

し尿処理槽内に暴露したコンクリート供試体の劣化について

福岡大学 正員 大和竹史

福岡大学 正員○江本幸雄

福岡大学 正員 添田政司

1. まえがき

最近、過酷環境下におけるコンクリート構造物の耐久性が話題となっているが、これまで、一般の目に触れにくかった下水道管やし尿処理施設などの化学的腐食環境下においてもコンクリートの劣化が問題となりつつある。このような施設では、有機物が分解して発生する硫化水素から生じる酸とセメント水和生成物との反応によりコンクリートの中酸化、剥離、ひびわれ、侵食、鉄筋の発錆などの被害を生じる可能性がある。このような損傷は、常時下水やし尿に浸っている部分より空間領域の方が発生ガスの影響により顕著に現れる傾向がある。本報告は、し尿処理施設の沈砂槽内に暴露したコンクリート供試体の化学的侵食について検討したものである。

2. 実験概要

セメントは早強ポルトランドセメント(比重3.13)、粗骨材は角閃岩砕石(最大寸法20mm, 比重2.89)、細骨材は海砂(比重2.58)をそれぞれ使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。

供試体は10×10×40cmの角柱とし、補修方法を考慮して種類は表-2に示す11種とした。コンクリート供試体のし尿処理槽への暴露は材令14日

表-1 コンクリートの配合

で、暴露期間は約1年半である。

コンクリート供試体を暴露した沈砂槽では硫化水素が多く発生しており、その濃度は1450ppm程度である。また、し尿から供試体ま

項目	スランプ	空気量	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)				
	(cm)	(%)	(%)	(%)	C	W	S	G	減水剤
種類	10.1	3.0	45	40	350	158	733	1231	0.875

での高さは約1.5mである。測定項目はたわみ振動による一次共鳴振動数、中性化深さ、X線回折、硫黄の定量などである。

3. 実験結果及び考察

3.1 外観

コンクリート供試体の表面劣化は暴露141日まではほとんど認められなかったが、実験終了の553日ではコンクリートにエポキシ樹脂を塗布したもの以外は腐食がみられ、特に隅角部の損傷が著しくモルタルの軟化、膨張が認められた。コンクリート表面にエポキシ樹脂を塗布した供試体は隅角部の樹脂の剥離やポップアウト現象が認められるが、塗布しないものに比べて損傷は極めて小さい。

3.2 コンクリートの中酸化およびPH

1%フェノールフタレイン溶液により各供試体の中性化深さを測定したところ、最も投入槽に近いところに暴露していたNO.1の供試体で最も大きく、平均5.2mm、最大7.4mmであった。その他の供試体でも平均で2.0mm以上、最大3.8mm以上の中性化が生じている。この深さはモルタルの軟化、膨張していた部分を取り去っており、実際はこれより数mm大きいと考えられる。コンクリート供試体の中性化部分、中性化したところから1cm内側の部分および2cm内側の部分のコンクリートを0.15mm以下に粉砕してPHを測定したところ、中性化部分で7.68~9.30であった。しかし、中性化部分から1cmおよび2cm内側のコンクリートではPHにはほとんど差はなく、12.81~12.92と強いアルカリ性を示し、中性化部分と健全なコンクリートとの差は明確に現れている。

3.3 動弾性係数百分率

コンクリートの中酸化および隅角部の腐食が激しい割には動弾性係数百分率の低下は小さく、むしろ暴露前に比べて増加しているものもみられる。また、健全な部分から切り出したコンクリートの超音波速度は4.16~4.82 km/secと高い値を維持している。このことは、腐食は外部の酸に侵された部分だけで、内部は健全であることを示している。

3.4 鋼材の腐食

コンクリート中の鉄筋の発錆はわずかに認められるが、いずれも、鉄筋の端部に生じておりコンクリートの隅角部の剝離によるものと考えられる。鉄筋を露出させていたNO.11では露出部分は全て腐食しておりコンクリートに含まれる部分も1/3程度が発錆していた。これは露出した鉄筋から拡大していったものであり樹脂で補修したNO.10においてもコンクリートとの付着が不十分な部分から進行した錆が認められた。

3.5 X線回折および硫黄の定量

X線回折による分析の結果、中性化した表面部分では $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が検出され、中性化していない内部のコンクリートからは $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が多く検出された。これは、表面部分の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が硫化水素から生じる硫酸と反応し $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ に変化したことを示しており、内部では $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が検出されないことから劣化は表面部分だけと考えられる。また、供試体 NO.1 および NO.4 の中性化した表面部と中性化していない内部より採取したモルタルから硫黄を元素分析計により定量したところ、内部ではほとんど検出されなかったが、表面部では0.20～0.41%の硫黄が含有されていた。この量は早強ポルトランドセメントに含まれる2.5%の SO_3 から計算した硫黄よりもはるかに多いものであり外部から侵入したことが判る。

4. まとめ

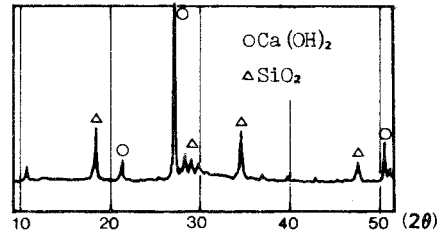
以上のことから、硫化水素の発生するような腐食環境下では酸による侵食は避けられないが、損傷は外部から進行しており内部のコンクリートは十分なアルカリ性と強度を保っている。したがって、コンクリート表面をエポキシ樹脂やモルタルで保護するだけでもかなり侵食は防止できると考えられる。

おわりに、本実験の供試体を設置させて戴いた大牟田市清掃部の方々に厚くお礼を申し上げます。

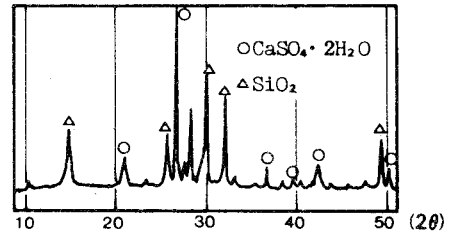
表-2 実験結果

項目	NO.	供試体	動弾性係数 百分率 (%)		中性化 (mm)		鉄筋 発錆 率 (%)	コン クリ ートの PH	超音波 速度 (km/sec)
			141 日	553 日	平均	最大			
1			103.4	—	5.2	7.4	—	8.70 12.83 12.81	—
2			95.8	102.8	3.8	6.4	0	—	—
3			107.0	105.7	3.4	6.0	1.0	—	—
4			96.4	95.0	3.7	6.4	1.1	8.41 12.86 12.86	—
5			107.1	101.3	2.4	6.5	7.8	—	4.72
6			115.0	122.5	隅角部 のみ		0	—	—
7			106.0	108.7	2.4	4.4	0	—	—
8			110.9	117.2	隅角部 のみ		0	—	4.16
9			101.3	84.4	2.7	4.7	0.8	9.30 12.89 12.92	4.73
10			91.9	71.9	2.9	4.3	12.8	—	—
11			—	—	2.2	5.4	39.4	7.68 12.88 12.87	4.68

- 1) ---- はエポキシ樹脂塗布、斜線はモルタル、点線は樹脂モルタル
2) NO.2 はかぶり40mm、NO.3はかぶり30mm、その他は15mm
3) PH は上から中性化部分、中性化部より1cm および 2cm の部分



中性化していない部分



中性化した部分

図-1 X線回折(供試体NO.1)