

# ポリスチレン-キシレン乳化液による土の安定処理について

小 椋 正 澄

(農学部土地保全学研究室)

## Application of Polystyrene-Xylene emulsion to soil stabilization

Masazumi OGURA

*Laboratory of Land Conservation, Faculty of Agriculture*

**Abstract :** In this paper, the author describe an experimental study of application of Polystyrene-Xylene emulsion (P-X emulsion) to soil stabilization. Following experiments were made to decision whether P-X emulsion is effective or not.

- (1) Soil Compaction Test
- (2) Unconfined Compression Test
- (3) Slaking Test
- (4) Permeability Test

A summary of the results is shown below.

- (1) In the soil compaction, the density becomes smaller in proportion as mixing ratio (of P-X emulsion to soil) increased.
- (2) In case of low mixing ratio, strength dose not increase, however, apparently efficient soil stabilization is recognized in the case of high mixing ratio and curing of long duration.
- (3) Inundated stability is improved remarkable.
- (4) The permeability becmes lower in proportion as mixing ratio increased.

It is clear from the results of these experiments that P-X emulsion is very effective stabilizing agent. We can expect following fields of application.

- (1) Impervious zone of earth dam.
- (2) Lining of earth canal and slope.

### ま え が き

近年、石油化学工業の急速な発展により、大量かつ安価に供給される各種のプラスチックは、あらゆる消費分野で使用されるようになった。その結果、プラスチック廃棄物は年々増加の一途をたどり、現在その処理の大部分は埋立地への廃棄、あるいは焼却などにより処分している。しかし、このプラスチックは簡単に腐敗せず、また、燃焼すると塩素、亜硫酸などの有毒なガスを発生し、公害源として大きな社会問題となりつつある。一方、最近の石油をはじめとする天然資源の枯渇による資源の有効利用が論議され、プラスチックにおいても再石油化、再製品化などの研究がなされ始めた。

本研究は、ポリスチレン樹脂廃棄物を粉碎し、溶解槽内において溶剤（キシレン）で溶解し、乳化剤（P.V.A）を添加混入し、乳化液としたもの（以下、P-X 乳化液という。）を土壌安定剤として利用することを目的としたものである。

### 実 験 試 料

試料は、高知市介良の妹背山崩壊地より採取した崩土で、空気乾燥後ときほごし、強度試験、スレーキングテストには、2,000  $\mu$  フルイ通過試料を、透水試験には、4,760  $\mu$  フルイ通過試料を用いた。

なお、試料の採取時期、位置の違いからすべての実験に同一試料を用いることができず強度試験、スレーキングテスト、透水試験はそれぞれ A. B. C 試料により実験を行なった。Table-1 にその物理的性質を示す。

Table 1. Properties of soil

Sample	Grain Composition				Specific Gravity $G_s$	Consistency Limit			$w_{opt}$ (%)	$\gamma_a$ max (g/cm)
	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)		$w_L$ (%)	$w_P$ (%)	$I_P$ (%)		
A	—	59.8	21.9	18.3	2.65	25.5	13.8	7.7	14.0*	1.892*
B	—	61.2	31.4	7.4	2.65	18.6	NP	—	14.5*	1.819*
C	10.9	43.3	24.8	21.0	2.67	35.0	19.5	15.5	20.4**	1.648**

\* Harvard Miniature Compaction Test \*\* JIS A 1210

### 締固め試験および強度試験

#### 1. 実験方法

i) 締固め試験 Harvard Miniature Compaction Test に準じて行なった。

ii) 強度試験方法 供試体をモールドのまま、約 20°C の恒温室において気乾養生（養生日数 1, 3, 7, 14, 28 日）を行ない、非水浸、水浸（24 時間）の各々につき、3 供試体ずつ JIS A 1216 により一軸圧縮試験を行なった。

iii) 供試体の作成方法 P-X 乳化液の各混入比（0.1.3.5%）における最適含水比を求め、試料を各混入比で、その含水比に調整し直径 3.1 cm、高さ 7.5 cm の供試体を Harvard Miniature Compaction により作成した。

