

Rockery 設計方法에 의한 石築의 安定性 檢討

Stability Analysis of Seokchook Using the Design Method of Rockery.

金 時 年*

Kim, See-Nyun

梁 禹 植**

Yang, Woo-Shik

白 榮 植***

Paik, Young-Shik

Abstract

The Seokchook has been designed and constructed on the basis of the empirical standard cross sections depending mainly on its height. And there have been few experimental studies to develop the analytical methods to analyze the stability of the Seokchook.

Hendron presented from his experimental results a method for the design of the Rockery which is very similar to the Seokchook.

This study evaluates the stability of the various standard sections of the Seokchook using Hendron's method. It is concluded that most sections are stable when the internal friction angle exceeds 30 degrees. However, when the internal friction angle is smaller than 30 degrees, there can be some limitations in making use of the standard cross sections.

要 旨

石築은 長久한 經驗의 蓄積에서 얻어진 標準斷面을 사용하여 設計되고 또한 施工되어 왔다. 그리고 이 標準斷面은 各 機關에 따라 약간 相異한 形態로 되어 있다.

石築 斷面의 安定性을 檢討하는 解析的 方法을 提示하기 위한 實驗研究는 별로 없는 상태이다. Hendron은 石築과 대단히 類似한 Rockery 設計를 위한 圖表와 計算式을 實驗結果를 分析하여 提示하였다.

本 研究는 우리나라 各 機關의 石築 標準斷面의 安定性을 Hendron의 方法으로 檢討하고 그 結果를 提示하였다. 內部摩擦角이 30° 以上인 경우 石築은 安全하다고 判斷되나, 그렇지 못한 경우에는 標準圖의 사용에 주의를 要할 때도 있다. 단, Rockery는 베쌓기에 가까우므로 찰쌓기의 경우 이 分析結果에는 여유가 있다고 생각된다.

1. 序 論

石築은 築臺라고도 불리우며 비탈面の 保護,

흙막이, 土砂의 崩壞防止 등의 目的으로 널리 사용되어 왔다. 그런데 石築의 設計는 理論的 뒷받침 보다는, 經驗의 所産인 標準圖에 依存하고 있다.

* 東洋시멘트工業株式會社, 前 慶熙大學校 大學院

** 正會員, 東新工科學大學 專任講師

*** 正會員, 慶熙大學校 教授

즉 石築의 傾斜은 높이에 따라 1 : 0.3~1 : 0.6 程度로 하고 다시 그 높이, 傾斜 및 土質, 載荷 重에 따라서 메쌓기(空積)와 찰쌓기(練積)로 區分하고 각 경우에 대하여 標準斷面을 提示하여 이를 慣用하고 있는 實情이다.

그러나 土質力學의 發展에 따라 石築의 安定 解析에 있어서 견치돌 사이의 역물림을 考慮한 摩擦抵抗과 콘크리트 強度를 包含시키는 本格的 理論研究²³⁾가 發表되기도 했지만, 實用上으로는 石築을 重力式 擁壁으로 假定하고 古典的인 Coulomb類의 土壓理論을 適用하는 例도 있다.¹⁴⁾ 이러한 實用的 方法이 基礎로 하고 있는 假定과는 달리 石築은 全體가 一體로서 舉動하는 것이 아니라 各各의 돌이 서로 물려서 그 位置를 維持하고 그리하여 全體로서 轉倒 또는 滑動이 일어난다는 경우는 적다고 생각된다.^{10,15)} 따라서 一般 擁壁처럼 構造物 全體의 轉倒 또는 滑動에 대한 安定解析方法의 適用은 妥當하지 않는 경우도 많다고 생각된다.

이와 같은 石築의 構造的 特性 때문에 石築의 安定性을 理論적으로 解析하는데에는 難點이 있다. 또한 實用的 方法에서 採擇하는 土壓도 石築自體에 대한 試驗結果에서 얻어진 값을 使用하는 것이 바람직하다고 생각된다.

