

III-494

養生条件の違いが石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の強度および変形特性におよぼす影響

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
三井建設(株) 正会員 山本三千昭 金沢工業大学 正会員 太田実

1. まえがき 近年、石炭火力発電所において石炭灰および排煙脱硫スラッジが多量に発生している。これらの材料を有効利用するために路盤・路床、盛土および埋立等に用いられているが、一般に、締固めた石炭灰供試体の強度発現は養生条件の違いにより大きく異なることが報告されている¹⁾。このため、施工後の降雨の浸透や外気温の変化等を考慮した場合、強度および変形特性は大きく異なるものと予想される。

本研究は、上記の点に着目し、養生条件の違いが石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の強度および変形特性におよぼす影響について検討した。

2. 試料および実験方法 実験には、三井石炭火力発電所において発生した石炭灰(フライアッシュ)、排煙脱硫スラッジおよび消石灰を用いた。試料の物理的特性を表-1に示す。供試体は、各試料土を所定の配合割合(石炭灰のみの場合および石炭灰:スラッジ=3:1とし消石灰を添加した場合)、含水比(最適含水比)に調整した後、最大乾燥密度を目標に静的に締固めることにより作製した。実験に用いた供試体は、直径5cm、高さ10cmの円柱形である。作製した供試体は水分の蒸発を防ぐためビニール袋で密封し、2種類の条件により養生を行った。すなわち、①温度20℃の恒温室内で1, 3, 7, 14, 21, 28, 56, 90, 180および360日間空気中養生を行い、その後供試体をビニール袋から取り出し、同恒温室内の水槽で0, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 56, 90, 180および360日間水浸養生を行う(水浸条件)、②温度0, 10および20℃の恒温器内で1, 3, 7, 10, 14, 21および28日間空気中養生を行う(温度条件)。養生が終了した供試体に対しては、ひずみ速度1%/minで一軸圧縮試験を行った。

表-1 試料の物理的特性

試料	石炭灰	排煙脱硫スラッジ
比重	2.30	2.63
砂分(%)	11.6	15.4
シルト分(%)	85.5	79.8
粘土分(%)	2.9	4.8
均等係数	2.0	1.8
曲率係数	1.1	0.9

3. 試験結果 図-1は、水浸条件において消石灰の添加率が6%の場合の一軸圧縮強さと養生日数との関係を示している。この図で空気中養生時の一軸圧縮強さ q_u の変化に着目すると、養生日数 $t=7$ 日までの強度増加はわずかであるが、 $t=7$ 日以降においては日数の経過とともに強度が漸次増加し、 $t=360$ 日では q_u は110kgf/cm²程度となった。一方、空気中養生を行った後、水浸養生に移行した場合の水浸養生日数の経過に伴う q_u の変化を比較すると、水浸後1~7日目までは一時的に強度低下を生じるが、その後は水浸養生日数の経過とともに強度は漸次増加し、最終的には空気中養生のみを行った供試体の強度よりも大きくなっていることがわかる。

図-2は、温度条件において空気中養生日数 $t_s=28$ 日における各配合割合での一軸圧縮強さと養生温度との関係を比較したものである。図より、一般的な養生温度 $T=20$ ℃の条件での配合割合の違いによる q_u の値を比較すると、石炭灰のみの場合 q_u が1.5kgf/cm²程度であるのに対し、消石灰の添加率が10%の条件では55kgf/cm²程度と石炭灰のみの q_u の約35倍となっていることがわかる。また、

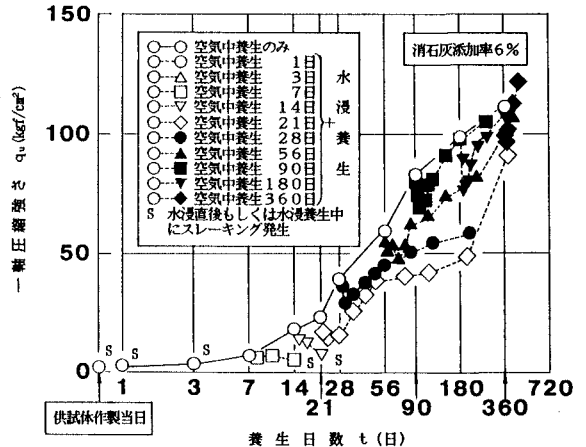


図-1 一軸圧縮強さと養生日数との関係

消石灰の添加率が10%の条件でのTの違いによる q_u の値に着目すると、 $T=20^\circ\text{C}$ では $55\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度であるのに対し、 $T=10^\circ\text{C}$ では $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度、 $T=0^\circ\text{C}$ では $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度と 20°C の q_u と比較して非常に小さな値を示した。このことは、養生温度が低い場合、強度は小さくなり、 $T=0^\circ\text{C}$ では消石灰を添加する効果はほとんど認められないことを示している。

