

# 石灰混合土의 遲延다짐이 壓縮強度에 미치는 影響

## The Effect of Delayed Compaction on Unconfined Compressive Strength of Lime Soil Mixtures

金 在 英 · 李 基 春  
Jae Young Kim, Ki Chun Lee

### Summary

In order to investigate the effect of delayed compaction on the strength of the lime soil mixtures, laboratory test with two kind of soils was performed at four levels of lime content, at five levels of water content, and at six levels of delayed times. The results are summarized as follows;

1. Maximum dry density and optimum moisture content decreased with increase of the delayed times. The decreasing rate of these values at the earlier delayed time were large, and those values showed almost constant after about four hours of delayed time.
2. According to the increase of the delayed time, the decreasing rate of maximum dry density and optimum moisture content was large in S-2 sample, but was a little in S-1 sample.
3. Unconfined compressive strength of lime soil mixtures decreased with the increase of the delayed time, and the decreasing rate of its strength increased with the increase of the lime content.
4. Water content corresponding to the maximum strength was a little higher than the optimum moisture content along the increase of lime content and delayed time but its value was large in fine soil.

### I. 結 論

石灰는 古代 로마시대<sup>2)</sup>에 흙의 性質을 改善하기 위해서 흙과 混合하여 使用한 것이 始初가 되어 先進諸國에서는 道路의 基層이나 路床土의 安定處理에 많이 使用하고 있다.

물기가 있는 粘性土에 石灰를 混合하면 여러가지 化學的 및 物理的 變化를 일으킨다. 그 重要的 變化로서 Ion Exchange, Pozzolanic Action, Lime

Carbonation 등의 反應은 잘 알려진 事實로서 水分을 包含하고 있는 微粒土에 石灰를 混合해서 두면 粒土는 Silt, 혹은 그보다 큰 土粒子로 變하게 된다

Mateos<sup>3)</sup>는 石灰 水溶液中의 Ca가 粘土表面에 모여들므로써 Flocculence를 형성하게 된다고 설명하고 있다. 이와같이 미립토에 석회와 물을 혼합하면 그의 反應은 複雜하게 나타나며 混合後 石灰混合土의 物理化學的 反應은 時間과 密接한 關係를 갖게 되는 것으로 다짐의 遲延으로 인한 乾燥密度의 變化는 石灰混合土의 強度에 직접 影響은 미치게 되

Table- 1.

Properties of soil used

Soil Samples No.	Gs	Cu	LL	PL	PI	rd max. (g/cm <sup>3</sup> )	O.M.C. (%)	Per. finer than 200 sieve (%)	Texture	AASHO	PH	Carbonat (%)
S-1	2.60	160	29.3	21.0	8.3	1.895	15.2	25	Sandy loam	A-2-4	8.8	2.82
S-2	2.65	50	35.7	24.7	11.0	1.840	19.0	65	Clay loam	A-6	8.8	2.85

는 것으로 생각된다.

우리나라에서는 石灰混合土를 實際工事に 적용한 예는 별로 많지 않으나 앞으로 骨材難에 따른 모래 자갈의 代替材料로 Soil-Cement와 더불어 道路工事に 實用化 될 전망이 크다. 그런데 石灰混合土를 土木工事に 사용함에 있어서 現場事情으로 混合後 즉시 타설하지 못하고 지연될 경우 強度低下가 問題가 될 것이다.

Lilley<sup>1)</sup>는 모래, 점토질 실트, 실트질 점토의 3 종류의 흙을 사용한 Soil-Cement의 遲延다짐에 관한 研究에서 強度저하와 건조밀도의 減少는 混合해서 다질때까지의 시간 영향이 크다고 하였고, West<sup>2)</sup>는 모래질 자갈을 사용한 Soil-Cement의 지연다짐에서 混合後 7時間 遲延다짐의 경우 강도는 상당히 감소되었다고 발표하였다.

金<sup>3)</sup>은 遲延劑로서 전분이 Soil-Cement와 石灰混合土에 미치는 영향에 대한 研究에서 強度改善에 效果가 있음을 발표하였다. 石灰混合土의 遲延다짐에 관한 研究는 國內外的으로 未合한 實情으로 이에 대한 研究가 앞으로 絶실히 要求될것으로 믿는다.