1960年 Hendron은 構造, 施工, 使用目的 등 모든 면에서 石築과 거의 一致하는 Rockery에 대하여 室內試驗을 하고 그 結果 Rockery를 築造할 수 있는 限界 높이를 決定할 수 있는 試驗式을 發表하였다.^{1,2)} 이 結果의 要約은 뒤에 記述되어 있다.

本 研究에서는 Rockery와 石築을 比較하고 政府 各 部署, 政府投資機關 등에서 使用하고 있는 石築의 標準圖를 Rockery의 試驗式으로 分析함으로써 石築의 安定性 檢討를 試圖하였다. 그러나 Rockery에 대한 Hendron의 方法은 石築과 完全히 一致하는 構造物을 對象으로 한 것이 아니며, 또한 이 方法이 慣用되고 있지도 않은 實情이므로 本 研究 結果는 絕對的인 安全 判斷基準은 될 수 없고 하나의 比較方法으로서 意義를 가질 수 있다고 생각된다.

2. Rockery

2.1 Rockery 概要

Rockery는 擁壁과 類似한 重力式 構造物로서 加工하지 않은 돌을 모르터를 使用하지 않고 맞물리게 쌓아 올린 것이다.

모르터를 使用하지 않은 돌쌓기工法은 人間이 建物을 築造하면서부터 始作되어 왔으며 어떤 地域에서는 그 技術과 施工法이 高度로 發達되어 있다. 잉카遺跡이 그 例이다.

Rockery는 크고 거칠며 不規則한 加工하지 않은 石材로 築造하는데 公園 商業地域과 居住地域 道路周邊등의 自然斜面과 人工斜面에 美觀을 向上시키기 위하여 종종 使用된다. 그러나 그것보다는 가파른 切, 盛土斜面의 安定性을 增加시키기 위해 더욱 많이 使用되며 때로는 堤防이나 海岸斜面의 保護를 위해 使用되기도 한다.

一般的으로 Rockery는 斜面이 安定할 境遇에 限하여 施工하고 斜面이 安定하지 않을 境遇에는 擁壁등의 構造物로 代替하는 것을 原則으로 한다. 그럼에도 불구하고 Rockery로 施工하는 가장 큰 理由는 擁壁보다 施工費가 低廉하기 때문이며 또한 外觀이 좋고 施工速度가 빠르며 制限地域에서도 施工이 容易하기 때문이다.

2.2 Rockery의 解析과 設計

대부분의 Rockery는 設計를 하지 않으며 設計를 하는 境遇에도 經驗에 基礎를 둔 基準으로서 設計를 한다.

Rockery에 대한 示方書대로 設計하여 施工하였을 때에도 종종 Rockery가 崩壞되는 것을 볼 수 있는데 그 理由는 대부분의 Rockery 施工業者들이 提示한 設計基準이 經驗을 基礎로 作成되었기 때문이다.

表-1은 美國의 여러 地域의 會社들이 使用하고 있는 Rockery에 對한 基本的인 示方이다. 表-1에서 알 수 있듯이 같은 項目에 대해서도 地域에 따라 相當히 差異가 있으며 Rock Retaining Wall로 表示한 것은 잘못된 것이며 Rockery로 함이 妥當하다.¹⁾

