

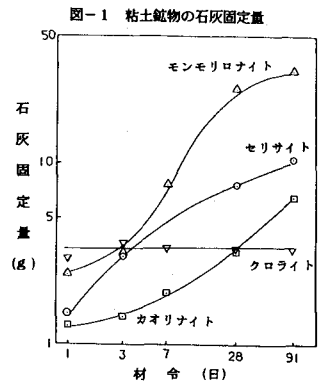
秩父セメント(株) 西巻 克之
同 上 高野 幸男
大成建設(株) 技術研究所 川崎 宏二

1. まえがき

拡張式地盤改良工法による深層混合処理においては、セメント系固化材、普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント等を用いることが出来るが、対象土が海成粘土の場合、硬化が早くラップ部の施工に問題がある。遅延剤の利用も検討したが、良好な結果が得られないため、スラグ系の遅硬性固化材を併用し、その固化特性について実験を行ったので報告する。また、固化体の細粒径分布と軸圧縮強さとの関連についても検討したので併せて報告する。

2. 遅硬性固化材

スラグ系遅硬性固化材は、スラグ粉末と刺激材よりなり、刺激材としてはポルトランドセメント、消石灰などの石灰系とセッコウ系が考えられ、セッコウ系は石灰系との併用で用いられている。海成粘土のように活性な粘土鉱物を含む土壌では、イオン交換やポゾラン反応によってスラグを刺激すべき石灰を固定する。図-1に各種粘土鉱物の石灰固定能を示したが土壌に含まれる粘土鉱物によって石灰の固定能が異なるため、スラグ系遅硬性固化材では土壌の石灰固定能を考慮して処方を決定する必要がある。今回も石灰固定能を表-1に示した物性値を考慮して表-2に示す化学成分を持った固化材を選定した。なお、固化体に求められた条件は、20℃の室内試験一軸圧縮強さで、1日； 2 kgf/cm^2 以下、28日； 20 kgf/cm^2 以上である。



石灰固定能：
乾燥粘土100gが固定した石灰量

3. 固化試験

3.1 固化材添加量と固化強度

図-2に固化材添加量と固化強度の経時変化を示した。各材令とも固化材添加量が多いほど固化強度は高いが、低添加量(350 kg/m^3)と高添加量(550 kg/m^3)の強度土は材令により異なり、材令1日で1:10、材令7日で1:6、材令28日で1:3と材令の進行に伴い小さくなる。これは、刺激材として添加したポルトランドセメントの水和によって生成される消石灰が土に吸着されたり、あるいはポゾラン反応で消費されてもなお充分存在し、長期にわたってスラグを刺激することができるためで、遅硬性固化材として適正な処方であることがうかがえる。なお、現場条件に合った添加量は 450 kg/m^3 であった。

3.2 養生温度と固化強度

現場では処理工量が多いため、固化材の水和熱によって固化体の温度が高くなることが予想される。一方、冬期の施工においては、表層部では処理工の温度が低下することも考えられるため、養生温度と固化強度の関係を検討した。なお、深層混合処理における室内試験の養生は、固化体の断熱温度上昇を考慮した温度にて養生することが望ましいが、今回は、陸上施工のため表層部では必ずしも断熱状態とは言えないので、安全サイ

表-1 試料土の性質

比重	2.682
含水比(%)	131.0
湿潤密度(g/cm^3)	1.354
フラスコシジ	塑性指数(%) 液性指数
	109.9 52.2
粒度 (%)	砂 3 シルト 33 粘土 64
構成粘土鉱物	モンモリロナイト セリサイト クロライト

表-2 遅硬性固化材の化学成分

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃
(%)	31.1	12.5	0.7	43.0	0.5

どもを考一定温度での養生を行い、各温度下での強度推移を求めた。
結果を図-3に示す。材令1日では養生温度による強度差はほとんどないが、材令の進行とともに大きくなる。したがって、本固化材は初期材令においては高温でも強度に押えることができ、施工上有利である。

4. 固化体の特性

4.1 細孔径分布

20℃養生、固化材添加量450 Kg/m³の強度試験後の供試体片を、Freeze-dry法により前処理し、水銀圧入式ポロシメーターにより細孔径分布を測定したところ、図-4に示すように、初期材令では10³ Å~10⁴ Åの細孔が多いのに対し、長期材令では、10² Å~10³ Åの細孔が多くなっている。多孔体の強度については、Balshineの $\sigma = \sigma_0(1-\epsilon)^m$ {ここに、 σ_0 : $\epsilon=0$ の場合の強度、 ϵ : 空隙率、 m : 定数}が知られている。また、細孔量が同一の場合、細孔径の対数に反比例すると言われている。珪酸カルシウム硬化体による検討において、細孔径500 Å以上で特に強度が低下するとの報告もある¹⁾。今回も、500 Å以上の空隙率と一軸圧縮強さには次式に示すように高度の相関が認められた。

$$\sigma_u = 244(1-\epsilon)^{565} \quad (\text{相関係数 } r = 0.984)$$

σ_u : 一軸圧縮強さ (kgf/cm²)

ϵ : 細孔径500 Å以上の空隙率

4.2 水和物

本固化材による水和物としては、加水ゲルサイト、カルシウムシリケート水和物およびカルシウムアルミネート水和物等が考えられるが、X線回折ではこれらの水和物が結晶性であることも手伝って明確な回折線は認められなかった。

また、SEM観察によれば、材令1日ではわずかに土粒子間に微細な水和物がみられ、材令28日では土粒子が網目状の水和物で覆われた。さらに、材令の進行とともに空隙が微細化し、緻密な組織となる様子がうかがえた。

5. まとめ

1) 拡張式地盤改良工法用に選定した高強度固化材は、添加量の影響は初期材令に強く現われ、養生温度の影響は初期材令で少なく、長期になると強く現われる。

2) 固化体の500 Å以上の細孔量と一軸圧縮強さには、一般に多孔材料で言われている $\sigma = \sigma_0(1-\epsilon)^m$ の関係が認められた。なお、 σ_0 は水和物の性質によるため、固化材および土壌の種類の影響を受けることが考えられる。

図-2 固化材添加量と固化強度経時変化

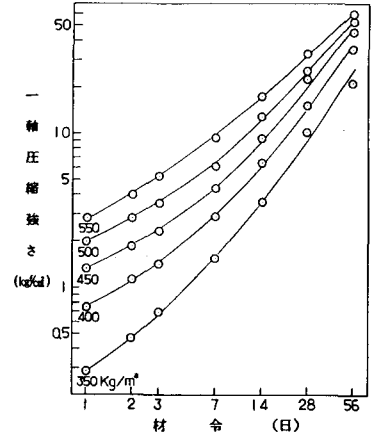


図-3 養生温度による固化強度および pH の経時変化

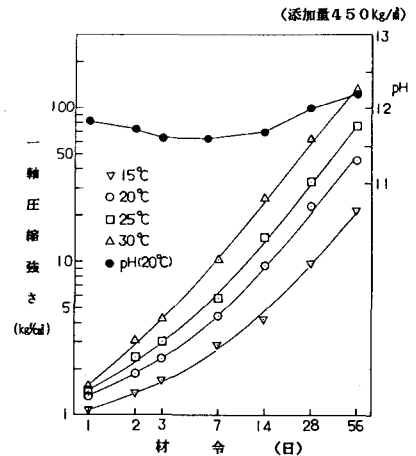


図-4 処理土の細孔径分布