本 研究에서는 石灰混合土에 있어서 지연다짐이 壓縮強度에 미치는 影響을 調査 分析키 위해서 2 種類의 흙을 사용하여 石灰 0, 3, 6, 9%를 添加한 경우 含水比와 혼합후 다질때까지의 時間의 變化에 따른 다질 試驗과 材齡 28日 壓縮強度試驗을 實施하여 遲延다짐과 乾燥密度, 含水比 및 壓縮強度와의 關係를 調査 分析하였다.

## Ⅱ 材料 및 試驗方法

### 1. 材料

本試驗에 使用된 供試料는 Fig.1. 과 같이 4번체(4.76mm)를 통과시킨 2 種類의 配合土를 使用하였다. 여기에 使用된 細粒土(0.074mm以下)는 大田市 三丁堀에서 陶磁器用으로 使用하는 Kaolin系統의 粘土이고 모래는 大田川 下流에서 採取하였으며 物理的 및 化學的 性質은 Table- 1.과 같다. 또한 본 시험에 使用된 석회의 物理的 및 化學的 性質은 Table-

2.와 같다.

### 2. 試驗方法

壓縮試驗用 供試體를 만들기 위해 最適含水比와 最大乾燥密度를 구하기 위해서 KSF 2312에 의

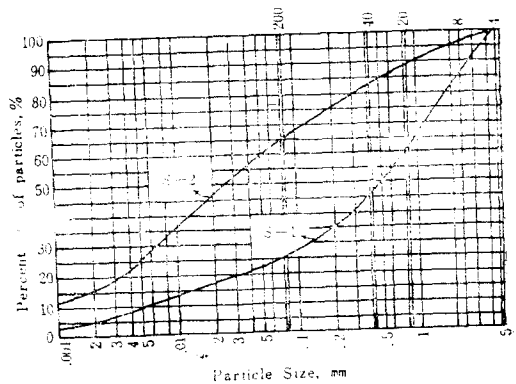


Fig. 1. Grain size distribution curves

하여 다짐試驗을 하였다. 壓縮試驗用 試片은 흙사료 S-1, S-2에 石灰含量 0, 3, 6, 9%, 혼합후 다질때까지의 遲延時間 0, 1/2, 1, 2, 3, 5時間, 含水比 -2, O.M.C., +2, +4, +6%, 養生期間 28日에 對한 同一한 供試體를 3個씩 만들었다.

壓縮試驗用 供試體는 BS 1924<sup>4)</sup>에 의하여 몰드의 높이가 직경의 2배가 되도록 供試體(φ43×86mm)를 製作하였다. 이 供試體製作은 試料를 다짐試驗에서 구한 最適含水比로 調節하여 最大乾燥密度에 相當하는 量을 몰드에 한번에 넣고 上下에서 플러그(plug)에 의하여 油壓적으로 壓縮하여 密度가 均一하게 되도록 製作하였고 供試體는 水分을 차단하기 위해서 비닐로 밀봉하였으며 養生을 하기 위해서 濕潤養生室을 利用하여 98% 濕潤狀態下에서 溫度 23±1°C로 維持하여 養生하였다. 養生期間은 28日間으로 하였고 壓縮強度 試驗은 Proving ring의 용량 100kg, 1ton의 一軸壓縮強度 試驗機를 使用하였다. 또한 壓縮強度 試驗을 實施하기에 앞서 供試體를 養生室에서 거낸후 비닐을 제거하고 2時間동안 水浸한후 壓縮強度 試驗을 하였다.

Table 2. Physical properties and chemical composition of lime used.

Gs	Per. finer than No. 200 sieve	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Loss on ignition
2.39	94.10(%)	0.22	0.03	0.10	74.59	1.21	23.95

