

瀝青材料가 흙—시멘트의 強度 및 耐久性에 끼치는 影響에 關한 研究

A Study on the Effects of Bituminous Material on Durability of Soil-Cement Mixtures

金 鍾 玉* · 鄭 夏 禹**
Jong Ok Kim , Ha Woo Jung

Summary

This study was intended to investigate the effects of bituminous material content of soil-cement mixtures on their durability. For the purpose, unconfined compressive strength test, Freeze-thaw test, and wet-dry test were performed with three types of soil. Each type of soil was mixed with three levels of cement content and each soil-cement mixture was mixed with four levels of bituminous material content. For the unconfined compressive strength test, Freeze-thaw test and wet-dry test, 324, 108, and 108-specimens were prepared respectively. Unconfined compressive strength was measured at age of 7-days, 14-days and 28-days using 108-specimens in each age. The soil-cement loss rate due to freeze-thaw and wet-dry were calculated after 12 cycles of test using 108-specimens in each test. The results are summarized as follows:

1. Optimum moisture content was increased with increase of cement content, but maximum dry density was changed irregularly with increase of the cement content.
2. The unconfined compressive strength was increased with increase of cement content, bituminous material content and curing age. Cement is more effective factor than bituminous material on unconfined compressive strength of soil-cement Mixture.
3. It is estimated as the most economical cement content that the recommended cement content of A.S.T.M. because increasing rate of unconfined compressive strength at age of 28-days was low when cement content is above the recommended cement content of A.S.T.M. among all types of soil.
4. Although a portion of cement content is substituted for bituminous material, the necessary unconfined compressive strength can be obtained.

* 禮山農業專門學校

** 서울大農大 農工學科

5. The soil-cement loss was more influenced by wet-dry than Freeze-thaw
6. The bituminous material is more effective on the decrease of soil-cement loss than increase of unconfined compressive strength
7. The void ratio of soil-cement mixture was changed irregularly with increase of cement content, but that was decreased in proportion to the increase of bituminous material content.
8. The regression equation between the unconfined compressive strength and soil-cement loss rate were obtained as table 7.

I. 緒 論

大規模의 土木工事を 活發히 進行됨에 따라 우리나라에서도 骨材不足問題가 擡頭되고 있으며, 骨材의 價格이 上昇되고 있는 實情인 바 骨材의 制限없이 土木工事を 遂行할 수 있는 工法의 開發이 要求되고 있다.

骨材의 制限을 받지 않는 經濟的인 土木工事의 方法으로 흙-시멘트 工法을 생각할 수 있다. 흙-시멘트란 自然狀態의 흙에 適當量의 시멘트와 물을 混合하여 다져 주므로서 시멘트의 水和作用으로 個個의 土粒子가 結合된 半剛性의 骨組構造를 말하며 그 一般的인 類型에는^{24),200),233)} compacted soil-cement, cement modified soil, plastic soil-cement의 세가지로 分類된다.

美國等 外國에서는 soil-cement를 道路의 基層 및 補助基層, 公園步道の 鋪裝, 貯水池 및 用排水路의 라이닝, 비탈면 浸蝕防止, 簡易鋪裝, 벽돌製作 등 여러 分野에 使用되어 왔으나^{24),200),233)} 우리나라에서는 흙-시멘트 工法의 導入以後 지금까지 主로 道路鋪裝에 適用코자 試驗鋪裝으로서 國立建設研究所 進入道路 및 構內鋪裝, 김천-신기동(國道22號線) 路線新禮院-唐津(國道32號線) 路線의 一部等 50餘 個所의 試驗鋪裝을 해본 結果 그 成果가 優秀하였다는 보고가 있었다^{89),149)}.

道路鋪裝 以外的 다른 分野에 使用한 것은 1976年 全北 扶安郡 界火島 干拓地 開發工事의 用水路 라이닝에 흙-시멘트 工法을 使用한 것이 最初의 試圖이었다¹⁵⁾.

그러나 全北 界火島地區 現場을 보면 道路의 基層에 使用한 경우와는 달리 表面이 露出되었기 때문에 凍結 融解 및 乾濕 等の 氣象的인 要因에 依한 風化浸蝕으로 말미암아 永久的인 라이닝이 되지 못하고 있어 흙-시멘트를 라이닝에 使用할 경우 風化浸蝕 防止策의 開發이 시급히 要求된다. 다만 界

火島地區의 水路 라이닝은 短期目的으로 施工되었었다.

氣象的인 要因에 별로 影響을 받지 않고 強度, 凝集力 및 水密性을 발휘하는 土木材料로서는 瀝青材料를 생각할 수 있다.

따라서 瀝青材料를 흙-시멘트에 混合하므로서 시멘트는 強度 增進의 역할을 하고 瀝青材料는 凝集力 增進의 역할을 하여 흙-시멘트의 耐久性과 水密性이 增進될 것으로 思料된다.

本 研究에서는 흙-시멘트에 시멘트 및 瀝青材料 含量을 變化시켜 混合함에 따라

1. 시멘트含量-壓縮強度의 關係
瀝青材料含量-壓縮強度의 關係
2. 시멘트含量-凍結融解 損失率 關係
瀝青材料含量-凍結融解 損失率 關係
3. 시멘트含量-乾濕損失率 關係
瀝青材料含量-乾濕損失率 關係
4. 시멘트含量-空隙比 關係
瀝青材料含量-空隙比 關係

를 調査하여 가. 시멘트 및 瀝青材料가 흙-시멘트의 壓縮強度, 凍結融解 및 乾濕損失 및 空隙比에 미치는 影響을 比較 分析함으로써 瀝青材料를 混合한 흙-시멘트의 特性을 糾明하고, 나. 壓縮強도와 凍結融解 및 乾濕損失과의 關係를 糾明함으로써 壓縮強度에 依하여 凍結融解 및 乾濕에 依한 損失率을 推定할 수 있도록 하여 흙-시멘트 工法에 必要한 資料를 提供하고자 本 研究를 試圖하였다.

II. 研究史

1824年 英國人 Joseph Aspdin⁹⁾에 依하여 시멘트가 發明된 以後 오늘에 이르기 까지 시멘트는 各種 土木構造物 및 建築材料로서 가장 重要한 材料로 使用되어 왔고 持히 現代는 人間이 콘크리트의 장클에 묻혀 산다고 해도 過言이 아닐만큼 시멘트의 利

用度가 急増해 가고 있다.

이와 같이 시멘트의 利用度가 增進함에 따라 骨材의 問題가 擡頭되었고 따라서 骨材의 制限을 받지 않는 시멘트 工法의 必要性을 생각하게 되었다.

骨材의 制限없이 自然狀態의 흙에 시멘트와 물을 混合하여 다져 주므로서 흙의 安定處理를 할 수 있는 흙-시멘트 工法은 最初 1917年 美國의 T.H. Amies가 "soilamies"란 名稱으로 特許를 얻어 道路工事に 使用하였다.³³⁾

1922年 美國 Iowa, South Dakota 州에서 1924年 Ohio, California 및 Texas 州에서 흙-시멘트 工法을 道路工事に 適用하였고 1934年 South Carolina 州立 道路局에서 5個區間의 試驗鋪裝을 實施한 바 그 結果가 優秀하여 開發의 價値가 있다고 認定하므로서 1935年 美國 포틀랜드 시멘트 協會에서 흙의 種類에 따라 흙-시멘트에 添加해야 할 시멘트의 適定含量을 決定하기 爲한 研究가 着手되었다.^{30), 31)}

이렇게 해서 흙-시멘트 試驗法이 制定되었으며, 이들 試驗法은 1944年, 1945年에 A.S.T.M, A.A.S.H.O.에 依하여 標準化되었고, 1957年 A.S.T.M.과 A.A.S.H.O에 依하여 修定되었다.^{30), 31)}

