

報 告

コンクリート構造物への酸性雨影響調査(II)  
—コンクリート水溶性成分調査結果—

鎌 滝 裕 輝 古明地 哲 人 朝来野 国 彦

1 はじめに

雨の酸性化による器物、構造物への影響調査<sup>1)2)3)</sup>の一環として、東京都区部にあるコンクリート構造物に対する酸性雨調査<sup>1)</sup>のコンクリートから溶出した溶解性イオンについて、その調査結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査期間

1992年10月から1993年2月まで

(2) 調査対象建造物

1993年以降に解体予定の10建造物(表1)

(3) 試料採取と分析試料の調製

コンクリート構造物の、南面(降雨の暴露大)、及び北面(降雨の暴露小)の外壁からコアサンプル(直径10cm、長さ20~30cm、写真1)を採取した。

試料採取にあたっては、事前に鉄筋探査計により配筋状態を調べ、コアサンプル中に鉄筋が混入しないように注意した。

採取したコンクリート試料は、ダイヤモンドカッターにより深さ方向に0~5cmの部分(表面成分抽出部分)

表1 試料採取をした建造物

No.	名称及び所在地	階数	竣工期
1	都立北豊島工業高校(板橋区)	3F	昭和11年
2	旧都庁第二本庁舎(千代田区)	10F	昭和38年設計
3	上野動物園水族館(台東区)	4F	昭和38年
4	相生橋(中央区)	-	大正15年
5	代々木公園トイレ(渋谷区)	1F	昭和39年
6	都立芝商業高校(港区)	4F	昭和47年
7	都立駒場高校(目黒区)	4F	昭和37年
8	都立西高校(杉並区)	3F	昭和33年
9	都立竹早高校(文京区)	5F	昭和43年
10	都立青山高校(渋谷区)	4F	昭和33年

と5cm~10cmの部分(深部成分抽出部分)に切断し、風乾後、ジョークラッシャーで粗砕し、さらに、クロスビーミルとライカイ機により微粉碎し、分析試料とした。

3 水溶性成分の分析

(1) 温水抽出法

分析試料5gを秤量し、共栓付き100ml三角フラスコに封入し、蒸留水50mlを加えた後、70℃恒温浸とう槽にセットし、2時間温水抽出した。さらに、ろ過し、ろ液を冷却後、イオンクロマトグラフィーにより、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>を定量し、EDTA滴定法により、Ca<sup>2+</sup>定量した。

(2) 酸分解法

分析試料を1g秤量し、500mlビーカーに入れ、希塩酸(1+100)250mlを加えた。そして、20分電磁攪拌し、ろ過し、ろ液を冷却後、一定量を分取して、EDTA滴

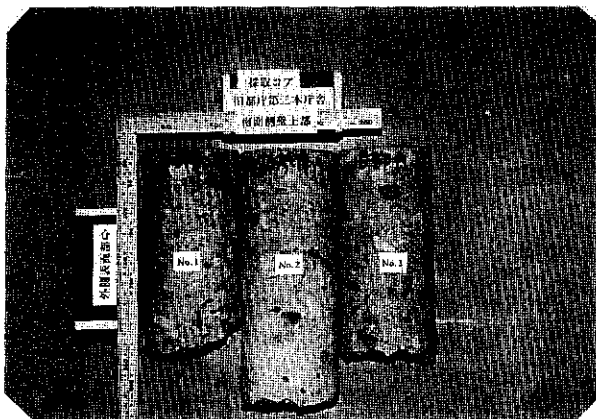


写真1 コンクリートコアサンプル



表 3-1 セメントベースでの成分割合(南面)

