

ソイルビチューメンに関する基礎的研究

(第3報)

樋 渡 正 美*・鈴 鹿 和 央**

The Fundamental Study of Soil Bitumen (The 3rd Report)

Masami HIWATASHI and Kazuo SUZUKA

Abstract

In the soil stabilization, how much stabilizing agent to be admixed for soil is important not only in view of stability but also in economy. On this problem of soil bitumen, as already explained in the first report, the calculating formulas have been proposed by C. L. Mckesson and I. R. F. respectively.

Writers have performed the soaked Marshal and Hveem stabilometer test for the specimens of which evaporation ratios are constant at 40% but quantities of emulsion are variable from 6 to 21%.

Subsequently investigated about the adequateness of these formulas according to research the admixing quantity of emulsion giving the maximum stability, the obtained results are mentioned here as the third report.

1. 緒 言

一般に土質安定処理において混入すべき安定剤の量をどうするかという問題は、強度の点からもまた経済的な見地からもきわめて重要である。ソイルビチューメンの場合経済的な観点からは乳剤量を必要な最小限度にとどめたいし、一方余りたくさん加え過ぎてもかえって安定性は低下することが知られている。すなわち、試料土の性質によってこれに加えるべき適当な乳剤の分量が存在するわけで、いままでにその値を求めるいろいろな式が提案されている。これらのうち C. L. Mckesson と国際道路連盟 (IRF) の両式についてはすでに第1報¹⁾で説明したが、わが国の土質にそのまま適用できるかどうか疑問であり、またその妥当性を立証した研究もないようである。

筆者の1人は第7回日本道路会議²⁾で非水浸供試体に関する実験結果を発表し、水浸供試体に対しては土木学会第20回年次学術講演会³⁾で講演してソイルビチューメンの性質を明らかにした。とくに水浸供試体の場合には第1報で述べたように、その安定度が水浸直

前の乾燥状態によって左右されることと、添加剤の効果が予想以上に大きいことがわかった。今回はこれらの点を考慮した第2報⁴⁾で得られた結果も参考にし、乳剤量を6%から21%まで3%おきに変え消石灰および五酸化リンを添加剤に選んで供試体を造った。これらの供試体は蒸発率すなわち室内放置により蒸散する水分の全含水量に対する割合が40%になったとき水浸され、24時間後に吸水率および膨脹率を測定してからマーシャルまたはビームスタビロメーター試験を行った。試験の結果安定度が最大となる乳剤量を求めて上記両式の妥当性を検討してみたのでここにそれを報告する。

2. 使用材料

この実験に用いた試料土は第1報の場合とほぼ同じ場所から採取したもので、それぞれNo.1, No.2およびNo.3と名づける。しかしながらその性質は若干異なっており、比重および液塑性試験の結果がTable 1に、また粒度試験の結果がFig. 1に示されている。つぎに乳剤は第1報の場合と同じく、日歴化学工業株