그 後 美國뿐만 아니라 캐나다, 英國, 贊비아, 가나, 荷蘭, 獨逸, 日本 等の 나라에서 大規模의 道路工事に 흙-시멘트 工法을 使用하였다.¹³⁾

우리 나라의 경우 흙-시멘트 工法이 導入된 以後 1963年~1964年 國立建設研究所에서 서울-江陵間, 天安-溫陽間 一部에 試驗鋪裝에 依해서 適用試驗을 하였고, 1966年 春川市 市內 試驗鋪裝, 1968年 國立建設研究所 進入路 및 構內 試驗鋪裝, 1969年 榮州-丹陽間 國道鋪裝, 1970年 公州-鳥致院間 國道鋪裝 等の 試驗鋪裝을 實施하였고 1970年 K.S.F. 2327~K.S.F. 2332로 規定되었다.¹³⁾

그 後 어린이 大公園內 道路鋪裝, 김천-신기동, 新禮院-唐津間 一部 國道鋪裝에 使用하였고¹³⁾ 1976年 全北 扶安郡 界火島 干拓地 開發工事の 用水路 라이닝에 흙-시멘트 工法을 使用하였다.¹³⁾

Rawi(1967)는 여러 가지 흙에 다짐方法을 2種 種類로 하여 壓縮強度에 影響을 미치는 諸要因에 關한 研究를 하여 壓縮強度는 시멘트含量 및 養生日數의 增加에 따라 增加하고 물-시멘트 比의 關係는 콘크리트의 경우와 類似하게 適用될 수 있다고 하였다.³⁴⁾

Rananand(1971)는 道路의 基層 및 補助基層에는 Sandy Silt가 適合하다고 하였다.³¹⁾

Holtz, Walker(1962)는 흙-시멘트 工法을 Bonny Dam 斜面保護工에 適用해 본 結果 工事直後 1年 동안에 微少한 균열이 일어났을 뿐 그 後 10年 동안 有意할만한 變化가 나타나지 않았다고 발표하였다.

Engineering News Record에 依하면 Merritt Dam의 斜面保護를 흙-시멘트 工法으로 했으며 이 工事を 石築으로 하는 것에 比하여 618,000\$를 節減하였다고 發表하였다.³³⁾

Durtron, Cloes(1961)는 흙-시멘트의 含水比와 다짐이 壓縮強度에 미치는 影響에 關한 研究에서 最適含水比보다 乾燥側에서 壓縮強度가 最大로 된다고 하였다.²²⁾

Moh(1967)는 흙-시멘트의 壓縮強度에 미치는 重要한 要素는 흙의 粒度, 시멘트含量, 含水比, 다짐密度, 養生溫度 等이라고 發表하였다.²³⁾

金(1976)은 흙-시멘트 施工에 있어서 가장 理想的인 흙은 Sandy Loam으로 粒度配合이 良好한 흙일수록 強度가 크다고 하였으며 흙-시멘트의 28일 壓縮強度와 7日 壓縮強度 사이에는 $q_{28}=1.12q_7+6.5(r=0.96)$ 의 關係式이 成立된다고 하였다.¹⁴⁾

金(1975)은 시멘트 含量增加에 따라 壓縮強度는 增加하고 凍結融解 損失率은 시멘트含量 10% 以上 일 때에는 急激히 減少한다고 하였다.¹⁵⁾

崔(1975)는 흙-시멘트의 空隙比와 透水係數의 對數 사이에는 $r=0.820$ 으로 高度의 正相關이 있다고 하였다.

한편, 흙-시멘트에 瀝青材料를 混合 使用한 實例은 英國에서 二次大戰中 獨逸의 空襲으로 인한 被害를 復舊하기 爲해 비행장 滑走路를 建設할 때 흙-시멘트에 Asphalt Emulsion을 混合하여 使用하였고 美國에서는 1948年~1952年에 Dam 建設에 시멘트 混合材로 F.A.B.劑라는 포조란 반응제를 썼으며 캐나다, 日本에서도 一般에 널리 供給되고 있다.¹³⁾

우리 나라의 경우 高麗建設株式會社에서 흙-시멘트에 L.A.C.란 瀝青材料를 添加시켜 水沈되어도 破損되지 않고 凍害의 被害를 입지 않으며 龜裂이 생기지 않는 耐久性과 彈力性이 強한 土壤安定處理 基層을 만들 수 있다고 하였으며 1966年 11月 春川에서 試驗鋪裝을 實施한 후 L.A.C. 鋪裝施工法의 特許 140號를 認可받았다.¹³⁾

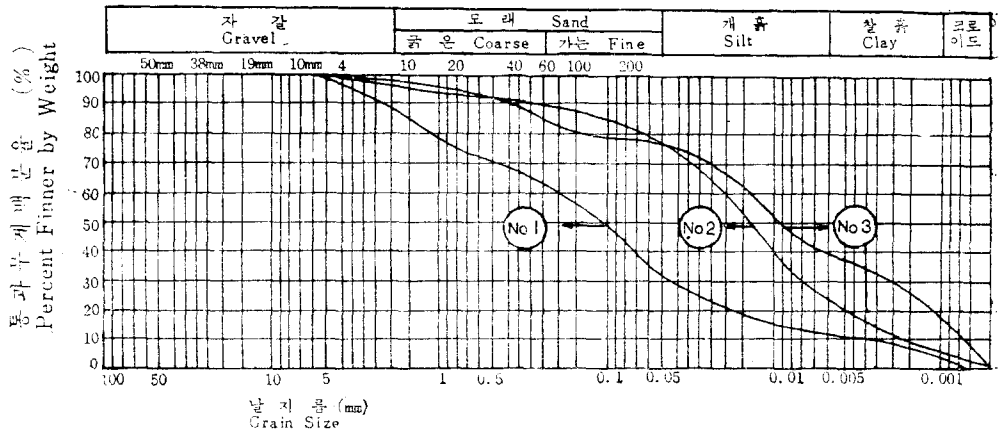


Fig. 1. Grain Size Accumulation Curve

Ⅲ. 試驗材料 및 方法

1. 使用材料

本試驗에 使用한 材料는 다음과 같다.

(가) 흙 試料

使用된 試料는 一般으로 農耕地部近에서 쉽게 採取할 수 있는 흙으로서 3가지를 使用했다. 便宜上 試料를 採取場所에 따라 다음과 같이 固有記號를 붙였다.

試料의 物理的 性質

Table-1.

Properties of Soil Used

Test Item	Soil Type	採取場所		
		No. 1	No. 2	No. 3
Mechanical Analysis	Gravel (above 2 mm) %	13.3	1.6	2.6
	Coarse Sand (2-0.25 mm) %	27.5	10.3	14.4
	Fine Sand (0.25-0.05 mm) %	23.2	13.1	6
	Silt (0.05-0.005 mm) %	22	52	40
	Clay (0.005-0.001 mm) %	9	19	15
	Colloid (below 0.001 mm) %	5	4	22
Atterberg Limit	Liquid Limit %	28.8	28.5	34.4
	Plastic Limit %	18.7	15.2	20.4
	Plastic Index %	10.1	13.3	14.4
Soil Classification	統一分類	SC	CL	CL
	改定 P.R. 分類	A-2-6	A-6	A-6
	三角分類	Sandy Loam	Silty Loam	Clay Loam
Compaction Test	Wet Density %	1,957	1,933	1,963
	Dry Density %	1,646	1,690	1,681
	Opt. Moisture Content %	18.9	14.4	16.8

採取場所	固有記號
忠南 禮山郡 新岩面 宗歌里	No. 1
忠南 禮山郡 禮山邑 禮山農業專門學校苗圃	No. 2
忠南 禮山郡 禮山邑 社稷洞	No. 3

(나) 시멘트

本試驗에 使用된 시멘트는 雙龍洋灰工業株式會社에서 生産된 普通 포틀랜드 시멘트로서 그의 品質은 K.S.L. 5201²⁾에 의거 試驗한 結果 다음과 같다.

