

# 低塑性 실트質흙의 흙 시멘트에 관한 研究

## A Study on the Cement Mixture With Low Plasticity Silty Soil

金 周 範\* · 朴 完 淳\*  
Kim Joo Bum · Park Wan Soon  
柳 基 松\* · 金 成 教\*  
Ryu Ki Song · Kim Seong Gyo

### Summary

The objective of this study is to determine an appropriate cement of soil-cement in which silty soil of salty tidal flat with low plasticity was used.

Physical, chemical and mechanical tests were conducted to find out the standard properties of the soil to be used. Various cement contents used in this test were 8%, 10%, 12%, and 14%, and the compressive strength was tested after 7 days and 28 days of standard curing in the above each cement content respectively.

The results obtained are summarized as follows.

1. As the cement content was increased from 8% to 14%, Maximum dry density (M.D.D.) and optimum moisture content (O.M.C.) were not changed remarkably.
2. Density of soil-cement was directly proportional to cement content and inversely proportional to water content.
3. OMC was generally decreased in proportion to the increase of cement content.
4. Compressive strength was directly proportional to cement content and inversely proportional to water content.
5. In freezing and thawing test, maximum loss of 10% in the total Weight was found on the 8% cement mixture. and This loss was rapidly decreased to 2% when the Cement content of the mixture was more than 10%.

\* 農業振興公社 農工試驗所

## I. 序 論

自然狀態의 흙을 工事用 材料로서 滿足스럽게 使用하기 어려울 때에 여러가지 方法으로 그 性質을 改良하여 使用하는 흙의 安定處理工法이 있다.

흙의 安定處理工法中 흙 시멘트 工法은 現在 道路 工事に 世界各國에서 널리 利用하고 있다. 그것은 흙 시멘트가 大部分의 境遇經濟的이고 또한 工學的인 利用効果도 充分하기 때문이다.

또 흙 시멘트의 性質, 設計 및 施工에 對해서는 여러나라에서 各種의 研究가 行하여 지고 있으나 實用面에 있어 아직 많은 問題點이 남아 있다.

우리나라에서는 흙 시멘트를 道路建設에서 試驗段階를 거쳐 實際로 使用하고 있으나 水路 라이닝에는 아직 使用한 例가 거의 없다. 흙-시멘트는 크게 나누어 다진 흙 시멘트와 프라스틱 흙 시멘트가 있다.

前者는 주로 力學的인 強度를 要求하는(Compacted Soil Cement) 것이며 後者는 力學的인 強度보다 흙의 物理的 性質을 改良하는 것(Plastic Soil Cement)으로 一般의 前者를 흙 시멘트, 後者를 시멘트 添加 흙이라 부른다.

프라스틱 흙 시멘트는 排水路 및 用水路 라이닝에서 水密性 增加와 비탈면의 浸蝕防止等 目的에 利用할 수 있다.

細粒土에 시멘트를 混合하여 다지면 시멘트의 水和作用으로 個個의 土粒子가 結合하여 半剛性的의 骨組構造를 만드는 것으로 이 骨組는 個個의 主粒子를 固定하여 서로 分離 및 滑動이 어려운 狀態로 만든다. 그러므로 흙의 塑性은 減少되나 剪斷低抗이 增大하는 結果가 된다. 또 흙 粒子表面에 시멘트가 作用하는 結果 흙의 물에 對한 親和力이 低下되어 細粒土가 물을 含有하는 能力을 減少시킨다. 이같은 흙 시멘트의 吸水能力 減少는 吸水膨脹에 依한 弱化를 防止하고 乾燥濕潤 또는 凍結融解의 反復에 對한 低抗性을 增大시키는 結果가 된다고 보겠다.

흙 시멘트 工法은 이러한 性質을 利用한 工法이다.

水利構造物에서 시멘트를 使用하여 흙의 安定處理를 한 例를 들면 다음과 같다.