なお、本論文において、混入比（ $\alpha$ ）、含水比（ $w$ ）、および乾燥密度（ $\gamma_a$ ）は、土粒子の重量  $W_s$ 、水の重量  $W_w$ 、P-X 乳化液重量  $W_{pl}$ 、P-X 乳化液固形分重量  $W_{ps}$ 、供試体体積  $V$  とすると、それぞれ、(1).(2).(3)式により定義される。

$$\alpha = \frac{W_{ps}}{W_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$w = \frac{W_w + (W_{pl} - W_{ps})}{W_s + W_{ps}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\gamma_a = \frac{W_s + W_{ps}}{V} \quad \dots\dots\dots (3)$$

#### 2. 実験結果および考察

i) P-X 乳化液混入による締固め結果は、Fig. 1 に示すよう混入量が増えるに従い、乳化液の粘度、造膜現象などにより締固めが妨げられ、乾燥密度は減少する。

ii) 強度試験結果は、非水浸、水浸とも P-X 乳化液混入量が多くなるにつれ、供試体密度が小さくなり、かつ、乳化液の固化に長時間要するため、Fig. 2, 3 に示すよう短期間の養生では、混入量が増加するに従い、強度はほとんど変化ないか、あるいはかえって低下するが、長期間の養生（28日強度）では混入効果が著しい。

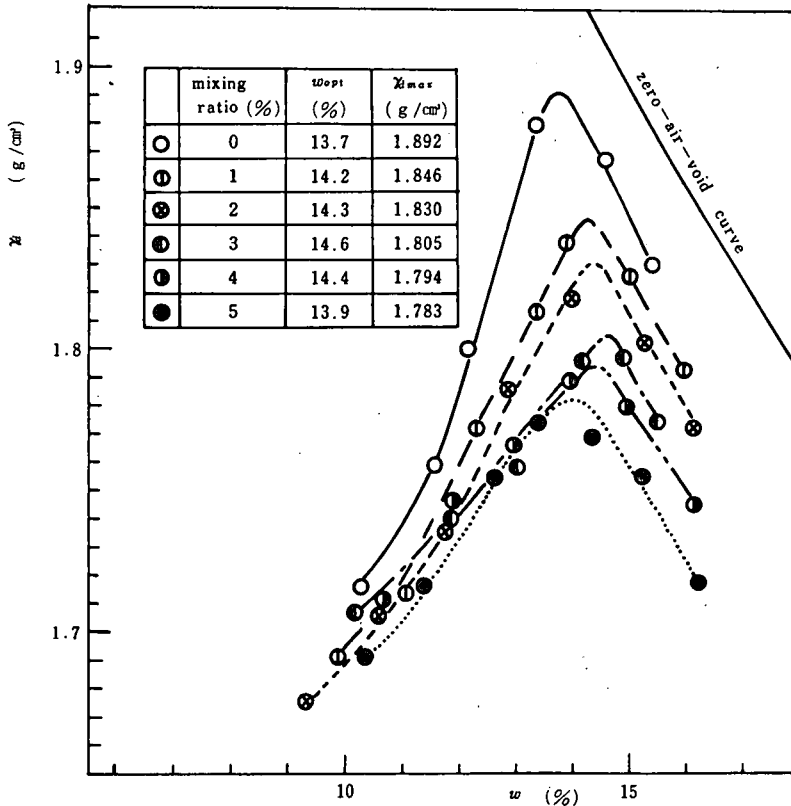


Fig. 1. Dry density-moisture content curve (Harvard Miniature Compaction Test) for mixing ratio of P-X emulsion.

