

濟州道 “송이”의 시멘트安定處理 効果에 關하여

Effects of Soil-cement Stabilization about the Song-I in Cheju Province

申 光 湜* · 都 德 鉉** · 李 成 泰**
Kwang Sik Sin, Duk Hyun Do, Seong Tae Lee

Summary

This experiment was carried out to find out the effectiveness of soil cement stabilization about the Song-I in Cheju province.

The results are summarized as follows;

1. The increasing ratio of unconfined compressive strength according to the increment of cement content was markedly low compared with the weathered granite soil, so the effect of stabilization was low.

2. The moisture content of the sample of Song-I indicates the maximum unconfined compressive strength showed at the 5% or so of dry side than the optimum moisture content and the change of the unconfined compressive strength according to the change of moisture content was not sensitive compared with the weathered granite soil.

3. Generally the primary strength of curing age within 7 days of the sulfate resisting cement was low compared with the normal portland cement and the strength of 28 curing days showed a similar tendency, especially in case of Song-I, and it seemed that the sulfate resisting cement was a little more effective than the normal portland cement.

4. As the unconfined compressive strength of grain size controlled Song-I was low compared with the weathered granite soil, so the rate of weight loss by the durability test was great, therefore it was thought that the durability was weak.

I. 序 言

濟州道는 全岩石의 90%以上이 玄武岩으로 이루어져 있어 工事用 良質骨料를 求하기 어려우므로 釜山·木浦等 陸地에서 運搬 使用하고 있는 實情으로 今後 道內에서 建設工事が 활발해질 추세에 비추어 骨材求得難이 심각할 것으로 豫想된다. 다만 濟州道에는 보통骨材와 비슷한 性質을 가진 火山碎屑物인 “송이”가 多量 散在하고 있어 從來이를 重要하지 않은 構造物에 使用하여 왔으며, 最近 이를 陸地의 모래 자갈을 身하여 使用할 수 있는지에 對한 研究

가 이루어 진바 있으나 송이만으로는 骨材로서의 品質이 不良하다는 結論을 얻었다.

그러나 骨材 所要量이 많은 道路鋪裝에 있어 지금까지 송이를 補助基層 또는 特殊配合에 의한 아스팔트 安定處理 基層材料로 使用하여 오던 것을 대신하여 시멘트 安定處理에 의하여 송이의 弱點을 補完, 補助基層 또는 基層材料로 使用 可能하다면 高價의 아스팔트 安定處理層의 두께를 줄일 수 있고, 따라서 骨材의 節約은 물론 工事費도 節減할 수 있을 것으로 추정된다.

從來 普通흙의 安定處理效果에 對해서는 많은 報告가 있으나 土粒子 自體의 強度가 弱하고 粒度配合

* 國立建設研究所 土質科長

** 建國大學校 農科大學

이 良好하지 못한 火山碎屑物에 對한 研究은 거의 이루어져 있지 않으므로 筆者는 濟州道產 褐色 송이를 採取하여 自然粒度 및 이의 粒度를 花崗土와 同一하게 調劑하여, 시멘트 添加量과 含水比를 變化시키면서 壓縮強度試驗과 最適含水比에서의 乾濕 反復에 의한 耐久性 試驗을 통해 송이와 普通土의 安定處理效果 그리고 보통포틀랜드 시멘트와 耐硫酸鹽 시멘트가 安定處理 效果에 끼치는 影響을 比較 檢討하였다.

II. 使用材料 및 試驗方法

1. 使用材料

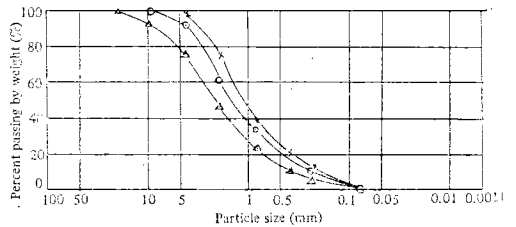
本 研究에 使用된 試料는 北濟州郡 翰京面 楮旨里에서 採取한 褐色 “송이”로써 供試體의 製作이 可能하도록 19mm체 및 No.4(4.67mm)체 通過試料로 치환 使用하였다. 아울러 東西高速道路 建設豫定區間인 全南 井邑 附近에서 花崗土를 採取하여 “송이”를 이의 粒度와 同一하도록 調劑해서 使用하였다. 이들의 粒度는 Fig.1과 같으며 物理的 性質은 Table-1과 같다.

