

ソイル石灰に関する実験的研究

樋渡正美* 鈴木和央*

Experimental Study on the Soil-lime

Masami HIWATASHI and Kazuo SUZUKA

Abstract

The writers have been studied on the soil-lime. In this paper, the result is discussed. This study is made by means of non-confined compression test and CBR test.

1) In the 7 days curing, the strength of soil-lime is smaller than soil cement, but by adding NaCl, CaCl₂ and flaking into soil-lime, the strength is able become value of 37~39kg/cm². But in the 28 days curing it is no of so.

2) By adding NaCl, CaCl₂ and flaking into the soil-lime the dry density becomes larger than soil-lime itself. The absorbed water and swelling percentages are small values as much as the soil-cement itself. These facts are based on the quantities of adding materials.

3) In the CBR test, the dry density, alsorbed water, swelling percentage and CBR value are variable according to the degree of compaction.

1. まえがき

とくに細粒部分の多い土を土質安定処理することは重要な意義を有しているにもかかわらずまだ未解決の点が多い。

現在のところ、土質安定処理といえば、大別して、粒度調整をする機械的処理による方法と、土になんらかの添加剤を加えてその効果で土の化学的、物理的性質をかえるかまたは添加剤自体の膠結作用によって土の安定性、耐久性を増そうとするもの、すなわち広義の化学的安定処理の二つに分けられる。この意味からすると、アスファルトによる処理も化学的安定処理の中に入れて考えられる。

土を化学的に処理する場合には、ただ単に安定剤の性状によるのみならず、土性が非常に影響するために、いかなる場所の土に対しても同一安定剤が有効であるとは限らない。このために、現実には化学的安定処理をする場合には、各場所の土ごとに実験してみる以外に方法がない。このような中で、古くから消石灰を使うかまたはセメントを使って安定処理することが考えられ、とくに後者は Soil-Cement として実際に実用化されている。消石灰を使う処理もアメリカを中心に古くから研究されているが、筆者らも、最近の交通量の激増にともない再び道路基層の安定化が問題とな

っているところから、消石灰による安定処理の問題を単軸圧縮強度を主に実験的考察を行ない、一部は土木学会第20回年次学術講演会において講演した。本文においては、消石灰添加土、すなわちソイル石灰に対して、NaCl, CaCl₂ およびフレークを添加して単軸圧縮強度を調べ、同時に吸水率、膨張率および乾燥密度も調べ、これら添加剤の効果を考察する。さらに CBR による実験的考察も行なってみた。ここに記して、諸賢の御批判を仰ぐ次第である。なお日本石灰とセントラル硝子から石灰およびフレークの提供を受けた。ここにあわせ記して、感謝の意を表する。

2. 試験土の性質

実験に用いた土は、山口大学工学部横運動場から採取した土であり、その土の性質は下表のとおりである。

Table. 1. Fig. 1. を参照すると、細粒土分に富む高塑性の土であることがわかる。いま HRB に規定する

Table 1. Nature of Soil

Item	S.G	L.L.	P.L.	P.I.	Colour
Soil Sample	2.666	61.4%	24.3%	37.1%	Brown yellow

* 土木工学教室

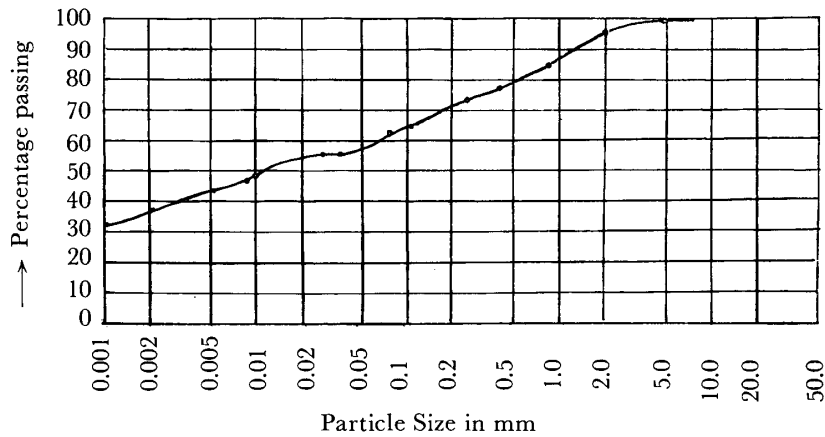


Fig. 1. Particle-size accumulation curve.

