

稲城砂のセメント安定処理について

森 満雄* 阿部 道雄**

A Study of the Cement Stabilization Properties of the Inagi Sand

by Mitsuo MORI & Michio ABE

Inagi Sand is widely distributed over the Tama area of Tokyo, and its relationship to civil construction is strongly evident.

An experiment was conducted in order to determine if an increase in the bearing capacity of this sand could be effected.

In the experiment, 3 basic factors, water content of the sand, curing time and cement weight were varied, and unconfined compression tests were carried out on the resultant samples.

As a result of the experiment it seems that the initial water content of the sand which result in the most favorable curing effect is 40%.

The next experiment, we will turn to is the CBR test (or plate bearing test) which checks against the natural water content of sand.

1. まえがき

稲城砂は多摩地区に分布する山砂であり、各種の土木工事との関連性が深い。この砂の自然地盤の支持力は可成り期待できるが、露頭として存在する場合には雨水の浸食に弱いことが知られている。また、盛土材料として用いる場合の支持力は、自然地盤と同程度の密度に締固めても自然地盤のそれより低下する。これは、自然地盤においての土粒子相互の結合力が乱されるからであるが、粘土も含む細砂であることによる。一般に、乱した土の強度増加の手段として、転圧前にセメントや石灰を混合する方法が取られるが、対象材料の粒度分布や含水比によって、改良効果は大きく異なる。セメントや石灰が土中の水分と反応して固まる性質を利用するのであるから、土中の間隙や含水量が当然、地盤の支持力増加に影響を与えることになる。

この報告は、稲城砂にセメントを添加し、含水比、セメント添加量、養生期間の圧縮強度に与える影響を検討したものである。

2. 実験概要

図1は、使用した砂の粒度分布曲線である。最大粒径 2.0 mm, 均等係数 $U_c=29.3$, 曲率係数 $U_c'=11.9$ の細砂であり、自然含水比 $w_n=25\sim 28\%$ である。JIS A 1210 の第

* 理工学部土木工学科教授 土質工学 道路工学

** 理工学部土木工学科助手 土質工学

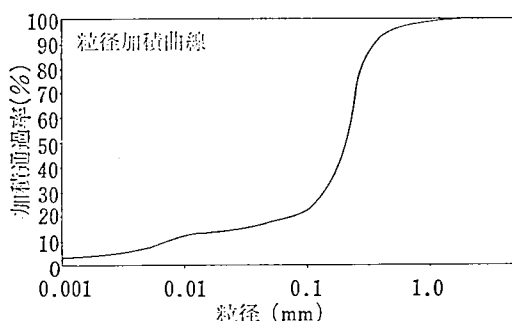


図 1 稲殻砂の粒度分布曲線

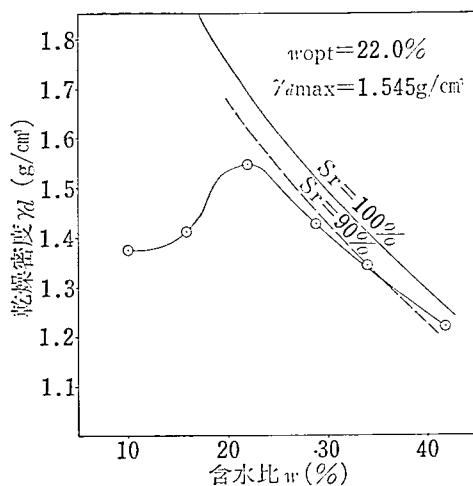


図 2 締固め試験結果

1 方法による締固め試験を図 2 に示す。最大乾燥密度 $\gamma_{d\max}=1.545 \text{ g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{\text{opt}}=22.0\%$ である。

使用したセメントは普通ポルトランドセメントで、この砂の乾燥重量に対して 5, 10, 15 および 20% を添加混合した。このような添加率のもとで、砂の初期含水比を 32, 40, 48 および 56% の 4 条件とし、それぞれ 1, 2, 3 および 4 週間養生後の一軸圧縮強度を測定した。供試体の作製は内径 5 cm、長さ 10 cm のモールド内に鉄棒により突き固めたもので、図 2 に示す締固めエネルギーとの関連性は無い。砂の初期含水比は加水して調整したもので、32% および 40% は鉄棒によるなるべく密にするための突き固めをおこなったが、48% および 56% の場合は、混合材をモールド内に流し込む状態であった。また、初期含水比 32% 以下では、含水量が少なく混合材を突き固めても固まらない状態である。