Rockery는 石材사이의 摩擦力에 의한 剪斷抵

Table 1. Summary of criteria from selected rockery guidelines

	A	B	C	D	E
1. Source	State	County	County	City	City
2. Title of Specs.	Rock Walls/Rock Retaining Walls	Rockeries/Rock Retaining Walls	Rock Walls	Rock Retaining Walls	—
3. Max. Wall Height	—	8~12 Ft.	—	~10 Ft.	~12Ft.
4. Min. Base Thickness	3~4 Ft.	~4 Ft.	—	—	—
5. Steepest Wall Slope	12V on 2H	B1 : 12V on 2H B2 : 12V on 3.5H B3 : 12V on 4.0H	—	12V on 3H	12V on 2H
6. Max. Ground Slope Above Top of Wall	—	—	1V on 1.5H	—	1V on 2H
7. Rock Unit Wgt. (Min.)	155~164 pcf	160 pcf	—	165 pcf	—
8. Variance from Plane of Slope	0.3~0.5 Ft.	—	—	—	—
9. Min. Foundation Embedment	Fill : 1+0.8(z)Ft. (z=Ht. -5) Cut : 0.5~1.0 Ft.	0.5~1.0 Ft.	0.3 Ft.	1.0 Ft.	1.0 Ft.
10. Min. Thickness of Drainage Layer	12 in.	9 in.	—	12 in.	—
11. Wall Ht./Rock Wgt. Relationship	Fill : Lower 0~ 3 Ft. 1600 lbs. 3~ 6 Ft. 1200 lbs. 6~ 9 Ft. 800 lbs. 9~12 Ft. 400 lbs. Upper 12~ —	Cut : 1200 lbs. 1200 lbs. 800 lbs. 100 lbs. —	4 mr 4 mr 3 mr 2 mr	60% > 1 CF 2~3 mr 1~2 mr	5~6 mr 5~6 mr 2~4 mr 2~4 mr
12. Rock Size Definitions (mr)		B1 :	B2 :		
1 man rock	—	400 lbs.	—	—	50~ 200 lbs.* 400 lbs.
2	—	800 lbs.	300~ 600 lbs.	—	200~ 600 lbs.* 800 lbs.
3	—	1200 lbs.	800~1200 lbs.	—	600~1200 lbs.* 1200 lbs.
4	—	1600 lbs.	1500~2200 lbs.	—	1200~2200 lbs.* 1600 lbs.
5	—	2000 lbs.	—	—	2200~4500 lbs.* 2000 lbs.
6	—	2400 lbs.	—	—	— * 2400 lbs.
Abbreviations:	mr man rock		*1 man rock	(.4~ 1.5 CF)	
	lbs. pounds		*2	(1.5~ 4.6 CF)	
	CF cubic feet		*3	(4.6~ 9.2 CF)	
	Ft. feet		*4	(9.2~16.9 CF)	
	in. inches		*5	(16.9~34.6 CF)	
	V vertical		*6	—	
	H horizontal		1 Ft=30.48 cm	1 CF=0.0283 m ³	
	pcf pounds per cubic foot		1 lb=0.453 kg	1 pcf=0.016 t/m ³	
	HT. wall height				

抗력과 그自重으로 水平土壓에 抵抗하고, 安定性은 施工의 精度에 크게 左右되므로 Rockery가 斜面을 支撐하는 能力을 一律의으로 算定하

기 어렵다. 그러나 理想的인 Rockery에 대한 安定解析을 通하여 어떤 要素들이 重要的가를 알 수 있다.

앞에서 말한 것처럼, 1960年 Hendron 은 合理的인 Rockery 設計方法을 考案하기 위하여 室內試驗을 實施하였다. 그의 研究結果는 그림 1에 提示된 圖表와 方程式으로 發表되었다.

Hendron 은 傾斜角(i)의 變化에 따라 主動土壓係數(따라서 主動土壓의 크기)가 銳敏하게 變化함을 밝히고, 壁體의 높이(H)와 平均幅(B)을 使用하여 여러 가지 傾斜角에 대하여 轉倒와 滑動에 대한 H/B 의 限界値를 決定하였다. 그 結果 轉倒를 誘發시키는 모멘트에 대한 H/B 限界値가 滑動을 誘發하는 剪斷力에 대한 값보다 尙 상 적은 것으로 判定되어, 轉倒가 臨界破壞形態임을 밝혔다. 壁體의 傾斜角(i), 平均幅(B), 그리고 뒷채움 흙의 內部摩擦角(ϕ)에 대한 最大安全높이 H_c 를 限界높이라 定義하였다. 그림 1은 이러한 研究結果를 基礎로 하여 提案된 H_c/B 의 값을 나타내고 있다. 그림 1은 이러한 研究結果를 基礎로 하여 作成된 H_c/B 의 값을 나타내고 있다.

