

Soil-Cement의 物理的 性質에 關한 研究

A Study on the Physical Characteristics of Soil-Cement

曹
Jin

鎮
Goo

久*
Cho

Summary

This study was attempted in order to search for physical properties of soil cement.

In this study, soil samples were specified according to soil particle analysis and used for compaction, strength, abrasion, absorption tests respectively according to different cement contents.

Cement content used in each treatment were 6%, 8%, 10% and 12% of total weight of soil-cement mixture.

In the test, compressive strengths of the specimens were measured at the following ages; 3 days, 7-days, 14-days, 21-days and 28-days. Abrasion and absorption tests of the specimens were carried out at the 7-days age only.

The results obtained from the tests are summarized as follows;

1. As the cement contents were increased, the compressive strengths of soil-cement were almost proportionally increased.
2. The Compressive strength of soil-cement was not always proportional to ages. The gradient of compressive strength of the soil-cement was steeper as the cement content was increased.
3. As the cement content was increased, the amount of the weight loss of the samples due to the abrasion was decreased remarkably, giving no abrasion for about 8% of the cement content.
4. As the cement content was increased, the absorption ratio of the specimens was not changed remarkably.

I. 序 論

天然의 흙은 그대로의 狀態에서는 材料로서 工事

用의 目的에 滿足스럽게 使用될 수 없을 때에 어떤 方法으로 흙을 處理하여 目的에 맞는 性質을 갖도록 改良하여 使用하려고 하는 研究와 努力이 행해

*慶尙大學 農工學科

져 왔다. 흙을 改良한다는 것은 現地흙을 흙 構造物의 用途에 따라 가장 經濟的으로 利用할 수 있도록 設計하고 處理하는 것이며 그 方法으로서는 粒度的 調整과 같은 機械的인 方法과 어떤 添加材를 加하는 化學的인 方法 그리고 흙의 含水量을 減少시켜서 흙의 性質을 改善하는 電氣的인 方法等 여러 가지 方法이 考案되었다. 그러나 흙의 種類는 大端히 많고 그의 性質도 千差萬別이기 때문에 同一種類的 흙일지라도 改良方法中 가장 效果的인 것은 어떤 種類的의 것이라고 一律的으로 말할 수 없다. 반듯이 많은 實驗과 經驗을 通해서 가장 經濟的이고 效果的인 方法을 選擇해야 한다. 모든 工事は 값싸고 튼튼하게 施工되어야 한다는 理念을 實踐하는데 있어서 어떠한 架空的이고 獨自的인 方法보다 손쉽고 實際的인 方法의 開發과 同時에 우리나라에서 生産되는 材料의 效率的인 利用에 主目的을 두지 않으면 안된다. 한 방울의 아스팔트도 生産되지 않는 우리나라에서 交通量이 그리 많지 않은 國道나 地方道 農道에까지 一律的으로 高價인 아스팔트나 콘크리트 鋪裝으로 施工할 수는 없는 일이다. 이것은 아주 값싸게 그리고 簡便하게 短時日에 施工될수 있는 Soil-Cement의 鋪裝으로 代替하므로써 工事費의 節減이 可能할 것이다. 흙에다 시멘트를 混合하여 흙의 力學的인 性質을 改善하는 方法으로서 이 Soil-Cement의 理論은 獨逸에서는 콘크리트 工學上의 貧配合의 시멘트모르타르 또는 貧配合의 시멘트콘크리트로 생각되어 왔고 美國에서는 土質工學上의 問題로 考察되어 왔다. 그러나 前者의 경우는 잘못이며 後者의 경우가 最近에 와서 妥當視 되어가고 있는 것이 밝혀졌다. Soil-Cement의 性質에 미치는 因子는 材料 施工方法 現場條件等 大端히 複雜하여 흙과 물의 混合物의 力學的인 性質을 說明할 수 있는 完

全한 理論이 없는한 Soil-Cement의 複雜한 現象을 理論的으로 表現할 수는 없다.