송이는 褐色 및 黑色의 2種으로, 黑色이 갈색보다 細粒化되어 있으며 이들의 最大粒徑은 50mm內外이고 No.200체 通過率이 1%미만으로서 統一分類

로는 SW 또는 GW에 속하는 砂質土 혹은 砂礫質土가 대부분이다.

比重은 2.58內外로 普通흙에 比하여 작은편이며 黑色 송이가 褐色 송이보다 작다⁽²⁾. 또 송이는 粒子 自體의 空隙率이 현저히 커서 吸水率이 크므로⁽²⁾ Table-1에 보인 바와 같이 標準자점의 경우 最適含水比는 상당히 많고 最大乾燥密度는 작다. 그리고 同一粒度의 花崗土에 比하여 剪斷強度가 작은 傾向을 나타내며 透水係數도 작은 값을 나타내고 있다.

本 研究에 使用된 시멘트는 丹陽工場에서 生産된 普通포틀랜드 시멘트와 耐硫酸鹽 시멘트로써, 이들의 物理的 性質은 表-2와 같다.



△△△ : Song-I Sample passing 19mm sieve
 ××× : Song-I Sample passing No.4 sieve
 ○○○ : grain size controlled Song-I and weathered granite soil

Fig. 1. Grain size distribution curves

Table-1. Physical properties of soils used

Test item	specific gravity	Max. grain size (mm)	Mechanical analysis			Coeff. of Uniformity	USCS	Max. dry density (g/cm ³)	Opt. moisture content (%)	Coeff. of permeability (cm/sec)	Modified CBR (%)	Cohesion kg/cm ²	Angle of shearing resistance (deg.)
			Gravel (above 2mm)	Sand (2~0.074 mm)	Silt (0.074~0.005 mm)								
Song-I sample passing 19mm sieve	2.58	19.0	51.2	48.0	0.8	5.7	GW	1.34	20.0	4.58×10^{-8}	20.5	0	36.8
Song-I sample passing No.4 sieve	2.58	4.76	23.0	75.8	1.2	6.9	SW	1.21	23.4	3.27×10^{-4}	17.8	0	30.5
Grain size controlled Song-I	2.58	9.5	39.8	59.5	0.5	7.3	SW	1.37	20.2	4.73×10^{-4}	20.4	0	31.2
Weathered granite soil	2.63	9.5	39.8	59.5	0.5	7.3	SW	1.81	9.5	8.73×10^{-4}	26.5	0	33.2

Table-2. Physical properties of cement used

Cement	Test item	specific gravity	Fineness (cm ² /g)	Time of setting		Soundness (%)	Compression strength		
				Initial (min.)	Final (hr.)		3days (kg/cm ²)	7days (kg/cm ²)	28days (kg/cm ²)
				Nornal portland cement	3.15	3,050	197	6.33	0.10
Sulfate resisting coment	3.14	3,100	270	6.91	0.07	141	223	308	

2. 試驗方法

1) 壓縮強度試驗

使用試料에 시멘트 添加量을 4%, 6%, 8% 및 10%로 變化시키면서 KS F 2337의 規定에 따라 다짐試驗을 해서 最適含水比와 最大乾燥密度를 求하고 KS F 2329의 規定에 準하여 直徑 7cm 높이 14cm의 몰드로 供試體를 製作하였으며, 3日, 7日, (14日) 및 28日 養生 後의 壓縮強度 試驗을 하였다. 但 모든 供試體는 24時間 水浸後 試驗하였다.

2) 耐久性 試驗

시멘트 添加土의 耐久性을 檢討하기 爲하여 송이를 花崗土와 同一하게 粒度調整하여 KS F 2330의 規定에 따라 乾濕試驗을 하였다.

는 20kg/cm²의 압축강도를 얻기위해서는 시멘트 添加量 6.5%로써도 충분한 반면 송이는 시멘트 添加量이 10.7%에서 비로소 20kg/cm²의 強度를 얻을 수 있다.