所在地	試料番号	層	酸分解法による分析値				総酸+HCl配合液分析値		セメントベース		検出濃度の比較(%)
			有機ベース (%)		無機ベース (%)		有機質	セメント量	NO <sub>3</sub> -	SO <sub>4</sub> -	
			mmol	CaO	mmol	CaO					
芝罘工科大学	表面	2.52	75.15	8.53	77.14	9.96	81.0	33.5	0.022	1.71	
	深部	2.02	74.10	7.22	83.53	7.44	84.6	31.9	0.025	1.64	
旧豊原小学校	表面	2.70	74.41	10.55	75.45	10.87	79.3	15.4	0.025	2.55	
	深部	2.37	72.82	10.43	75.55	10.75	78.8	15.2	0.019	2.54	
上野動物園	表面	2.75	76.85	8.79	79.11	8.32	81.9	32.4	0.014	2.28	
	深部	2.45	80.04	6.84	82.56	7.01	85.2	28.5	0.029	2.23	
相生橋	表面	1.33	77.21	8.91	76.77	9.09	82.7	33.8	0.025	1.71	
	深部	1.94	81.43	7.01	83.02	7.15	87.2	30.5	0.025	1.71	
代々木公園	表面	3.25	75.53	9.72	75.67	10.03	79.5	15.1	0.025	2.54	
	深部	4.44	72.32	9.38	75.63	9.82	78.5	14.7	0.023	2.34	
芝罘工科大学	表面	2.85	76.52	8.58	79.19	8.53	83.2	32.2	0.049	2.02	
	深部	2.33	77.55	7.10	79.81	8.32	83.8	32.4	0.016	2.13	
駒場高校	表面	3.29	75.05	8.10	77.41	7.65	81.5	31.7	0.035	2.38	
	深部	3.41	75.45	7.80	78.14	7.87	82.1	31.7	0.035	2.38	
西高	表面	2.52	81.69	6.22	83.19	6.28	87.4	9.9	0.009	2.37	
	深部	3.00	80.52	6.30	83.01	6.59	87.2	9.7	0.009	2.14	
竹早高	表面	2.64	75.77	10.45	75.77	10.76	79.5	15.2	0.005	2.35	
	深部	2.27	76.44	9.05	78.30	9.30	82.2	15.9	0.004	2.20	
青山高校	表面	3.09	74.27	8.10	76.84	8.70	85.5	14.5	0.012	2.02	
	深部	2.81	77.70	8.06	79.35	8.25	84.9	12.9	0.001	2.00	

注) 資料番号=1mmol/l(0.5, 2/100), 5% 水抽出法による分析値(0.4/100)(0.4/100) 0.4% 資料006 04.5: 抽出液のNO<sub>3</sub>-  
 \* SO<sub>4</sub>- = SO<sub>4</sub>- × 1.2 (15.0) 抽出液のNO<sub>3</sub>-を基準として算出したセメントの分析値による

表 3-2 セメントベースでの成分割合(北面)

所在地	試料番号	層	酸分解法による分析値				総酸+HCl配合液分析値		セメントベース		検出濃度の比較(%)
			有機ベース (%)		無機ベース (%)		有機質	セメント量	NO <sub>3</sub> -	SO <sub>4</sub> -	
			mmol	CaO	mmol	CaO					
芝罘工科大学	表面	3.40	76.84	7.67	79.54	7.94	83.4	33.0	0.010	1.44	
	深部	2.91	79.88	6.60	82.30	6.80	85.9	33.0	0.132	1.27	
旧豊原小学校	表面	3.33	73.30	11.63	74.67	11.91	77.8	28.9	0.061	2.11	
	深部	2.50	77.07	9.00	79.69	9.23	82.0	25.8	0.034	2.03	
上野動物園	表面	1.88	80.69	7.17	81.63	7.31	83.7	24.8	0.004	1.57	
	深部	2.22	79.09	7.81	80.99	7.99	85.0	21.9	0.025	1.20	
相生橋	表面	1.77	81.29	7.41	82.75	7.54	86.9	21.1	0.014	1.67	
	深部	1.69	82.57	6.80	84.29	6.71	88.5	9.8	0.006	1.62	
代々木公園	表面	1.69	78.20	8.48	79.27	8.71	82.2	29.9	0.116	2.32	
	深部	3.56	74.02	8.89	75.75	9.22	80.5	15.9	0.035	2.25	
芝罘工科大学	表面	2.60	77.66	8.91	79.82	8.85	83.8	28.7	0.022	2.07	
	深部	1.37	78.50	9.39	79.37	9.07	81.2	23.5	0.012	1.87	
駒場高校	表面	3.09	71.89	10.19	74.15	10.51	79.9	15.4	0.020	2.13	
	深部	3.16	73.19	9.09	75.50	9.29	79.4	14.1	0.020	2.13	
西高	表面	0.80	82.39	6.75	83.31	6.87	87.3	16.9	0.001	2.19	
	深部	1.49	83.20	6.25	84.45	6.34	88.7	9.3	0.001	2.19	
竹早高	表面	2.27	78.30	7.76	80.12	7.94	84.7	11.6	0.004	2.27	
	深部	3.41	76.36	7.75	79.28	8.02	83.3	11.6	0.018	2.11	
青山高校	表面	2.89	76.05	7.57	80.31	7.75	84.3	11.9	0.010	2.19	
	深部	2.28	78.15	7.63	79.36	7.81	84.0	11.6	0.005	2.02	

