

(株) 間組 技術研究所 正会員 喜多 達夫
前田 照信

1. まえがき

最近、下水道構造物のうち、多くの終末処理場では各沈殿池（最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池）の浸水部の側壁および底盤コンクリートに侵食が見られ、大きな問題となっている。下水処理場の各沈殿池のコンクリートの侵食については多くの原因があり、かつそれらが複雑に関連しているものと予想される。

本試験では、種々考えられる要因のうち、下水処理として利用されている曝気（エアレーション）、あるいは活性汚泥によって生成する炭酸ガスに起因する炭酸に着目したが、炭酸ガスによるコンクリートまたはモルタルの侵食に関する研究事例が少ないため、2カ年計画で、炭酸ガスを多く含む（侵食の促進を速くするため、下水処理場の各沈殿池に含まれる炭酸ガス濃度の1.2~2.4倍の383ppmとした）水中に浸漬した場合のモルタルの侵食に関する室内試験を開始した。本報はこのうち浸漬後1年の試験結果について若干の考察を行ったものである。

2. 試験概要

(1) 使用材料、配合および供試体の作製

セメントは普通ポルトランドセメントを、砂は骨材の影響を配慮して、豊浦標準砂を使用した。配合は水セメント比の違いによる侵食状況の差を比較するため、 $C:S=1:2$ 、 $W_c=50, 55, 60\%$ の3種類とした。供試体は $\phi 50 \times h 100$ mmの円柱供試体とし、JIS A 1132に準じて作製した。練りませには2.5リットルのモルタルミキサを使用した。供試体は作製後24時間で脱型し、その後28日まで $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の水中で標準養生したのち、各浸漬用試験水槽内に浸漬した。

(2) 浸漬条件および装置

図-1に試験装置のフローシートを示す。本試験では炭酸ガスの水中への溶解の程度を変える目的で、水中に炭酸ガスを溶入させるケースのみでなく、空気（一般に炭酸を0.03~0.04%含む）を溶入させるケースも実施した。したがって浸漬条件は図-1に示すように、ケース1；無曝気（水道水のみを浸漬水槽に供給する）、ケース2；間接空気（水道水に空気を溶解させたものを浸漬水槽に供給する）、ケース3；直接空気（水道水を浸漬水槽に供給し、水槽内を直接、空気で曝気する）およびケース4；間接炭酸ガス（水道水に炭酸ガスを溶解させたものを浸漬水槽に供給する）の4ケースとした。浸漬水槽は内径630 mm、水深270 mmの塩ビ製の円型水槽とし、槽内の水をポンプによって循環し、かつ、供試体を環状に配置することにより、浸漬環境条件の均一性を保つよう工夫した。それぞれの水槽内に浸漬する供試体は W_c ごとに、浸漬期間ごとに2本ずつとし、各水槽とも24本 W_c （3種） $\times$ 浸漬期間（4種） $\times$ 2本 $=24$ 本とした。また、各水槽への供給水量は80 ml/minとし、供給水量の分だけ水槽からオーバーフローするようにした。炭酸ガスおよび空気は散気効率の良い散気ボールを使用して曝気することにより水中に溶解させることとし、送気源はそれぞれ炭酸ガスボンベおよびコンプレッサーを用いた。表-1に各ケースごとに供給水および排水中の炭酸ガス濃度を示す。

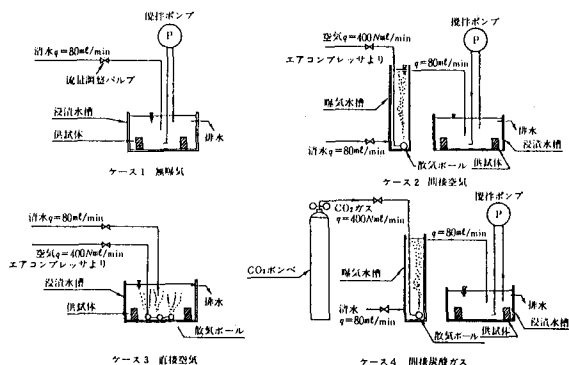


図-1 試験装置の模式図

3. 1 年の浸漬結果

(1) 供試体の外観観察

供試体の外観状態と浸漬水槽別で比較すると、ケース4の間接炭酸ガスの供試体は%によらず特に顕著な侵食を受け、表面のペースト分は完全に消失し、砂が露出しており、指でこすると容易に砂がとれる状態であった。一方、ケース1、2の無曝気、間接空気の供試体は、表面が茶褐色に変色していたが、ケース4の直接空気の供試体は、表面の変色もなく、外観の異常は認められなかった。