瀝青材料가 흙-시멘트의 強度 및 耐久性에 끼치는 影響에 關한 研究

Specific Gravity	%	2.64	2.65	2.65
C.U. (Uniformity Coefficient)	%	100	16.6	30
Max. Grain Size	(mm)	6	5	5
60% Grain Size	(mm)	0.25	0.025	0.015
10% Grain Size	(mm)	0.0025	0.0015	0.0005
No. 10 Sieve Passing	%	86.7	98.4	97.4
No. 40 Sieve Passing	%	66.1	91.1	90.5
No. 200 Sieve Passing	%	39.0	81.1	77.2

Table-2. Chemical and Physical Analysis of Cement

Properties		Comparison	Results	K.S.L.
Gs			3.12	
Fineness (Blaine cm ² /gr)			2.950	> 2,600
Soundness			0.10	< 0.80
Setting time	Initial Setting(min)		145	> 60
	Final Setting(hr)		4.36	< 10
Strength (kg/cm)	Compressive strength	7-days	245.0	>150
		28-days	366.0	>245
	Tension strength	7-days	24.0	> 20
		28-days	31.0	> 20
Ignition Loss (%)			0.5	< 3.0
Chemical	SO ₂		1.5	< 2.5 or 3.0
	Mgo		3.4	< 5.0
Analysis (%)	Sio ₂		21.4	
	Af ₂ O ₃		5.4	
	Fe ₂ O ₃		3.4	
	Cao		63.4	
	S		—	
	Caso ₄		2.5	

(다) 瀝青材料

本試驗에 使用된 瀝青材料는 極東瀝石油株式會社

製品인 유제 아스팔트의 一種으로서 그 品質은 다 음과 같다.

Table-3. Quality of Bituminous Material

Properties		Comparison	Results	A.S.T.M. ⁽¹⁾
Weight per liter	(g)		998	980-1040
Residue by evaporation	(%)		52	45-55
Water Content	(%)		48	45-55
Ash, on basis of nonvolatile material	(%)		18	5-20
nonvolatile organic base			Asphalt	Asphalt
Inorganic reinforcement			Asbestos	Asbestos

2. 試驗方法

(가) 흙의 物的的 試驗

現場에서 採取한 3種類의 흙을 가지고 K.S.F 2301¹⁾에 의거 흙試料를 調製하여 K.S.F 2302, 2303, 2304, 2306, 2308²⁾에 의거 흙試料의 粒度, Atterberg 限界, 含水比, 比重 등을 測定하고 이 結果에 依하여 흙을 상각分類法, 統一分類法 및 改定 P.R 分類法에 依據 分類하였다.

(나) 含水比-乾燥密度 關係試驗

(가)항에서 分類한 흙의 種類에 따라 추천 시멘트 含量^{24), 30), 33)}을 決定하였다. 本試驗에서는 No. 1 : A-2-6, No. 2 : A-6, No. 3 : A-6 이었으므로,

No. 1 : 5%, 7%, 9%

No. 2 : 10%, 12%, 14%

No. 3 : 10%, 12%, 14%

를 흙試料의 乾燥重量에 對한 百分率이 되도록 시멘트 量을 計量하여 混合한 후 시멘트 含量別로 9가지의 混合物에 對한 다짐試驗을 K.S.F 2312(A-1)²⁾ 방법으로 하였다.

(다) 供試體 製作

(1) 壓縮強度用 供試體

3種類의 흙試料에 No. 1 試料는 5, 7, 9% No. 2, No. 3 試料는 10, 12, 14%의 시멘트를 混合하고 各各의 흙-시멘트의 混合物에 瀝青材料 含量을 0, 3, 5, 7% 混合하여 各各 最適 含水比에 適合하도록 하는 水量과 No. 4 號 잔유試料에 對한 吸水率 試驗에서 얻은 吸水率에 따른 물 量을 計量하여 混合한 후 K.S.F 2329³⁾에 依據 壓縮強度用 供試體를 製作하였다.

(2) 凍結融解 및 乾濕試驗用 供試體 混合試料의 調製는 (1) 項과 같은 方法으로 하여 K.S.F 2330, 2332³⁾의 供試體 製作하였고 다짐層은 3層으로 래머의 무게는 2.5 kg, 落下高 30 cm에서 自由落下시켜 成形한 후 試料抽出器로 抽出하는 方法으로 하였다.

였다. 여기에 使用한 물 드는 $\phi=101.6 \text{ mm}$, $h=116.4 \text{ mm}$, $v=944 \text{ cm}^3$ 의 것이다.

(라) 壓縮強度 試驗

製作된 供試體를 濕潤養生室에서 養生하고 材令 7日, 14日, 28日의 壓縮強度를 變形, 제어형 C.B. R. Testing Machine 으로 測定하였다.

(마) 凍結融解 試驗

製作된 供試體를 濕潤養生室에서 7日間 養生한 후 -23°C 의 溫度로 維持되는 凍結케비닛에 24時間 넣었다가 꺼내어 供試體의 크기와 무게를 測定하고 이들 供試體를 溫度 21°C , 相對濕度 100%인 養生室에 23時間 동안 넣어 融解시킨 후 供試體 全表面에 걸쳐 철사슬로 25回 굽는다.

이와 같은 한 週期의 凍結과 融解에는 48時間이 所要된다. 이러한 反復試驗을 12回 되풀이하고 12週期의 試驗이 끝나면 供試體를 $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 乾燥 爐에 무게가 一定할 때까지 넣었다가 다음 式에 依하여 損失率을 計算한다.

$$\text{흙-시멘트의 損失率(\%)} = \frac{A}{B} \times 100$$

여기에서 A=最初計算된 乾燥重量에서 最終 修訂된 乾燥重量을 減값

B=最初計算된 爐乾燥重量

(바) 乾濕試驗

濕潤養生室에서 7日間 養生이 끝나면 이 供試體를 물속에서 5時間 동안 담갔다 꺼내어 溫度 71°C 의 乾燥器에 42時間 동안 넣어 乾燥시킨 後 全表面에 걸쳐 철사슬로 25回 굽는다. 이 한 週期의 試驗에 48時間이 所要된다.

이와 같은 試驗을 12回 되풀이하고 12週期의 試驗이 끝나면 供試體를 $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 乾燥 爐에 무게가 一定할 때까지 넣었다가 무게를 달아 凍結融解 試驗과 같은 方法으로 損失率을 計算한다.

(사) 試驗設計

本 研究에서 使用된 供試體는 Table-4 와 같다.

Table-4. Exderimental Plan

Test Item	Soil Type	Cement Content	Bituminous Material Content	Curing Ages	Repetition	Total Number of specimens
Compressive Strength Test	3	3	4	3	3	$3 \times 3 \times 4 \times 3 \times 3 = 324$
Freeze-Thaw Test	3	3	4	—	3	$3 \times 3 \times 4 \times 3 = 108$
Wet-Dry Test	3	3	4	—	3	$3 \times 3 \times 4 \times 3 = 108$
Total						540

Table-5. Results of Compaction Test

Soil Type Cement Content(%)	No. 1			No. 2			No. 3		
	5	7	9	10	12	14	10	12	14
O.M.C.	18.3	18.9	19.2	14.0	14.4	14.9	16.2	16.8	17.2
M.D.D.	1,649	1,651	1,650	1,691	1,690	1,701	1,679	1,680	1,678

IV. 試驗結果 및 考察

1. 다짐試驗結果

3種類의 瀝青試料의 乾燥重量에 對한 시멘트의 混合百分率을 No. 1; 5%, 7%, 9%, No. 2; 10%, 12%, 14%, No. 3; 10%, 12%, 14%로 하여 시멘트 含量別 最大乾燥密度와 最適 含水比는 Table. 5와 같다.