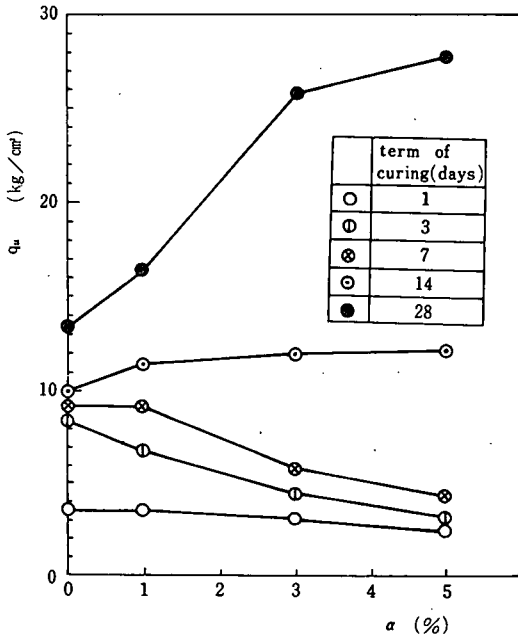


Fig. 2. Relationship between unconfined compressive strength and mixing ratio of P-X emulsion for the term of curing.

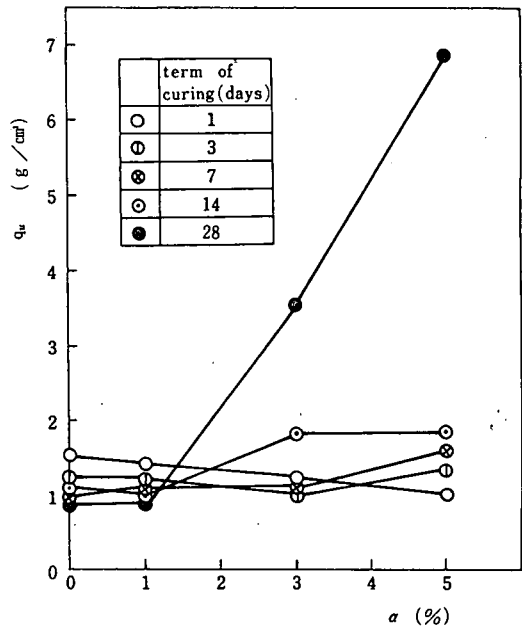


Fig. 3. Relationship between inundated strength and mixing ratio of P-X emulsion for the term of curing.

## スレーキングテスト

## 1. 実験方法

強度試験と同様に Harvard Miniature Compaction Test を行ない、その結果 (Fig. 4) より得られた P-X 乳化液の各混入比 (0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0%) における最適含水比に試料を調整し、静的圧縮方法 (Fig. 5) により、各混入比の最大乾燥密度となるように供試体 (直径 5 cm, 高さ 3 cm) を作成し、約 20°C において、モールドのまま気乾養生 (養生日数 0, 2, 4, 7, 14 日間) したものをガラス製水槽 (20×40×30 cm) に水浸し、8 mm カメラによりメモーション撮影を行ない、スレーク所要時間を測定した。

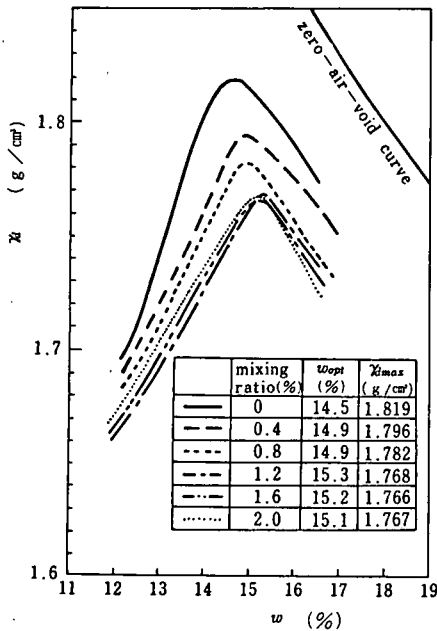


Fig. 4. Dry density-moisture content curve (Harvard Miniature Compaction Test) for mixing ratio of P-X emulsion.