(2) 重量測定

ケース4の間接炭酸ガスの供試体のみが重量の減少が大きく、46~52%程度の重量減少となっている。その他のケースについては、逆に若干の重量増加となっているが、これは供試体の炭酸化に伴うモルタル成分中の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化したため、侵食量を炭酸化量が上まわったことにより、見掛け上、重量が増加したものと考えられる(図-2参照)。

(3) 中性化深さ

ケース4の間接炭酸ガスの供試体が顕著な中性化を示しており、1.1~1.5mmの値となっている。ついで、無曝気、間接空気、直接空気の順となっているが、いずれも0.3~0.7mmの範囲にあり、間接炭酸ガスに比べれば小さく、顕著な中性化は認められなかった(図-3参照)。

一方、(消失深さ)+(中性化深さ)で定義される侵食深さは、全ケース中、ケース4の間接炭酸ガスの場合が最大で2.3~2.6mmであった。

(4) 圧縮強度

圧縮強度はケース1の無曝気の場合が最も大きく、ついで直接空気、間接空気、間接炭酸ガスの順となっている。ケース4の間接炭酸ガスの場合は他のケースに比較して、極端に強度低下が生じており、炭酸ガスの反ばす影響が著しく大きいことが判明した(図-4参照)。また、枚令28日の標準養生供試体と比較すると、ケース4の間接炭酸ガスは20~30%低下しているのに対し、その他のケースでは5~37%の増加となった。

(5) 化学分析試験

モルタル成分の溶脱は、ケース4の間接炭酸ガスの場合が最も著しい傾向にあり、その他のケースでは、通常の中性化が進行しており、ケース4に比較すると、侵食の程度は小さいと考えられる(図-5参照)。

4. あとがき

本試験に際し、ご指導いただいた建設省土木研究所コンクリート研究室の小林室長に心から感謝いたします。

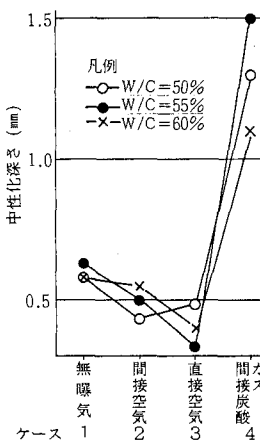


図-3 各浸漬条件下での中性化深さの測定結果

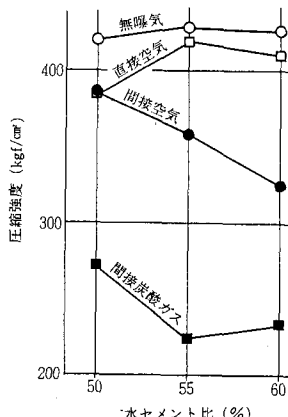


図-4 各浸漬水槽に浸漬した供試体の水セメント比と圧縮強度の関係

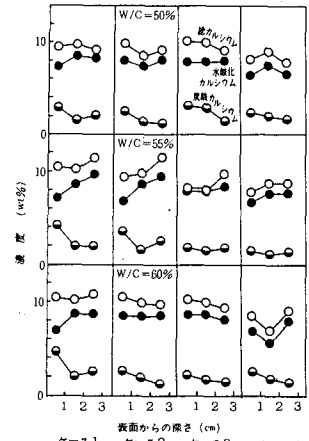


図-5 示差熱重量分析による供試体表面からの深さとカルシウム量の変化

表-1 供給水、排水中の炭酸ガス濃度

試験ケース	炭酸ガス濃度 (PPM)	
	供給水*	排水**
1. 無曝気	44	40
2. 間接空気	26	41
3. 直接空気	44	37
4. 間接炭酸ガス	383	365

*供給水とは浸漬水槽に供給される直前の水
**排水とは浸漬水槽の排水口から採取した水

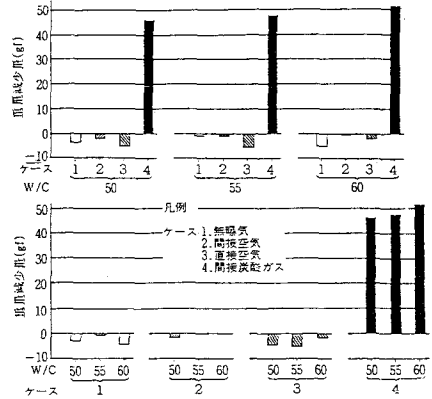


図-2 モルタル供試体の重量の変化の状況