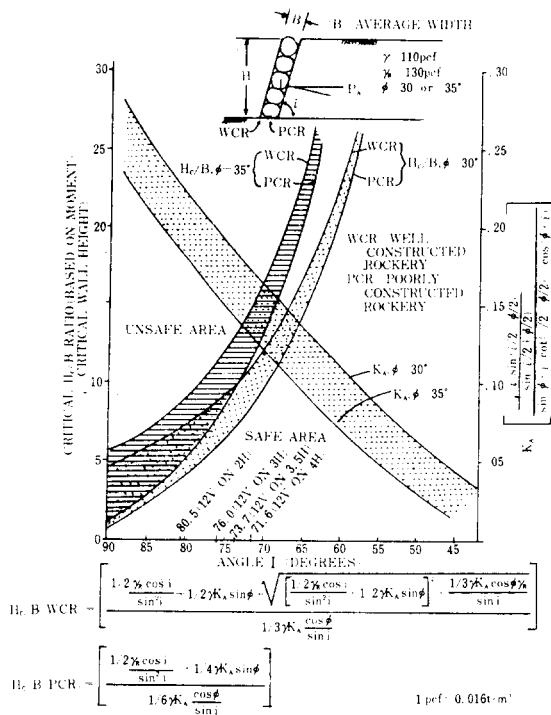


Fig.1 Design chart (Adopted from Hendron)

Hendron 은 良好하게 施工된 Rockery(WCR)와 不良하게 施工된 Rockery(PCR)에 대한 區分을 하였지만, 그것에 대한 判斷이 어렵기 때문에 이 式을 使用할 境遇에는 安全側의 設計를 誘導하기 위하여 PCR의 式을 勸獎하고 있다. 또한 實用的인 側面에서 式으로 구한 높이가 4.6m 以上일 境遇에는 그 높이를 4.6m로 制限하고 있다.

2.3 Rockery 施工上的 留意事項

(1) 排水設備가 設置되어 있지 않으면 Rockery가 부풀어서 石材사이의 틈이 벌어지거나 石材가 빠져 나오게 되어 그 틈으로 뒷채움材가 損失된다. 그 結果 壁體 尖端의 石材가 背面쪽으로 넘어지고 結局 荷重分布가 變化되어 Rockery는 崩壞된다. 排水設備가 잘 되었다 하더라도 Rockery의 윗부분은 表面水로부터 保護되어야 하므로 鋪裝을 하고 바깥쪽으로 上向 傾斜가 지게 한다.

(2) Rockery는 뒷채움材를 不適當하거나 不充分하게 다짐으로 因하여 종종 破壞되므로 뒷채움材는 良好한 材料를 使用하고 올바르게 施工하는 것이 重要하다.

(3) Rockery의 限界높이는 經驗, 理論上 4.6m 以下로 해야 하며 이보다 높이가 높거나 傾斜가 76° (12V on 3H) 보다 급할 境遇는 危險하므로 避한다.

(4) 基礎地盤이 不良하면 沈下가 일어나서 石材사이의 틈이 벌어지게 된다. 그 結果 石材사이의 摩擦力의 減少로 因해 剪斷抵抗力이 減少하고 그 부분에서 水平土壓으로 因한 破壞가 일어난다. 따라서 Rockery의 基礎地盤은 堅固해야 하며 그렇지 못할 境遇, 굴착하여 除去하고 良好한 材料로 代替한 後 다짐을 해야한다. 特別히 危險하다고 判斷되는 境遇에는 콘크리트基礎를 하는 것이 좋다.

(5) 石材는 風化에 대한 抵抗力이 강한 材質의 것을 使用해야 하며 單位表面積當 무게가 最大가 되도록 쌓아야 한다.