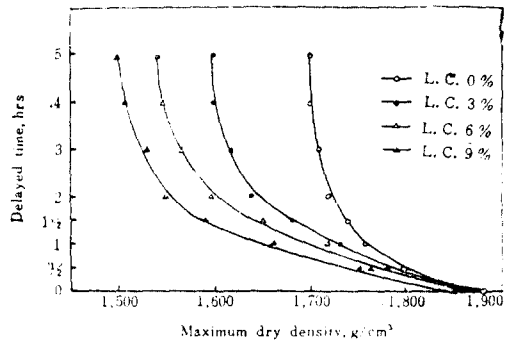
Ⅲ. 結果 및 考察

1. 遲延다짐과 最大乾燥密度와의 關係

Fig. 2~3, 은 石灰混合土의 다짐 試驗結果를 圖示한 것이다. Fig. 2는 S-1, S-2 試料를 사용한 石灰混合土의 遲延時間과 最大乾燥密度와의 關係를 나타낸 것으로 S-1, S-2 모두 遲延時間이 增加함에 따라 最大乾燥密度는 減少하는 경향을 보이고 있다. 또한 그 減少率은 遲延初期에 큰 경향을 나타내고 있으며 遲延時間이 4시간을 초과하면 건조밀도의 減少는 완만한 경향을 보이고 있다. 이러한 현상은 石灰混合土가 混合後 初期에 化學的 反應에 의한 凝結현상이 일어나는 데 기인하는 것으로 특히 초기 지연다짐이 건조밀도에 큰 영향을 주는 것으로 생각된다.

Fig. 2. 에서 석회함량이 증가 할수록 最大乾燥密度的 減少率은 큰 경향을 보이고 있다. 또한 S-2는 S-1에 비해서 지연시간의 변화에 따른 最大乾燥密度的 減少하는 경향이 크게 나타났다. 이러한 현상은 石灰混合土의 固有의 性質을 나타내는 粘土鑛物의 含量에 기인되는 것으로 粘土含量이 많은 S-2는 혼합후 초기에 化學的 反應이 더 활발하게 나타났으므로 지연으로 인한 영향을 많이 받는 것으로 생각된다.

실험은 2종류의 흙(Sand, loam)에 전분을 遲延劑



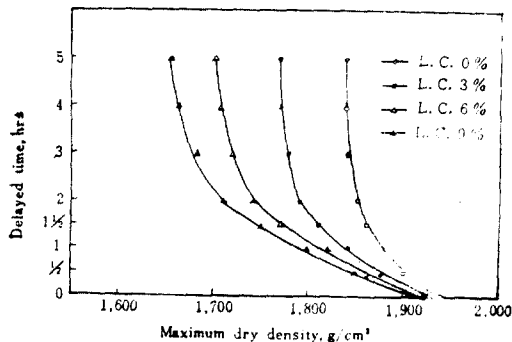
(b) S-2 Soil

Fig. 2. Relationships between delayed time and Maximum dry density of lime soil mixtures at various lime contents

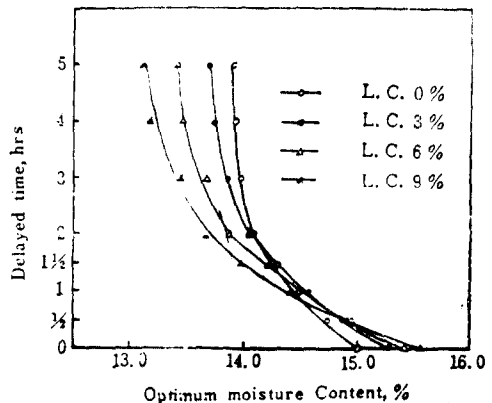
로서 사용한 石灰混合土의 研究에서 石灰含量이 많을수록 건조밀도의 감소율은 크게 나타났고 石灰含量이 많을수록 최대건조밀도 및 압축강도에 전분의 지연효과가 컸다고 하였다. 이상의 결과에서 점토질출인 경우에 지연다짐의 영향이 큰 것은 알 수 있다.

2. 遲延다짐과 最適含水比와의 關係

Fig. 3. 은 S-1, S-2 遲延시간과 最適含水比와의 關係를 나타낸 것으로 모두 遲延時間이 增加함에 따라서 最適含水比는 減少하는 경향을 보였으며 특히 응결초기에 현저한 減少를 나타냈다. 이러한 현

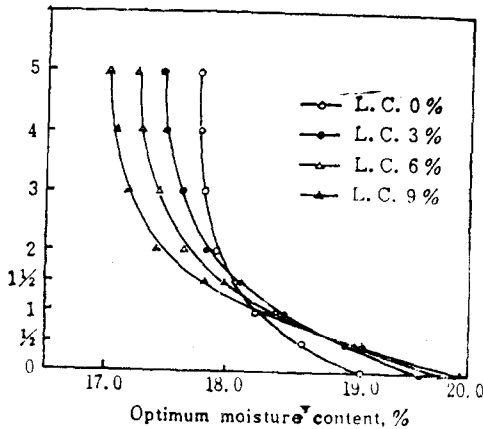


(a) S-1 Soil



(a) S-1

상은 混合後 初期의 化學的 反應이 활발한데 기인 되는 것으로 생각되며 석회혼합토에 있어서는 응결이 시작되면 화학적반응의 감소는 둔화되는 것으로 생각된다. Fig. 3.에서도 석회함량이 증가 할 수록 최적함수비의 감소율은 큰 경향을 보이고 있다.