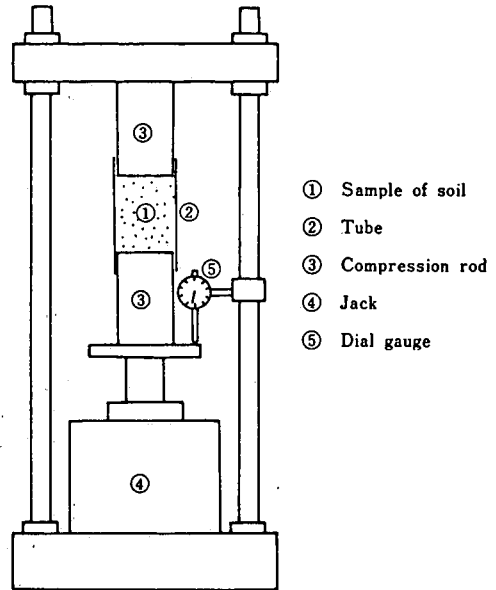


Fig. 5. Apparatus of static compaction.

## 2. 実験結果および考察

Fig. 6 に示すよう、未処理の場合は、養生日数の増加に従い供試体が乾燥し、スレーク所要時間は短くなっているが、乳化液を混入したものは、混入比および養生日数の増加に伴ない長くなっている。特に混入比が 2% の場合は養生日数にかかわらず、10 日間以上水浸してもスレークせず、養生日数の短いもので表面に小さなクラックが認められる程度であり、水浸安定性は著しく改良される。これは密度が小さいにもかかわらず、プラスチックの造膜作用による土粒子の結合および水の浸入速度の低下により耐水性が著しくなったためと考えられる。

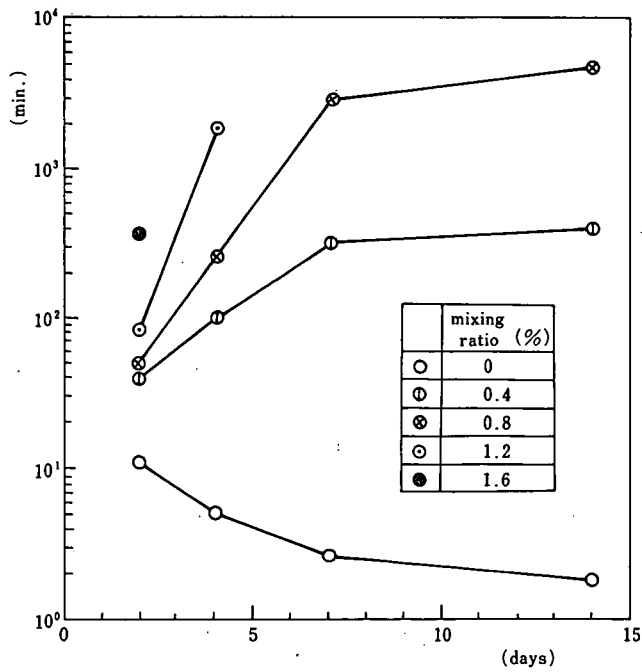


Fig. 6. Relationship between beginning time of slaking and term of curing for mixing ratio of P-X emulsion.

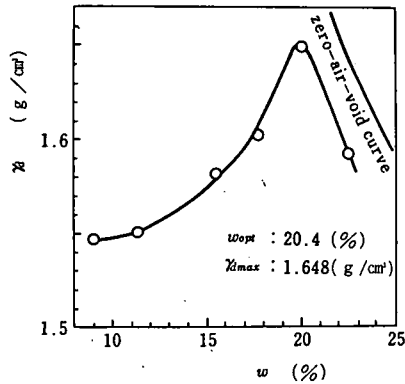


Fig. 7. Dry density-moisture content curve (JIS A 1210-1970).

