

千葉工業大学土木工学科

○ 正会員 小林一輔

ショーボンド建設(株)化学研究所 正会員 宇野祐一

千葉工業大学土木工学科

正会員 森 弥広

1. はしがき

現在、日本各地に降り注いでいる雨のpH値は4~5程度であることが明らかにされている。このような酸性雨がコンクリート構造物に及ぼす影響に関しては未解明の点が多い。筆者らは、酸性雨によるコンクリート構造物の劣化が起こる条件として、1) ひびわれなどの欠陥を有するか、または水セメント比の大きい品質の劣る構造物であること、2) 炭酸화가進行していること、の2つを示した¹⁾。本報告は、このような条件をモデル化した供試体を用いる実験を通じて、酸性雨によるコンクリート構造物の劣化過程について検討を行った結果を取りまとめたものである。

2. 実験の概要

実験に用いたコンクリートは、水セメント比が40%及び70%の2種、骨材は組合わせA(粗骨材:閃緑岩/細骨材:川砂)と、組合わせB(粗骨材:石灰岩/細骨材:川砂(70%)+石灰ダスト(30%))の2種としたので合計4種類となる。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱体であって所定期間養生を行った後、軸方向にひびわれを生じさせ、そのひびわれを通じて図-1に示すようにpH=3の硝酸溶液を滴下した。また、1部の供試体は溶液の滴下に先立って促進炭酸化を行った。酸性溶液の滴下によって溶出してきた溶出液のpHの変化を調べるとともに、CaならびにSiの分析を行った。

3. 実験結果と考察

図-2は供試体上部のひびわれを通じて酸性溶液を滴下した場合に、供試体下部から流出してくる溶液のpHの変化を示したもので、促進炭酸化を行わない供試体の場合、当初は13.5であったpHが1ヶ月後には約11となり、1年3ヶ月後には10程度の値になっている。図-3は、供試体下部から流出した溶液中のSiの濃度を示したものである。この図から、促進炭酸化を行わない供試体からは酸性溶液を供給し始めて1ヶ月の時点ではSiは殆ど検出されなかったが、12ヶ月の時点では僅かではあるがSiの溶出が認められる。これに対して、促進炭酸化を行った供試体では、12ヶ月の時点においてより高濃度のSiが溶出していることが分かる。

酸性溶液の継続的な供給によるこのようなSiの溶出は、図-2に示したpHの低下と密接に関連していると考えられる。セメント硬化体中においてSiは、主にC-S-Hの構成要素として存在しているが、このC-S-Hは表-1に示すように、pHが10に近づくと、 CaCO_3 、水和シリカ及び H_2O に分解することが知られている。一方、無定形シリカは酸性溶液の0.01%~0.02%溶解すると言われている。図-2と図-3を対応させた場合、促進炭酸化を行わない供試体では、Siの溶出が殆ど認められなかった滴下期間1ヶ月の場合のpHが13以上であるのに対して、僅かではあるがSiの溶出が認められる12ヶ月の場合のpHが約11となっており、より高濃度のSiが溶出した促進炭酸化供試体の場合には10程度になっている。このことは、酸性溶液の流入によってコンクリートの細孔溶液のpHが低下した結果、セメント硬化体の主要な構成要素であるC-S-Hが分解したことを示している。

4. まとめ

コンクリート構造物に対する酸性雨の影響に関しては、石灰分の溶出も無視し得ない現象であるが、それ以上に本質的な劣化現象はpHの低下に伴うC-S-Hの分解であることを指摘したものである。

引用文献

- 1) 小林一輔、宇野祐一：コンクリート工学年次論文報告集、13-1、pp. 615~620、1991
- 2) Babuskin, V. et al.: Thermodynamics of Silicates, Springer-Verlag, 1985

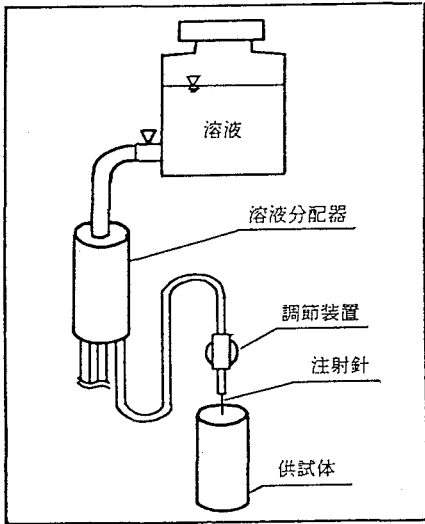


図-1 試験装置

表-1 水和物が安定に存在する最小pH値

水和生成物	pH平衡値
$C_3S_6H_{5.6}$	10.4
C_4AH_{19}	11.43
Aluminate sulphate hydrates	10.17
$Ca(OH)_2$	12.23

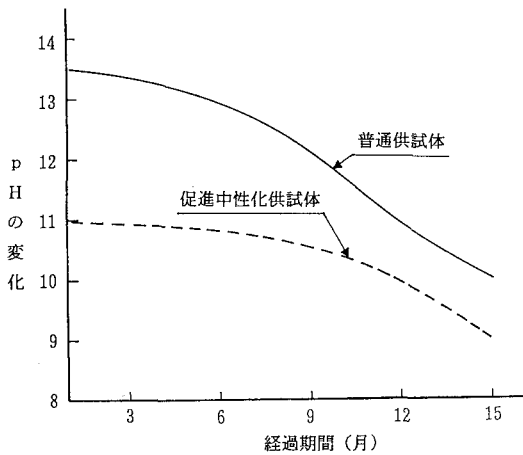


図-2 供試体下部より流出した液のpH

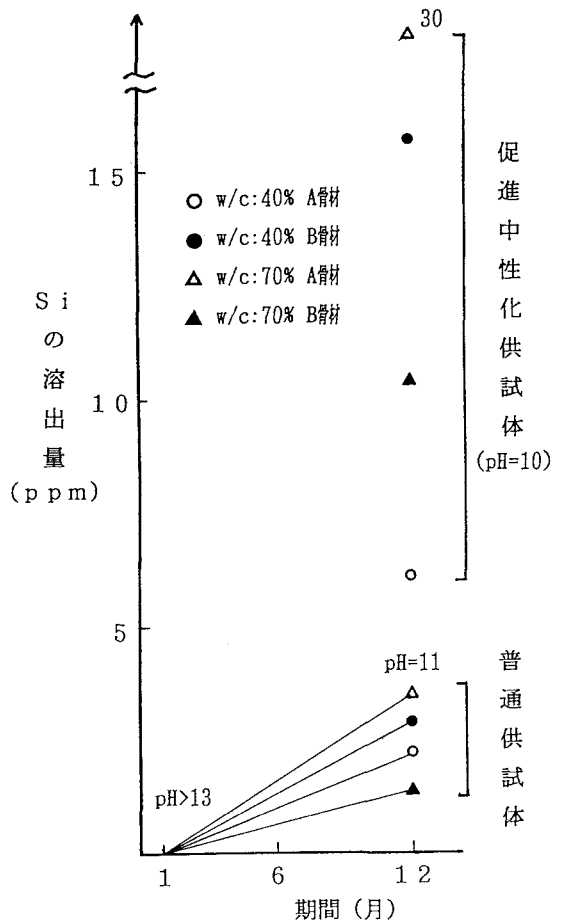


図-3 供試体下部から流出した溶液中のSi濃度