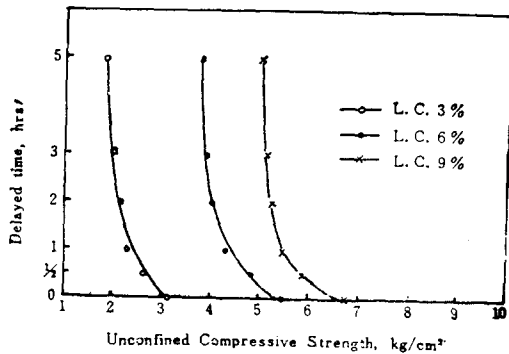


(b) S-2

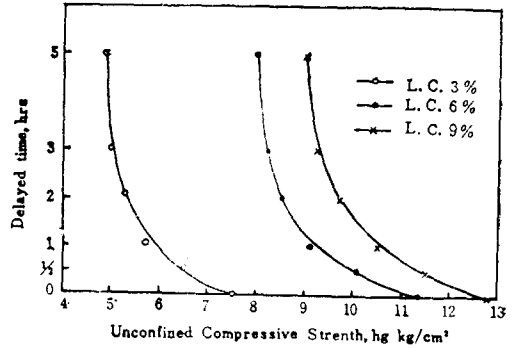
Fig. 3. Relationships between delayed time and optimum moisture content of lime soil mixtures at various lime contents

3. 遲延다짐과 壓縮強度와의 關係

Fig. 4~6은 遲延다짐에 의한 28日 壓縮強度試驗 結果를 나타낸 것이다. Fig. 4.는 遲延時間과 壓縮 強度와의 關係를 圖示한 것으로 S-1, S-2 모두 遲 延時間이 增加함에 따라서 壓縮強度는 減少하는 경 향을 나타내고 있으며 石灰含量이 增加함에 따라서 減少率은 크게 나타났다. 또한 그림에서 S-2에 비 해 S-1은 強度減少率이 완만한 경향을 보이고 있다 이 와같은 현상은 지연시간과 건조밀도와의 관계



(a) S-1



(b) S-2

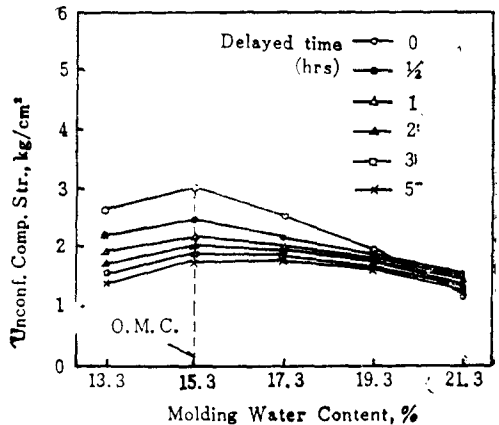
Fig. 4. Relationships between delayed time and unconfined Compressive strength of 28 days cured at various lime contents of lime soil mixtures

에서 나타난 바와 같이 혼합후 초기에 건조밀도의 변화율이 큰것과 밀접한 관계가 있다고 생각된다.

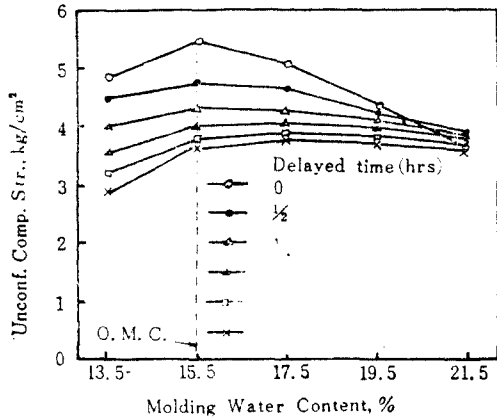
또 S-1의 시료에서 강도감소율이 작게 나타난 것 은 세립토 함유량이 작으므로 석회 혼합의 반응이 작게 나타나서 석회 혼합량에 의한 강도 감소율이 작게 나타난 것으로 생각된다.

