

締固めた石炭火力発電所産副産物の強度、変形特性に関する実験的研究

金沢工業大学大学院 学生員 ○保本敏伸
石川工業高等専門学校 正会員 佐野博昭

金沢工業大学 正会員 山田幹雄
金沢工業大学 正会員 太田 実

まえがき 石炭火力発電所からは、産業副産物として石炭灰（主としてフライアッシュ）や排煙脱硫スラッジが多量に排出される。本研究ではフライアッシュ・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の強度、変形特性を調べて、このような材料の土木分野における有効利用法、例えば道路路盤の築造材料としての適用性について検討を行なった。

試料の性質および配合割合 表-1は、今回の室内試験に用いたフライアッシュおよび排煙脱硫スラッジの物理的、化学的性質を示す。混合材料の作製にあたって、フライアッシュと排煙脱硫スラッジとの配合割合は乾燥質量比で6:1とし、これに酸化カルシウム分を約95%含有する消石灰を0~6%加えた。

試験方法 本研究では①材料を混合してから締固めるまでの時間間隔（放置日数）、②供試体の作製方法、③養生温度の違いが一軸圧縮強さおよび体積変化率の大きさにおよぼす影響を明らかにする目的で、種々の条件を組み合わせた一軸圧縮試験を行なうことにした。すなわち、①については0~14日、②については図-1に示すAおよびB方法、③については10~30℃とした。なお、供試体の寸法は直径約5cm、高さ約10cmとし、養生日数は0~28日とした。一軸圧縮試験は1%/minのひずみ速度で実施した。

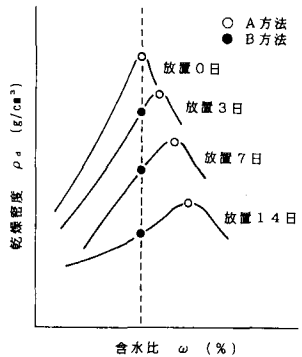
試験結果 図-2は、それぞれの放置日数 t_b における体積変化率 ϵ および一軸圧縮強さ q_u の変化の一例を示す。この図は消石灰添加率を2%、養生温度を30℃としたシリーズの測定結果である。 q_u については t_b が長くなるにつれて強度増加は小さくなること、 ϵ については t_b の長短にかかわらず養生28日目における膨張量は2~2.5%と比較的小さいこと、さらに、 q_u 、 ϵ ともに供試体の作製方法による差はほとんどないことがわかる。このような傾向は、消石灰添加率および養生温度を変えた他のシリーズでも認められた。

一般に、セメント安定処理土の q_u の経時変化は積算温度M（材齢と温度との積）によって推定できることが知られている¹⁾。著者らは、このような評価手法がフライアッシュ・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料にも適用できるかどうかについて検討するために、 t_b ごとの q_u とMとの関係を調べてみることにした。なお、養生温度を10℃としたシリーズにおける強度発現はさほど大きくなかったことから、Mの算出にあたって加算温度 α の値は-10℃と置くことにした。計算結果の一例を図-3に示す。この図は消石灰添加率2%の場合をまとめたものであるが、 q_u とMとの関係は直線式で表現することが可能（相関係数 $r=0.913\sim0.922$ ）であり、かつ、 t_b の長いときほど直線の