(6) 施工의 正確性은 어떤 構造物에서나 중요하지만 Rockery의 경우 그 重要性은 더욱 強調되고 있다. 施工技術이 Rockery의 安定度에 미

치는 영향에 관한 연구는 별로 없지만, Peck 은
 設計가 잘 된 경우일지라도 壁體의 安定性을 判
 斷하는데 가장 큰 制約을 주는 要素가 施工技術
 임을 強調한 바 있다.³⁾

Rockery 를 安全하게 施工하는 方法의 概要가
 그림 2 에 提示되어 있다.¹⁾

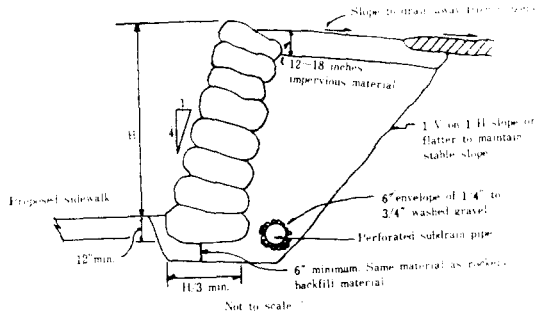


Fig. 2 Rockery details

그림 2 에 관한 說明은 다음과 같다.

① Rockery 의 뒷채움材는 0.74~50.8 mm(0.03~2 in) 範圍內의 깨끗하고 粒度分布가 좋은 모래와 자갈을 使用하는데 最小限 40% 以上の 자갈이 包含되어야 한다. 粒徑이 0.74 mm(0.03 in) 以下の 細粒土는 3% 未滿이어야 하고 非塑性이어야 한다.

② 뒷채움材는 手動式 가솔린 탬퍼(tamper)를 使用하여 15 cm(6 in) 두께로 4회 다짐을 한다.

③ 基礎굴착은 完全히 물을 排除한 狀態에서 하며 모래나 자갈을 채우기 前에 經驗이 豊富한 技術者가 檢査한다.

④ 基礎가 不良할 경우는 除去하여 깨끗한 모래와 자갈로 代替한 後에 ②와 같이 다진다.

⑤ 뒷채움材가 빠져나오지 않도록 하기 위해 Rockery 後面의 石材사이의 커다란 틈을 자갈이나 바위조각 등의 뒷채움材로 채운다.

⑥ 基礎部가 되는 石材의 最小幅은 $H/3$ 이고 石材는 다음과 같은 條件을 滿足해야 하며 限界 높이는 3.66 m(12 ft)이다.

石材의 最小重量 :

1.8 m(6 ft) 以下部 1087 kg(2400 lbs)

1.8 m(6 ft) 以上部 725 kg(1600 lbs)

⑦ 石材사이의 空間을 메꾸는 뒷채움材뒤에는 排水設備를 하며 元來의 斜面에서 地下水가 스

며드는 것을 防止하기 위하여 필터(filter)를 設置하고 低面에는 排水管을 設置한다.

⑧ 地表面에는 表面水가 스며드는 것을 防止하기 위해 아스팔트나 콘크리트로 鋪裝한다.

2.4 Hendron 方法에 의한 石築 安定解析의 可能性 檢討

石築은 우리에게 익숙한 構造物이며 이에 관한 자세한 事項은 各機關에서 刊行한 文獻과 資料에 提示되어 있어(參考文獻 7~22) 여기서는 省略한다.

두 構造物을 比較해 보면 結局 石築은 주로 뒷채움材를 排水設備로 使用하나 Rockery 는 대부분 콘크리트 擁壁과 같은 뒷채움과 排水設備를 하는 것 外에는, Rockery 는 野面石 쌓기를 한 메쌓기 石築과 거의 同一하다.