3. 実験結果および考察

3.1 供試体作製時の含水比および乾燥密度

図 3 は、砂の初期含水比 4 通りに対して、セメントを 5%～20% 添加したときの混合後の含水比である。セメントを添加することにより混合材の含水比は低下する。図 4 は、供

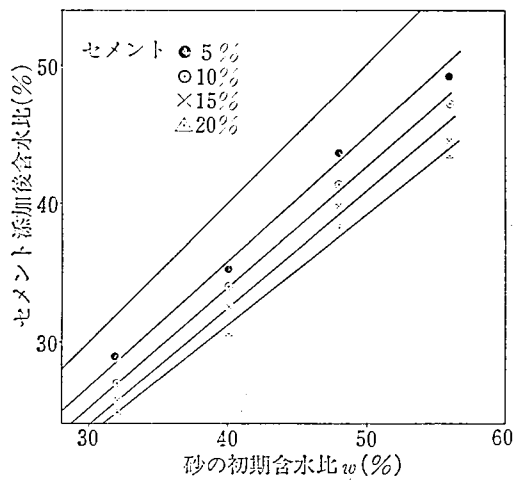


図 3 セメント添加後の含水比

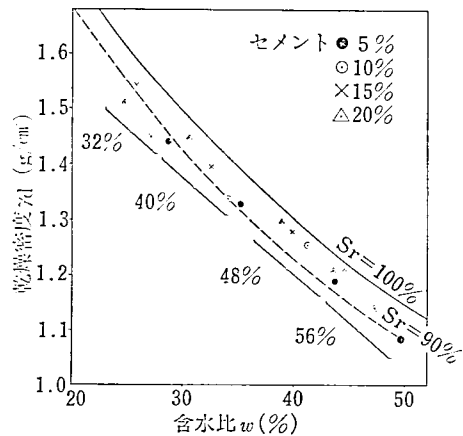


図 4 供試体作製時の乾燥密度

試体作製時のセメント添加率の変化にともなう含水比と乾燥密度の関係を示す。砂の初期含水比の低い程、また、セメント添加率の多い程、乾燥密度は大きい。これらの値は、すべて 3 供試体の平均値である。

図 3 および図 4 より、供試体の含水比と乾燥密度は、ほぼ締固め曲線の附近にあることがわかる。

3.2 砂の初期含水比と強度の関係

図 5 ～図 8 は、各セメント添加率について、砂の初期含水比と強度の関係を示したものである。1, 2, 3 および 4 週間養生後の強度の変化を比較すると、1 週間強度では各セメント添加率ともに初期含水比 32% の場合が大きい。しかし、養生期間が進むに従って強度増加の傾向が変化し、4 週間強度では、セメント添加率 5% の場合を除き、10, 15 および 20% ともに初期含水比 40% の場合が最大の強度を示す。これらの値は、すべて 3 供試体の

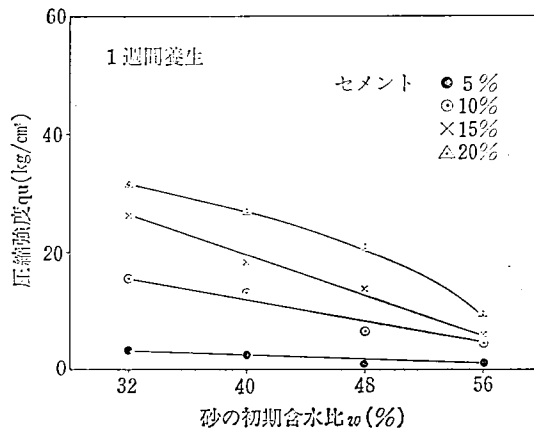


図 5 砂の初期含水比と強度の関係 (1週間)

