

III-82 ベントナイト・セメント混合土の工学的特性

— 泥水工法に関する研究 —

大林組技術研究所 正員 齊藤二郎

同 上 同 ○平間邦興

1 まえがき

近年、建設分野では、ベントナイトなどの懸濁液が有するいろいろな特性を利用して無音無振動で地盤掘削と地下連続壁の造成を行う泥水工法が、市街地工事を中心に広く採用されている。また、泥水工法の普及にともなって、その適用範囲も多岐にわたり、必然的に多くの技術的問題も提起されてきた。

本報告は、泥水工法の施工過程において、埋め戻しを行う場合などに、しばしば問題とされるセメント処理砂質土の工学的特性がベントナイト泥水によって受ける影響を調べるために、一連の室内実験を行い、その結果をとりまとめたものである。一定濃度のベントナイト懸濁液に対して、山砂とセメントの混合比、および、硬化時の拘束圧を変化させた場合の混合試料の透水性、一軸圧縮強さ、含水比などの挙動について検討を試みる。

2 試料調整および試験条件

本実験に使用した山砂の物理的性質は表-1の通りである。

セメントは普通ポルトランドセメント、ベントナイトは一般に市

比重	2.677
最適含水比	16.8 %
透水係数	$7.48 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$
1.0 % 径	0.026 mm
6.0 % 径	0.220 mm
均等係数	8.46

表-1 山砂の物理的性質

試料群名	添加水	養生日数 (日)	上載荷重 (kg)	山砂に対する混合量 (乾燥土重量比)	
				セメント(%)	ベントナイト(%)
Sample A	8.3 % ベントナ イト泥水	2.0	0.01	3	1.5
			0.08	5	1.5
			0.22	7	1.5
			0.44	9	1.5
Sample B	8.3 % ベントナ イト泥水	1.0	0.01	3	1.5
			0.08	5	1.5
			0.22	7	1.5
			0.44	9	1.5
Sample C	清 水	1.0	0.01	3	0
			0.08	5	0
			0.22	7	0
			0.44	9	0

表-2 供試体一覧表

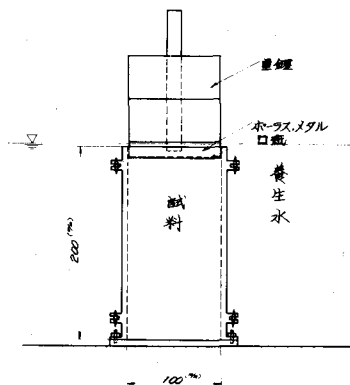


図-1 試料養生装置

販されている250メッシュのものを使用した。

試料調整にあたっては、養生日数、セメント混合比、硬化時拘束圧（養生時の上載荷重）によって48種類の供試体を作成した。これら各供試体の内訳は、表-2を参照されたい。

供試体の作成は、まず山砂に所定の混入量のセメントを加えて気乾状態で十分に混合したもの、約 24 kg に、8.3% ベントナイト泥水、約 500 cc を加えて練り混ぜる。しかる後、図-2 に示すコンクリート用円筒型ワック (100 × 200 mm) を利用した装置によって一定の上載荷重の下で水浸養生を行った。養生を終えた後、変水位透水試験、および、万能圧縮試験機による一軸圧縮試験を実施した。なお、比較のため、ベントナイト泥水に代えて清水を使用した試料についても一連の試験を行った。

以上のような試料調整方法によれば、供試体の間ゲキ比は養生後も極めて大きな値を示すことになるが、これは泥水工法の施工条件にできるだけ近似させ、関連性を持たせることを考慮したためであり、養生日数、養生時上載荷重の決定も同じ理由によった。

3 実験結果とその考察

3.1 一軸圧縮強さ

各上載荷重ごとに一軸圧縮強さとセメント量との関係を示したのが図-2 であり、上載荷重の影響を明確に知るため各セメント量ごとに一軸圧縮強さと上載荷重との関係を示したのが図-3 である。

図-2 については、いずれも一応の直線性が認められる。しかも、上載荷重の増加にともなってセメント量による強度の増加割合も大きくなっていることが容易に理解できる。セメント処理土の強度については、7 日養生までの増加率が著しいという報告⁽¹⁾もあるが本実験結果からは、一般に Sample A に比べて Sample B の強度がかなり小さく、10 日ではセメントの水和作用が十分に終了してはいないようである。また清水を使用した Sample C については、予期していたよりもかなり過少な値を得た。これは、養生装置の機構から養生初期における排水によって試料中のセメントのいくらかが、養生水中に分離除去されたものと推定される。