Lilley<sup>1)</sup>, West<sup>2)</sup>는 Soil Cement의 지연다짐에서 지연시간이 증가할수록 강도는 상당히 감소되었다 고 발표하였다. 이상의 결과에서 석회혼합토와 Soil Cement가 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Fig. 5-6.은 S-1, S-2의 흙시료를 사용한 石灰混 合土에서 지연시간에 따른 다짐수비와 28日壓縮

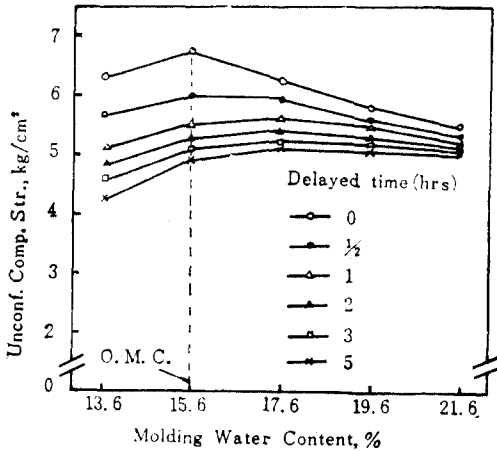


(a) Lime Content 3%



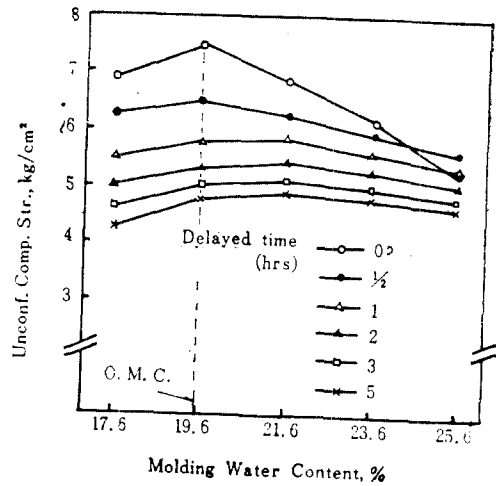
(b) Lime Content 6%

強度와의 關係를 나타낸 것이다. Fig. 5.의 S-1시료에서 石灰含量 3%의 경우 遲延時間 0,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 時間은 最適含水比에서 最大強度를 보였으나 遲延時間 3, 5時間에서는 最適含水比 보다 큰 含水比에서 나타났다. 石灰含量 6%의 경우에서는 지연시간 0,  $\frac{1}{2}$ , 1시간은 最適含水比에서, 2, 3, 5時間은 最適含水比 보다 큰 含水比에서 最大強度를 나타냈다. 석회함량 9%에서는 지연시간 0시간은 最適含水比에서,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 3, 5시간에서는 역시 最適含水比 보다 큰 含水比에서 最大強度를 나타냈다. 이러한 현상은 지연다짐으로 인한 水分증발과 석회의 化學적

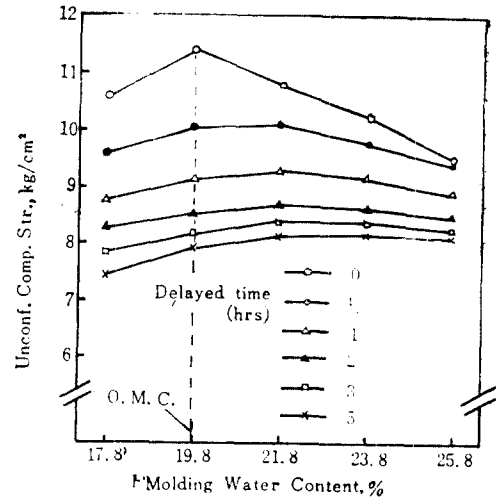


(c) Lime Content 9%

Fig. 5. Relationships between molding water content and unconfined Compressive strength of 28 days cured at various delayed times of lime soil mixtures (S-1 Soil)