* 土木工学教室

** 松江工業高等専門学校

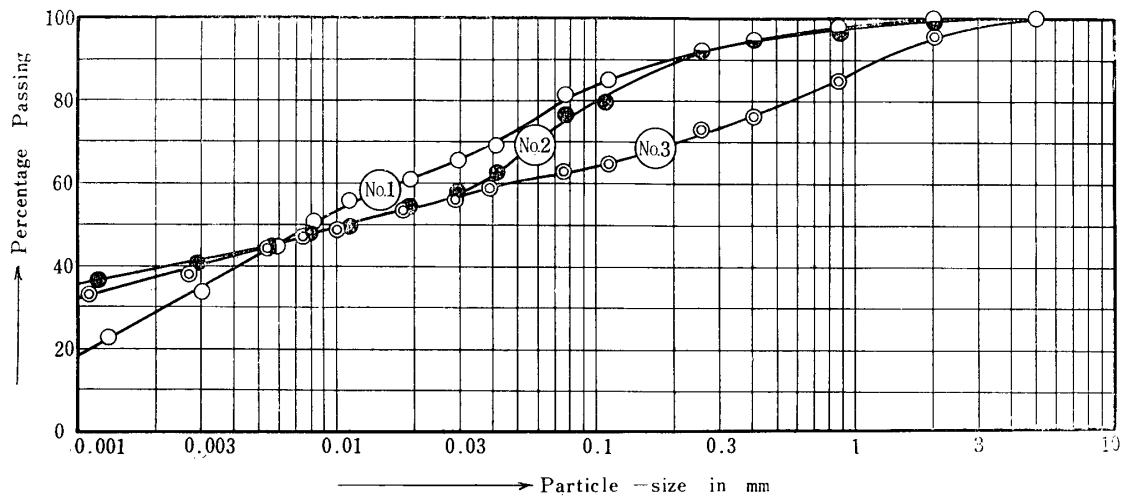


Fig. 1 Particle-size Accumulation Curves of Soil Samples.

Table 1 Nature of Soil Samples.

Soil Sample	Colour	S.G. (15°C)	L. L.	P. L.	P. I.	F. I.
No. 1	Blue Gray	2.669	36.1	18.0	18.1	11.9
No. 2	Brown Red	2.660	50.4	25.2	25.2	14.8
No. 3	Brown Yellow	2.666	61.4	24.3	37.1	22.0

Table 2 Nature of Bituminous Emulsions.

Item	Bituminous Emulsion			Bituminous Residual			
	Specific Gravity (25°C)	Specific Viscosity (Engler)	Bituminous Material (%)	Penetration (25°C)	Softening Point (°C)	Flash Point (°C)	Ductility (15°C)
M E-3	1.029	2.08	60.6	139	39.0	270	100cm+
CME-3	1.034	2.76	57.3	113	38.5	278	100cm+

式会社より提供された土壌混合用アニオン乳剤ME-3とカチオン乳剤CME-3を使用したが、これもその性質がいくらか違っており試験した結果はTable 2に示すとおりであった。

なおTable 1およびFig. 1からわかるように試料土は細粒分の多い高塑性の土であるので、安定処理の効果を高めるため添加剤としてME-3にはCa(OH)₂ 3%を、またCME-3にはP₂O₅ 1%を使用してみたことにしたが、これらの添加剤を加えた場合の試料土の性質がTable 3に示されている。Table 1およびTable 3を比較すると試料土は添加剤により塑性指数(P. I.)および流動指数(F. I.)がともに減少して

底塑性に移行することがわかる。つぎに供試体の製作はまず気乾状態の試料土に添加剤を加えて石川式攪拌機により混合した後、Table 4に示す最適含水比となるよう予め水で稀釈された乳剤を投入してさらに攪きまぜ、均質になってから所定の方法で突め固め脱型して終った。

3. 実験結果

この実験は11月下旬から1月下旬までの寒い時期に行なわれたが、マーシャル試験の結果はFig. 2, Fig. 3およびFig. 4に、またビームスタビロメー

Table 3 Nature of Soil Samples with Additives.

Soil Sample	Additive	L. L.	P. L.	P. I.	F. I.
No. 1	Ca(OH) ₂ 3%	38.7	25.6	13.1	6.7
	P ₂ O ₅ 1%	31.2	16.8	14.4	7.9
No. 2	Ca(OH) ₂ 3%	46.8	32.8	14.0	9.5
	P ₂ O ₅ 1%	52.2	20.0	32.2	8.2
No. 3	Ca(OH) ₂ 3%	60.2	29.3	30.9	14.5
	P ₂ O ₅ 1%	43.4	21.3	22.1	11.4

Table 4 Result of Compaction Test for Soil Samples.