따라서 Soil-Cement의 複雜性은 自然히 實驗値에 置重하게 되며 어떠한 工事나 設計에 앞서 實驗値를 얻어야만 設計와 施工이 可能하다. 이와같이 Soil-Cement의 評價는 試驗에 依存해야하나 試驗方法에 있어서는 나라마다 見解가 다르지만 試驗方法이란 그 試驗 Data를 合理的으로 設計에 利用할수 있는 試驗方法이 되어야 할 것이다. 美國의 各州에서는 Soil-Cement의 力學的인 性質을 나타내는 試驗으로 동결응해와 전습시험이 合理的이라고 主張하여 ASTM, AASHO에서도 暫定的이나 이 試驗을 標準試驗으로 採擇하고 있다. 동결응해 시험은 한냉지방에서는 그의 우결성이 인정되나 기후가 溫和한地方에서까지 많은 施設과 時間을 요하는 이 試驗을 標準化할 必要는 없을 것이다. 이러한 難點을 고려해서 英國에서는 一軸壓縮試驗으로 Soil-Cement의 工學的인 性質을 評價하고 있다. 本 試驗은 서울에서 採取된 흙 試料에 普通포르랜드 시멘트를 몇가지 比率로 混合하여 Soil-Cement의 物理的인 性質을 究明하기 爲하여 企圖하였다. 앞으로 좀더 廣範하고 具體的인 試驗研究를 계속하여 經濟性分析과 施工實際의 여러가지 問題點을 研究함과 同時에 耕地整理의 一環으로서 幹線農道 築造에의 利用性과 水路의 라이닝 材料로서의 利用性도 研究해 볼만한 것이다

II. 材料 및 試驗方法

1. 使用材料

이 實驗에서 供試體의 製作에 使用한 시멘트는 國內某會社 製品인 普通포르랜드 시멘트이고 그의 物理的인 性質은 表 1과 같다.

表-1 시멘트의 物理的인 性質

性質 項目	比重	粉末度 cm ² /gr	용 결		安定度	強 度(kg/cm ²)					
			始發 (分)	終結 (時間)		壓 縮			引 張		
						3日	7日	28日	3日	7日	28日
結 果	3.15	3120	180	4.45	0.12	168	196	290	21	23.8	30.1
한국공업 규격		>2600	>60	<10	<0.80	>85	>150	>245	>10	>20	>25

※ 한국공업규격 KSL 5210 規定

그리고 試驗에 使用한 흙은 서울 성북구 수유동에 서 採取하였으며 GM群에 屬하는 흙으로서 最大粒

徑의 크기는 5cm 이고 粒度分析 結果는 그림 1과 같고 Soil-Cement用 材料로서는 理想粒度的 範圍內

에 있다.

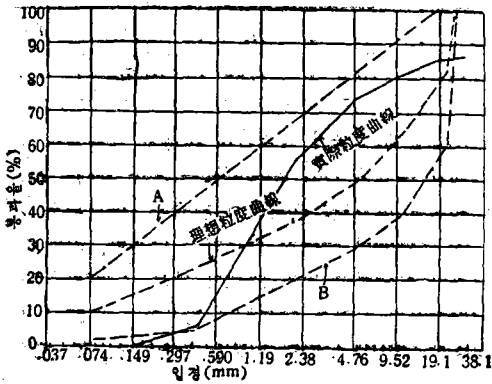


그림 1. 압도곡선

※ A.B 曲線은 필요한 시멘트 양을 줄여 경제적 인 목적을 달성할수 있는 범위

2. 試驗方法

Soil-Cement의 工學的 性質을 究明하기 爲한 室內試驗은 앞에서 言及한 바와같이 共通된 標準試驗方法이 없으므로 本 試驗에서는 一軸壓縮試驗을 주로하고 겸해서 마모시험과 흡수율 시험을 施行하였다.

