

運輸省 港湾技術研究所 学生会員 小椋卓実

同上 正会員 菊池喜昭

同上 正会員 水上純一

1. はじめに 石炭灰は、火力発電所等から大量に発生しており、今後とも増加する傾向にある。石炭灰はこれまで、処分地に埋立てられ処分されてきたが、今後は処分地を十分確保することは困難である。また、石炭灰は粒度分布からシルトに分類され、そのまま利用すると地盤材料としてあまり適切ではないとの過去の調査結果も見うけられる。そこで、石炭灰に固化材を添加して良質の地盤材料として積極的に利用することが検討されている。本研究では、固化処理した石炭灰の経時的な性状変化を調べるために、種々の条件下で養生した石炭灰について強度試験とイオンの測定を約半年にわたり実施した。

2. 使用材料及び試験方法 火力発電所より発生した石炭灰($G_s=2.116$, $w_L=37\%$)を $1.5 w_L$ になるように海水を加え、固化材(普通ポルトランドセメント)を添加したものを試料として用いた。石炭灰の粒度分布を図-1に、化学成分を表-1に示す。ここでいう海水とは蒸留水に粉末の人工海水をまぜて作成したものである。固化材の添加量はあらかじめ配合試験を行い石炭灰に対する重量比を6%とした。

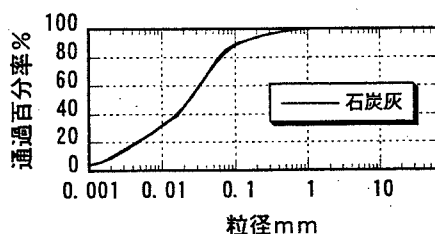


図-1 石炭灰の粒径加積曲線

所定の配合の石炭灰をモールド($\phi 50\text{mm} \times h100\text{mm}$)につめ、打設直後は長期養生条件に応じて真水あるいは海水中で一週間初期養生した。その後、モールドから取出し、所定の養生条件で長期養生し、打設から1ヶ月毎に強度試験を実施した。長期養生条件は表-2に示す8種類である。強度試験は、一軸圧縮試験と三軸圧縮試験(CU)を実施した。三軸圧縮試験は供試体を $\phi 35\text{mm} \times h80\text{mm}$ に成形し、圧密圧力 σ_c' は $1, 2, 5\text{kgf/cm}^2$ の3種類とし、バックプレッシャーを 2.0kgf/cm^2 とした。せん断時のひずみ速度は $0.055\%/min$ とした。また、強度試験の実施とあわせて養生水槽から採水し Ca^{2+} 、 Cl^- 、 K^+ 、 Na^+ の4種類のイオン及びpHの測定を行った。

ここでは、表-2中の1、5、4の3つの養生条件(ここでは、それぞれ「真水」、「海水」、「 CO_2 」と略す。)に対応する結果について報告する。

表-1 石炭灰と固化材の化学成分(%)

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	その他
石炭灰	71.7	20.3	3.8	0.5	0.8
固化材 ¹⁾	21.5	5.2	2.9	63.8	6.3

表-2 養生条件

	初期養生条件	長期養生条件
1	真水 (蒸留水)	真水、上蓋あり
2		真水、上蓋なし
3		真水、水の交換
4		真水、 CO_2 吹込み
5	海水 (人工海水)	海水、上蓋あり
6		海水、上蓋なし
7		海水、水の交換
8		海水、 CO_2 吹込み

3. 試験結果 4ヶ月養生した後の供試体の三軸圧縮試験(CU)の結果を図-2、3に示す。図-2は軸差応力 $q(=\sigma_a - \sigma_o)$ と軸ひずみ ε_a の関係を示したものである。この図から「真水」と「海水」で初期の傾きは同じであるが最大軸差応力は「真水」の方が15%程度大きく、「 CO_2 」の場合には最大軸差応力が「真水」の場合に比