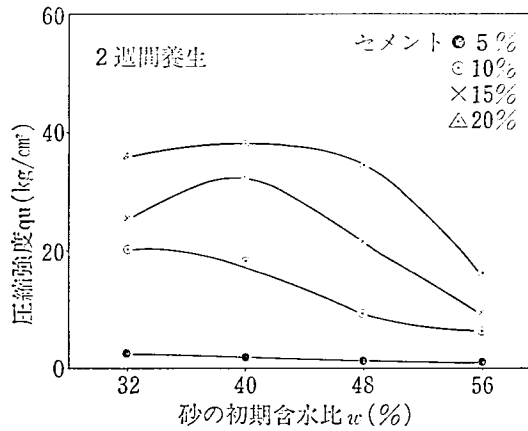


図 6 砂の初期含水比と強度の関係 (2週間)

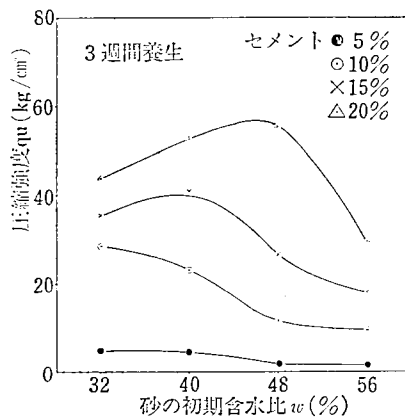


図 7 砂の初期含水比と強度の関係 (3週間)

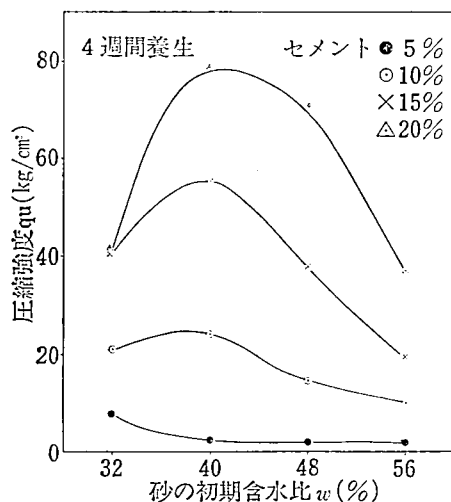


図 8 砂の初期含水比と強度の関係 (4週間)

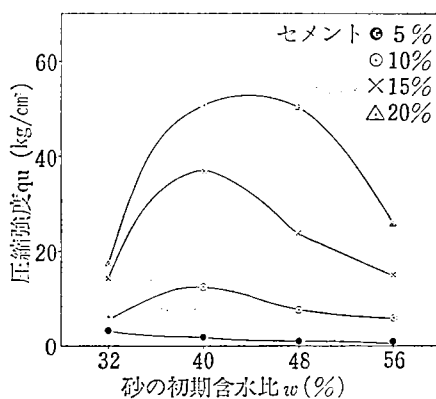


図 9 1週間強度と4週間強度の差

平均値である。

さらに、養生期間と強度増加を比較するために、1週間強度と4週間強度の差を求めると図9が得られる。各セメント添加条件において、強度増加が大きいのは、初期含水比40%の場合である。

従って、使用した稲城砂に対するセメント処理効果の大きい初期含水比は、40%附近といえる。

3.3 養生期間と強度の関係

図10～図13は、各セメント添加率と養生期間における強度の増加傾向を示している。砂の初期含水比が40%と48%の場合、養生期間に対する強度増加の大きいことがわかる。また、いずれの初期含水比の場合も、養生期間に対する圧縮強度は、ほぼ直線的に増加する傾向がみられる。これらの強度増加の程度を比較するために、セメント5%添加の強度とセメント20%添加の強度の差を、1, 2, 3および4週間強度について求めたものが図14で

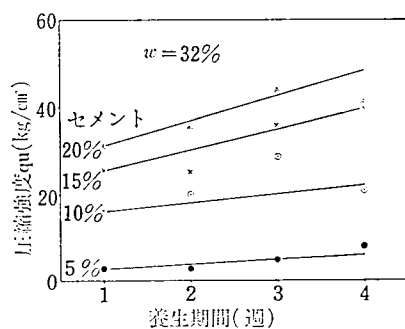


図10 養生期間と強度の関係 (初期含水比32%)