図-3は、 $t_a=28$ 日における体積変化率と養生温度との関係を示したものである。図より、 $T=20^\circ\text{C}$ の場合、石炭灰のみの体積変化率は6%程度と大きな膨張を示した。しかしながら、消石灰の添加率が10%の場合、 ϵ は1%程度と石炭灰のみの ϵ の6分の1程度である。また、石炭灰のみの場合、 $T=0^\circ\text{C}$ の ϵ は $T=20^\circ\text{C}$ の10分の1程度の値を示した。このことより、石炭灰に排煙脱硫スラッジ、消石灰を添加することにより供試体の体積膨張は小さくなるものと考えられる。

以上の結果より、石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の強度および変形特性は、配合割合、養生方法、養生日数および養生温度等の条件により大きく異なることが明らかとなった。これらの条件の中で養生温度と養生日数との組合せによる積算温度 M が一軸圧縮強さなどの程度影響をおよぼすのかについて検討する。一軸圧縮強さと積算温度との関係を示したのが図-4である。なお、積算温度 M は、基準温度を 0°C と仮定し、養生温度と養生日数との積により求めた。図より、各配合割合とも一軸圧縮強さと積算温度との間には直線関係が認められる。しかしながら、消石灰の添加率が6および10%の供試体については M が $300^\circ\text{C}\times\text{日}$ 付近で屈曲点を示し、 M の増加に伴う q_u の増加割合が大きくなっていることがわかる。これは、配合割合や養生温度の違いにより強度増加割合が異なるためと考えられる。このことより、積算温度方式を石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料に適用することは可能であり、今後室内実験や現場試験により検討していくことが必要である。

4. まとめ 石炭灰・排煙脱硫スラッジ・消石灰混合材料の強度および変形特性は養生条件により大きく異なることが明らかとなった。したがって、これらの材料を路盤・路床、盛土および埋立等に用いる場合は施工地域の自然環境を十分に考慮した配合設計を行うことが必要であるものと思われる。

参考文献 1)鳥居・川村・榎場：締め固めた石炭灰における反応生成物と強度に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第372号，pp. 64-74, 1986. 2)コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店，363-365, 1981.

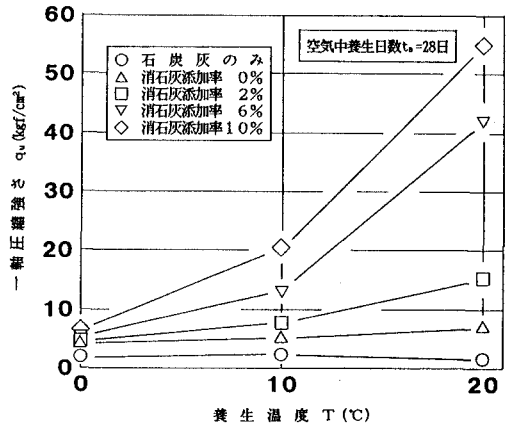


図-2 一軸圧縮強さと養生温度との関係

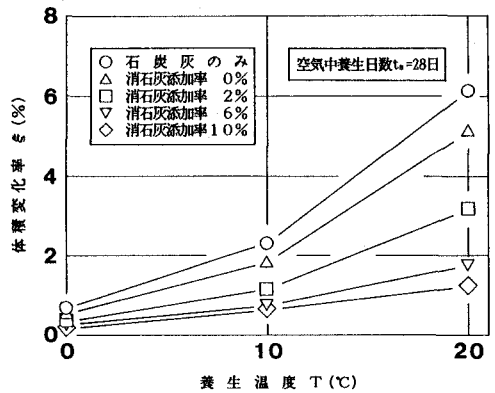


図-3 体積変化率と養生温度との関係

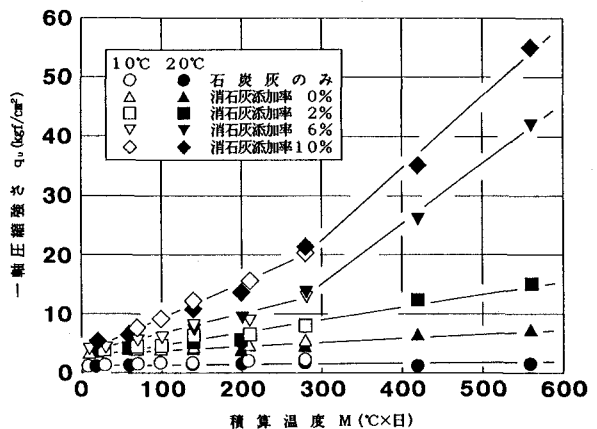


図-4 一軸圧縮強さと積算温度との関係