

下水環境腐食試験装置による各種モルタルの耐腐食性試験

宇部興産建設資材事業本部 正会員 浅 上 修
同 上 五十嵐 秀 明
同 上 正会員 米 田 俊 一

1. まえがき

近年、下水道施設に用いられているコンクリートの硫酸による腐食が大きな問題となっている¹⁾。下水道施設の腐食は次のように進行すると考えられている。すなわち、まず下水中の二酸化炭素によってコンクリートの中性化が進み、これによってその表面に硫酸酸化細菌が発生し、硫化水素から硫酸を生成してpHが低下する。細菌の種類の交替によりpHの低下はさらに進み、最終的にはpHが1以下となりセメントが石膏化して崩壊する。対策として、下水道事業団により樹脂ライニング工法が指針化されており、また最近防菌剤入りの製品も市販されている。しかし、セメントそのものについての検討は少ないと思われる。

本報では、セメントの下水環境下における腐食を実験室的に再現する装置を試作し、この装置を用いて行った各種条件で調製したモルタルの耐腐食性試験の結果について報告する。

2. 実験方法

試験装置の概略を図1に示す。この装置は既往の文献²⁾を参考にして改良、試作した。気相部のガス濃度は $\text{H}_2\text{S}/\text{N}_2$ 及び CO_2/O_2 ガスを所定量で流して調整した。下水は下水処理場より採取し、2週間に1回半量を交換した。供試体は下水の上部、下水中及びその中間に置き、中間に置いたものは1日1回下水に浸かるようにした(それぞれを気中、下水中及び気液部と称す)。表1に実験条件の詳細を示す。1ヶ月毎に供試体のpH及び重量を測定するとともに、外観を観察(写真撮影)した。また、6ヶ月経過時には供試体表面の腐食部をエメリーペーパー(#80)により除去し、重量を測定し、試験前の重量に対する減少割合を腐食量とした。また、X線回折試験で腐食生成物を同定した。

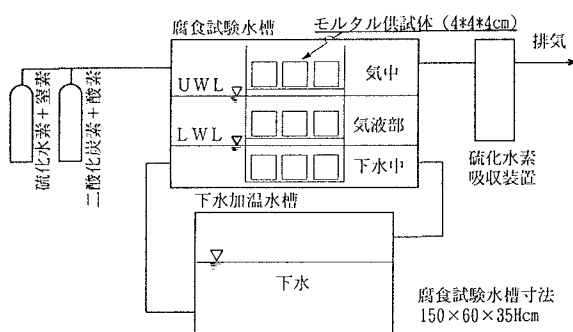


図1 下水環境促進腐食試験装置の概略

表1 下水環境促進腐食試験の条件

試験水槽	硫化水素入口濃度 : 10,000ppm 二酸化炭素濃度 : 1% ガス組成 : 大略は空気組成 ガス流量 : 100cm ³ /min 温度 : 25~30℃
加温水槽	温度 : 35℃

3. 実験結果及び考察

(1) 試験条件の検討 表3に実験に使用した下水の分析結果を示す。表3には採取した下水の水質の変動範囲も示した。実験後の下水はBOD, CODが低下し、 SO_4^{2-} -イオン濃度が上昇している。これから、微生物が活動

表2 供試体の調製条件

項 目	検討条件（アンダーラインは基本条件）
セメント種類	NC, MC, LHC, <u>RC</u> , FCB, BCB
水セメント比	30, 40, 45, 50, <u>55</u> , 65%
養生方法	標準, 蒸気, オートクレーブ

していることと H_2S の酸化が進んでいることがわかる。しかし、硫黄酸化細菌によるpHの変化は確認できない。気中の H_2S 濃度は水への溶解のため予想以上に低下した。このため、供給ガス中の H_2S 濃度を当初 500ppmとして実験を始めたが、途中から10,000ppmに高めた。しかし、この条件でも H_2S 濃度はガスの流れの上流から下流で、500ppmから10ppmまで変化した。