印度의 西部 本갈에서 河川堤防 保護用 5%의 흙 시멘트 블럭(61×46×15cm)을 만들어 流速 17.98 m/sec에 견디도록 하였다.

美國에서는 Merrit Dam(높이 36.53m) 土堰堤에 42,475m<sup>3</sup>의 흙 시멘트를 使用하여 넓은 斜面을 保護하였다.

이외에 1952年 Bonny Dam(높이 106.68m)에서 10~12%의 시멘트를 添加한 흙 시멘트로 表面을 保護하였으며 이를 10年間 細密히 觀察한 結果 壓縮強度는 繼續 增加 하였으며 施工 當年度에 橫方向 龜裂이 細粒材料에서 3.05m粗粒材料에서 5.8m의 間隔으로 發生하였으나 그 外에는 觀察期間中 크게 變換 事項이 없었다.

뉴-멕시코 Logan 近處의 Candian 河川에 있는 Ute Dam에서는 斜面保護用으로 16,990m<sup>3</sup>의 흙 시멘트를 使用하였다.

1955年 칼리포니아의 Salton Pile에 10~12%의 흙 시멘트 14,158m<sup>3</sup>을 斜面保護用 및 用水路 라이닝工等에 使用하였다. 이 흙 시멘트를 1963年度에 調査해 본바 여러곳에서 모두 安全하게 維持되었다.

美開拓局에서 施行하는 Wichita 地區의 Chenny Dam에서는 흙-시멘트를 使用함으로써 多額의 工事費를 節約할 수 있었다는 報告가 있다.

이와같이 흙 시멘트工은 다른 工法에 比하여 30~40% 低廉하게 工事를 할 수 있으며 現在는 이 工法이 많이 利用되고 있다.

우리 나라에서는 建設研究所에서 1963年 11월에 江原道 平昌郡 道岩面 차랑리(서울~江陵間 道路線上)와 天安~溫陽間의 道路에서 試驗鑄裝 300×7m를 施工하여 工事費 20%를 節減한 例가 있다.

우리 나라의 海岸 干潟地 特히 실트質로 形成되어 있는 一部 海成 干潟土는 粒度分布의 不良, 粘土粒子의 缺乏으로 모래의 境遇와같이 透水性이 크고 浸蝕에 弱하며 噴砂, 液化等의 現象을 유발하기 쉬운等 工學的으로 많은 缺陷을 갖는다 또한 乾燥하면 바람에 飛散移動되어 이로인한 地形變動이 생겨 構造物의 形狀維持가 어려운 경우가 있다. 特히 이러한 흙으로 築造된 用排水路는 水路 損失量이 많으며 形體 維持도 至極히 困難하여 通水斷面의 變化가 大端히 甚해진다.

本研究試驗은 이러한 工學的으로 劣等한 실트質 흙을 흙 시멘트의 性質을 利用하여 改良코자함에 그 目的이 있는 것이다.

시멘트는 普通 포트랜드 시멘트(쌍용시멘트)로 試驗 하였다.

흙과 시멘트에 對한 物理性및 化學的 分析試驗은 韓國工業規格 KSF 2301, 2302, 2303, 2304, KSL 5102, 5103, 5120 등을 適用하여 各各 試驗하였으며 그 結果는 表-1, 2, 3과 같다.