이와같이 同一 시멘트 添加量에서 花崗土에 比하여 송이의 壓縮強度가 작은 이유는 송이 粒子 自體의 強度가 花崗土에 比하여 작고 시멘트의 一部는 송이 粒子內의 空隙에 浸透되어 粒子自體의 強度를 增加시키는데 대부분 使用되므로 結果적으로 송이 粒子를 相互 結合해서 強度를 增加시키는데 所要되는 結合劑로서의 시멘트量이 적게 되었을 뿐 아니라 송이 粒子는 그 고유의 性質上 粒子 表面에 粉碎된 송이의 微細粉末로 덮여 있으므로 시멘트와 송이 粒子와의 附着力에 영향을 끼쳤기 때문인 것으로

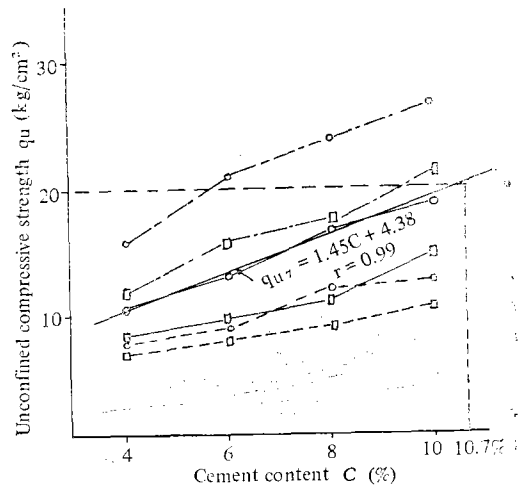
Ⅲ. 結果 및 考察

1. 시멘트 添加量과 壓縮強度와의 關係

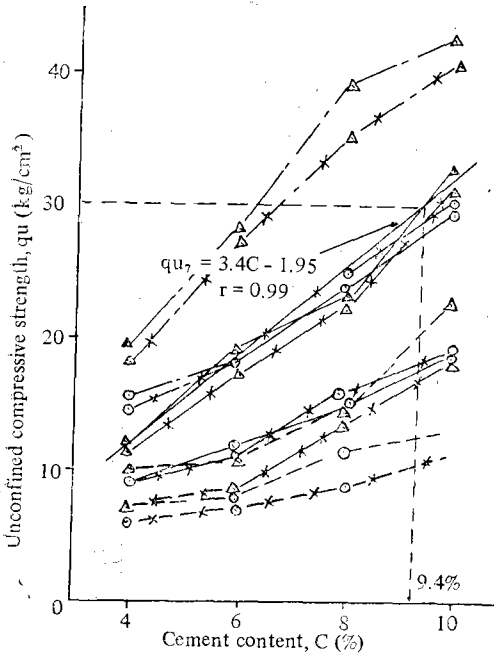
Fig. 2의 a)는 송이에對한 시멘트 添加量과 壓縮強度와의 關係를 나타낸 것으로 시멘트 添加量의 增加에 따라 壓縮強度도 增大되는 傾向을 보이고 있으나 시멘트 添加量 10%에서도 7日 養生 壓縮強度는 20kg/cm² 미만으로 強度의 增加率이 현저히 낮다.

그리고 同一한 시멘트 添加量에서는 普通흙에서와 같이 粗粒質 송이가 細粒質에 比하여 壓縮強度가 큰 傾向을 나타내고 있다.

그림. 2의 b)는 最大粒徑 9.5mm의 花崗土 및 이의 粒度와 同一하게 調劑한 송이에 對한 시멘트 添加量과 壓縮強度와의 關係를 보인 것으로 花崗土는 시멘트 添加量의 增加에 따라 壓縮強度의 增加率이 현저하여 시멘트 添加量 9.4%에서 道路基層 材料로서 使用 가능한 7日養生 壓縮強度 30kg/cm²를 얻을 수 있고, 補助基層材料로서 바람직하다고 생각되



□—□—□ : samples passing No.4 sieve
 ○—○—○ : samples passing 19mm sieve
 : 3days of curing age
 ————— : 7days of curing age
 - . - . - : 28 days of curing age
 a) Samples passing 19mm sieve and No.4 sieve in Song-I



- ⊙⊙⊙ : grain size controlled Song-I
- △△△ : weathered granite soil
- : normal portland Type cement
- *** : sulfate resisting cement
- : 3 days of curing age
- : 7 days of curing age
- - - : 28 days of curing age

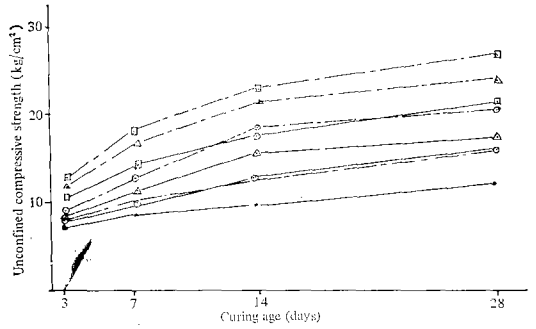
b) Grain size controlled Song-I and weathered granite soil