Item	Optimum Moisture Content (%)			Maximum Dry Density (gr/cm ³)		
	None	Ca(OH) ₂ 3%	P ₂ O ₅ 1%	None	Ca(OH) ₂ 3%	P ₂ O ₅ 1%
No. 1	18.4	21.1	17.3	1.641	1.580	1.601
No. 2	20.6	22.0	21.8	1.645	1.578	1.553
No. 3	20.3	19.9	19.1	1.632	1.639	1.658

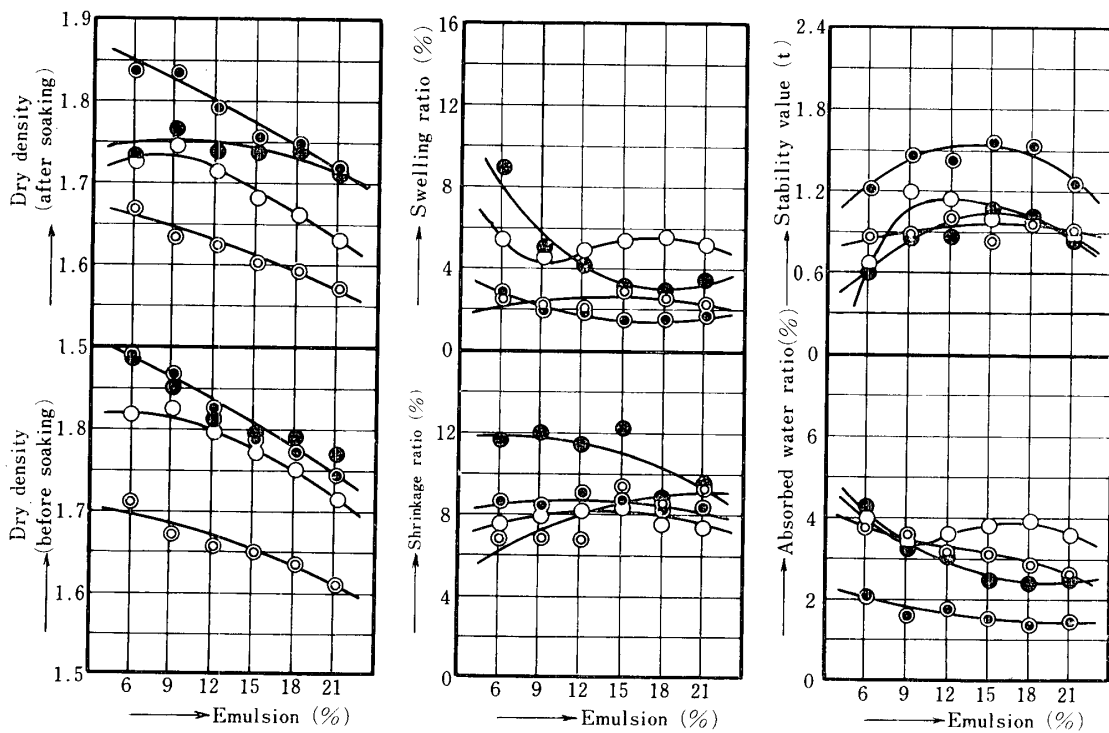


Fig. 2 Results of Marshal Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 1.

