し，普通コンクリートの中性化域はかぶり 10mm の鉄筋まで到達していた。中性化状況を図-4 に示す。

#### 5) 消失域の測定結果

耐酸性コンクリートが+0.11～0.15mm と暴露前とほぼ同程度であるのに対し、普通コンクリートは1.62～2.96mm 消失している。耐酸性コンクリートは変化が少ないのに対し、普通コンクリートは暴露期間を経る毎に消失域が大きくなっている。また消失域の最大値は、耐酸性コンクリートが0.89mm、普通コンクリートは10.12mm 消失していた。消失域の最大値を示した箇所は、いずれのコンクリートも地表境界面付近であった。

#### 6) 侵食深さの測定結果

侵食深さは耐酸性コンクリートが3.07～3.23mm であるのに対し、普通コンクリートは、4.31～5.05mm であった。耐酸性コンクリートの侵食深さは、大部分が中性化域であるのに対し、普通コンクリートは中性化域と消失域がほぼ同程度であった。

### 5. まとめ

試験結果より、コンクリートの耐久性は普通コンクリートより耐酸性コンクリートが優れており、耐酸性コンクリートの優れた耐久性を確認した。また、異型鉄筋に対する防錆効果としては、暴露18ヶ月時点で耐酸性コンクリートは腐食グレード1であり、優れた防錆効果を確認した。これにより、下水汚泥の有効利用と、下水道施設の高耐久性が図れる「耐酸性コンクリート」の実用化に向けた試験データを収集し、製品化に対する基礎資料を得ることができた。

今後、本報告が下水汚泥の有効利用や、コンクリート構造物の高耐久化の一助となれば幸いである。