Table 2. Compare with HRB and Experimentsoil

	HRB	Soil Sample
Passing 4.8mm	> 50%	100%
Passing 0.42mm	> 15%	95%
Passing 0.074mm	< 50%	72.5%
L.L.	< 40%	61.4%
P.I	< 18%	37.1%

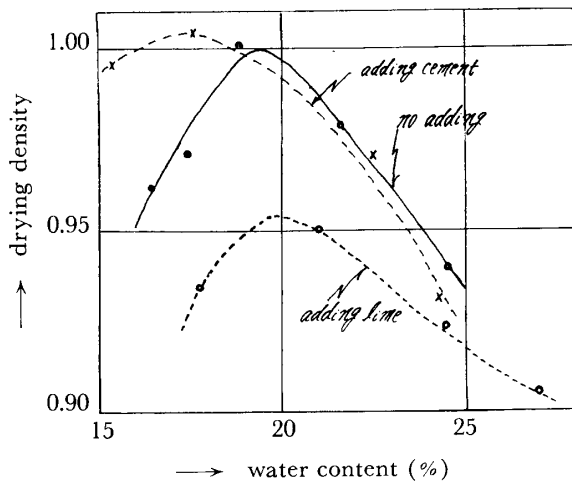


Fig. 2. The results of compaction test

経済的に安定処理できる土の範囲と実験土を比較してみれば、Table 2.のごとくなり、実験土は細粒部分が多いこと、液性限界、塑性指数が高い点においてHRBの規定を満足していないことがわかる。さらにFig. 2.には最適含水比が示してあるが、石灰混入土の乾燥密度の低下が目立っており、締固め効果が悪くなることを示している。

3. 実験法

供試体作製に際しては、JIS-A1210に規定されているランマーを用いて、単軸圧縮試験用モールドの中に最適含水比に設計した試料土をつめて、表裏25回一層に突き固め、径5cm、高さ10cmの供試体をつくった。この供試体を恒温(21°C)とした恒温水槽中で6日間および27日間養生してから後に24時間水中に浸漬して、吸水率、膨張率を測定し、さらに毎分1mmの載荷速度で圧縮試験を行なった。またこれとは別にJIS-A1211に規定された方法でCBR試験も行なってみた。

4. 実験結果

実験の結果は、単軸圧縮試験、CBR試験ともに以下図表をもって示す。

5. 結果の考察

a) 単軸圧縮試験について

一般道路を設計する場合に、その基層は20~35kg/cm²程度の強度が必要とされている。筆者らの考えでは、大体30kg/cm²~40kg/cm²の強度が少なくとも交通量が多くなった今日では必要ではないかとの考えから、一応目標強度を30kg/cm²とした。だが基層があまりにも剛質であると、かえって交通車両に不快感を与えるし、またクラックが生じる原因ともなり、好ましくない。この意味からも30kg/cm²程度が妥当かとも考えられる。さて、Fig. 4.においては、土にセメントを混合した場合の実験結果が示してあるが、その強度はほぼ直線的に増大し、28日間養生の場合、25%もセメントをまぜると90kg/cm²を越す値となっている。図を見ればわかるとおり目標強度には添加量が10~15%で達している。したがって強度の点のみからいえば、セメントが一番良いといえるが、しかしセメントで処