注) 資料番号=1mmol/l(0.5, 2/100), 5% 水抽出法による分析値(0.4/100)(0.4/100) 0.4% 資料006 04.5: 抽出液のNO<sub>3</sub>-  
 \* SO<sub>4</sub>- = SO<sub>4</sub>- × 1.2 (15.0) 抽出液のNO<sub>3</sub>-を基準として算出したセメントの分析値による

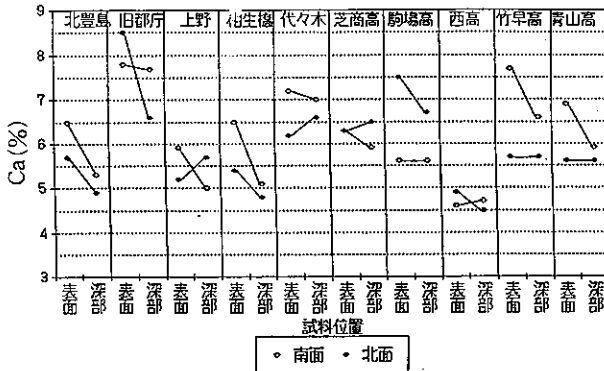


図 3 酸分解による試料中のCa<sup>2+</sup>の割合

その他のほとんどの地点の検出濃度が高いところでは、北面より南面の方が溶出量が多く、深部より表面の方が多い。

南面、及び表面では、可溶性の硫酸化合物(硫酸ナトリウム等)の生成、または導出が進行したと考えられる。酸分解法から分析されたSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>成分の単位試料当りの割合も、70℃温水抽出法からの溶出量の傾向と同様であっ

た(図5)。各コンクリート構造物建設時のセメント品質から推定した割合と分析値からの割合を比較して、外部から浸入したSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>成分の割合を図6-1,2に示した。その結果、深部より表面、北面より南面の方が高く、外部からの影響、降雨暴露量の影響があったことがうかがわれる。

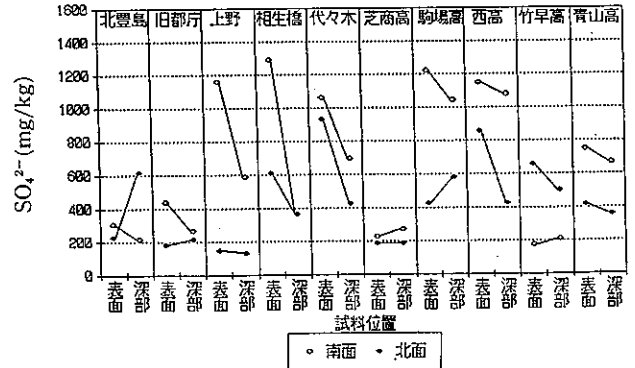


図 4 温水抽出による試料中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>量

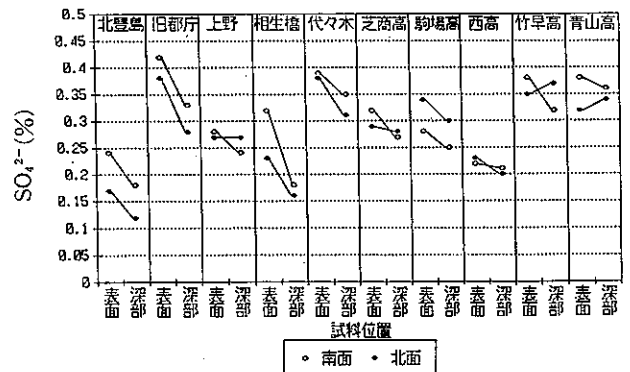


図 5 酸分解による試料中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の割合

(4) 硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)分について

図7に70℃温水抽出法からの溶出量を示した。検出量は少ないが、外部からの影響があったことがうかがえる。比較的量の多い、地点では、海塩やアンモニアの影響が考えられるため、直接的なNO<sub>3</sub>の影響は少ない。

(5) 塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)成分について

70℃温水抽出法からの溶出量と酸分解法から分析されたCl<sup>-</sup>成分量は、各地点でほとんど同量であった。また、海塩の影響の大きい相生橋を除いては、コンクリート中の塩化物イオン総量規制値(0.30kg/m<sup>3</sup>)より低く、良好なコンクリートであることがわかった(図8)。