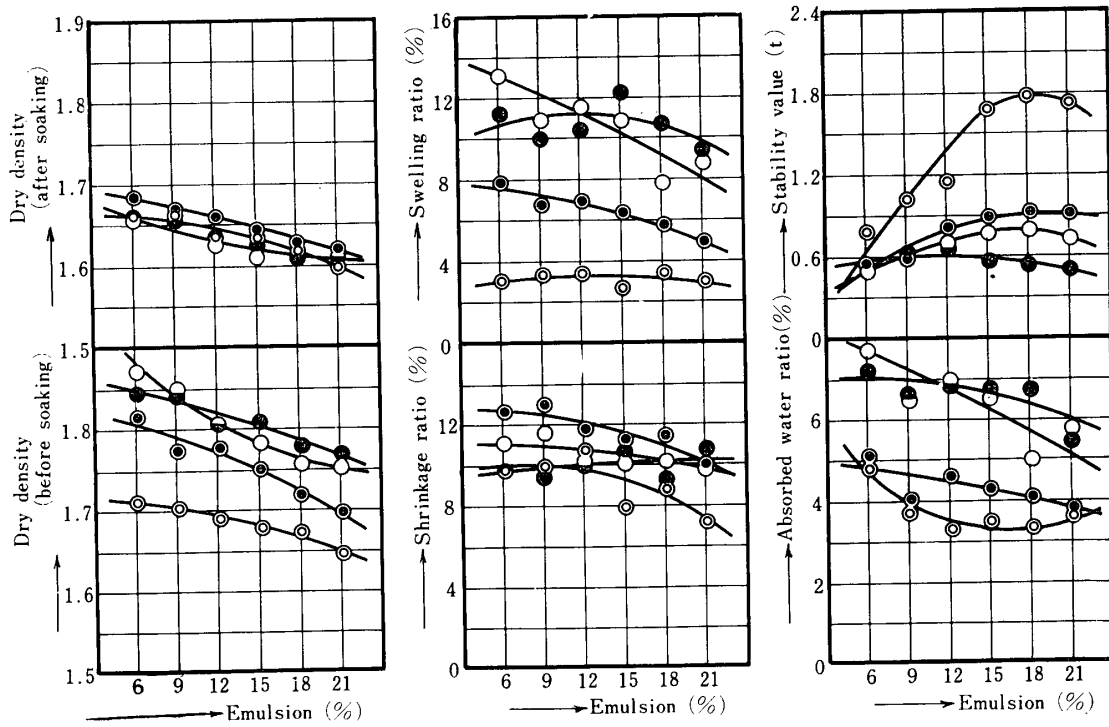


Fig. 3 Results of Marshall Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 2.

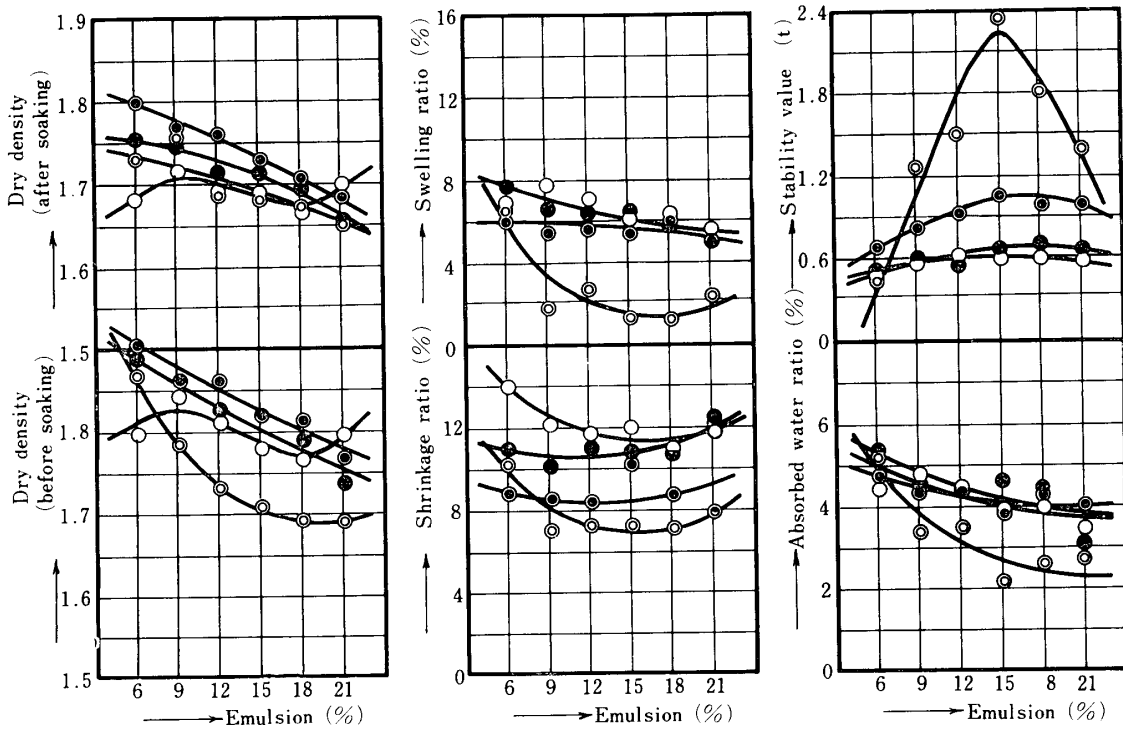


Fig. 4 Results of Marshall Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 3.