Table-5에서 보는 바와 같이 最適含水比는 시멘트 含量의 增加에 따라 增加하나 最大 乾燥密度는 시멘트 含量의 增加에 따라 一定한 增減現象이 나타나지 않았다. 이 結果는 Nibon²²⁾, Wissa²³⁾, 姜²⁴⁾, 崔²⁵⁾의 結果와 一致한다.

凍結融解 및 乾濕試驗에 있어서 實驗室에서 얻어진 最適 含水比, 最大 乾燥密度와 成形된 供試體에서 얻은 含水比, 乾燥密度의 차이는 다음 範圍이내로 되어야 한다²⁶⁾.

含水率; ±1%

密度; ±0.048 gr/cm³

本試驗에서는 모두 上記 範圍内の 값을 얻을 수 있었으므로 本試驗에 使用된 供試體는 凍結融解 및 乾濕試驗에 滿足스러운 供試體라고 思料된다.

2. 시멘트 含量이 壓縮強度에 미치는 影響

흙-시멘트의 壓縮強度는 시멘트 含量과 養生期間의 增加에 따라 增加한다고 發表되었다^{13), 19), 24)}.

本試驗에서도 Fig. 2에서 보는 바와 같이 本試驗에 使用된 瀝青試料는 모두 시멘트含量 및 養生期間의 增加에 따라 壓縮強度가 增加됨을 볼 수 있었다.

시멘트 含量을 同一하게 添加한 No. 2 試料와 No. 3 試料의 壓縮強度를 比較해 보면 No. 3 > No. 2와 같은 傾向을 보여주고 있었다.

金은 흙의 粒度和 壓縮強度의 關係에서 Sand에서부터 Caly까지 21種類의 瀝青試料에 同一含量의 시멘트를 添加하여 壓縮強度를 比較해 본 結果 Sandy Loam이 가장 높은 強度를 가진다고 하였

다²⁷⁾.

이 瀝青試料에서도 흙의 物理的 性質로 보아 金¹³⁾의 研究 結果와 一致한다고 볼 수 있다. 28日 強度일 때에 시멘트 含量別로 보면 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 No. 1 試料는 7%, No. 2 및 No. 3 試料는 12%까지가 壓縮強度 增加率이 높고, 그 以上の 시멘트 含量을 添加했을 때는 增加率이 낮은 傾向을 볼 수 있다.

이 結果에서 각 瀝青試料에 있어서 壓縮強度로 보아서는 No. 1은 7%, No. 2, No. 3은 12%가 가장 効率的인 시멘트 含量이라고 볼 수 있으며 이는 A.S.T.M에서 提示한 土質의 種類에 따른 시멘트의 추천含量^{18), 20), 28)}과 一致한다고 볼 수 있었다.

흙-시멘트를 用水路 라이닝에 使用할 경우 要求되는 壓縮強度는 10 kg/cm² ¹⁴⁾를 基準으로 하고 있다.

本試驗에서 얻어진 結果와 比較하면 本試驗에 使用된 瀝青試料는 壓縮強度面에서만 고려한다면 各各 추천 시멘트 含量을 添加하면 모두 滿足한 라이닝 材料가 될 수 있다고 判斷된다.

3. 瀝青材料 含量이

壓縮強度에 미치는 影響

瀝青材料를 瀝青試料에 添加하면 耐久性, 水密性, 支持力이 增加한다고 發表되었다.²⁸⁾

本試驗에서도 瀝青材料 含量의 增加에 따라 역시 壓縮強度는 增加하였다. 그러나 Fig 2, Fig 3에서 보는 바와 같이 시멘트 含量의 增加에 따른 壓縮強度의 增加率과 瀝青材料 含量의 增加에 따른 壓縮強度의 增加率이 훨씬 완만하였다.

이것으로 미루어 보아 壓縮強度의 增進을 爲해서는 瀝青材料를 添加하는 것이 시멘트 含量을 增加시키는 것보다 効率的이 못된다고 볼 수 있다.

그러나 시멘트는 그 含量의 增加에 따라 收縮作用이 심하고 그에 따라 균열이 일어난다. 따라서 균열을 防止하면서 強度를 增進시키기 爲하여 瀝青材料의 添加가 效果的일 것으로 思料된다.

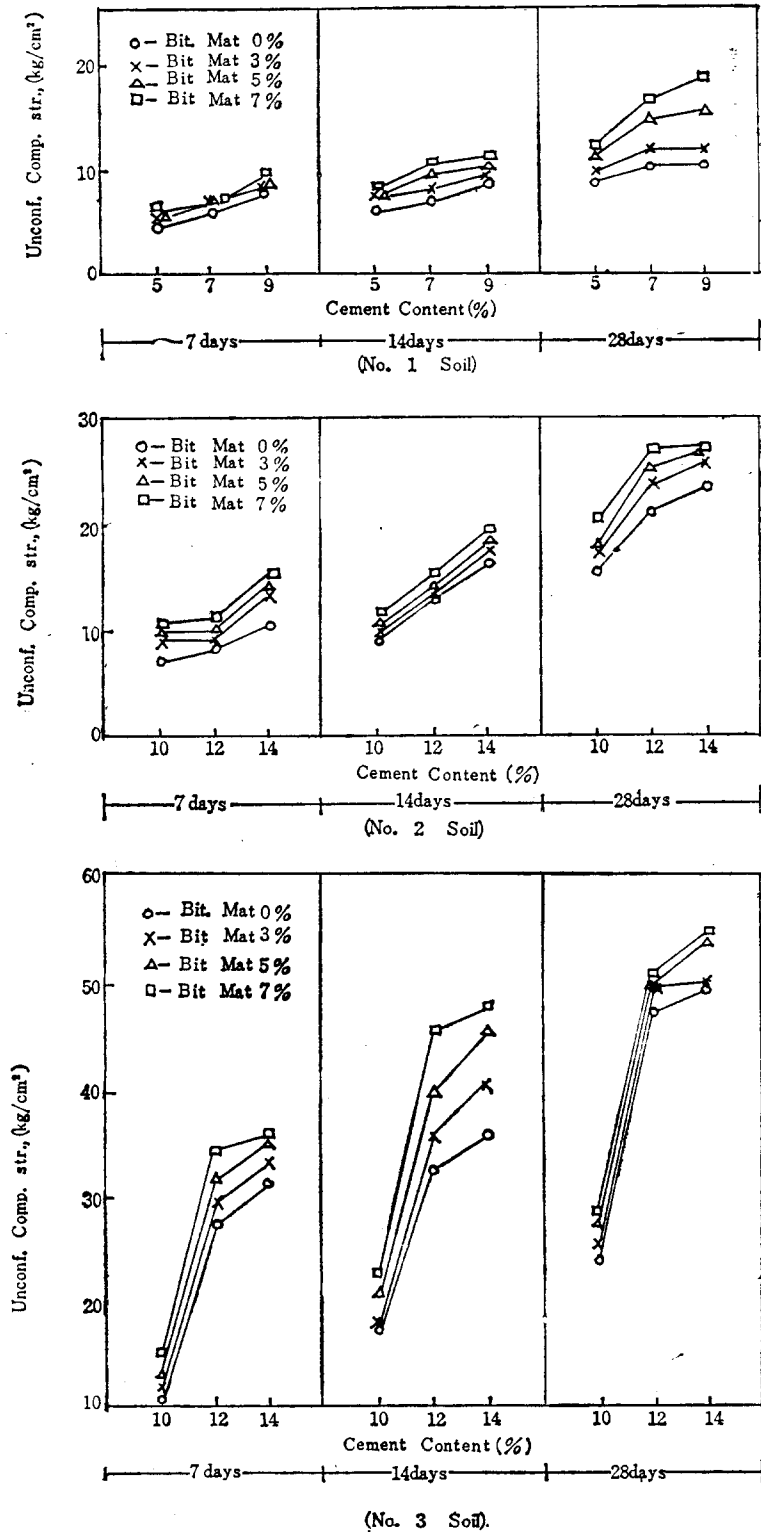


Fig. 2. Effect of Cement Content on Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement Mixtures