Fig. 2. Relationship between cement content and unconfined compressive strength

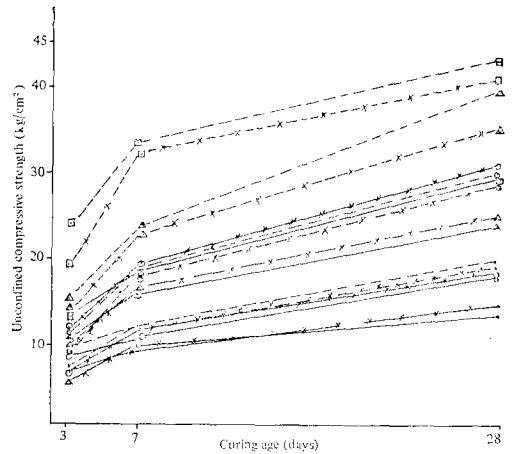
생각된다.

Fig. 3의 a)는 송이에 대한 養生期間과 壓縮強度와의 關係를 나타낸 것으로 養生初期에는 養生期間의 增加에 따라 壓縮強度의 增加率이 比較的 큰 傾向을 나타내고 있으나 7日養生以後부터는 普通흙에서와 같이 強度의 增加率이 완만한 傾向을 보이고 있다.

Fig. 3의 b)는 花崗土와 同一 하도록 粒度調整한 송이에 對하여 養生期間과 壓縮強度와의 關係를 보인 것으로 송이는 花崗土에 比하여 養生期間의 增加에 따른 壓縮強度 增加率이 현저히 작은 傾向을 나타내고 있다. 이는 송이가 前述한 粒子 自體의 強



- : samples passing No.4 sieve
 - - - : samples passing 19mm sieve
 - · · : cement 4%
 - ⊙⊙⊙ : cement 6%
 - △△△ : cement 8%
 - : cement 10%
- a) Sample passing 19mm sieve and No.4 sieve in Song-I



- : grain size controlled Song-I
 - - - : weathered granite soil
 - - - : normal portland cement
 - ××× : sulfate resisting cement
- b) Grain size controlled Song-I and weathered granite soil

Fig. 3. Relationship between curing age and unconfined compressive strength

度差異 外에도 시멘트의 水和作用을 妨害하는 要素를 가지고 있음을 意味할 수도 있는 것으로서, 一般

的으로 火山碎屑物은 普通용에 비해 有機物이 많이 含有되어 있음을 考慮하여 보통포틀랜드 시멘트의 添加量과 같은 量의 耐硫酸鹽 시멘트를 使用한 結果, 花崗土의 3日 및 7日 養生強度는 보통포틀랜드 시멘트에 比하여 작은 傾向을 보이고 28日 養生強度는 보통포틀랜드 시멘트와 비슷한 傾向을 나타내는 반면 송이의 3日 養生強度는 耐硫酸鹽 시멘트가 보통포틀랜드에 比하여 현저히 작으나 7日 養生強度는 相互 비슷하며 28日 強度는 보통포틀랜드 시멘트에 比하여 오히려 큰 경향을 나타내고 있다.

2. 含水比와 壓縮強度와의 關係

Fig. 4는 시멘트(보통포틀랜드)의 添加量 6% 및 10%에서 다짐含水比와 7日 및 28日 養生強度와의 關係를 나타낸 것으로 花崗土는 最大 壓縮強度가 最適含水比 또는 이보다 약간 乾燥側에서 나타났으나 송이는 最大壓縮強度가 最適含水比 보다 5%內외의 乾燥側에서 나타났으며 이부근에서는 含水比 變化에 따른 強度의 變化가 과히 민감하지 않은 傾向을 보이고 있다.

