

1. はじめに

熱帯地方に広く分布するラテライトは、発展途上国の開発、インフラストラクチャーの整備、日本の海外援助の増大とともに、日本人建設技術者が、頻繁に遭遇する土質となってきた。今回は、ナイジェリア・カドナ地方における建設工事において、雨期中の施工により軟弱化した高含水比ラテライト地盤をセメント安定処理した際の室内試験や、実際に施工を行った際の問題点について述べる。

2. 試料および実験方法

対象地盤は、雨期中の施工により軟弱化したラテライトであり主な物理的性質、化学組成、⁽¹⁾ 粒度分布は(表-1)、(表-2)、(図-1)に示すとおりである。なお、対象となる土質は、自然含水比 $\omega = 19.7\%$ ($\omega_{opt} = 17\%$) の他 $\omega = 25.7\%$ 、 $\omega = 31.7\%$ の3つの場合について配合試験を行った。

(表-1) 対象ラテライトの物理的性質

自然含水比	比重 G_s	液性限界	塑性限界	最大粒径 $< 7.4\mu m$	分 類
19.7%	2.732	46.5	22.1	6.2mm	CL (ASTM) A-7-6 (ASTM)

(表-2) 対象ラテライトの化学組成*

(単位%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Na_2O	CaO	MgO	K_2O	MnO	$H_2O(+)$	$H_2O(-)$	CEC ($meq/100g$)	Ig-loss
55.50	18.30	14.60	0.37	0.14	0.042	0.15	0.44	0.14	6.54	1.67	8.23	7.74

締め固め方法は、

ASTM-D-698法に従い、2.5kgfのランマーを30.5cmの高さから1層25回を3層に分けて落下させた。養生方法は、締め固め後、ビニール袋で密封し、 $20^\circ C \pm 2^\circ C$ の温度で行った。一軸圧縮試験用供試体の大きさは、直径101.6mm、高さ127mmとなっている。

3. 試験結果および考察

3-1 初期含水比と一軸圧縮強度の関係

7日間経過後の一軸圧縮強度と初期含水比の関係をまとめると(図-2)のようになる。試料は全て最適含水比より湿潤側であるが、含水比の多いもの程、7日一軸圧縮強度は低い値となっている。なお、セメントの混入率は対象ラテライト乾燥重量に対し表示している。

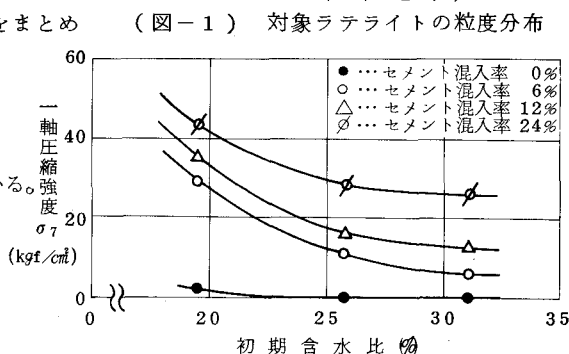
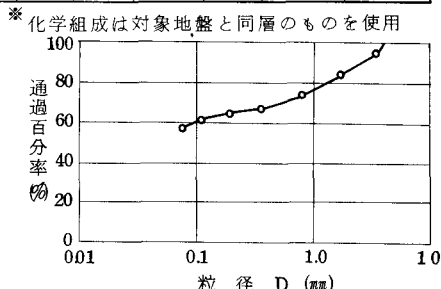
3-2 セメント混入率と一軸圧縮強度の関係
7日間経過後の一軸圧縮強度とセメント混入率の関係をまとめると(図-3)のようになる。

最適含水比に近い $\omega = 19.7\%$ 試料の場合は、セメント混入率8%程度で、7日一軸圧縮強度は

30kgf/cm²となっているが、初期含水比の大きい試料は、かなりセメントを混入しても7日一軸圧縮強度が30kgf/cm²に達していないことがわかる。以上のことから、実際の施工に当たっては、セメント安定処理を開始する前に、対象地盤の排水処理を行った。また、初期含水比の値によらず ($\omega = 19.7 \sim 31.7\%$) セメント混入率が10%を越えた試料は、セメント混入率の増加とともに同じ割合で、7日一軸圧縮強度が増加していることは興味深い。

3-3 養生日数と一軸圧縮強度の関係

(図-2) 初期含水比と7日一軸圧縮強度の関係
30kgf/cm²となっているが、初期含水比の大きい試料は、かなりセメントを混入しても7日一軸圧縮強度が30kgf/cm²に達していないことがわかる。以上のことから、実際の施工に当たっては、セメント安定処理を開始する前に、対象地盤の排水処理を行った。また、初期含水比の値によらず ($\omega = 19.7 \sim 31.7\%$) セメント混入率が10%を越えた試料は、セメント混入率の増加とともに同じ割合で、7日一軸圧縮強度が増加していることは興味深い。