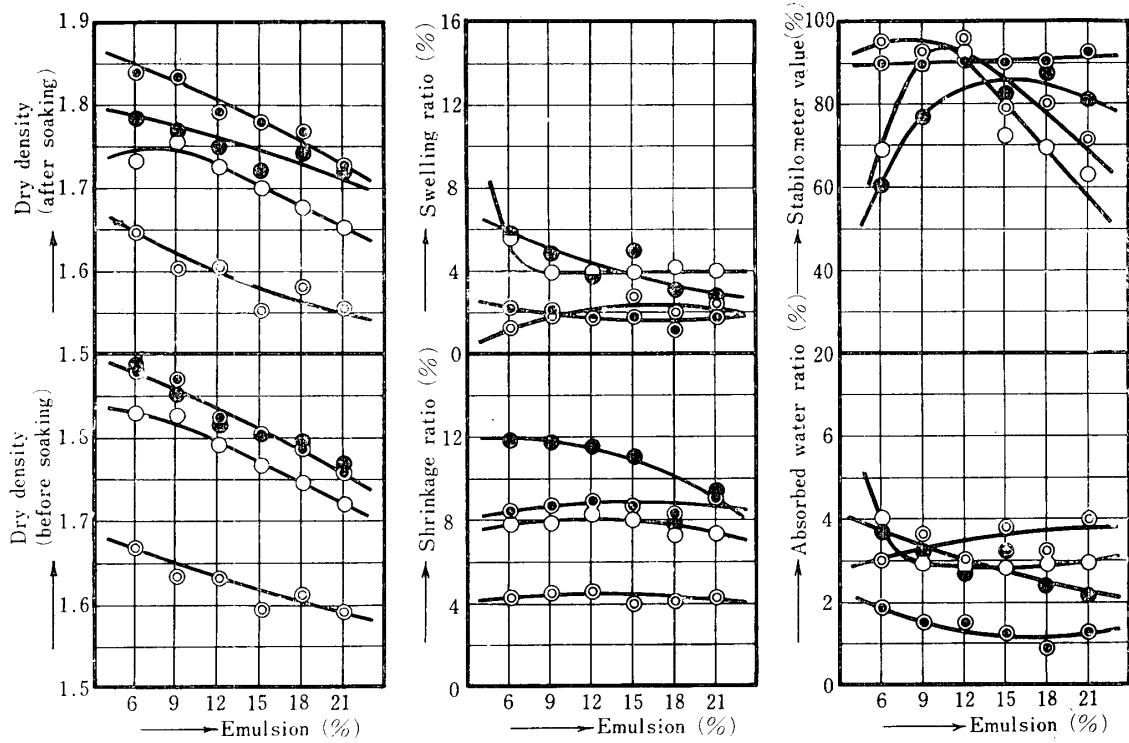


Fig. 5 Results of Hveem Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 1.