### 透 水 試 験

#### 1. 実験方法

i) 供試体の作成 供試体は突固めによる土の締固め試験 (JIS A 1210-1970) 1.1-b 法により締固め試験を行ない (Fig. 7), その結果より得られた最大乾燥密度 (1.648 g/cm<sup>3</sup>) になるよう各混入比 (2, 4, 6 %) の試料を最適含水比に調整し, 静的圧縮方法 (Fig. 5) により (直径 7.4 cm, 高さ 5.0 cm) 作成し, パラフィンで密封し, 約 20°C において養生 (養生日数 0, 7, 14, 28 日) を行なった。

ii) 透水試験方法 透水試験は放射流式透水試験器を用い, Fig. 8 に示す変水位法により行な

い、供試体をセット後、供試体を飽和させる目的で水浸し、真空ポンプにより 100 mmHg の負圧を 1 時間与えた後、18時間放置した。

なお、透水係数 ( $k$ ) は、測定開始時刻  $t_1$  その時の圧力タンク内の圧力  $p_1$ 、測定終了時刻  $t_2$ 、その時の圧力タンク内の圧力  $p_2$ 、 $t_1 \sim t_2$  間の流通  $Q$ 、試料長  $l$  とすれば

$$k = \frac{\lambda r_w Q (p_1 + p_2)}{2l(t_2 - t_1) p_1 p_2} \dots\dots\dots (4)$$

で求められる。ここで  $\lambda$  は試験器定数で、多孔管の外半径  $r_1$ 、多孔円筒の内半径  $r_2$  とすると

$$\lambda = \frac{1}{2\pi} \log_e \frac{r_2}{r_1} = 0.3665 \log \frac{r_2}{r_1} \dots\dots\dots (5)$$

である。

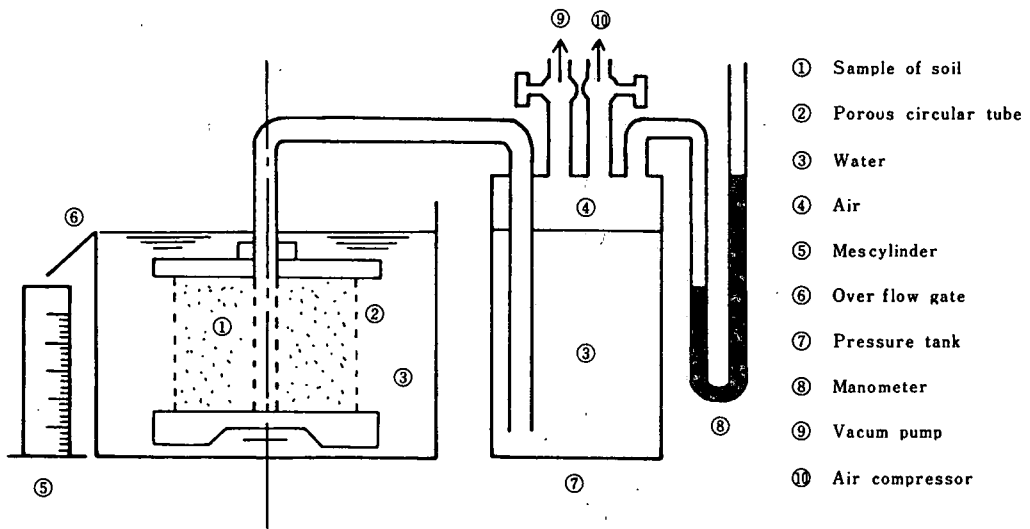


Fig. 8. Apparatus of permeability test.

2. 実験結果および考察

測定時間と透水係数、および P-X 乳化液混入量と透水係数の関係を Fig. 9, 10に示す。

透水係数は、測定経過時間にほとんど影響されず、P-X 乳化液混入量の増加に従い低下している。また、養生効果は日数が長くなるに従い、透水係数がやや低下する傾向があるが、ほとんど考慮する必要がないと思われる。

一般に、 $1 \times 10^{-6}$  cm/sec 以下の透水係数を示す土は不透水性とみなされるが、図から明らかのように、混入比 4% でほぼ  $1 \times 10^{-6}$  cm/sec であり、5%位混入すれば充分不透水性であるといえる。