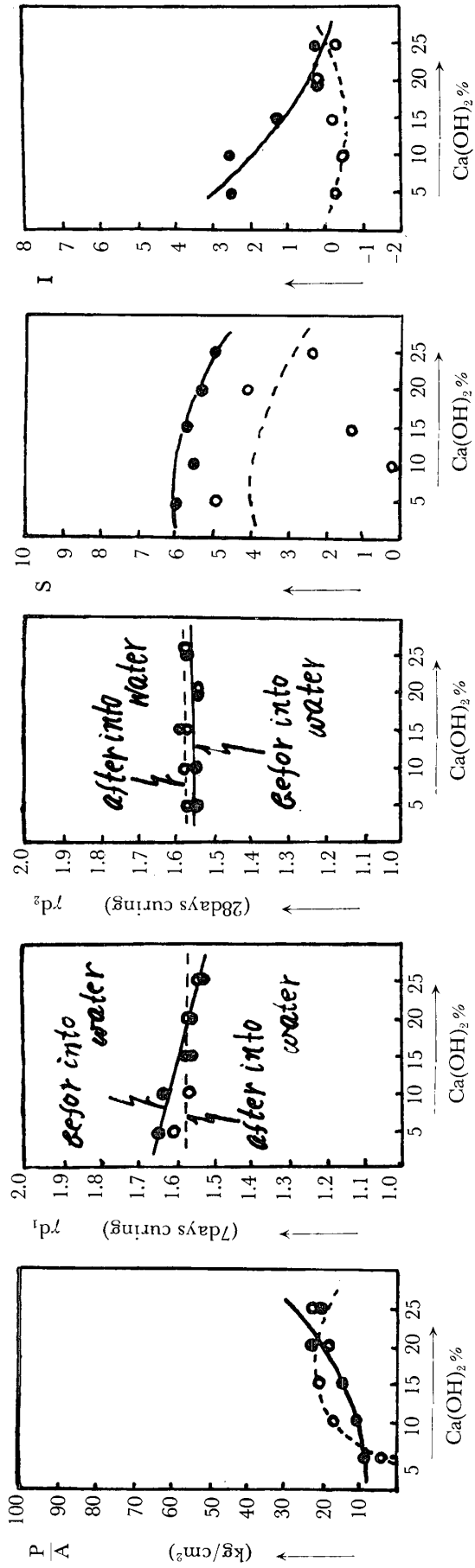


Fig. 3. Experimental result soil sample adding Ca(OH)_2

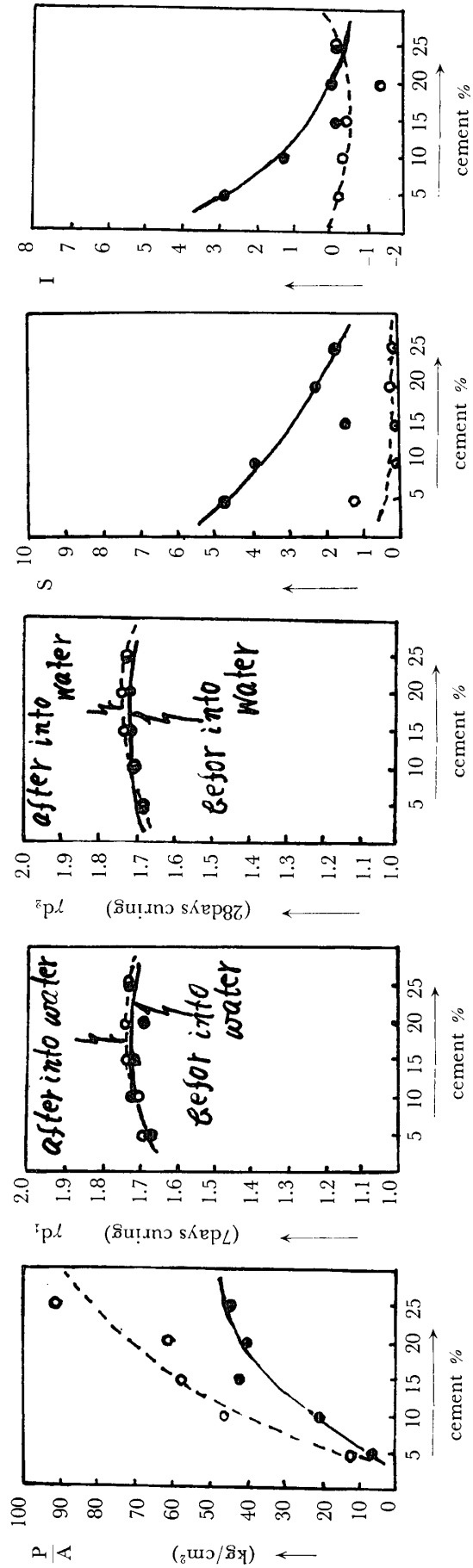


Fig. 4. Experimental result of soil sample adding cement

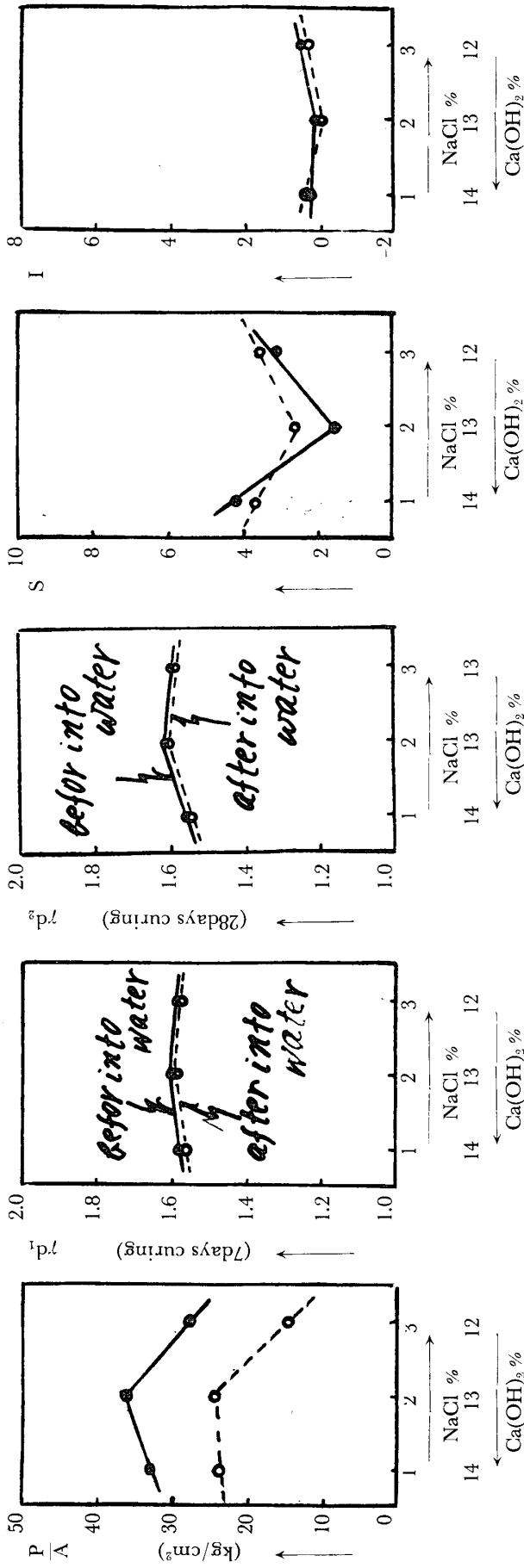


Fig. 5. Experimental result of soil sample adding Ca(OH)_2 and NaCl

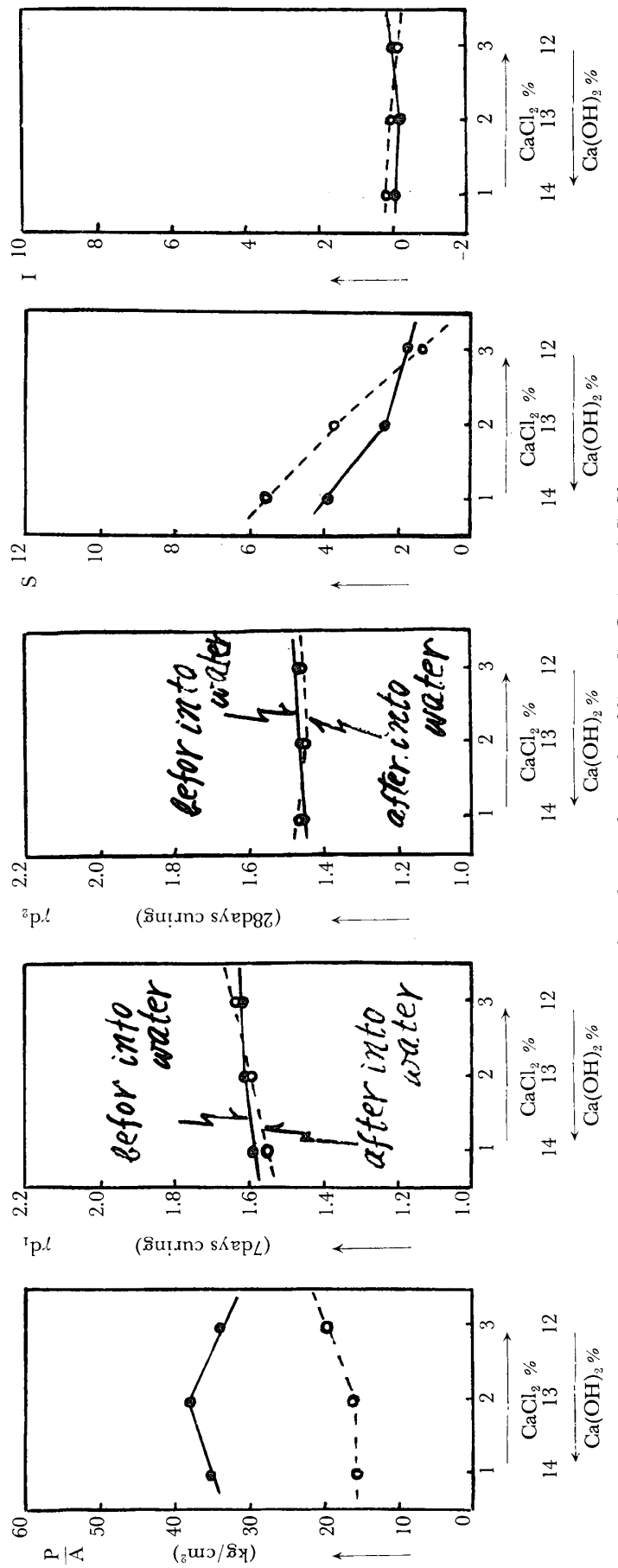


Fig. 6. Experimental result of soil sample adding Ca(OH)_2 and CaCl_2

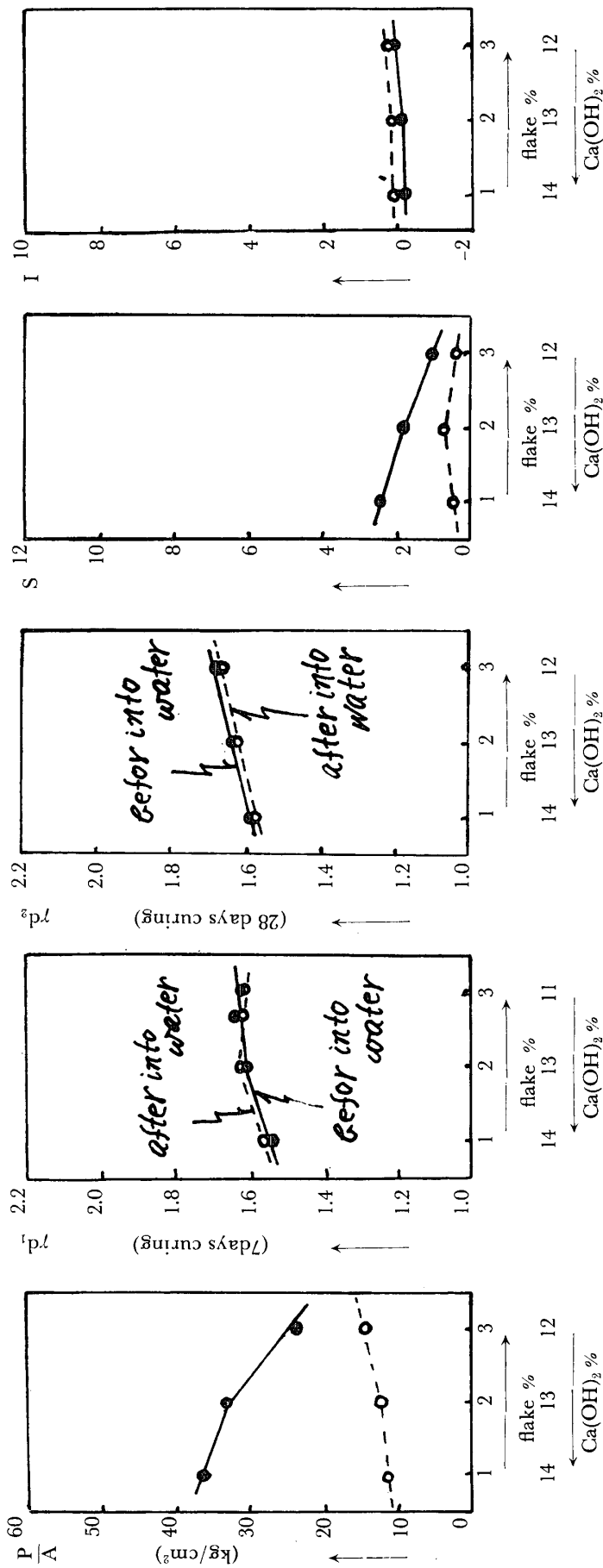