## II. 材料 및 試驗方法

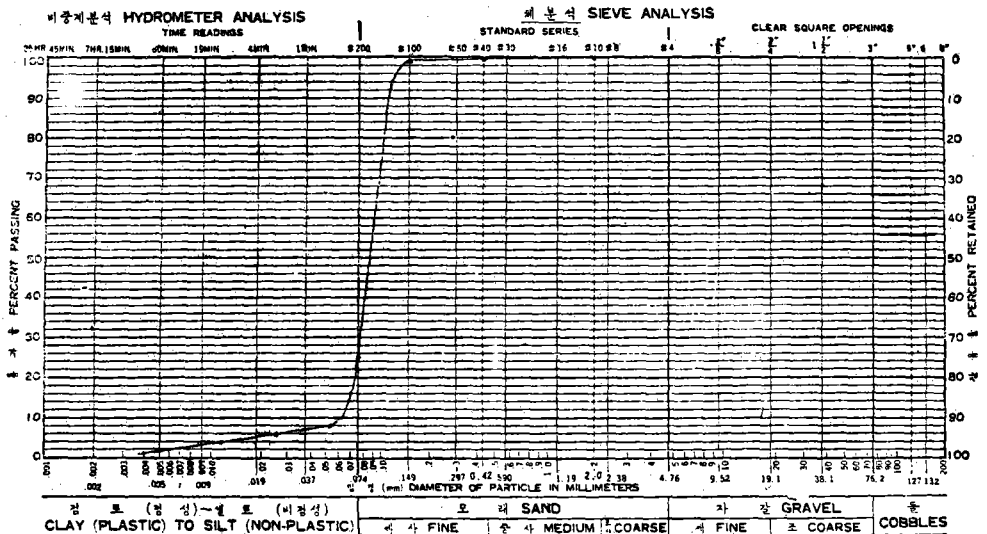
### 1. 使用材料

흙 시멘트에 使用한 흙은 全北 扶安郡 下西面 衣服里에서 採取한 실트質 흙으로 海成堆積土이며

표-1. 흙의 기본적인 성질

입 도 (%)			균등계수	곡률계수	조 도			비 중	분 류	염분함량 %
점 토 mm	실 트 mm	모 래 mm			액성한계 L.L. %	소성한계 P.L. %	소성지수 P.I. %			
<0.005	0.005 ~ 0.074	0.074 ~ 4.76	Cu	Cc				2.68	SM	0.409
1.5	23.5	75.0	1.67	1.07			N.P			

표-2. 입도곡선



### 2. 試驗方法

#### 1) 다짐試驗

다짐試驗은 KSF 2312의 A-1方法을 通用하였다. 即 다짐 몰드의 크기는 直徑이 101.6mm, 높이 16.4mm, 內容積은 944cm<sup>3</sup>이고 다짐 램마는 무게 2.5kg, 落下高 30cm이다. 다짐層은 3層이며 다짐 回數는 每層 25회이다.

흙 시멘트 다짐試驗에서 擇한 시멘트 添加量은 0, 8, 10, 12 및 14%이며 이들의 試驗結果에서 各各의 最大密度와 最適含水比는 표 4와 같다.

#### 2) 一軸壓縮試驗

一軸壓縮試驗은 KSF 2328, 2329에 準하였다. 供試體製作에는 5cm×10cm의 몰드를 使用하였고 供試體製作은 試料에 시멘트와 물을 所定量 混合하고 所定密度가 되도록 하기위하여 몰드에 加壓板을 上下에 놓고 작기로 壓縮하여 成形한 後 試料押出器로 押出하는 方法을 擇하여 製作에 均一性을 期하였다.

供試體의 시멘트 添加量은 8, 10, 12, 14%의 種으로 하고 含水比는 最適含水比를 基準으로 0, 10

표-3 시멘트 시험

시료종류: 보통 포트랜드 시멘트  
 생산자: 쌍용 양회

시료명		보통포트랜드 시멘트	KS 보통시멘트
비 중		3.12	
분말도	부련법 cm <sup>3</sup> /gm.	2,800	> 2,600
용 결	조 도 %	26	
	초 결 min	80	<60
	중 결 min	8.15	<10
강 도 kg/cm <sup>2</sup>	압 축	3 일	111 > 85
		7 일	157 > 150
	인 장	3 일	18.9 > 10
		7 일	26.4 > 20
강 열 감 량 %		0.98	<3.0
불 용 잔 해 분 %		0.30	<0.75
무 수 황 산 %		1.35	<2.5 또는 3.0
산화 마그네슘 %		2.47	<5.0