2. 1 다짐시험

다짐시험에 使用한 몰드는 直徑 100mm, 容積 944cm³이고 람머의 重量은 2500gr이며 람머의 落下 높이는 30cm이다. 試料를 몰드안에 3層으로 나누어 넣어 各 層을 람머로서 25회 다진후 다짐效果에 依한 最大乾燥密度(Manimum Dry Density M.D.D.) 및 最適含水比(Optimum Moisture Content O.M.C.)를 求하였다.

2. 2 壓縮強度試驗

試驗에 使用할 供試體는 試料를 所定의 比率로 섞어서 다짐 試驗結果에서 얻은 最適含水量이 되도록 水分을 調節하고 몰다짐 工法에 依하여 다지면서 製作한후 所定의 期日間 非水浸濕室養生을 한후 強度試驗을 實施하였다. 壓縮強度試驗은 一軸壓縮試驗機에 依하여 每分 1.0mm의 荷重速度로 加壓하였다

2. 3 마모시험

습윤양생실에서 所定의 養生期間이 끝나면 이 을 꺼내서 表面水分을 濕布로 닦아내고 秤量한 重量을 W₁이라고 供試體의 全側面에 對해서 約 1.4 kg의 힘을 作用시키면서 wire-brush로 18~20회 긁는다. 兩 斷面에 對해서는 같은 方法으로 4회 긁는다. 이렇게 한후 물로 供試體를 닦아내고 또 表面水分을 濕布로 닦아낸 후 秤量한 重量을 W₂라 하여 다음公式로 마모율을 求하였다.

$$\text{마모율(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

2. 4 吸水率 試驗

습윤양생실에서 所定의 養生期間이 끝나면 이것 을 室溫의 恒溫水槽속에서 5時間 넣었다가 꺼낸후 表面水分을 濕布로 닦아내고 秤量한 重量을 W₁이라고 그 供試體를 다시 건조조에 넣어 71°C에서 42時間 건조시킨후 秤量한 重量을 W₂라하여 다음 公式로 吸水率을 求하였다.

$$\text{吸水率(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

III. 試驗結果 및 考察

1. 다짐시험

시멘트 含有量 6~12%에 對한 各試料의 다짐試驗結果는 表 2와 같다.

外國에서 發表한 다짐試驗 結果를 보면 表 3과 같다. 여기서보는바와 같이 Soil-Cement의 다짐試驗結果도 普通 흙의 다짐試驗에서 나타나는 現象 즉 一定한 다짐일에 對하여 最適量의 含水量이 存在함을 보여주고 있다. 任意 試驗에 少量이지만 시멘트를 添加하면 粒度分布에 影響이 있을것이며 最適含水比 또는 最大乾燥密度의 값에도 變化가 있을것으로 믿어지나 表 2에서 共通된 傾向을 찾을수없는 것은 外國의 경우와 一致되고 있다. 또한 시멘트 含有量에 依한 最大乾燥密度의 差異는 현저하지 않았다.

표-2

다 짐 시 험 결 과

시	료	시멘트 6%		시멘트 8%		시멘트 10%		시멘트 12%	
		O.M.C	γ_d	O.M.C	γ_d	O.M.C	γ_d	O.M.C	γ_d
결	과	6.51	1.96	6.28	2.00	6.28	2.00	6.25	2.00

표-3 다짐 시험 결과 (미국)

시 료	시멘트 2.5%		시멘트 5%		시멘트 7.5%		시멘트 10%	
	O.M.C	τ_d	O.M.C	τ_d	O.M.C	τ_d	O.M.C	τ_d
결 과	11.2	1.95	10.81	1.99	10.8	1.99	10.76	1.99

2. 壓縮強度試驗

各材令 시멘트의 含有量 變形 그리고 壓縮強度와의 關係를 圖示하면 그림 2~4와 같다. 그림 2은 시멘트 含有量과 壓縮強度와의 關係를 各材令別로 나타내었다. 그림에서 보는바와같이 各材令마다 시멘트 含有量과 Soil-Cement의 強度와의 사이에는 거의 一律的으로 比例關係가 成立하였다. 이는 시멘트가 孔隙에서 水和作用을 일으켜 상당한 接觸의 效果를 나타내고 있는것이라고 할수 있다. 그림 3은 縱軸을 壓縮強度橫軸을 對數 눈금으로 養