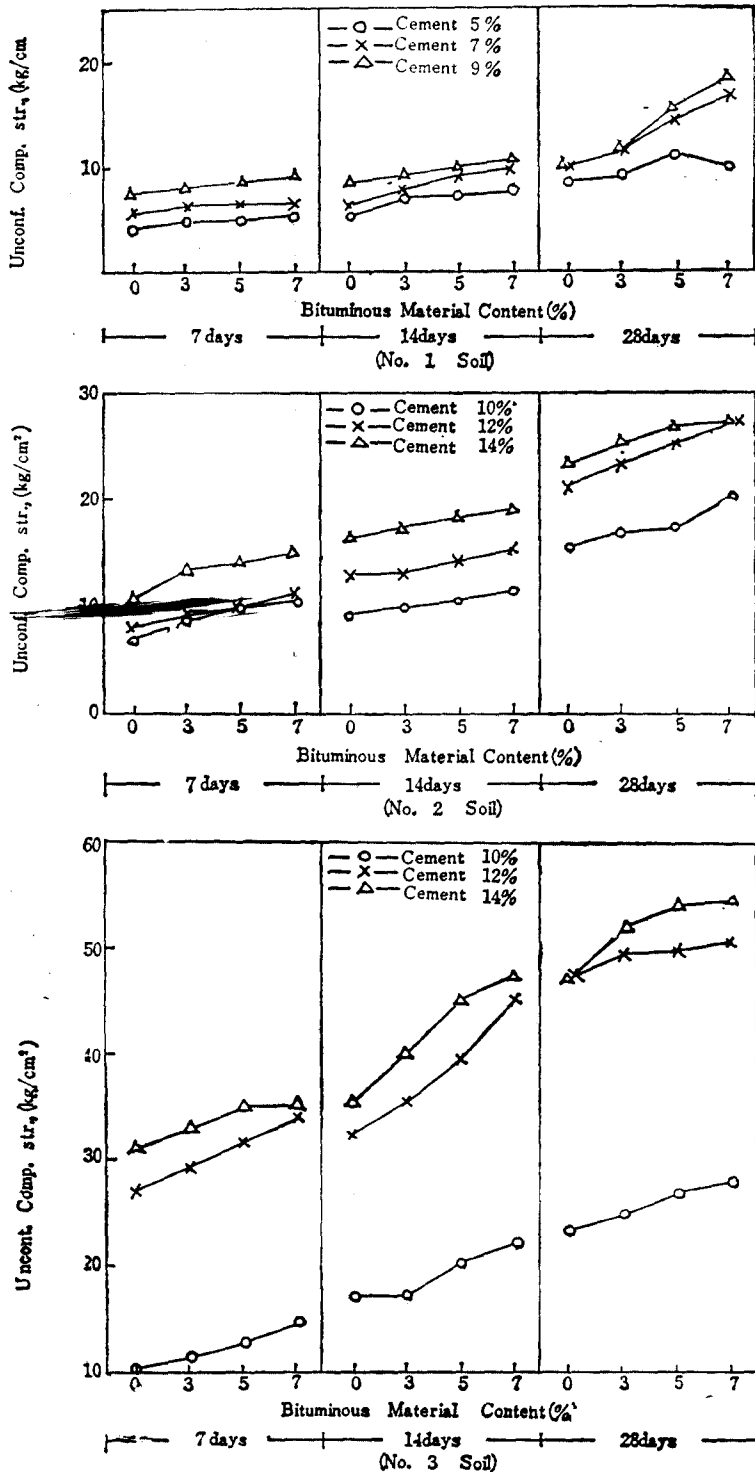


Fig. 3. Effect of Bituminous Material Content on Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement Mixtures

Table-6. Relationship Between Cement Content and Bituminous Material Content on Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement Mixtures at 28 days Cured

Soil Type	Bituminous Material Content		0	3	5	7	Remarks
	Cement Content						
No. 1	5		8.8	9.4	11.2	11.8	above 10 kg/cm ²
	7		10.0	11.8	14.7	16.5	above 15 kg/cm ²
	9		10.0	11.2	15.1	18.3	
No. 2	10		15.6	17.1	17.7	20.6	above 20 kg/cm ²
	12		21.2	23.6	25.3	27.1	above 25 kg/cm ²
	14		23.6	25.9	27.1	27.3	
No. 3	10		23.6	25.3	27.1	28.3	above 40 kg/cm ²
	12		47.1	49.5	49.9	50.8	above 50 kg/cm ²
	14		47.1	49.5	54.2	54.6	

註: 道路基層; 7日強度 21 kg/cm²
 用水路라이닝; 28日強度 10 kg/cm²

4. 시멘트 및 瀝青材料의 含量別 壓縮強도의 比較

瀝青材料를 添加하면 壓縮強도가 增加하므로 시멘트 代身에 瀝青材料로 代替하여 使用할 수 있을 것이다. 시멘트와 瀝青材料를 代替하여 使用할 경우 그 適定量은 Table-6과 같이 나타낼 수 있다.

Table-6에서 보면 壓縮強度 增進을 爲해서는 시멘트 代身에 瀝青材料를 代替하여 使用할 수 있다는 것을 알 수 있다.

例를 들면 No. 1試料에 있어서 28日 壓縮強度 15 kg/cm² 以上을 얻으려면 시멘트 7%, 瀝青材料 7% 또는 시멘트 9%, 瀝青材料 5% 以上을 混合하여야 하고 No. 2試料에 있어서 28日 壓縮強度 25 kg/cm² 以上을 얻으려면 시멘트 12%, 瀝青材料 5% 또는 시멘트 14%, 瀝青材料 3% 以上을 混合하여야 하며 No. 3試料의 경우 壓縮強度 50 kg/cm²를 얻으려면 시멘트 12%, 瀝青材料 7%, 또는 시멘트 14%, 瀝青材料 5%를 混合해야 되는 등 시멘트 代身 適當量의 瀝青材料를 代替하여 使用하여도 所要의 壓縮強度를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 따라서 瀝青-시멘트에서 높은 壓縮強度를 얻고자 시멘트만을 多量 混合하면 심한 收縮 作用으로 龜裂이 發生될 것이므로 시멘트 代身 適當量의 瀝青材料를 代替하여 使用하여도 所要의 壓縮強度를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 시멘트 및 瀝青材料의 含量이 凍結融解 및 乾濕損失에 미치는 影響

Fig. 4, Fig. 5를 보면 本試驗에 使用된 試料는 모두가 凍結融解에 依한 損失率보다 乾濕에 依한 損失率이 더 큰 값을 나타내고 있다.

따라서 表面이 露出되고 乾濕이 反復되는 라이닝에 瀝青-시멘트를 使用할 경우 乾濕에 依한 損失이 가장 큰 問題點이 될 것으로 생각된다.

시멘트 및 瀝青材料 含量의 增加에 따라 瀝青-시멘트의 損失率은 減少한다. 시멘트 含量의 增加에 依한 瀝青-시멘트 損失率의 減少率과 瀝青材料 含量의 增加에 依한 瀝青-시멘트 損失率의 減少率은 Fig. 4와 Fig. 5를 比較해 볼 때 壓縮強度와는 달리 別로 差異가 없었다.

여기서 瀝青材料는 瀝青-시멘트의 壓縮強度 增進보다는 損失率 減少에 더 効果的인 特性을 發見할 수 있었다.

