

佐賀大学 理工学部 正 石川 達夫
佐賀大学 理工学部 持田 浩

1. まえがき

近年下水道の整備、普及にともない膨大な量のスラッジが生じており、このスラッジをどのように処理するかは大きな問題となってきた。本実験は下水道終末処理場が発生するスラッジの脱水ケーキにセメント系結合材を添加混練して固形化しようとするものである。このスラッジは真空脱水機やスクリープレスにより脱水されているが含水率はきわめて高く、有機質を多く含有しているため固形化が困難である。固形化する結合材として普通ポルトランドセメント（NPC）を用いると、石灰塩結晶がセメント粒子表面を覆って水和せず硬化しない¹⁾。このためこれらの固形化阻害要因を取り除くように下水スラッジ固形化用特殊セメント（C-1）が開発された。これらの2種類の結合材を使用して行った実験結果を以下述べる。

2. 下水スラッジ

下水処理場の下水処理行程のフローシートは図-1に示すとおりである。脱水ケーキは、真空脱水機によるものとスクリープレスによるものがあるが、本実験では前者のものを使用した。標準活性汚泥法で生じるスラッジである。このスラッジの含水量を次の式で表わす含水率で表わすと74%であった。

$$\text{含水率} = \frac{\text{スラッジ中の水の重量}}{\text{スラッジの重量}} \times 100 (\%)$$

3. 下水スラッジ固形化実験

NPCとC-1による豊浦標準砂を用いた強度試験結果を表-1に示す。C-1は標準砂のような一般の砂に対しては強度発現は小さい。これらの結合材の添加量をスラッジの重量に対するそれらの重量比で表わし添加率とする。上の含水率74%より水セメント比を計算すると各添加率に対して表-2のようになる。練り混ぜはセメントの強度試験と同様にしない、1分間練り混ぜ、練りばち及びバドルに付着した混練物をかき落とし、1分間練り混ぜさらに同様の操作を行ない、その後2分間練り混ぜた。こうして作った混練物をφ5×10cmの円柱形型枠に4層に詰め、各層をφ3cmのつき棒で20回ついて供試体を作製した。水のしぼり出しを目的として成形時にプレスを加えた供試体は、水が多いためプレスが難しかったが、ろ紙を敷いて2層にプレスし上面を仕上げた。プレスの力は50kg程度である。24時間後に脱型し、20℃空中養生及び水中養生を行った。

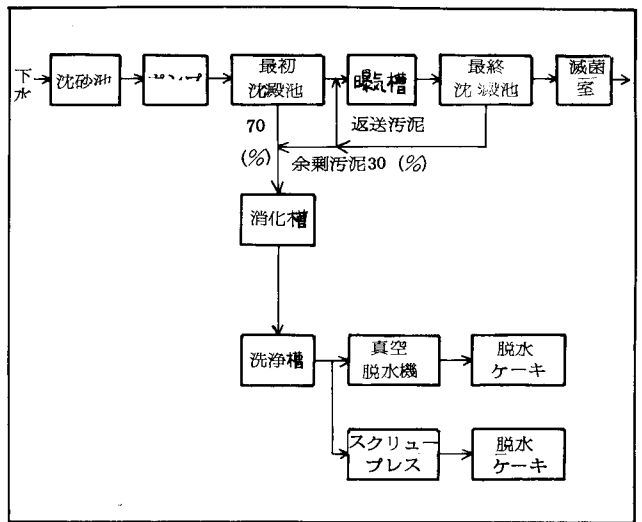


図-1 下水処理行程フローシート

表-1 セメントの物理試験

セメントの種類	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)		
	3日	7日	28日	3日	7日	28日
普通ポルトランドセメント	35	48	70	119	179	333
スラッジ固形化用特殊セメント	29	35	37	96	118	142

表-2 水セメント比 (%)

添加率(%)	10	20	30	40	50	75	100
水セメント比 (%)	740	371	247	185	148	99	74

4. 実験結果

NPCとC-1の添加率と圧縮強度の関係を図-2, 3に示す。これとみるとC-1を使用した場合は、添加率、材令の増加とともに強度は増加しているが、NPCでは添加率が増加しても強度は発現せず、材令28日で添加率が75%以上で強度が発現している。これはC-1では初期強度と支配するエトリンガイト(C-A系)が析出し、次第に安定で強固なC-S系の結晶が析出したものと考えられる。プレス成形供試体の強度発現が期待されたが、作製時に水がしぼり出す、4週強度だけといったプレスしないものと大差があった。混練物は水のように柔らかいため、プレス時にわずかな隙間から混練物が飛び出してしまふ。