上載荷重の影響を定性的に理解するためにプロットしたのが図-3 である。

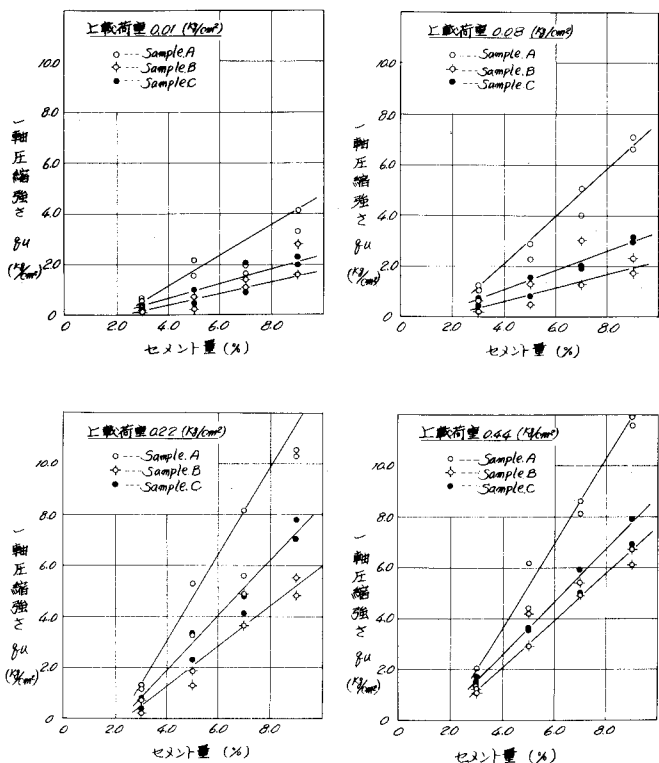
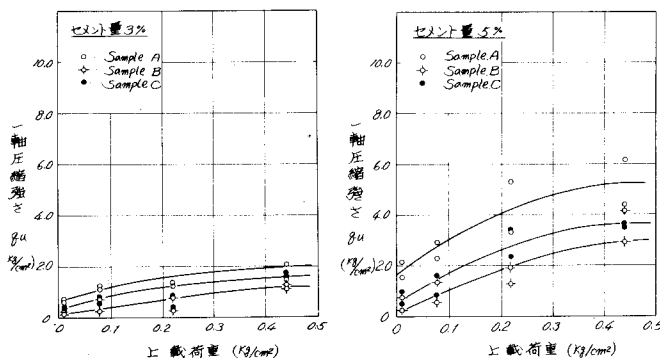


図-2 一軸圧縮強さ - セメント量



かなりのバラツキはあるが、その影響の極めて大きいことが理解できよう。

実験にあたっては、セメント量1%の供試体についても一軸圧縮試験を試みたが、養生後も非常に流動的であり自立を保ち得なかった。

3.2 透水性

透水係数とセメント量との関係(上載荷重0.08 ㎏)の一例を示したのが図-4である。ベントナイトが止水性

に極めて効果的であることは図からも判然としているが、ここで興味あるのは Sampe B, Cのいずれについても、セメント量がある一定値を越えると透水係数は逆に増加の傾向を示している。これは混入したセメントが硬化収縮すること

によって土に微細なクラックを生ずるため⁽²⁾と考えられよう。従って透水性のみを考慮した場合には、土質によって一定の最適セメント量が存在するといえるようである。

セメント量5%における透水係数と上載荷重との関係を示したのが図-5である。いずれも上載荷重の増加とともに透水係数は減少しているが、ここで図-4と比較してみると、ベントナイト泥水を使用した Sample B では、セメント量の多少が透水係数に大きな影響をおよぼしているのに対して、清水を使用した Sample C では上載荷重が大きな影響を与えている。この現象については、その特性から、あらかじめ