표-4. 다짐 시험 결과표

시멘트 添加量 %	最大乾燥 密度 g/cm <sup>3</sup>	最適含水 比 %	最大乾燥密度時의 濕 密 度 g/cm <sup>3</sup>
0	1.502	17.5	1.762
8	1.586	19.24	1.890
10	1.614	18.60	1.913
12	1.624	18.06	1.923
14	1.621	18.67	1.920

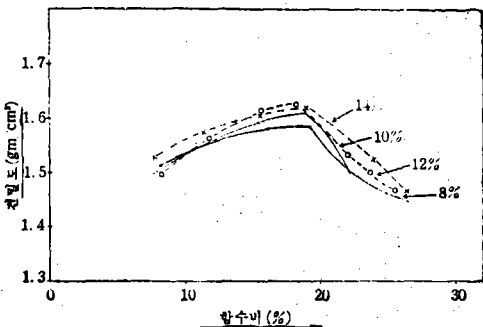


그림 1. 시멘트 함량과 밀도 및 함수비

+4, +6, +8%의 5種으로하여 製作하였다.  
 一軸壓縮試驗은 7日強度 및 28日強度試驗의 2種으

로 하였다.

## II. 試驗結果 및 考察

### 1. 시멘트添加量과 最適含水比의 關係

흙 시멘트에서 母材인 흙 自體만으로도 다짐含水比의 變化는 다짐密度에 큰 影響을 미친다. 이에 水和作用을하는 시멘트가 混合됨으로 含水比變化의 影響은 더욱 클것으로 生覺 되었으나 本試驗에서는 흙만의 다짐 最適含水比와 各種 흙 시멘트의 最適含水比는 시멘트 添加量과 含水比가 相互 反比例되는 傾向을 보였고 含水比의 相互變化는 그리 크지 않았다. 이는 全<sup>2)</sup>, 趙, Krishanrajasagar等의 試驗結果에서도 같음을 알수 있었다.

### 2. 시멘트 添加量, 最適含水比 및 密度 變化의 關係

前記(II-1項) 한바 시멘트 添加量을 8, 10, 12, 14%로하고 含水比는 最適含水比를 基準으로하여 의 네가지로 增加 시켜가면서 供試體를 製作하였든 바 이들 相互間의 關係는 시멘트 添加量에 比例하여 密度가 增加되었으며 含水比가 커짐에 따라 密度는 減少되는 傾向을 보였다. 이 現象은 供試體 養生日數 7日 또는 28日에서 모두 같았다.

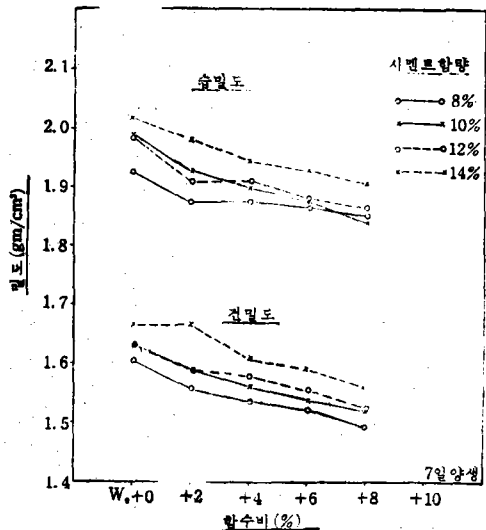


그림 2. 함수비-밀도 곡선 (δ<sub>r</sub>)