キーワード：石炭灰、三軸試験、固化、アルカリ、劣化

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5024 FAX 0468-44-0618

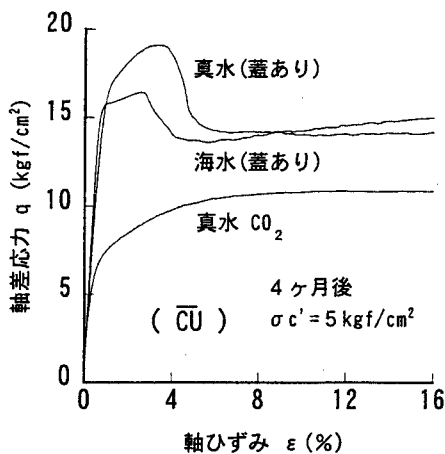


図-2 応力ひずみ曲線

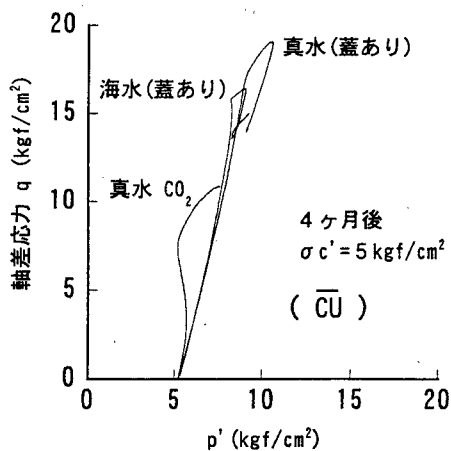


図-3 応力経路

べ約 40%低いことがわかる。図-3 の応力経路を見ると、「CO₂」は「真水」や「海水」と比較すると、間隙水圧の発生の様子が異なり、また破壊線も低めに存在する。養生中の状態を見ると各条件で外見からの変化はあまり見られないが、「CO₂」供試体の水に触れている部分は他の養生条件のものとは比べて柔らかくなっており、「CO₂」の供試体は劣化の進行が早い傾向にあるようである。

図-4 は pH の測定結果である。この図から pH は大きい方から「真水」、「海水」、「CO₂」の順になっており、「CO₂」のみやや酸性側になっていることがわかる。また、pH がアルカリ側にあるケースについては次第に pH が下がる傾向にあった。図-5 に溶液中の Ca²⁺ の濃度の変化を示す。「真水」の場合は Ca²⁺ の濃度が低く、「海水」、「CO₂」の場合の 1/10 以下の濃度を示している。また、「海水」と「CO₂」では日数が経過するに連れて Ca²⁺ の濃度が増加していることがわかる。

ここで、CO₂ の効果を考えてみる。まず図-4 から CO₂ を吹込むと、養生液が高アルカリになることを防ぐ効果があることがわかる。また、表-1 の化学成分を見ると図-5 で測定された Ca²⁺ は主に固化材から溶出していることが考えられる。そのため強度が下がるものと考えられる。

「海水」の場合にも「真水」に比べて pH を低めにし、Ca²⁺ が溶出しやすくなる条件があるため、「真水」よりも強度が低くなったものと考えられる。

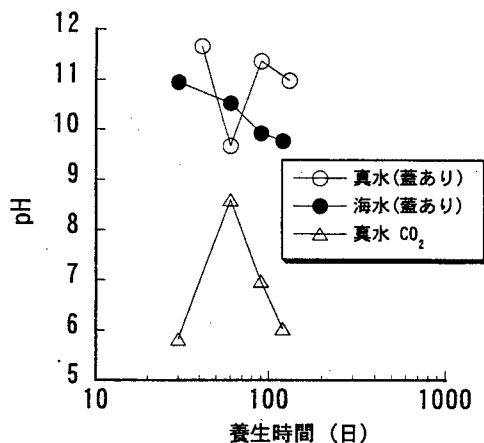


図-4 pH の変化

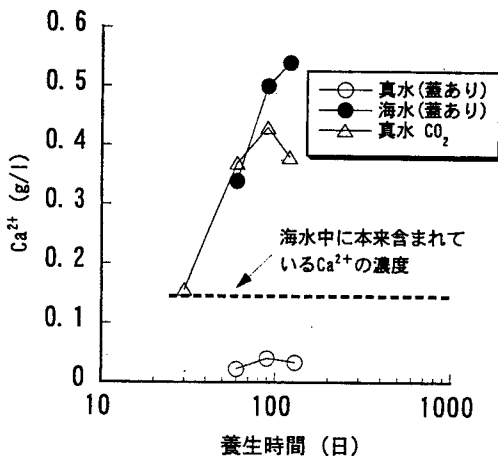


図-5 Ca²⁺濃度の変化