Fig. 7. Experimental result of soil sample adding Ca(OH)₂ and flake

Index

$\frac{P}{A}$; one dimensional unit compression strength

γ_{d1} ; drying density 7 days curing

γ_{d2} ; drying density 28 days curing

S ; absorbed water percentage

I ; swelling percentage

—•—•—•— 7 days curing } (excepting figures of dry density)
 - - - - - 28 days curing }

理した土はあまりにも剛にすぎること、およびセメント10~15%は経済的に見ても多少高価であると考えられるところから、石灰（農業用）を加えることによって目標強度がえられるならば、セメントよりも良いことになる。石灰混合土の強度は Fig. 3. に示されているが、7日間養生、28日間養生ともに最高強度は22~23kg/cm²の値がえられ、セメントに比較すると非常に弱く、また目標強度に対してもかなり下回る値である。またセメントおよび石灰混合土に対する乾燥密度、吸水率、膨張率の各図を比較すると、石灰混合土はセメント混合土に対してつぎの点で劣っている。すなわち、乾燥密度がセメントに比しかなり低く、しかも添加剤量の増加とともに減少している。乾燥密度が低いことは実際に現場においては締固めができにくいことを示すものである。さらに吸水率を見ると、添加量と共に減少してはいるが、セメント混合土に比較すればかなり大きな値となっている。吸水率が高い土は当然ながら凍結、凍上の原因となる。

そこで筆者らは上記の欠点を補うために石灰混合土に対して少量の添加剤を加えて同様な実験を行なった

結果が Fig. 5~7. に示されている。ここでは、添加剤としては CaCl₂, NaCl および工場副産物としてできるフレークを加えた場合の結果が示されているが、強度という点からみれば、CaCl₂, NaCl を約2%添加することによって7日間強度で37~9kg/cm²の強い値がえられ、フレークの場合には1%で7日間強度39kg/cm²がえられる。だが反面28日間養生ではその値を非常に下回る欠点がある。吸水率、膨張率および乾燥密度を石灰混合土のそれと比較してみると、乾燥密度はかなり大きな値となり、また吸水率、膨張率は低い値となっている。とくに吸水率、膨張率はセメント混合土のこの値と比較しても同程度かまたはかなり近い値となっている。乾燥密度、吸水率、膨張率の傾向と強度との関係を求めてみると、NaCl を混入した場合、いくぶん関係がえられるようであるが、CaCl₂ フレークを混入した場合には、その関係は求められず、むしろ CaCl₂, フレークの添加量と関係しているように見受けられる。なお上記において、NaCl CaCl₂, フレークを1%とか2%というのは、石灰のみによる強度が大体添加量15%で20kg/cm²の値がえられ、ま