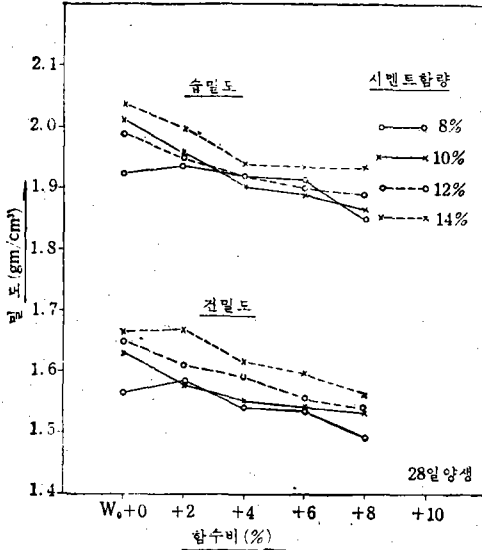


그림 3. 합수비-밀도 곡선 ( $\delta_{88}$ )

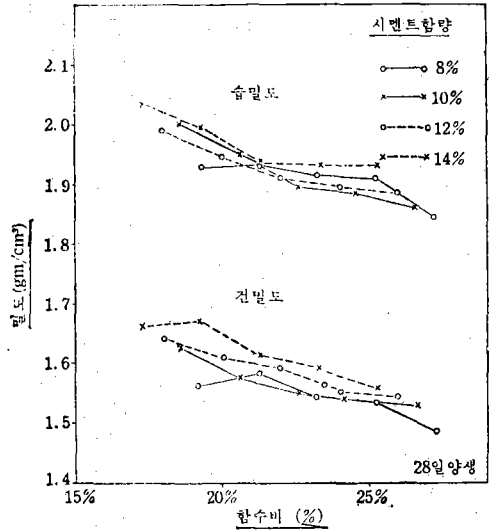


그림 4. 합수비-밀도 곡선

표-5. 시멘트합량과 합수비 변화에 따른 압축강도(kg/cm<sup>2</sup>)

시멘트합량 합수비	8 %		10%		12%		14%	
	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
$\omega_0+0$	6.2	9.6	14.0	22.5	18.5	26.3	21.8	36.8
$\omega_0+2$	8.7	10.2	10.5	16.5	14.8	20.4	17.4	30.9
$\omega_0+4$	6.0	10.1	8.2	14.0	14.9	18.3	2.13	21.7
$\omega_0+6$	5.7	9.8	4.6	11.4	5.7	11.7	9.8	14.9
$\omega_0+8$	1.8	7.1	5.0	10.1	7.5	12.8	15.1	22.0

여기서  $\omega_0$ 는 최적합수비 임

### 3. 含水比變化와 一軸壓縮強度와의 關係

供試體의 一軸壓縮試驗에서 含水比變化에 따른 壓縮強度는 養生日數 7日 및 28日에서 시멘트 添加量 8%때를 除外하고는 最適含水比에서 最大値를 보였다 다시 이 壓縮強度는 含水比가 最適含水比에서 2~6%로 커짐에 따라 漸次減少하다가 8%에서 特異하게 增加하는것을 볼 수 있다.

여기서 特記할것은 시멘트 添加量이 많을수록 含水比增加에 따른 壓縮強度減少는 顯著한 것이다.

### 4. 含水比와 凍結融解 損失率의 關係

本凍結融解試驗은 冬期에 大氣溫度로 實施하였다. 即 供試體를 屋外の 自然溫度로 凍結하게 하였

고 室溫으로 融解하게 하였다.

그러므로 凍結溫度가 一定하지 않았다.

本試驗에서 시멘트 添加量이 8%, 含水比가 最適含水比 일때 損失率이 10%를 超過하였다. 그러나 시멘트 添加量이 10%를 超過하면 損失率이 2%以內로서 凍結融解에 對하여 比較的 健全성이 있는 것으로 判斷 되었다.

위의 損失率은 또한 養生日數에 反比例됨을 알 수 있다.

## IV. 結 論

本試驗에 使用한 흙은 粒度가 極히 不良한 均一 질質 흙으로 鹽分 含有量이 約 0.4이며 이의 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

添加量 增加에 따라 壓縮強度는 增加한다.

4) 凍結融解 損失率에 있어 시멘트 添加量 8%에서 損失率이 가장 크나 10%以上 添加하였을때는 損失率은 2%内外로 急激히 減少한다.