6. 시멘트 및 瀝青材料 含量이 空隙比에 미치는 影響

本試驗에서 計算된 空隙比는 各 供試體를 만들 때 調製한 瀝青, 시멘트, 瀝青材料 및 물의 混合物를 K.S.F 2308¹⁾에 依하여 比重試驗을 하고 거기서 얻어진 比重과 各 供試體 製作 直後 測定된 乾燥密度를 가지고 $e = \frac{G_{rw}}{rd} - 1$ 의 式으로 計算하였다.

Fig. 6에서 보면 各試料마다 시멘트 含量의 增加에 따라 空隙比의 變化는 一定하지 않았다. No. 1試料에서는 시멘트 含量 7%일 때까지는 空隙比가 增加하다가 그 以上에서는 減少하였고 No. 2試料에서는 시멘트 含量의 增加에 따라 空隙比는 一定한 增減現象이 나타나지 않고 있었으며 No. 3試料

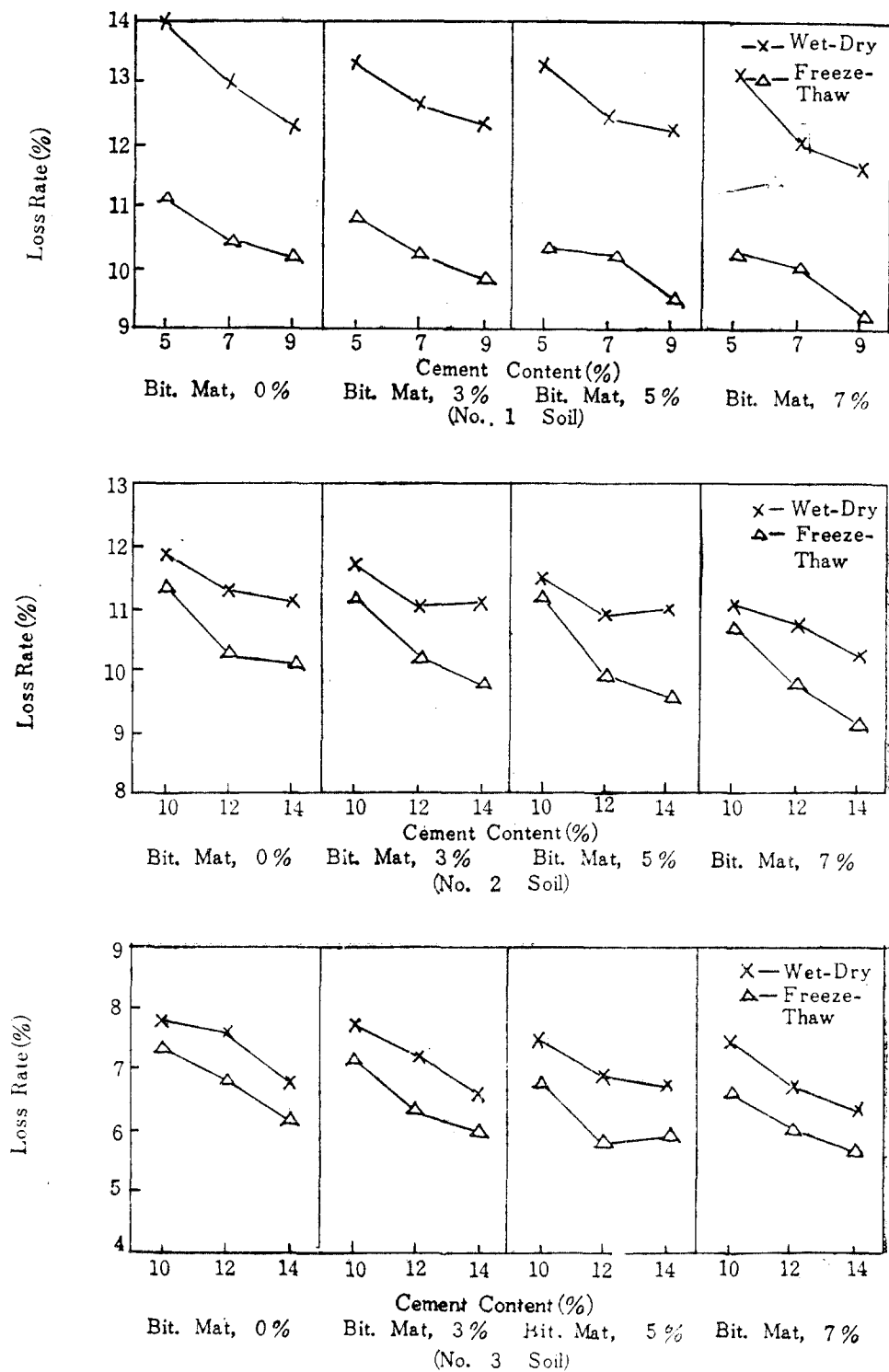


Fig. 4. Effect of Cement Content on Loss Rate of Soil-Cement Mixtures

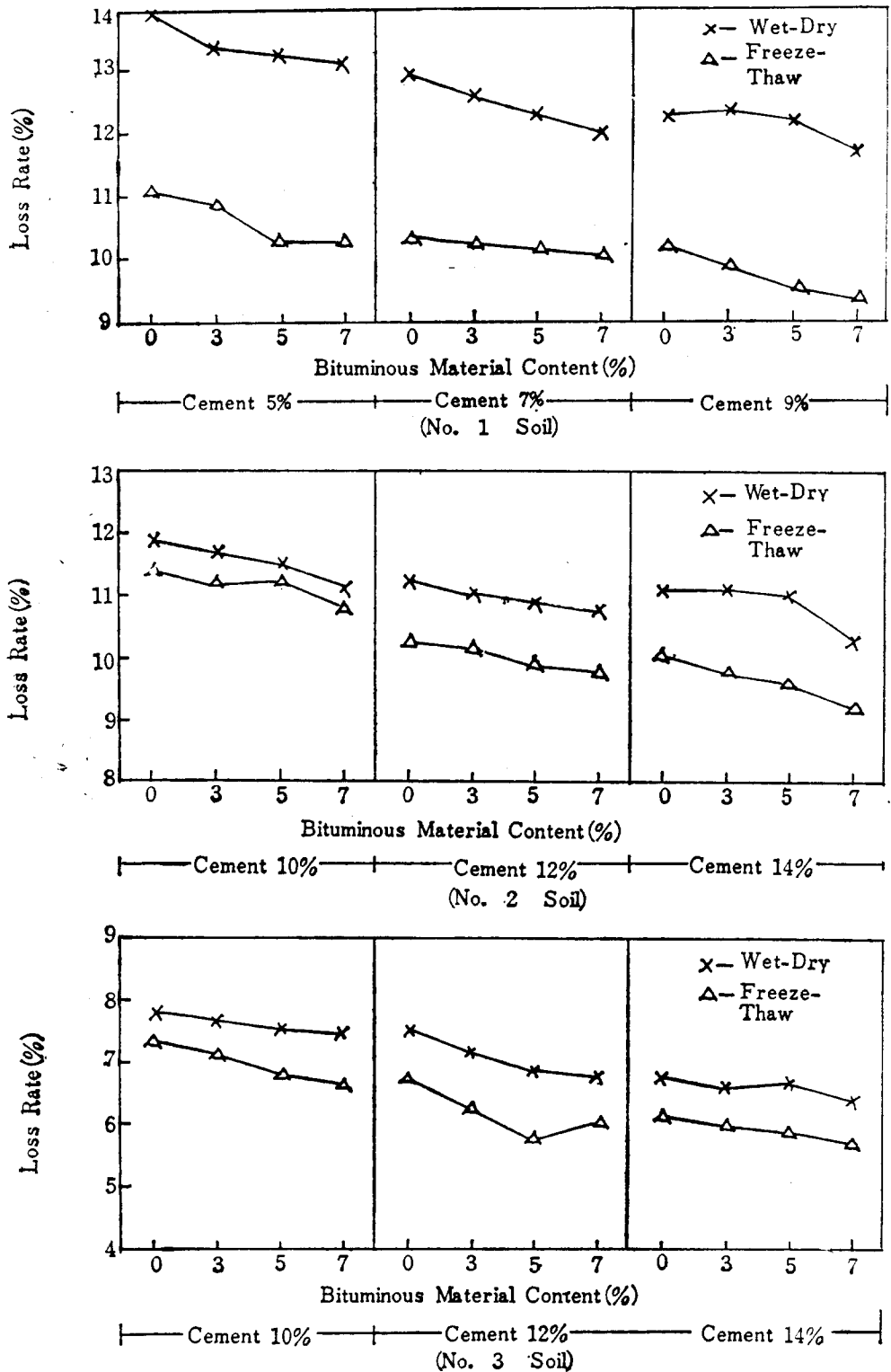


Fig. 5. Effect of Bituminous Material Content on Loss Rate of Soil-Cement Mixtures