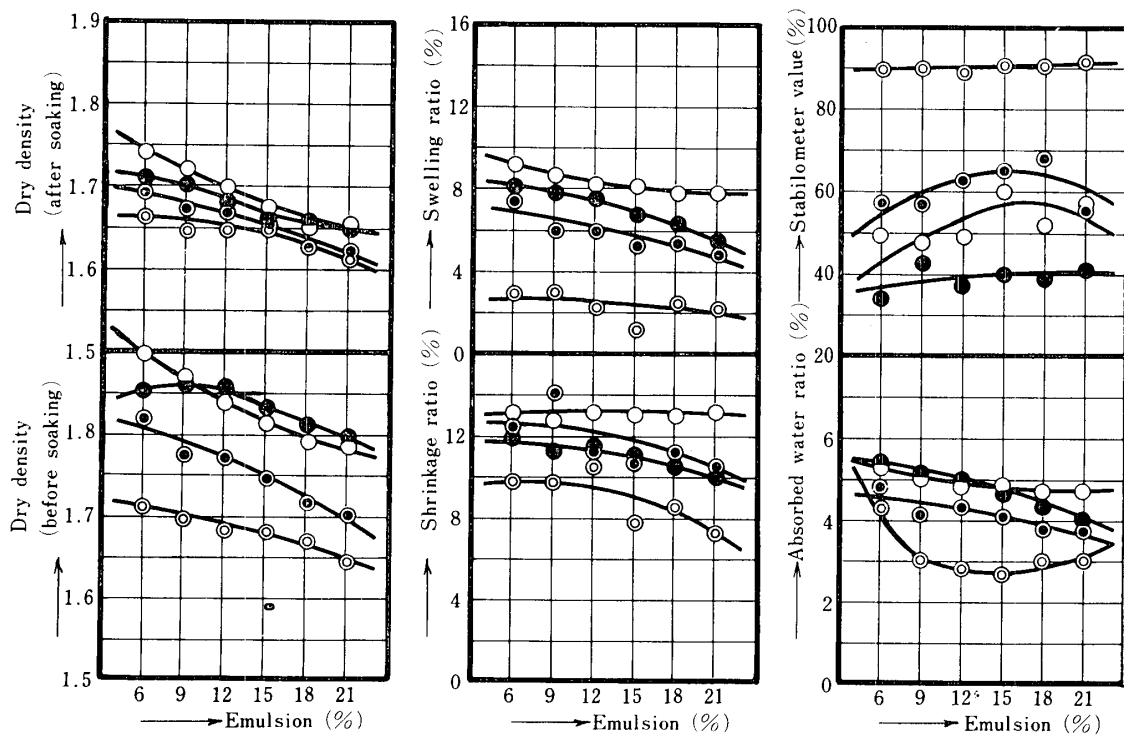


Fig. 6 Results of Hveem Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 2.