찰쌓기 石築의 경우에는 메쌓기에 比하여 배채움 콘크리트와 뒷채움 콘크리트에 의한 追加의 強度를 期待할 수 있으며 自重 또한 增大되어 構造物의 安定性이 더 커지게 된다. 그러나 찰쌓기 石築도 擁壁과 같이 完全한 一體가 되어 土壓에 抵抗하는 것은 아니므로 Rockery 에 대한 Hendron 方法의 適用을 試圖해 볼 수 있다고 생각된다. 그러나 이 때에는 安定解析結果가 安全側으로 判定될 것으로 豫想된다.

여기에서 다시 한번 強調할 것은 Hendron 의 方法은 石築이 아니라 Rockery 에 對한 研究結果이므로 이 安定解析結果가 絕對인 安全性 判斷指標가 될 수는 없다는 點이다. 다만 이 方法이 現在 價用되고 있는 經驗에 의한 標準圖와 Coulomb 類의 土壓理論에 의한 解析方法과는 相異한 또 하나의 石築解析 方法의 可能性을 提示하는 것으로 보아야 할 것이다.

3. Hendron 方法에 의한 石築의 安定性 檢討

우리나라 A公社, B公社, C公社 D部 및 E部 制定 石築標準斷面을 Hendron 의 Rockery 設計方法으로 檢討하였다.

3.1 研究方法

經驗으로 보아 石築과 Rockery가 崩壞되는 原因은 다음과 같다.^{1,10)}

- ① 排水設備가 不足하거나 設置되지 않았을 境遇
- ② 뒷채움材가 잘못 配置되었거나 材質이 不良할 境遇
- ③ 壁體의 傾斜가 極히 가파르거나 높이가 너무 높을 境遇
- ④ 基礎地盤이 不良할 境遇
- ⑤ 石材의 材質이 不良할 境遇
- ⑥ 施工性이 좋지 않을 境遇

그러나 本 研究에서는 다른 모든 境遇는 滿足스럽다고 보고 ③의 境遇에 대하여 Rockery의 式으로 찰쌍기 石築의 安定을 檢討하였으며 檢討하는데 있어서 前提條件은 다음과 같다.

- ① 石築背面의 盤土傾斜角은 없다.
- ② 石築低面의 幅과 尖端의 幅이 다른 境遇에 는 平均幅을 使用하였다.
- ③ 石築前面의 傾斜와 後面의 傾斜가 다른 境遇에 는 平均傾斜를 使用하였다.
- ④ 石築의 標準單位重量은 찰쌍기의 境遇 政府에서 制限한 2.3t/m³을 使用하였다.
- ⑤ E部署를 除外한 모든 石築標準圖는 石築의 높이, 傾斜, 幅만 提示되어 있을 뿐 흙의 單位重量(γ), 石材의 單位重量(γ_R), 흙의 剪斷抵抗角(ϕ)에 대한 言及이 없으므로 任意的 값을 代入하여 檢討하였다.
- ⑥ 베쌍기 石築의 標準圖는 E部署를 除外하고 는 制定되어 있지 않으므로 檢討의 對象에서 除外하였다.

⑦ 安全側의 限界높이를 算出하기 위하여 Rockery 式의 PCR 式을 使用하였다.

3.2 研究結果 및 分析

다음에 各 機關 別로 提示된 2個의 表 가운데 앞의 表(a)에 記入된 數值들은 標準圖에서 提示하고 있는 條件과 任意的 γ , γ_R , ϕ 값들을 Rockery 式에 代入하여 算出한 石築의 限界높이를 뜻하며 뒤의 表(b)는 分析結果를 整理하여 記述한 것이다. 다만 D部의 것은 表 하나로 整理되어 있다.

各 表에서 1:N은 石築의 傾斜, B와 H의 單位는 m, ϕ 의 單位는 度, 單位重量 γ 의 單位는 t/m³로 되어 있다.