生期間을 取했을때 여러가지 시멘트 含有量에 對한 關係를 그린것이다. 壓縮強度는 모두 3개의 試片의 平均値를 取했다. 그림에서 材令과 強度와의 사이에는 直線的인 關係가 成立하지 않는다. 시멘트 含有量이 적을때는 거의 直線이 되고 強度의 증가가 완만하지만 시멘트 含有量이 많을때는 曲線이 되고 強度가 급격히 증가하는 것을 볼수있다. 英, 美國에서 高級道路의 基層으로 Soil-Cement를 使用할때 壓縮強度의 標準으로 7日 養生하여 17.5kg/cm²의 壓縮強度를 取하고 있고 美國工兵團의 研究에 依하면 $\sigma=14\sim 21\text{kg/cm}^2$ 만 있으면 파괴는 일어나지 않고

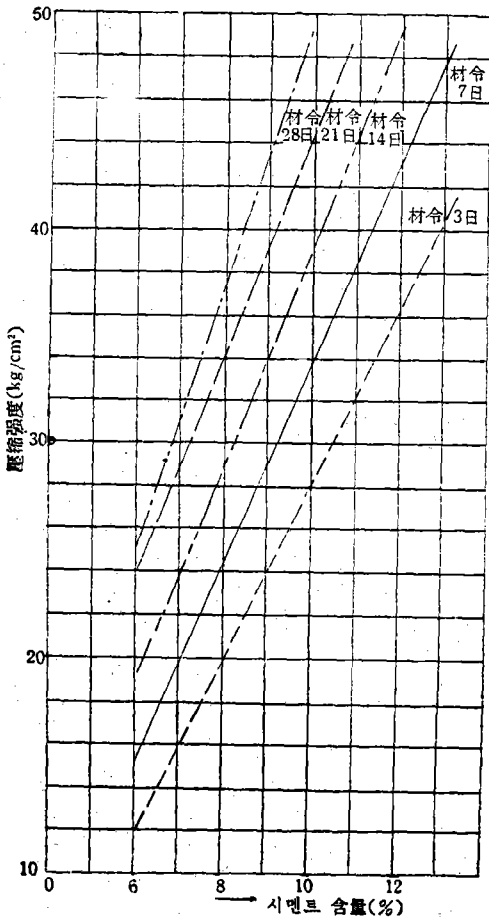


그림 2. 시멘트含有量과 壓縮強度

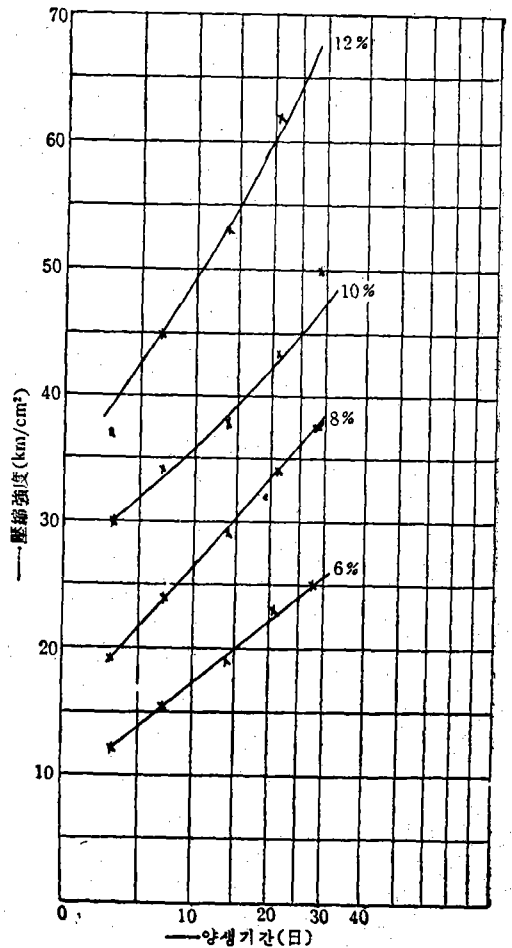


그림 3. 材令과 壓縮強度

P.A.C에 依하면 $\sigma=21\text{kg/cm}^2$ 以上の Soil-Cement는 恒常 各種 耐久性 試驗에 合格한다고 한다.