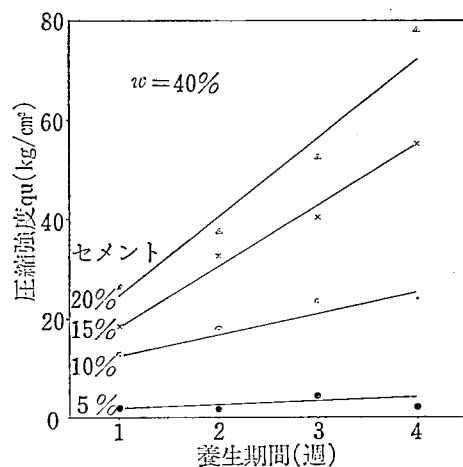


図11 養生期間と強度の関係 (初期含水比40%)

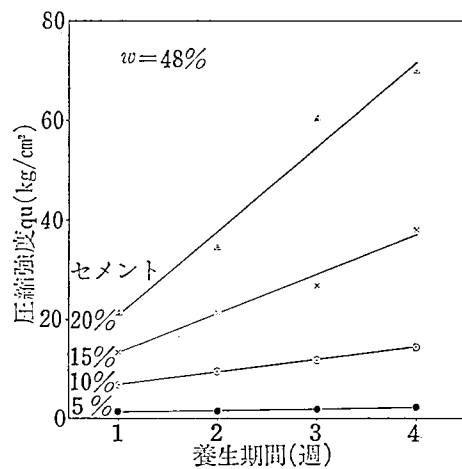


図12 養生期間と強度の関係 (初期含水比48%)

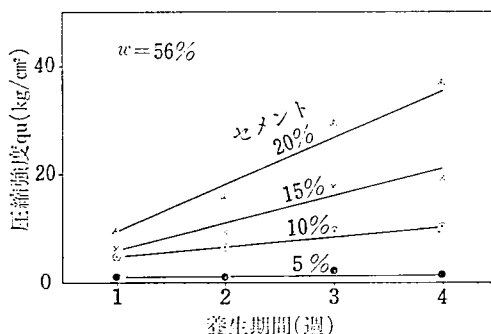


図13 養生期間と強度の関係（初期含水比56%）

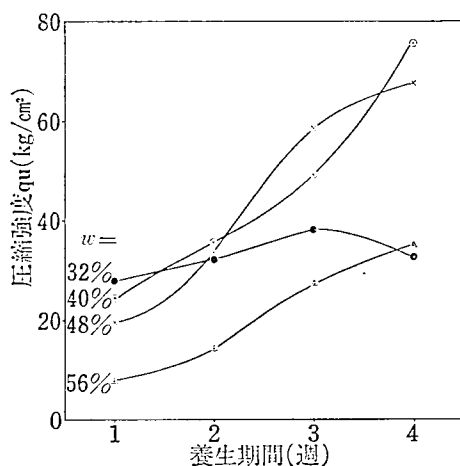


図14 セメント20%強度と5%強度の差

ある。

稲城砂の場合の養生期間に対する強度増加は、初期含水比40%と48%の場合がいちじるしい。これに反して、初期含水比32%の場合の養生効果は低い。

3.4 セメント添加率と強度の関係

図15～図18は、セメント添加率と強度の関係を各初期含水比について示したものである。今まで述べた強度増加効果の高い初期含水比40%と48%をみると、強度増加の傾向は、曲線の傾向からみて、セメント添加率が多く、養生期間の長い程いちじるしい。

一方、初期含水比32%の場合は、セメント添加による強度増加の傾向はみられるものの、含水量が少ないため、その効果は小さい。

また、初期含水比56%の場合のセメント添加率20%、4週間強度は初期含水比40%、48%の場合の1/2程度で、この大きさは初期含水比32%の場合のそれと同程度である。

しかしながら、図15および図18は、初期含水比の大小の強度に与える影響の相異を示している。すなわち、初期含水比が32%の場合は、セメント添加量を増しても強度増加の期