Table 3. Experimental results (by CBR Test)

addition	Number	drying density (befor intowater)	drying density (alter intowatet)	absorbed warter percentage	Swelling percentage	CBR-value	correct CBR-value
No addition	55	1.824	1.752	7.9	4.10	12.4	
	25	1.661	1.635	8.3	1.60	3.4	10.0
	10	1.526	1.398	13.5	9.16	1.5	
Cement 10%	55	1.843	1.836	2.7	0.37	216.1	
	25	1.731	1.693	8.6	2.25	128.5	196.0
	10	1.580	1.568	11.9	0.78	99.3	
Co(OH) ₂ 9% + flkak 1%	55	1.639	1.638	0.6	0.03	95.6	
	25	1.625	1.624	1.1	0.04	92.7	95.2
	10	1.519	1.515	2.1	0.30	75.2	
Ca(OH) ₂ 9% + Nacl %	55	1.692	1.692	0.7	0.019	137.0	
	25	1.612	1.611	0.6	0.055	133.0	135.0
	10	1.607	1.602	1.9	0.297	104.0	
Ca(OH) ₂ 10%	55	1.746	1.746	2.6	0.021	167.2	
	25	1.643	1.638	5.5	0.30	99.3	150.0
	10	1.355	1.350	17.1	0.35	30.7	

た経済的にみても15%位が妥当と考えられるところから、一応添加量を15%と限定し、たとえば NaCl 1%というのは、14%の石灰と1%の NaCl が混入されていることを示している。したがって添加量は絶えず15%と一定になっている。また添加剤の%は土の乾燥重量に対するものである。

b) CBR 試験について

Table. 3. には CBR 試験の結果が一括してあるが、この実験を行なうに当っては添加量が10%を越すと実験が不可能になるのではとの予想から、添加量を予想限界量10%を総量として実験を試み、添加剤としてはセメント10%、石灰10%、石灰9%+NaCl 1%、石灰9%+フレーク1%が用いられている。CBR 値の大きい順にセメント、石灰、石灰+NaCl、石灰+フレークの順になるが、これは NaCl、フレークが可溶性であるために4日間水浸中に流出し、そのために CBR 値が石灰のみより小さくなったものと考えられる。乾燥密度は強度と同じような傾向を示しているが、55回突固めにおいては石灰混合土の乾燥密度がかなり高くでており、また吸水率、膨張率をみると、NaCl、フレークを混入した場合には、その値が非常に低いことがわかる。さらに CBR 値、乾燥密度は突固め回数の増加とともに増大し、吸水率、膨張率は突

固め回数の増加とともに減少しており、これらの値は、突固め回数と関係することを示している。

6. 結 論

筆者らは述べてきたように、石灰による土質安定処理に関する実験を試み、単軸圧縮試験および CBR 試験を行なったが、つぎの結論をえた。

1. 石灰混合土に対する NaCl, CaCl_2 , フレークの効果は7日間養生強度が非常に強くえられる。反面28日間養生強度が弱い。
2. 両実験において、吸水率、膨張率は前記添加剤の添加により非常に低い値となる。
3. 乾燥密度は上記添加剤の添加によりかなり石灰混合土より高くできるが、石灰混合土も突固め仕事量を多くすればかなりの締固めが可能である。
4. 吸水率、膨張率、乾燥密度は単軸圧縮強度試験においては添加剤量に、CBR 試験においては突固め回数に影響され、強度および CBR 値との関係は明確ではない。

参 考 文 献

樋渡・鈴鹿；ソイル石灰に関する実験的研究土木学会第20回年次学術講演会概要集(1965)

(昭和40年6月14日受理)