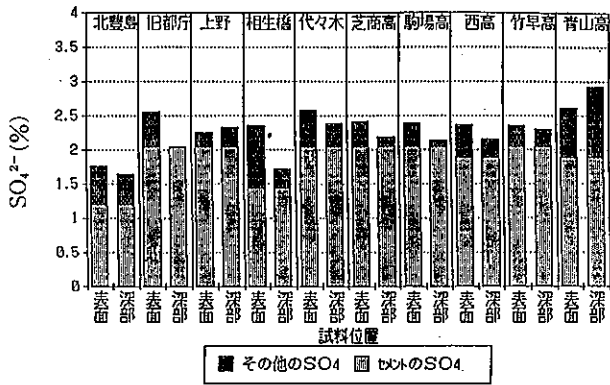


図 6-1 単位セメント量当たりのSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の推定割合(南側)

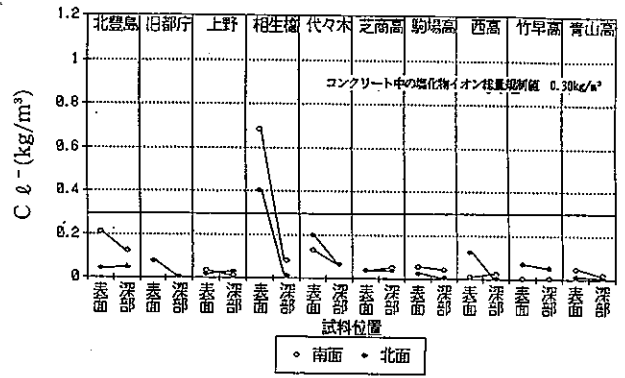


図 8 単位面積当りのCl<sup>-</sup>含有量

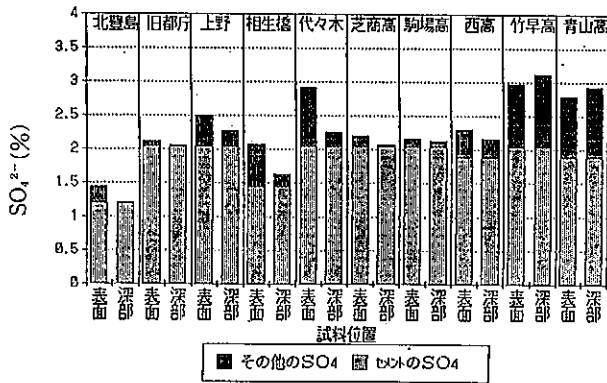


図 6-2 単位セメント量当たりのSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の推定割合(北側)

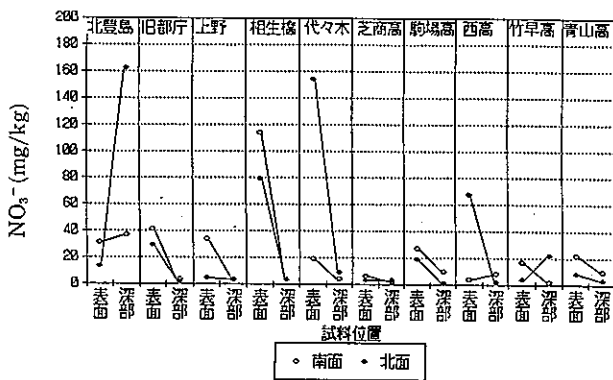


図 7 温水抽出による試料中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>量

5 まとめ

深部より表面、北面より南面の方が多くの地点でCa<sup>2+</sup>成分溶出量が高かったことから、降雨や大気汚染物質の影響があったことがわかった。しかし、コンクリートそのものを劣化させるほどには到っていなかった<sup>1)2)</sup>。

イオン成分の溶出量から大気汚染物質の影響がわずか

ではあったが認められ、環境問題における大気汚染の影響を把握するための一指標としてコンクリートの調査が有益であることがわかった。

最後に、この調査、実験に協力して頂いた関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 古明地哲人ら：コンクリート構造物への酸性雨影響調査(1) -コンクリート物性調査結果- 東京都環境科学研究所年報 1993 p261~272(1993)。
- 2) 古明地哲人ら：石像等への酸性雨影響調査(I) -野外観察と反応生成物のX線回折- 東京都環境科学研究所年報 1992, p318~325(1992)。
- 3) 鎌滝裕輝ら：石像等への酸性雨影響調査(II) -人工酸性雨による暴露実験- 東京都環境科学研究所年報 1992, p326~333(1992)。
- 4) 小林一輔：酸性雨による器物影響/コンクリート化、環境資源対策、28,14,p1355~1358(1992)。