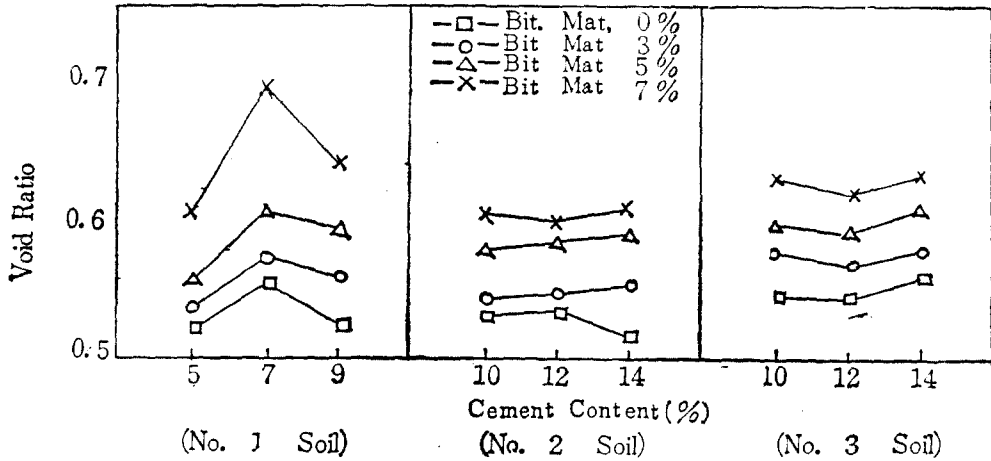


Fig. 6. Effect of Cement Content on Void Ratio of Soil-Cement Mixtures

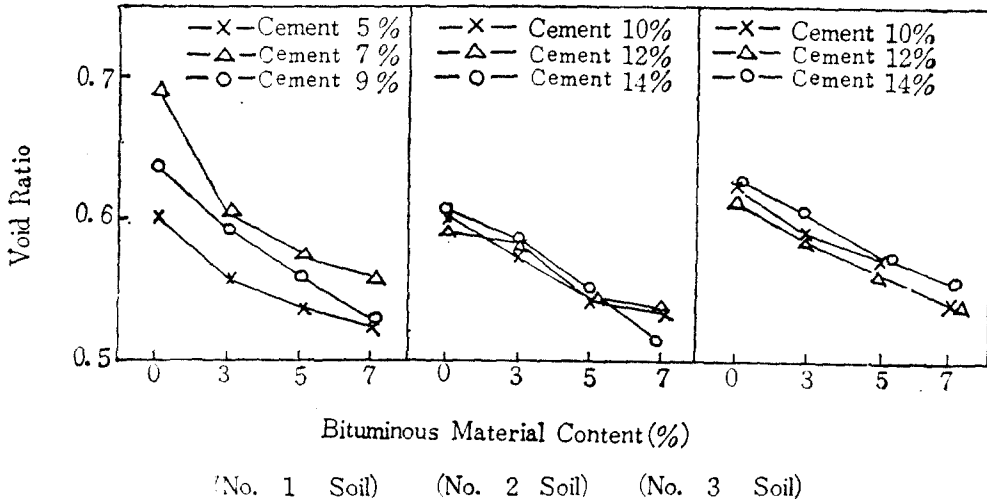


Fig. 7. Effect of Bituminous Material Content on Void Ratio of Soil-Cement Content

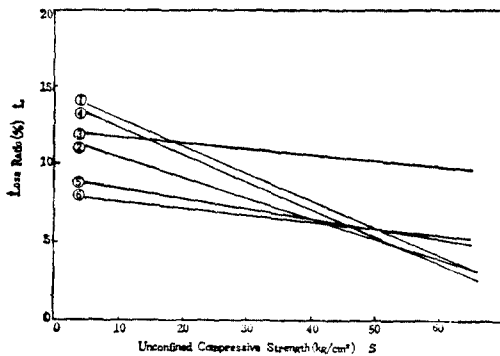


Fig. 8. Relationship Between Unconfined Compressive Strength (28 days) and Loss Rate of Soil-Cement Mixtures

는 시멘트 含量 12%까지는 空隙比가 減少하다가 그 以上이 되면 增加하는 등 全體的으로 變化가 一定 하지 않았다.

이는 崔¹⁰⁾의 研究 結果와 一致한다. 그러나 Fig. 7에서 보면 瀝青材料 含量의 增加에 따라서 空隙比는 全體的으로 볼 때 減少하는 傾向이 뚜렷하였다. 崔는 空隙比와 透水係數의 對數 사이에는 相關係數 $r=0.820$ 으로 高度의 正相關을 보이고 있으며, 그 關係式은 $K_1=10^{2.87086-14.979}$ 로 나타낼 수 있다고 發表하였다.¹⁰⁾

따라서 空隙比가 減少하면 透水係數가 減少될 것이 確實하므로 흙-시멘트를 滲透 損失을 防止하기 爲한 用水路 및 貯水池 라이닝에 使用할 경우에는 瀝青材料를 混合하여 使用하는 것이 滲透損失 防止

Table-7. Regression and Correlation Between Unconfined Compressive Strength at 28 days and Wet-Dry, Freeze-thaw Loss Rate of Soil Cement Mixtures

Soil Type	Relationships	Symbol at Fig. 10	Equation of Linear Regression	Correlation Coefficient	t. Value
No. 1	A	①	$L=14.88-0.177S$	$\gamma=-0.804$	$t=-4.23**$
	B	②	$L=11.7-0.124S$	$\gamma=-0.743$	$t=-3.15**$
No. 2	A	③	$L=12.65-0.062S$	$\gamma=-0.758$	$t=-3.68**$
	B	④	$L=13.59-0.141S$	$\gamma=-0.934$	$t=-8.273**$
No. 3	A	⑤	$L=8.519-0.033S$	$\gamma=-0.842$	$t=-4.93**$
	B	⑥	$L=8.28-0.047S$	$\gamma=-0.808$	$t=-7.36**$

A: Unconfined Compressive Strength~wet-Dry Loss rate

B: Unconfined Compressive Strength~Freeze-Thaw Loss rate

에 効果의 일 것으로 思料된다.

7. 壓縮強度와 損失率間의 關係

本 試驗에 使用된 3 種類의 畝試料에 시멘트 및 瀝青材料를 混合했을 경우 畝-시멘트의 材令 28日 壓縮強度와 凍結融解 및 乾濕損失에 依한 損失率 關係를 分析해 본 結果 Fig. 8 과 같이 直線關係가 있으며 이들의 回歸 直線의 程程式 및 相關係數를 求 해본 結果 Table-7 과 같다.