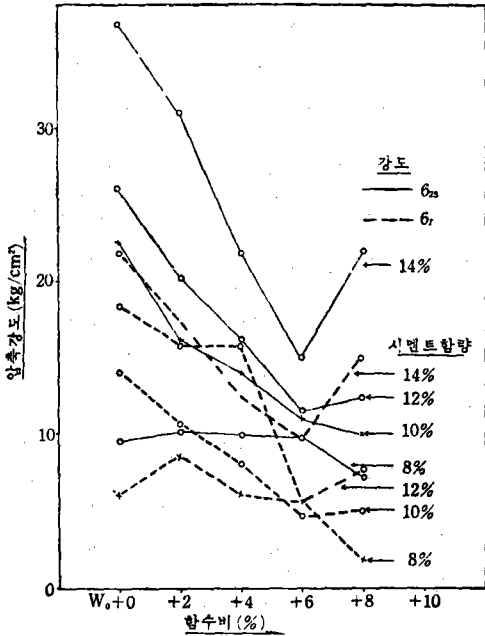


그림 5. 합수비-압축강도 곡선

- 1) 시멘트 添加量과 最適含水比의 關係에서 시멘트 添加量 增加에 따라 最適含水比는 減少하는 傾向이 있다.
- 2) 含水比와 密度의 關係에서 다짐 含水比 增加에 따라 密度는 減少하며 壓縮強度는 減少한다. 다짐 增加하는 傾向을 보인다.
- 3) 시멘트 添加量과 壓縮強度의 關係에서 시멘트

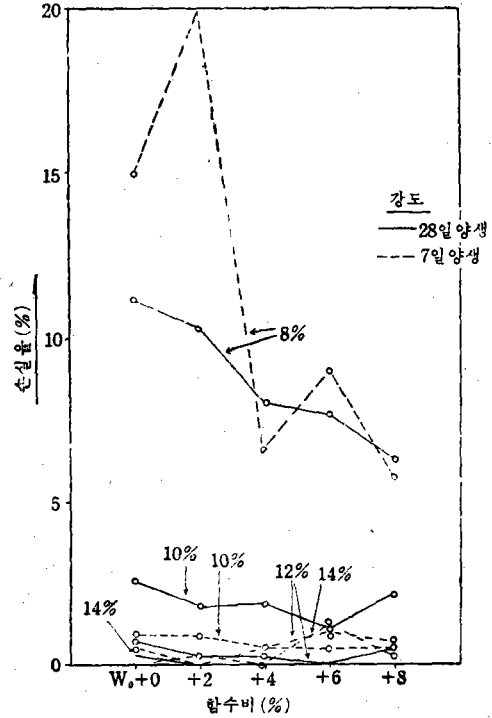


그림 6. 합수비-손실율 곡선

參 考 文 獻

1. 金在英, 姜又默 1971, 시멘트소함량 및 다짐含水比가 Soil-Cement의 壓縮強度에 미치는 影響에 관한 研究 韓國農工學會誌 第17卷 第1號 p59~75
2. Evaluation of the Performance of Low Cost Soli-Cement Lining for Canals (Proceeding 36th Annual Research Session No. 86 pp280~292, Central Board of Irrigation and power, New Delhi 1968)
3. 金秀馬, 朴基根著 1973 흙의 안정처리에 관한 연구.(국립 전설 연구소 자료 No 250 pp115~142)
4. Soil-Cement 공법에 관한 연구 (1), (2). (국립건설 연구소 연구보고 제1집)
5. ソイルセメント 第71號(日本セメント技術協會)
6. 曹鎮久, 1974; Soil-Cement의 物理的性質에 관한 研究. 韓國農工學會誌 第16卷 第3號 p.69~78
7. 松尾新一郎, 土質安定工法便覽
8. 全夢角著 1967, Soil Cement 工法에 관한 研究 (1)(2), 國立建設研究所 研究報告書 第1集 pp25~42