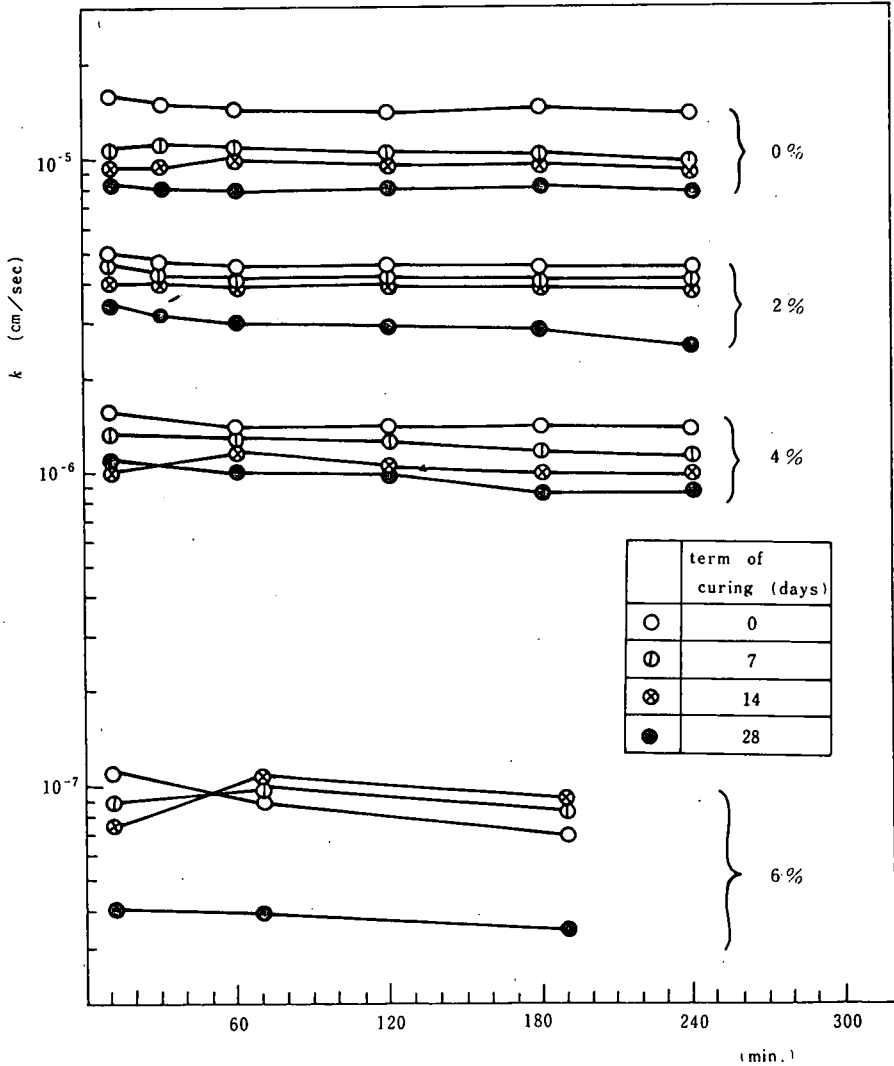


Fig. 9. Relationship between coefficient and elapsed time.

ま と め

P-X 乳化液による、土の安定処理効果についての基礎的な実験を行なったが、結果を要約すると次のようである。

- i) 締固め効果は、P-X 乳化液混入量が増加するに従い妨げられる。
- ii) 強度については、R-X 乳化液の混入量が少ない場合あまり期待できない。しかし、大混入量で長期間の養生を行なった場合に混入効果が認められる。
- iii) 水浸安定性は著しく改良される。
- iv) 透水性は混入量が増加するに従い著しく低下する。