添加率と体積及び重量の関係を図-4, 5に示す。水が多いため空中養生では体積は減少する。C-1よりNPCが、また添加率の大きいものより小さいほうが体積減少が大きい。結合材の添加率が多いほど体積の経時変化は小さい。空中養生では体積、重量とも材令とともに減少しているが、水中養生では増加している。これもエトリンガイトによる膨張と考えられる。水中養生の強度の空中養生のそれに対する比は50~70%である。

C-1使用、空中養生の $G_{28} - C/W$ 式は

$$G_{28} = -1.5 + 50.7 C/W$$

であった。

固形処理物と埋め立てに用いる場合、材令1~3日搬入、軽圧等の外力に耐えうる支持力はコーン指数2以上²⁾で、1軸圧縮強度0.3~0.4 kg/cm^2 以上³⁾あれば十分である。また長期強度はトラック走行に耐えうる支持力はコーン指数12以上、1軸圧縮強度3 kg/cm^2 以上で、両者ともC-1 10%添加、空中養生で満足できる結果となる。

スラッジを用いた二次製品を考えた場合、強度は100%は必要であり、NPC 100%添加で条件は満足できるが体積減少の問題がある。スラッジを加熱脱水等の処理で含水率を下げなければ実用性はないと思われる。

- 1) 木次恭一：下水汚泥の固化処理 軟土における研究の動向、セメント・コンクリート No.416 (1981)
- 2) 道路土工 施工指針、日本道路協会
- 3) 土質調査法、土質工学会

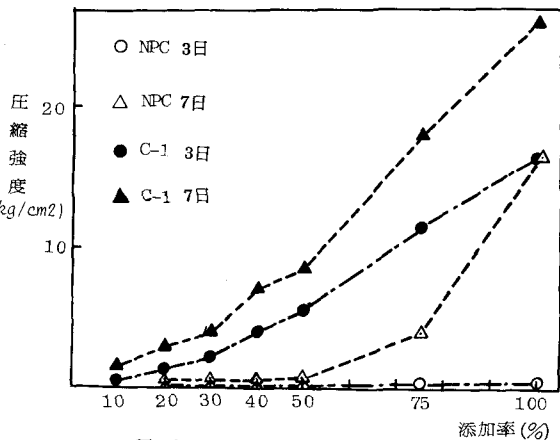


図-2 添加率と圧縮強度の関係

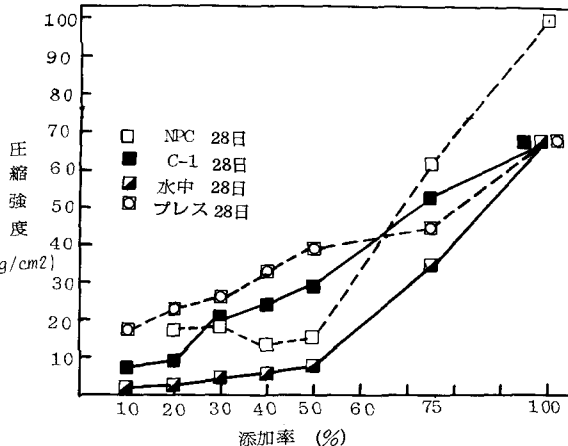


図-3 添加率と強度の関係 (28日)

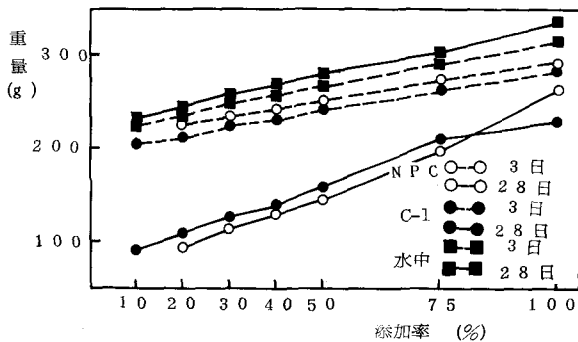


図-4 添加率と重量の関係

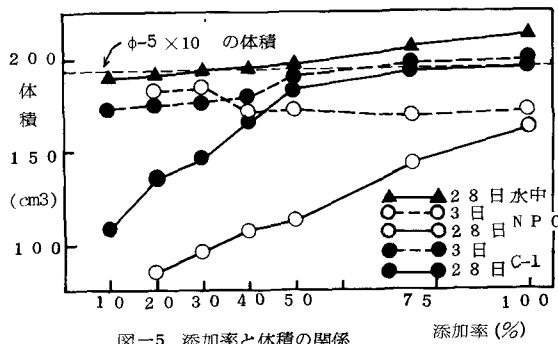


図-5 添加率と体積の関係