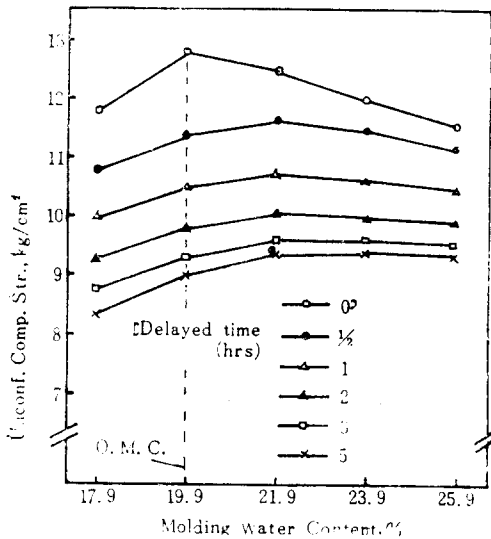
(a) Lime content 3%



(b) Lime content 6%

작용에 기인되는 것으로 생각된다.

또한 石灰含量이 3, 6, 9%로 增加함에 따라서 最大強度를 나타내는 含水比는 最適含水比보다 큰 含水比에서 나타났다. 이러한 현상은 석회함량이 增加함에 따라서 석회의 化學的작용이 증대됨에 따라서 水分이 더욱 필요하게 되는데 기인되는 것으로 생각된다. Fig. 6.은 S-2시료에 대한 것을 나타낸 것으로 역시 遲延時間과 石灰含量이 增加함에 따라서 最適含水比 보다 큰 含水比에서 最大強度를 나타냈다. 또한 Fig. 5-6.에서 遲延時間과 石灰含量이 增



(c) Lime content 9%

Fig. 6. Relationships between molding water content and unconfined compressive strength of 28 days cured at various delayed times of lime soil mixtures (S-2 soil)

가함에 따라서 S-2시료는 S-1시료 보다 더 큰 함수비에서 최대강도를 나타낸 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 점토광물의 함량에 기인되는 것으로 생각되며 함수비 증가에 따른 최대강도는 흙의 종류에 따라 다른 경향을 나타내고 있다. 이상과 같은 고찰을 통해서 볼때 지연다짐으로 인한 強度減少를 줄이기 위해서는 石灰含量과 遲延時間이 증가함에 따라서 最適含水比 보다 含水比를 2~4% 더 증가시키는 것이 強度面에서 效果가 있음을 알 수 있다.

#### IV. 結 論

石灰混合土의 遲延다짐이 壓縮強度에 미치는 영향을 究明하기 위해서 2 種類의 흙을 使用하여 石灰含量, 含水比 및 遲延다짐時間의 變化에 따른 壓縮強度 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 遲延時間이 증가함에 따라 最大乾燥密度와 最適含水比는 減少하는 경향을 나타냈다. 減少率은

遲延初期에 큰 경향을 보였고 遲延시간이 4時間 이후는 완만한 減少현상을 보였다.

2. S-2시료는 S-1시료 보다 遲延時間 變化에 따른 最大乾燥密度와 最適含水比의 減少경향이 더 현저했다.

3. 遲延時間이 증가함에 따라서 壓縮強度는 減少하는 경향을 나타냈고 石灰含量이 증가함에 따라서 減少率은 크게 나타났다.

4. 最大壓縮強度를 나타내는 含水比는 石灰含量과 遲延時間이 증가할 수록 最適含水比 보다 큰 경향이 나타났으며 이와같은 현상은 세립토 함유량이 많은 흙에서 더욱 크게 나타났다.

#### 參 考 文 獻

- Lilley, A.A. 1963. A Laboratory Examination of the Effect of Delaying the Compaction of Soil-Cement Mixtures. Cement and Con. Association Tech. Report TRA/299.
- Mateos, M. 1964. Soil Lime Research at Iowa State University ASCE 90 (SM 12) Proc. Paper 3847: 127-151.
- West, G. 1963. A Laboratory Investigation into the Effect of Elapsed Time After Mixing on the Compaction and Strength of Soil-Cement. Geotechnique IX(1).
- 金在英. 1976. 遲延劑로서 진분이 시멘트混合土에 미치는 影響. 韓國農工學誌 18 (3) : 1-8.
- 1978. 遲延劑로서 진분이 石灰混合土에 미치는 影響. 全北大學校, 農大論文集 9 : 133-140.
- 日本土質工學會. 1973. 土質試驗法 579.
- 都淳一. 1955. 土の安定處理法. 土と基礎 3(11) : 2- 3.