이 基準을 우리나라에서도 같이 取한다면 6.5~8%의 시멘트를 混合해야한다. 建築材料로 使用한다면 우리나라의 시멘트 벽돌을 標準으로하여 28日 強度 50kg/cm^2 程度이면 充分하므로 10%의 시멘트를 混合하면 所要強度의 Soil-Cement 벽돌을 얻을 수 있을 것이다. 一般으로 시멘트의 含有量이 10%以內이면 經濟的이라고 할 수 있으므로 經濟性도 맞는다고 할 수 있다. 그림 4는 變形率과 壓縮強度와의 關係인데 그림에서 시멘트 含有量이 6%인 경우에는 應力과 變形率 間에는 거이 一定하였으나 시멘트 含有量이 증가됨에 따라 應力의 增加率은 더욱 증가되며 結局 彈性係數가 더욱 增加되는 것을 알 수 있다

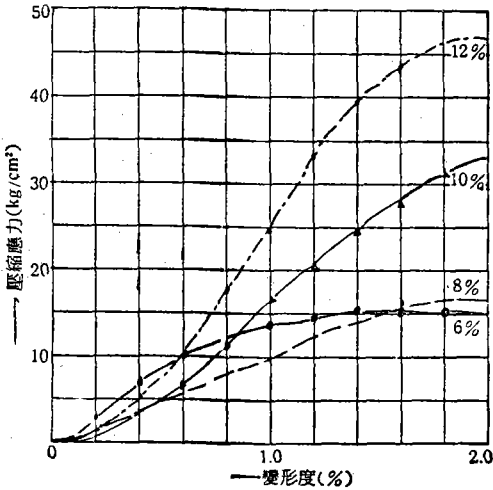


그림 4. 變形率과 應力曲線(材令 7日)

3. 마모시험

시멘트 含有量과 마모율과의 關係를 그림 5에서 보여주고 있다. 시멘트 含有量이 6%에서 8%로 증가하면 마모에 依한 損失은 급격히 감소되고 시멘트 含有量이 8% 以上이 되면 比較的 完滿하게 감

소되었다. 따라서 마모가 重要視 되는 工事에서는 적어도 시멘트 含有量은 8% 以上 使用하는 것이 바람직하다고 생각된다.

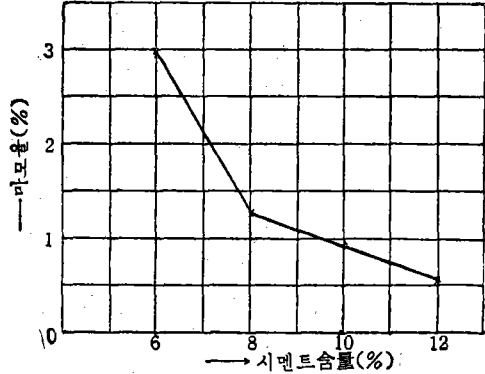


그림 5. 시멘트含有量과 마모율(材令 7日)