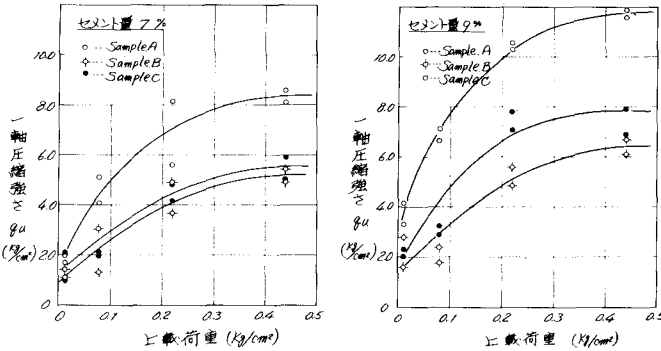


図-3 一軸圧縮強さ-上載荷重

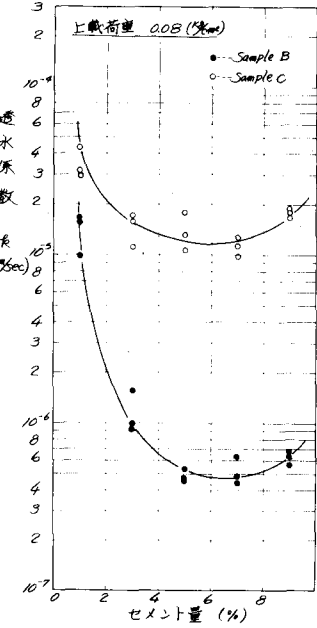


図-4 透水係数-セメント量

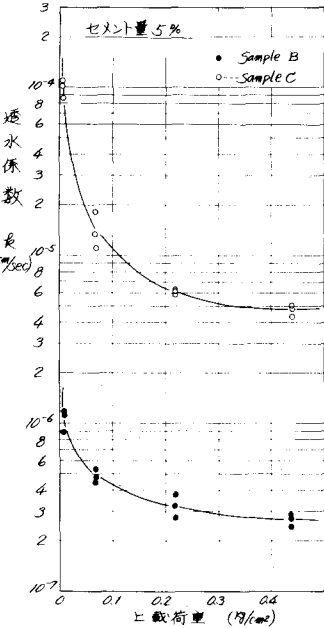


図-5 透水係数-上載荷重

3.3 沈下量

Sample B, C について養生中の沈下量を上載荷重に対してプロットしたのが図-6である。Sample B については、セメント量ごとに一応の直線性が認められる。また、各直線間の沈下量の差より、養生中に、いわゆる圧密現象の生じていたこと、および、セメント量の多少によって養生中の硬化強度に差の生じたことが理解できる。Sample C については、ある範囲を持った帯状の直線性は示してはいるものの、セメント量の差については定性的な傾向が認められず極めて不規則な分布を示

している。これは清水を使用したことにより透水係数が大きく、沈下が養生初期において、ほぼ瞬間的に終了したことを意味する。

3.4 養生後含水比

養生後含水比と一軸圧縮強さとの関係を各試料ごとにプロットしたのが図-7である。含水比についてはバラツキが極めて大きく、これを直線で示すのは困難であるが、ただ、その分布

幅が Sample C で約

20%であるのに対して Sample B では約40%におよんでいること、および、Sample A, B ではセメント量の多いほど低含水比で大きな一軸圧縮強さを示しているなど、一応の

傾向は認められるようである。

4 まとめ

本実験の結果、次のようなことが明らかになった。(1)一軸圧縮強さはセメント量とともに硬化時の拘束圧によって大きな影響を受ける。(2)養生日数が10日ではセメントの水和作用は十分に終了していない。(3)セメント量を増加すると透水係数は減少するが、さらに量を増加させると透水係数は逆に増加する。(4)ベントナイトを混入した試料土ではセメント量が透水係数に大きな影響を与え、清水を混入した試料土では上載荷重が大きな影響を与える。(5)養生中の沈下量を上載荷重に対してプロットするとセメント量ごとに一応の直線性が認められる。(6)養生後含水比には、かなりのバラツキが認められた。

以上、ベントナイト・セメントを混合した土の工学的特性について、その一部を明らかにした。しかしながら、本研究については、弾性定数の問題、マサツ角と粘着力との関係、強度の経時変化、さらには破壊機構など、未解明な部分も数多い。これらについては、今後の研究課題としたい。

参考文献

(1) 竹下春見, 田中淳七郎 : セメント系安定材による岩手火山灰土の安定処理について, 第4回日本道路会議論文集, pp 390~394, (2) 山本茂, 梅田安治 : セメント・ベントナイト混入土の透水性について, 土質工学会北海道支部技術報告資料第10号, pp 53~57,

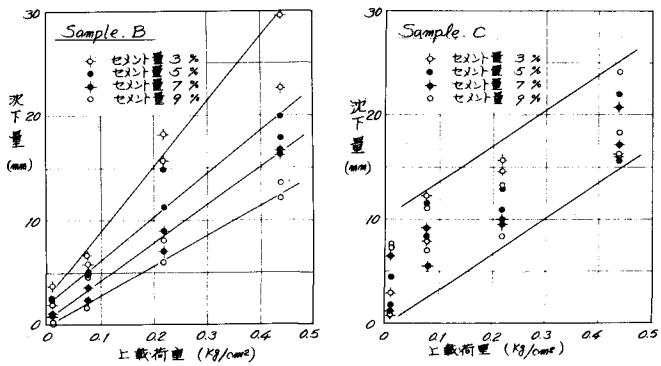


図-6 沈下量-上載荷重

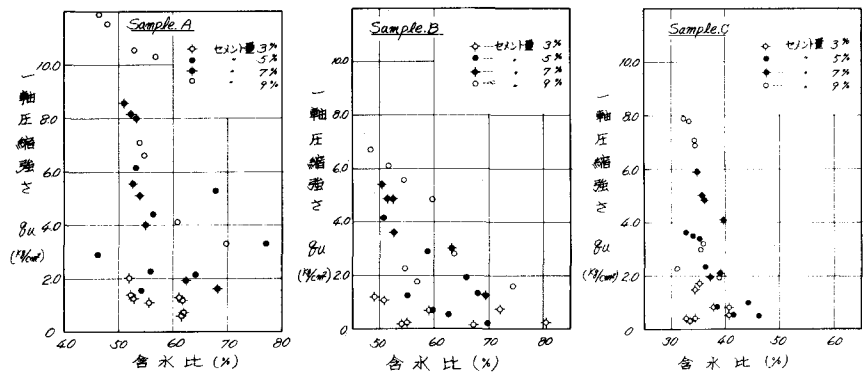


図-7 一軸圧縮強さ-養生後含水比