表-1 石炭灰および排煙脱硫スラッジの物理的性質、化学的性質

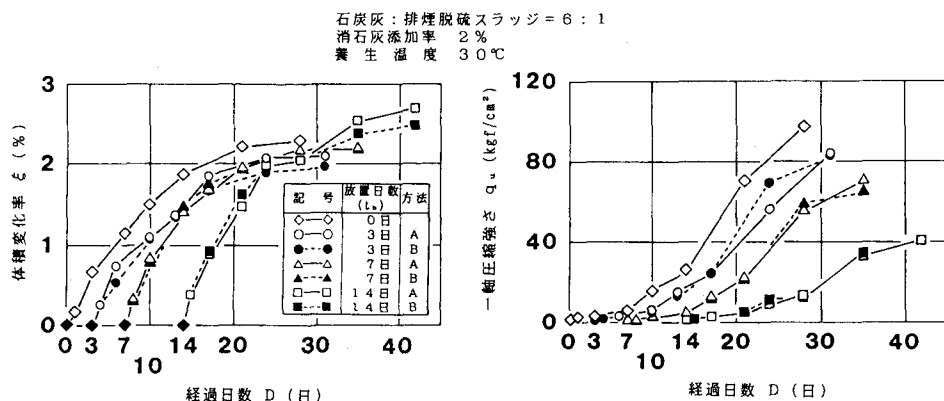
石炭灰（フライアッシュ）	
土粒子の密度(g/cm ³)	2.30
砂 分(%)	11.6
シルト 分(%)	85.5
粘土 分(%)	2.9
均等係数	2.0
最適含水比(%)	20.8
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.36
シリカ(%)	52.2
アルミナ(%)	21.8
酸化第二鉄(%)	7.87
酸化カルシウム(%)	9.12
酸化マグネシウム(%)	1.28
酸化カリウム(%)	1.38
酸化ナトリウム(%)	1.93
強熱減量(%)	1.08

排煙脱硫スラッジ	
土粒子の密度(g/cm ³)	2.83
砂 分(%)	15.4
シルト 分(%)	79.8
粘土 分(%)	4.8
均等係数	1.8
最適含水比(%)	40.7
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.15
酸化カルシウム(%)	18.6
酸化マグネシウム(%)	83.1
強熱減量(%)	9.23



A方法：所定の放置日数を経過した材料に水を加えて、各放置日数での最適含水比、最大乾燥密度となるように供試体を作製するもの。
B方法：所定の放置日数を経過した材料をそのままの状態とし、放置日数0日の締固め曲線における最大乾燥密度の点からの垂線と各放置日数における締固め曲線との交点の乾燥密度を目標にして供試体を作製するもの。

図-1 供試体の作製方法



勾配は小さくなるのがわかる。なお，このような関係は消石灰添加率を0%および6%とした場合にも示された。

そこで，次の段階として，消石灰添加率ごとの直線の勾配と t_c との関係から一軸圧縮強さ q_u^* を計算で求め，これを試験から得られた一軸圧縮強さ q_u と比較してみることにした。その結果を図-4に示す。この図において，記号○は消石灰添加率および養生温度が高く，かつ，養生日数が長いときほど右上方に位置している。 $q_u^* - q_u$ 間で回帰式を求めたところ， $q_u^* = 0.88 q_u$ となった。この点に関して，著者らはこれまでに配合割合を3:1とした試験²⁾も行なったが，そこでは $q_u^* = 0.97 q_u$ という関係が示された。これらのことから，フライアッシュ・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料は，その強度発現過程を積算温度を考慮に入れた手法によって推測することができるものと判断される。

あとがき 試験結果より，本研究で取り扱った混合材料は放置日数が14日以内であれば再度加水，混合を行なう必要性は少なく，これは材料の保存方法ならびにまき出し・転圧時機を検討する上において有利な方向にあるといえる。また，この混合材料は温度の影響を強く受けることから，施工時の外気温に応じて配合割合，とくに，消石灰添加率を適宜加減することにより所定の支持力を有する上層路盤または下層路盤を築造できる可能性が高いと考えられる。

参考文献 1) 日本材料学会土質安定材料委員会：地盤改良工法便覧，日刊工業新聞社，1991年7月。

2) 山田幹雄・佐野博昭・山本三千昭・太田実：放置日数および養生温度を考慮した石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の一軸圧縮強さの評価手法，土木学会第48回年次学術講演会講演概要集，第Ⅲ部，pp. 226～227，1993年9月。