4. 吸水率 試驗

吸水率은 品質을 나타내는데 있어서 壓縮強度 다

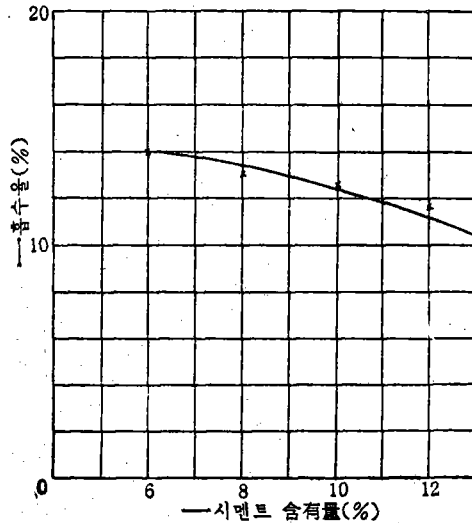


그림 6. 시멘트 含有量과 吸水率

參 考 文 獻

- Holtz, Walker and Fellows, "Soil Cement as slope protection for earthdam." A.S.C.E Soil mechanics and Foundation Division, December, 1962.
- 鄭寅峻, "石炭注入土에 對한 實驗研究", 大韓土木學會誌 第15卷 第4號
- 高在君, "西海潮水에 依한 콘크리트 腐蝕防止法에 關한 研究", 韓國農工學會誌 第14卷 第2號
- 李石贊, "흙의 다짐에 關한 實驗的研究", 韓國農工學會誌 第14卷 第2號
- 岩津潤, 三瀬貞, 鈴木健夫, "赤泥セメントによるイルセメント路盤", 日本土木學會誌 Vol. 48-6

음으로 重要한 要因이되며 그 試驗結果는 그림 6과 같다. 시멘트 含有量의 증가에 따른 Soil-Cement의 吸水率의 감소현상은 壓縮強度와 달리 큰 差異를 나타내지 않았으나 역시 시멘트 含有量이 증가됨에 따라 감소경향을 나타내었다. 이 현상은 시멘트에 比하여 흙이 더욱 吸水性이 크다는 것을 입증하고 있는 셈이다.

IV. 結 論

以上 試驗한 結果를 綜合하여 보면 다음과 같다

(1) Soil-Cement도 一般 土質試驗에서와 마찬가지로 Proctor의 最適含水比說이 적용됨을 알 수 있었다.

(2) 시멘트 含有量의 증가에 따라 Soil-Cement의 壓縮強度가 거의 直線的으로 증가하였다.

(3) Soil-Cement의 壓縮強度와 養生期間사이에는 恒常直線關係가 成立되지 않는것을 알았다.

(4) 試片은 8%以內의 시멘트로 處理하므로써 7日強度 17.5kg/cm²가 要求되는 道路의 基層材料로 使用할 수 있었다.

(5) 시멘트 含有量의 증가에 따라 마모에 依한 損失量이 현저하게 감소되는데 8~10%以上의 含有量에 서는 거의 損失이 없었다.

(6) 시멘트 含有量의 증가에 따른 吸水率의 감소는 현저하게 나타나지 않았다.

(7) 앞으로 현장 施工試驗을 하고 施工機械가 開發이 되면 Soil-Cement의 利用性은 展望이 있다고 보여진다. 즉 값싸게 施工할 수 있을 뿐만아니라 施工이 손쉽고 短時日內에 完成되므로 굳이 石山을 開發해야할 번잡한 作業이 없어도 될것으로 思料되었다.

6. 全夢角, "Soil-Cement工法에 關한 研究(1)" 研究報告 第1輯, 建設部 國立建設 研究所

7. 全夢角, "Soil-Cement工法에 關한 研究(2)" 研究報告 第1輯, 建設部 國立建設 研究所

8. 日本セメント技術協會, "リイルセメントコンクリトパンフレット第71號

9. マサ土研究委員會, "マサ土工學的性質とその取扱指針, 土質工學會

10. Evaluation of the performance of low cost soil-cement lining for canals.

Thirty-sixth annual reports new Delhi, 1968.

11. "흙의 安定處理法" 建設部 國立建設 研究所

12. 金文基 흙 시멘트 混合物에 關한 基本的인 試驗, 서울大 大學院

13. 鄭寅峻 Soil-Cement에 關한 調查研究; 科學技術處