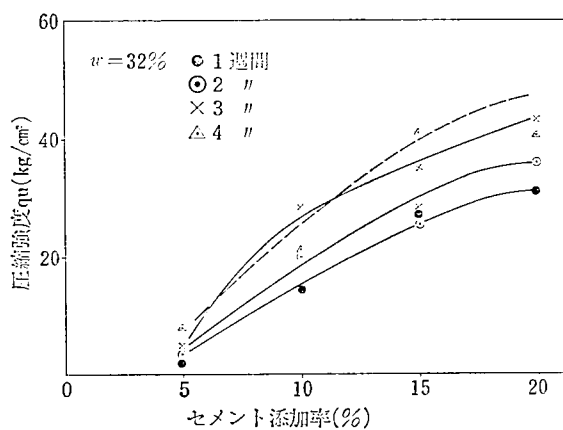


図15 初期含水比32%のセメント量と強度の関係

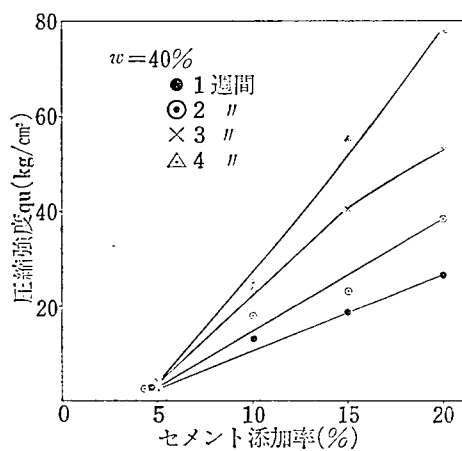


図16 初期含水比40%のセメント量と強度の関係

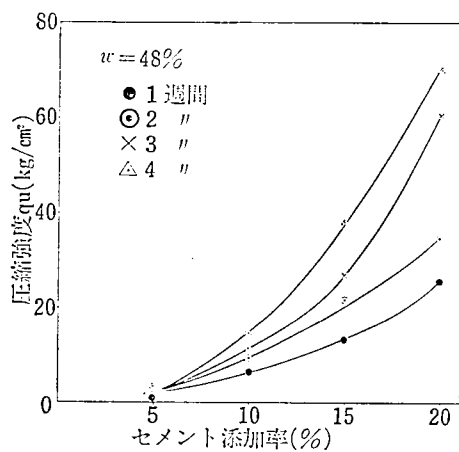


図17 初期含水比48%のセメント量と強度の関係

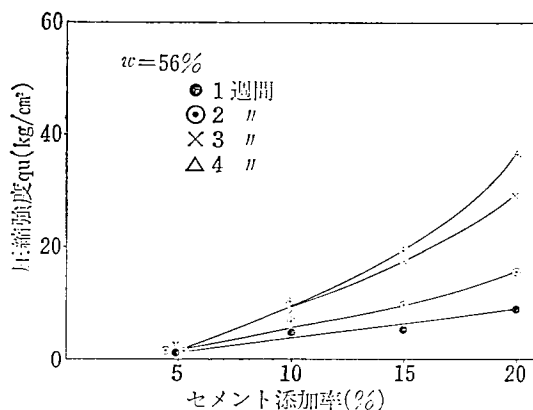


図18 初期含水比56%のセメント量と強度の関係

待はあまり出来ないが、含水量の多い56%の場合は更に増加することを示している。

4. むすび

稲城砂に対するセメント安定処理の基礎的実験を行なったが、得られた結果と今後の問題点を挙げれば以下のようなになる。

セメント添加率5%程度では、圧縮強度に与える砂の初期含水比の影響は少なく、養生効果も殆んどみられない。

養生効果のいちじるしい砂の初期含水比は40%附近である。しかし、この含水比ではセメント添加によって含水比の低下(31%~35%)を生ずるとはいえ、転圧時に、やや、Over-Compactionを生ずる状態である。

砂の初期含水比48%、56%の場合は、セメント添加率5%~20%の場合すべて流動状態である。従って圧縮強度の増加は期待できても初期含水比40%の場合以上に施工段階でのトラフィカビリティーの確保が困難である。

一軸圧縮試験によるセメント安定処理効果の検討では、供試体作製上、砂の初期含水比32%以下の試験は困難であった。これは、セメントによる砂粒子相互の固結化に必要な含水量が少ないためである。従って、自然含水比25%~28%の状態での処理効果を検討するためには、今後、CBR試験、平板載荷試験等を行う必要がある。

稲城砂の分布範囲は広く、採取場所による自然含水比、粒度分布の相異も考えられる。従って粒度分布曲線、自然含水比の変化に対応したセメント処理効果の条件(セメント量、初期含水比、養生期間、試験法等)を検討することが今後の課題と考えられる。