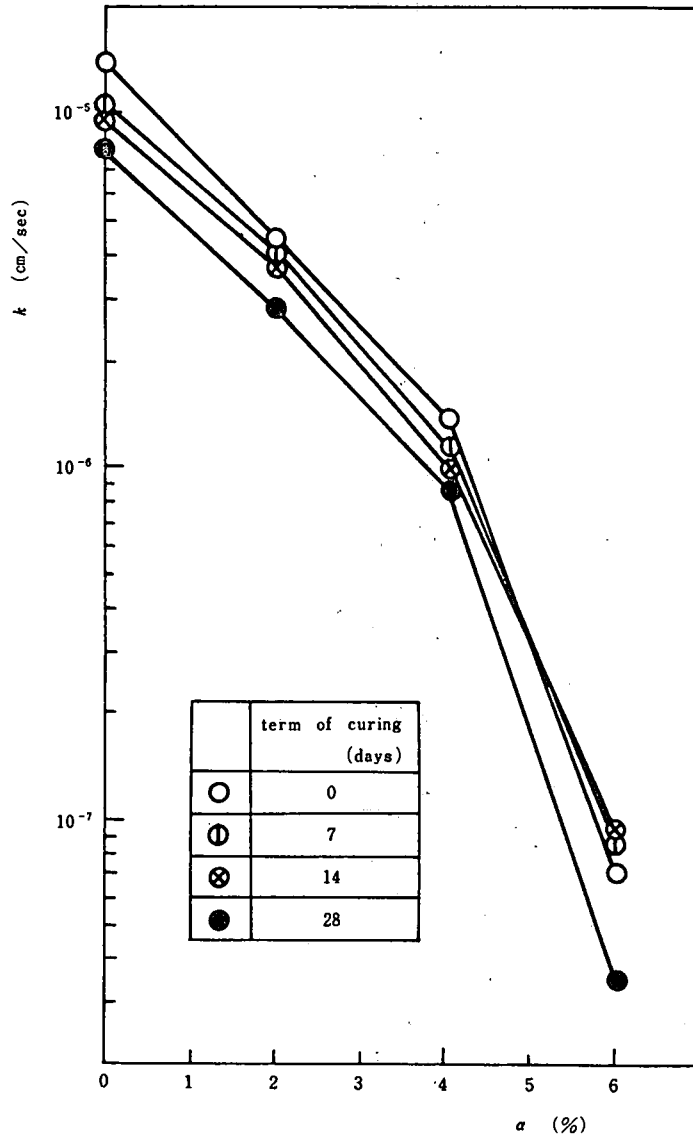


Fig. 10. Relationship between coefficient of permeability (after 180 minutes) and mixing ratio of P-X emulsion for the term of curing.

本実験は、一試料だけで行なったものであるが、P-X 乳化液による土の安定効果は非常に有効であり、土質が異なっても実験により適当な混入割合を決定すれば、土堰堤の不透水性材料の漏水防止、簡易水路のライニング土砂のり面の保護などの応用が考えられる。

今後、さらに土質改良のメカニズム、乳化液改良、ソイルセメントの添加剤としての利用など、P-X 乳化液による土の安定処理に関する一連の研究を進めたいと考えている。

なお、本実験に使用した P-X 乳化液は、原田産業株式会社、日瀝化学工業株式会社姫路工場から提供を受けたものである。ここに感謝の意を表す。



参 考 文 献

- 1) 富士岡義一, 長堀金造, 佐藤晃一 PVA-H による土の物理, 力学的性質の改良について (I) 火山灰農道の改良に関する基礎試験, 農業土木研究別冊, No. 10, 1-6 (1965)
- 2) 同, 同 (II) 簡易水路のライニングに関する基礎試験, 同, 7-12 (1965)
- 3) 酒井左武郎, 川北米良 放射流式透水試験器による土の透水係数の測定法, 土と基礎 8 (5), 22-26 (1960)
- 4) 松尾新一郎, 土壤安定工法便覧, p. 243-254, 日刊工業新聞社 東京 (1972)
- 5) 小椋正澄 プラスチック廃棄物利用による土壤安定剤について (ポリスチレン樹脂溶液による土の安定処理について) 第7回土質工学研究発表会 昭和47年度発表講演集, 349-350 (1972)

(昭和49年9月20日受理)