(2)腐食の進行状況 表4に気液部供試体の外観の変化とpHを示す。2ヶ月後には表面が完全に中性化し、3ヶ月で供試体底面の四隅に腐食の兆候と思われる茶色の腐食物が確認された。この傾向は4ヶ月になると底面の稜部に広がり、その一部は白色化するとともにpHは2以下に低下した。5ヶ月になると底面全体が白色化し脆くなった。6ヶ月になると底面から側面を下から上へ白色化が進行した。X線回折の結果では、3ヶ月では新しい生成相は検出されなかったが、5ヶ月では二水石膏の結晶相が検出され、硫酸による腐食であることが確認された³⁾。

(3)試験条件の影響 図2に6ヶ月経過時における腐食量を示す。腐食量は気液部>気中>下水中の順に多く、下水中ではほとんど腐食しないことがわかる。また、硫化水素濃度の上昇に伴い腐食が激しくなり、下水と硫化水素の共存が腐食の促進原因となっていることがわかる。

(4)モルタル配合の影響 図3に6ヶ月経過時における水セメント比と腐食量との関係を示す。腐食量は水セメント比の増大とともに多くなることがわかる。セメント種類、養生方法においても同様に評価したが、暴露期間6ヶ月においては顕著な差異は認められなかった。

4. まとめ

今回の下水環境促進腐食試験の範囲で以下の知見が得られた。

(1)下水環境を模擬した本試験方法にて、硫酸の生成によるセメント硬化体の腐食が実験的に再現できる。

(2)下水と硫化水素の共存が腐食の促進原因となり、硫化水素の濃度の上昇に伴い腐食が大きくなることが確認された。

(3)水セメント比の小さいモルタルほど腐食量が少ない。

(4)セメント種類、養生方法の違いによって暴露期間6ヶ月では腐食量に顕著な差は認められない。

〔謝辞〕なお今回の試験を行うにあたり、U市東部浄化センターの関係各位には多大なご理解とご協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

〔参考文献〕

- 1)例えば、木下 勲：下水道管のコンクリート腐食，セメント・コンクリート，No.577，pp14-19，1995
- 2)例えば、TADAHIRO MORI et al.：INTERACTIONS OF NUTRIENTS, MOISTURE AND pH ON MICROBIAL CORROSION OF CONCRETE SEWER PIPES, Wat. Res., Vol.26, No. 1, pp29-37, 1992
- ・吉本国春，西澤 宏：下水道施設における硫化水素によるコンクリートの劣化機構と防止対策に関する調査，日本下水道事業団技術開発部技術開発部報('92)，pp77-86，1992
- 3)森 忠洋，野中資博：コンクリート微生物腐食の診断方法，用水と廃水，vol. 33, No.12, pp23-33, 1991

表3 下水の分析結果

項目	実験前	実験後
BOD (mg/l)	80~240	6~27
COD (mg/l)	37~76	6~29
SO_4^{2-} (mg/l)	39~113	83~150
S^{2-} (mg/l)	0~10	0~1
pH	約7	約7

表4 供試体の外観とpH

期間(月)	外観の変化	pH
1	なし	8
2	なし	7
3	底面の隅が茶色化	3~4
4	底面の隅・稜部の一部白色化	1~2
5	底面が白色化・脆化	1~2
6	底面・側面が白色化・脆化	1~2

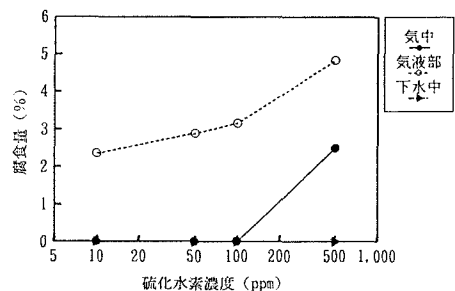


図2 試験条件と腐食量
(耐硫酸塩セメント，W/C=55%)

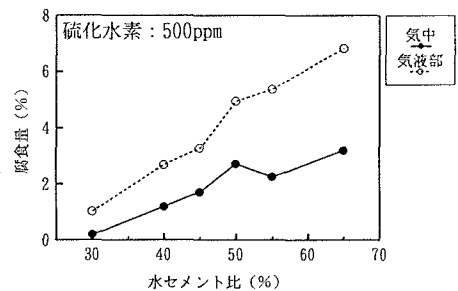


図3 水セメント比と腐食量
(耐硫酸塩セメント)