여기에서 各試料의 28日 壓縮強度와 凍結融解 및 乾濕에 依한 損失率間의 相關係數 γ 은 -0.743 에서 -0.934 까지 分布하고 있으며 이들을 T檢定에 依하여 有意性 檢定을 해 본 結果 모두 高度의 負의 相關이 있음을 알 수 있었다. 따라서 畝, 시멘트 瀝青材料 混合物의 凍結融解 및 乾濕에 依한 損失率은 28日 壓縮強度를 測定하므로써 推定할 수 있다.

4. 畝-시멘트에서 시멘트 含量의 一部를 適當量의 瀝青材料로 代替하여 使用하여도 所要의 壓縮強度를 얻을 수 있다.

5. 畝-시멘트의 損失은 凍結融解에 依한 損失率보다 乾濕에 依한 損失率이 더 크다.

6. 畝-시멘트에서 瀝青材料는 壓縮強度의 增進보다 凍結融解 및 乾濕에 依한 損失率 減少에 더 効果的이다.

7. 畝-시멘트에서 시멘트 含量의 增効에 따라 空隙比의 變化는 一定하지 않았지만 瀝青材料 含量의 增加에 따라 空隙比는 뚜렷하게 減少되는 傾向을 나타내고 있었다.

8. 畝-시멘트의 壓縮強度와 凍結融解 및 乾濕에 依한 畝-시멘트의 損失率間에는 高度의 負의 相關을 나타내고 있으며 이들간의 關係는 Table-7 과 같이 나타낼 수 있다.

V. 結 論

1. 畝-시멘트에서 最適 含水比는 시멘트 含量에 比例하여 增加하지만 最大 乾燥密度는 시멘트含量의 增加에 따라 一定한 增減現象을 나타내지 않는다.

2. 畝-시멘트의 壓縮強度는 시멘트 및 瀝青材料 含量의 增加와 養生期間의 增加에 따라 增加하며 壓縮強度의 增進에는 시멘트가 瀝青材料보다 더 効果的이다.

3. 各試料 모두 A.S.T.M에서 提示한 土質의 種類別 추천 시멘트 含量에서는 28日 壓縮強度의 增加率이 完만하였으므로 A.S.T.M의 추천 시멘트 含量이 畝-시멘트의 經濟的인 시멘트 含量이라고 判斷된다.

參 考 文 獻

1. K.S.F 2301, 2302, 2303, 2304, 2306, 2308, 2312
2. K.S.L 5102, 5104, 5105, 5106, 5108, 5110, 5112, 5201
3. K.S.F 2328, 2329, 2330, 2331, 2332
4. A.S.T.M.D 1227: Standard Specification for Asphalt-Base Emulsions for use as protective Coatings for Built Roofs
5. 姜义默, 金在英, "시멘트 含量 및 다짐 含水比가 畝-시멘트의 壓縮強度에 미치는 影響에 關한 研究" 韓國農工學會誌 17(1) pp. 59-75, 1974
6. 姜义默, 朴春洙, "土質力學" 螢雪出版社 1977
7. _____, "道路 鋪裝用 畝-시멘트 安定處理 試

- 驗研究” 建設研究所 資料, No. 287 建設部 國立建設研究所. 1975
8. _____, “土壤安定施工法” 韓國道路開發研究所, 1975
 9. 高在君, “混和劑가 콘크리트의 耐酸性과 物理的性質에 미치는 影響에 關한 研究” 韓國農工學會誌 13(2), 1971
 10. 具駿宅, “아스팔트 鋪裝道の 設計 및 施工法” 螢雪出版社, 1972
 11. 全夢角, “흙-시멘트 工法에 關한 研究(I) — (II)” 建設部 國立建設研究所 研究報告, pp. 3—45, 1965
 12. 金文基, “흙-시멘트 混合物에 關한 基本的인 試驗.” 서울大 大學院, 1965
 13. 金在英, “含水比, 養生溫度 및 흙의 粒도가 soil-cement의 壓縮強度에 미치는 影響에 關한 研究” 忠南大 大學院, 1976
 14. _____, “Soil cement 라이닝 시방서.” 農業振興公社, 1976
 15. 金周範外 3人, “低塑性 실트質 흙의 흙-시멘트에 關한 研究.” 韓國農工學會誌, 17(2) pp. 64—69, 1975
 16. 大韓土木學會, “콘크리트 示方書 解說” 大韓土木學會, 1970
 17. 邊普燁, “土質力學”, 文運堂, 1967
 18. 李漢珉外 2人, “鋪裝用 흙시멘트 安定處理 試驗研究” 建設研究所資料 No. 316, 建設部 國立建設研究所, 1976
 19. 崔洙明, “다짐 回數가 흙-시멘트의 壓縮強度 및 透水係數에 미치는 影響에 關한 研究.” 서울大 大學院, 1975
 20. Sanan, Bal.K.and George. Kal. P. “Viscoelastic Shrinkage Stress in Soil-Cement Base.” A.S.C.E. Journal of the S.M.& Found Div proc 9454, pp. 1375—1395, 1972
 21. Carl. W. and Labold. J.R. Asphalt Lining Waterpools Pennsylvania's Laurel Creek Dam.” Asphalt Asphalt Institute U.S.A. pp.6—7
 22. Durton, M.M. and Close, P.R. “The Influence of Moisture Content and Compaction on the Strength of Soil-Cement.” Proc. of the 5th Int. Conf on S.M.&F.E. 2 pp. 22—234. 1961
 23. _____, “Soil cement for Dam Facing.” Engineering News Record, Apr. 6, 24. 1961
 24. George, R. White and Jackson, J. David “Special concrete and concrete products.” John willy & Sons, Inc. pp. 395—417. 1975
 25. Holth, W.G and walker, F.C, “soil cement as slope protection for Earth Dams.” A.S.C.E. Journal of the S.M.&F.E. proc 3361 pp. 107—134, 1962
 26. John. E. Boring, “Asphalt Emulsion Base-Right for the Reservation.” Asphalt, Asphalt Institute U.S.A. pp. 4—5
 27. George, Kal. P. “Theory of Brittle fracture Applied to soil cement.” A.S.C.E. Journal of the S.M. & Found Div proc 7301 pp. 991—1010, 1970
 28. Moh, Z.C. and Chin, Y.P. “cement stabilization of Lateritic soils.” proc 3rd Asian Reg conf on S.M. & F.E. Haifa pp. 42—46. 1967.
 29. Nash, J.K, Jardine, F.M. and Humphreys J. D., “The Economic and Physical Feasibility of soil cement Dams” proc. 6th Int conf on S.M. & F.E. Montreal, pp. 517—521. 1965
 30. Soil cement Laboratory Handbook, Portland cement Association. U.S.A. 1971
 31. Rananand N. and P. Pussayanavin “Sandy silt stabilization by using Emulsion with Lime Or cement.” proc. 4th Asian, Reg. conf. S.M. & F.E. Bangkok, pp. 397—402. 1971
 32. _____, “Cement Treated subbases” portland cement Association, U.S.A. 1971
 33. _____, “Soil cement construction Handbook.” portland cement Association, U.S.A. 1969
 34. Rawi, E.I.N.M., Allan, H.T. and Janes, R.L. “The effect of compaction on strength of soil cement.” A.S.C.E. Journal of the S.M. & F.E. Div. 93(S.M. 5—6), pp. 195—208. 1967
 35. Raymond N. yang, and Benno. P.Warkentin “Introduction to soil Behaviour.” Macmillan company, New york 1966
 36. Rechard, E. Root and Ellis, G. Williams west virginia Turns waste material into useful aggregate” Asphalt, Asphalt Institute U.S.A pp. 14—15
 37. wissa, A.E, Ladd, ZC and Lanbe, T.W. “Effective stress strength parameter of stabilized soils” proc, 6th Int conf on S.M. & F.E. Mcntreal, pp. 412—416.