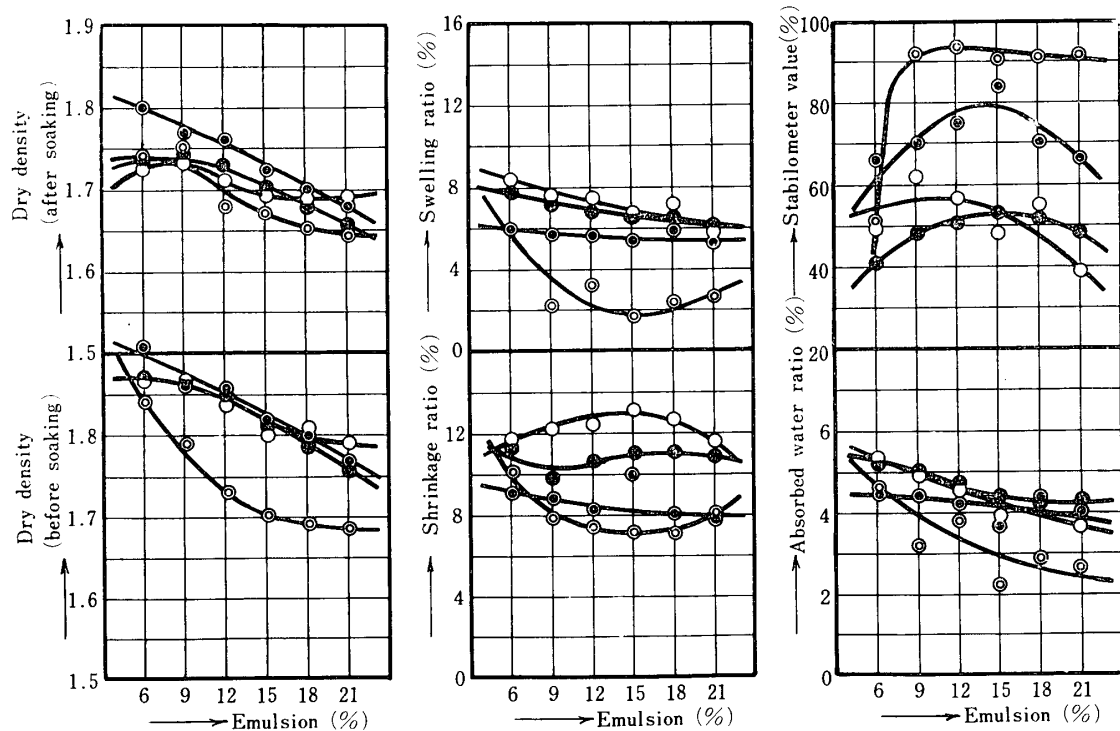


Fig. 7 Results of Hveem Test for the Soaked Soil Bitumen using Soil Sample No. 3.

ター試験の結果はFig. 5, Fig. 6およびFig. 7に示されている。図中の記号は○ ME-3, ⊙ ME-3 + Ca(OH)₂ 3%, ● CME-3, ⊙ CME-3 + P₂O₅ 1%をそれぞれ土に加えて製作された供試体に対する実測値を表わしている。なおビーム試験の Fig. 5, Fig. 6および Fig. 7に示されるスタビロメーター値Rは、垂直圧力がP_v = 11.2kg/cm²であるときの水平圧力をP_hとし、またP_vを11.2kg/cm²から5.6kg/cm²に減じてP_hを0.35kg/cm²から7kg/cm²まで上昇せしめるに要する回転筒の回転数をDとして次式から計算したものである。これらの図からつぎの

$$R = 100 - \frac{100}{\frac{2.5 \left(\frac{11.2}{P_h} - 1 \right) + 1}$$

ようなことがいえると思う。

a) 添加剤の効果は試料土No. 1にP₂O₅をまたNo. 2およびNo. 3にCa(OH)₂を加えた場合、吸水率および膨脹率が減少し安定度が増大するなど著しく大きい。これは試料土No. 1が主として頁岩の風化土であるのに対し、No. 2およびNo. 3は主として蛇紋岩の風化土であることに関係がありそうである。

b) 第2報ではカチオン乳剤の優秀性が実証されたのに、この実験ではむしろアニオン乳剤の方がわずかながら大きい安定度を示している。これはすでに第2報で言及したようにカチオン乳剤の性質に問題があ

り、また夏期用に調製された乳剤を冬期に使用したことや蒸発率を40%におさえたことなどにもその原因がひそんでいるように思われる。

c) 安定値とスタビロメーター値を試料土ごとに比較してみると、曲線の形が多少異なるものもあるけれど大きさの順序はほとんど同じである。また乾燥密度、収縮率、膨脹率および吸水率を同様に比較すると二三の例外はあるが曲線の形はまったく一致する。マーシャル試験とビーム試験は人を変えて別々に行なったが、供試体の寸法や製作および養生の方法などはまったく同じであるので、実測値の一致は実験結果の信頼性を裏づけていることになる。

d) 第1報で述べた Mckesson および IRFの式に代入すべき各試料土の数値は Table 5 のようになるが、これから計算した乳剤の適当な混入量とマーシャルおよびビーム試験で安定度が最大となる乳剤量が Table 6 に示されている。これをみると最大安定値を与える乳剤量よりも最大スタビロメーター値を与えるそれの方が数%小さくなっているが、これはマーシャル試験が粘着力を主体とする試験法であるのに対し、ビーム試験は摩擦抵抗を重視する試験法だといわれている⁵⁾。ことから当然な結果と判断される。また乳剤の最適混入量はMckessonもしくはIRFの式で計算した値よりも1~3%ぐらい多いところにあるようであるが、両

Table 5 Data for calculating Mckesson or IRF Formula.