最適含水比 부근에서 最大強度가 나타나는 것은 Lambe⁽¹⁾의 理論으로 說明할 수 있겠으나 “송이”의

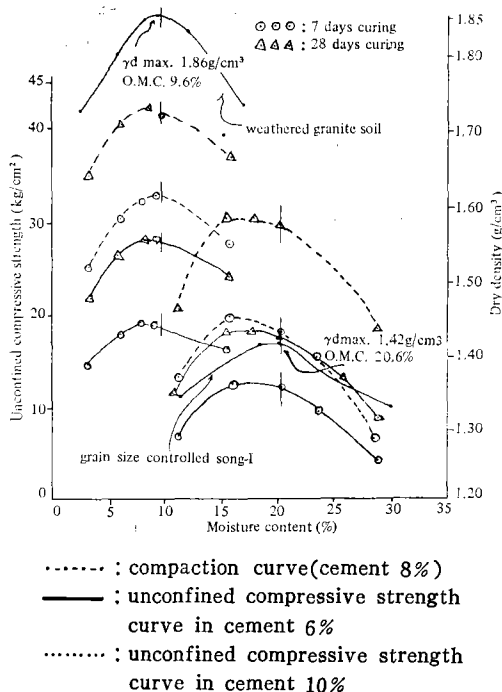


Fig. 4. Correlation of water content, unconfined compressive strength and dry density

경우 花崗土에 比하여 현저하게 乾燥側의 含水比에서 最大強度가 나타나는 理由는 송이의 最適含水比가 20%以上으로서 시멘트의 水和作用에 必要한 含水比는 이보다 훨씬 적은 含水比로서도 充分하므로 시멘트의 水和作用에 必要한 水量 以外에 含水比는 흙 속에서 土粒子 自體의 強度를 弱화시키는 등의 영향을 끼치기 때문인 것으로 생각된다.

3. 耐久性에 對하여

시멘트 添加土의 耐久性을 檢討하기 爲하여 KSF에 規定된 試驗方法으로는 凍結 融解 및 乾濕試驗을 들 수 있겠으나 濟州道에서는 凍結에 따른 耐久性 減少의 우려는 적으므로 乾濕試驗을 통한 耐久性만을 檢討하여 보았다.

Fig. 5는 KSF 2330에 規定된 乾濕試驗方法으로 耐久性試驗을 實施한 結果 乾濕 反復回數와 重量損失量과의 關係를 나타낸 것으로 입도조정한 “송이”는 花崗土에 比하여 壓縮強度가 작으므로 重量損失率이

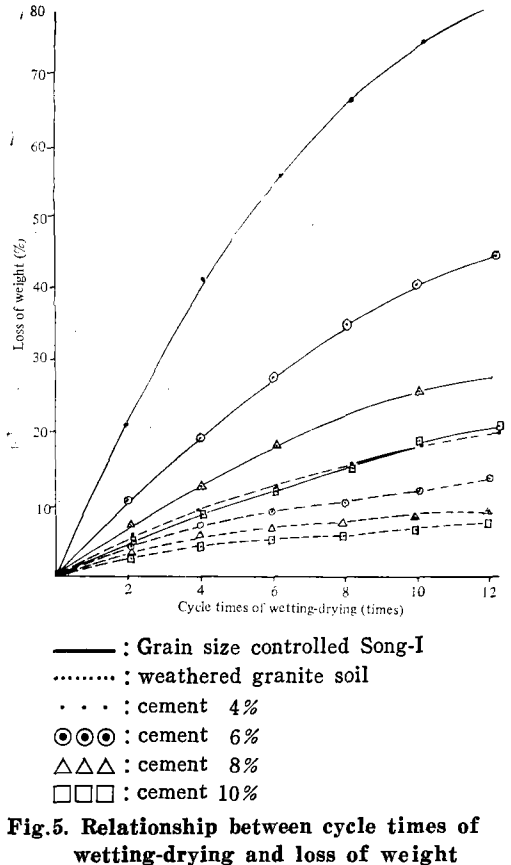
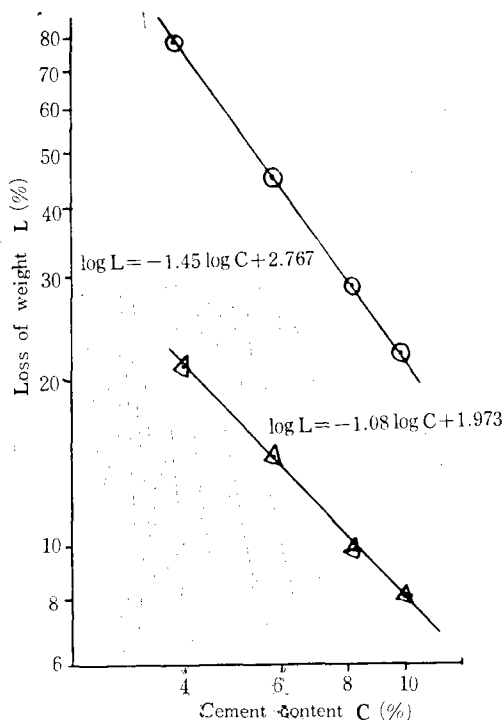