3日経過後の一軸圧縮強度 σ_3 と7日経過後の一軸圧縮強度 σ_7 には、(図-4)のような関係があり、初期含水比の違いによらず、 σ_3 から σ_7 が以下の式で推定できそうである。

$$\sigma_7 = 3.18 + 1.26 \sigma_3 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

セメントを全く混入していない $\omega = 19.7\%$ のラテライトの強度($\sigma_7 = 1.23 \text{ kgf/cm}^2$)が3日強度($\sigma_3 = 0.37 \text{ kgf/cm}^2$)と比較して、強度増加が著しいことは、非常に興味深い。これは、ラテライトは、乱れや含水比増加による強度低下が著しい反面、チキソトロピーによる強度回復も大きいためと考えられる。

3-4 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

3日間養生後の一軸圧縮強度とセメント混入率、乾燥密度の関係をまとめると(図-5)のようになる。一般のソイル(図-3)セメント混入率と σ_7 の関係セメント工法の場合、乾燥密度(締め固めエネルギー)と強度は密接な関係があるが、最適含水比より湿潤側の試料の場合、強度は密度より、初期の含水比に影響されるようである。

4. 現場施工

対象ラテライトに対し、10%のセメント量で、現場施工を行った。現場CBRや一軸強度から判断する限り、土質の含水比、締め固め程度、セメント混入率の変化による強度のバラツキが大きかった。

5. あとがき

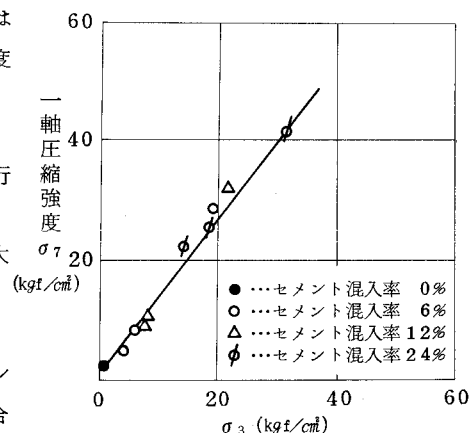
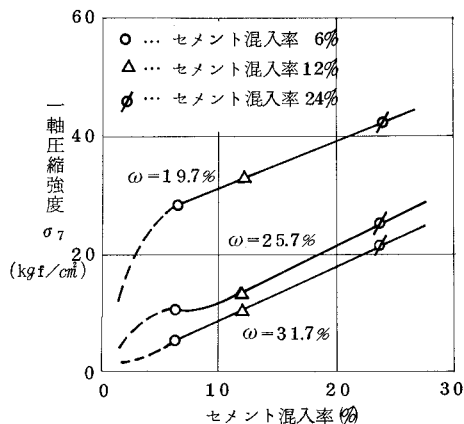
ラテライトに関する安定処理工法においては、従来からセメントによる安定処理が安価で確実な方法と言われており、また配合においては、土質、特に粒度の違いにより(表-3)のような配合を推奨している場合が多い。⁽²⁾しかし、これらの場合は、主として、道路路盤を対象としたものであり、本例のように、雨期中の施工により軟弱化したラテライトの場合のデータは少ないようである。この小論が少しでも、海外建設に携わる建設技術者の一助となれば幸いである。

参考文献

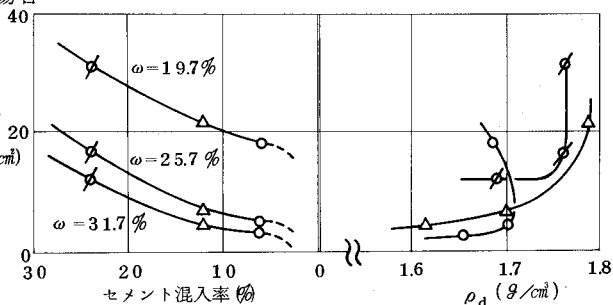
- (1) 金子, 末岡, 安, 熱帯及び温帯地域における花崗岩質風化残積土の土質化学的検討
昭和57.6 第17回土質工学会講演会

- (2) S.A.Ola, Geotechnical properties and behaviour of stabilized Nigerian lateritic soils, Engineering Geology 1978. Vol.11 P145 ~ 160

- (3) Z.C.Moh, Y.P.Chin, S.C.Ng Cement stabilization of lateritic soils 3rd Asian Regional Conf.on Soil Mechanics and Foundation Engineering 1967, Haifa 2/2 P42 ~ P46



(図-4) 養生日数の違いによる一軸圧縮強度の変化



(図-5) σ_3 とセメント混入率、乾燥密度の関係 (記号は図-4と同様)

(表-3) ラテライトの安定処理に推奨されるセメント配合⁽²⁾

土質	セメント量(%)	CBR(%)	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)
A-1-a	2 ~ 3	90 ~ 110	10.2 ~ 17.2
A-1-b	2 ~ 3	90 ~ 120	7.0 ~ 12.0
A-2-4	3	135	9.5
A-2-6	3	128	13.4
A-4	5	85	14.6
A-6	7	80	21.1
A-7-6	7	80	22.5