Soil Sample	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	P (%)	Formula
No. 1	40.6	20.5	20.6	—	—	Mckesson
	0.3	5.3	13.1	81.3	7.82	I R F
No. 2	33.1	7.3	35.9	—	—	Mckesson
	1.6	3.4	19.1	75.9	7.50	I R F
No. 3	19.5	10.8	32.2	—	—	Mckesson
	4.6	18.3	14.7	62.4	6.49	I R F

Table 6 Most Adequate Percentage of Admixing Emulsion.

Soil Sample	Emulsion	Marshal Test		Hveem Test		Mckesson	I R F
		Without Additive	With Additive	Without Additive	With Additive		
No. 1	M E-3	11.0	13.5	10.5	8.0	11.3	12.9
	CME-3	15.0	14.5	16.0	Not Clear	11.3	13.6
No. 2	M E-3	17.0	18.5	16.5	Not Clear	15.0	12.4
	CME-3	12.5	18.5	20.0	15.5	15.0	13.1
No. 3	M E-3	15.0	14.5	11.0	12.0	13.3	10.7
	CME-3	17.0	16.0	15.5	14.0	13.3	11.3

式の優劣についてはほとんど差はなく、しいていえば前者がわずかにすぐれているといえないこともない。

e) 総体的にみて吸水率や膨脹率の減少および安定値の増大に対する効果は乳剤量を増すよりは適当な添加剤を少量加える方がはるかに大きい。したがって、この実験に用いた試料土の場合は乳剤の混入量をMckessonやIRFの式で計算した値よりもかなり少ない9%位にして、No.1には P_2O_5 1%をまたNo.2およびNo.3には $Ca(OH)_2$ 3%を添加した方が経済的にも強度的にも有利であるように思われる。

4. 結 語

この実験で蒸発率を40%に決めたのは、第2報のFig. 1に示されるように蒸発率をいろいろ変えてマーシャル試験を行なった結果、安定度がこの付近で最大となったからである。しかしながらこれは試料土

No.2にME-3を10%混合して夏の暑い時期に行なったものであるから、他の試料土を用いたり乳剤の混入量を変えた場合と同じ結果がえられるとは考えられず、現にCME-3を10%混合したものでは蒸発率60%で安定度が最大になっている。このように最高の安定値を与える蒸発率は土や乳剤の種類とその混入量、添加剤の有無や供試体の養生法および試験の方法などによって当然異なるものと思われるから、蒸発率をさらに50%、60%などと変えて同じ実験を行なってみる必要がある。

つぎにこの実験で安定度の最大になる乳剤混入量がMckessonやIRFの式で計算した値より1~3%程度多いところにあることがわかったので、両式の妥当性がほぼ認められたことになる。しかしながら筆者らとしてはこれらの式が土の液塑性を考慮していない点に理論的な不満があり、また添加剤の有無を問題にしないところにも疑問がある。これらの究明はすべて今後の研究に待たねばならないであろう。

終わりにこの実験に協力してくれた小阪昭南，佐々木実郎，中村亨および溝田孝亮の4君に深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 樋渡正美・水摩嘉孝：ソイルピチューメンに関する基礎的研究（第1報），山口大学工学部研究報告，15，1（1965）
- 2) 樋渡正美・水摩嘉孝：乳剤による土質安定処理の基礎的研究，第7回日本道路会議論文集，（1963）。
- 3) 樋渡正美・水摩嘉孝：ソイルピチューメンの性質について，土木学会第20回年次学術講演会講演概要，（1965）。
- 4) 樋渡正美・鈴鹿和央：ソイルピチューメンに関する基礎的研究（第2報），山口大学工学部研究報告，16，1（1965）。
- 5) Albert Love Jr.：加熱混合式アスファルト舗装設計における密粒度型と粗粒度型の諸性質の比較，道路，第259号，（1962）

（昭和41年6月13日受理）