Fig. 5. Relationship between cycle times of wetting-drying and loss of weight

많은 것으로 나타났다. 또한 乾濕反復回數 12회에
서의 시멘트 添加量과 重量損失量과의 관계는 Fig.6
과 같이 兩對數紙에서 $\log L = \log C + K$ 의 직선관계식
을 나타내고 있다.



⊙⊙⊙ : grain size controlled Song-I
△△△ : weathered granite soil

Fig. 6. Relationship between cement content and loss of weight

4. 經濟性檢討

“송이”에 대하여 시멘트 安定處理 工法을 適用時
既存 工法과의 工事費를 比較하면 Table-3과 같다.

Table-3의 結果를 綜合하면 濟州道에서 “송이”를
시멘트 安定處理에 의하여 補助基層材料로 使用時
既存工法에 比해 10%以上의 工事費를 節減할 수 있
을 것으로 추정된다.

IV. 結 論

제주도産 송이의 시멘트 安定處理效果에 對한 試
驗研究 結果를 綜合하면 아래와 같다.

1. 송이는 시멘트 첨가량의 增加에 따른 壓縮強
度の 增加率이 花崗土에 比하여 현저히 낮으며 따
라서 安定處理效果가 낮다.

2. 송이는 最大壓縮強度를 나타내는 含水比가 最
適含水比보다 5%內外 乾燥側에서 나타났으며 花
崗土에 比하여 含水比의 變化에 따른 強度의 變化가
민감하지 않다.

3. 一般的으로 耐硫酸鹽시멘트는 보통 포틀랜드
시멘트에 比하여 7日以內의 養生初期強度는 낮으나
28日 強度는 비슷한 傾向을 나타내고 特히 송이의
경우 28日 強度에서는 耐硫酸鹽시멘트가 보통 포틀
랜드 시멘트 보다 약간 效果的인 傾向을 보였다.

4. 乾濕에 의한 耐久性 試驗結果에 의하면 송이는
花崗土에 比하여 壓縮強度가 현저히 낮으므로 重量
損失率이 많고 따라서 耐久性이 약한 것으로 판단
된다.

5. 同一한 粒度에서 花崗土는 시멘트첨가량 9.4%
로서 道路基層材料로서 使用可能한 반면 송이는 基

Table-3. 鋪裝構造 및 工事費比較

(1981.10 단가 적용)

鋪裝構造	S N 치	비 고		
		骨材運搬거리	工事費(천원)	
	5×0.176=0.88	육지운반 4km 4km	590	100%
	12×0.128=1.54		440	
	25×0.043=1.075		285	
	計 3.50		計 1,315	
	5×0.176=0.88	육지운반 4km 4km	590	90%
	6×0.128=0.768		220	
	30×0.006=1.80		375	
	計 3.45		計 1,185	

層材料로는 使用不可하고 시멘트 첨가량 10.7%로서 補助基層材料로 使用可能할 것으로 判斷된다. 이때 既存工法에 比해 10%以上の 工事費를 節減할 수 있을 것으로 推定된다.

Clay,” Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, Proc of the ASCE Vol. 84 No. SM2 Paper 1954(1958)

2) Penta, F.A. Croce and F.E. Dott; “Engineering Properties of Nollamic soils.” Proceeding 6th Intl. Conf. Vol.1, pp. 285~291 (1961)

3) 金翔圭, 趙重濟; “濟州道産 송이의 工學의 特性” 大韓土木學會誌 Vol. 27 No.6, pp. 119~127(1979)

參 考 文 獻

1) Lambe, T.W.; The Structure of Compacted

新 刊 案 內

新 編 應 用 力 學

編 著 : 李 成 泰
物 量 : 菊 冠 415페이지
定 價 : 6,500 원
發 行 處 : 二友 出版社

HYDRULIC DESIGN PRACTICE
OR
CANAL STRUCTURES

著 者 : 林 迎 春 金 斗 植
物 量 : 4×6倍版 352페이지
定 價 : 非賣品