여기에서 注意할 것은 分析에 使用한 土性值 가운데 通常으로 보아 非現實인 값이 있는 點이다. 예를 들어 $\gamma=1.4\text{t/m}^3$, $\phi=12^\circ$ 등은 石築 뒷채움에서는 現實과 괴리가 있다. 그러므로 이러한 값은 分析의 範圍를 넓게 해 보았다는 單純한 意味와, 特殊한 경우(송이나 슬러그)에는 그 可能性이 있을 수도 있다는 뜻에서 收錄한 것이다.

또한 주어진 뒷채움 흙에 대해서는 變數 ϕ 와 γ 사이에는 相關성이 存在하므로 “ $\phi=25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7\text{t/m}^3$ 이면 安全”을 “뒷채움을 다치지 않는 것이 보다 安全”이라고 類推 解析함은 옳지 않다. 즉 이러한 記述은 表에 提示된 土性值에 대한 石築 自體의 安定性 만을 意味하며, 다짐 不足에 의한 沈下나 함몰 등은 考慮하지 않고 있다. 要約하면 表에 提示된 事項은 土性值를 單一值로 보았을 때 그 狀態에서의 石築의 安定에 對한 判斷에 不過하다.

(1) A公社

Table 2a. Hendron 方法으로 算出한 石築의 限界높이

1:N	ϕ γ B	12			15			20			25			30			A 公社 制定높이
		1.4	1.6	1.8	1.4	1.6	1.8	1.4	1.6	1.8	1.5	1.7	1.9	1.5	1.7	1.9	
1:0.3	0.54	1.83	1.62	1.46	2.20	1.95	1.76	2.98	2.65	2.38	3.79	3.38	3.06	3.79	4.59	4.16	$h=0\sim 3\text{m}$
1:0.325	0.60	2.20	1.95	1.76	2.67	2.36	2.13	3.64	3.22	2.90	4.65	4.15	3.75	4.65	5.69	5.14	$h=3\sim 6\text{m}$

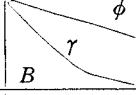
$\gamma_R=2.3\text{t/m}^3$

Table 2b. 分析結果

1 : N	B	H	A 公社 標準石築을 Rockery 式으로 判斷할 境遇
1 : 0.3	0.54	1.0	全 境遇 安全
		2.0	$\phi \leq 15^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.5$ 이면 安全
		3.0	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
1 : 0.325	0.60	4.0	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
		5.0	$\phi \geq 30^\circ$ 이면 安全
		6.0	$\phi \leq 30^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全

(2) **B 公社**

Table 3a. Hendron 方法으로 算出한 石築의 限界높이

1 : N		12		15		20		25		30		B 公社 制定높이
		1.4	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	1.9	1.7	1.9	
1 : 0.3	0.35	1.18	1.05	1.34	1.20	1.71	1.54	2.19	1.99	2.98	2.69	$h=1, 2, 3m$
1 : 0.35	0.45	1.79	1.58	2.04	1.82	2.64	2.37	3.42	3.10	4.74	4.28	$h=4, 5m$

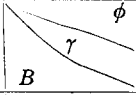
$\gamma_R = 2.3 \text{ t/m}^3$

Table 3b. 分析結果

1 : N	B	H	B 公社 標準石築을 Rockery 式으로 判斷할 境遇
1 : 0.3	0.35	1 : 0	全 境遇 安全
		2 : 0	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
		3 : 0	全 境遇 安全
1 : 0.35	0.35	4 : 0	$\phi \geq 30^\circ$ 이면 安全
		5 : 0	全 境遇 危險

(3) **C 公社**

Table 4a. Hendron 方法으로 算定한 石築의 限界높이

1 : N		12		15		20		25		30		C 公社 制定높이
		1.4	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	1.9	1.7	1.9	
1 : 0.3 (切, 盛土)	0.3	1.02	0.90	1.15	1.03	1.47	1.32	1.88	1.70	2.55	2.31	$h=0 \sim 1.5m$
1 : 0.4 (盛土)	0.4	1.83	1.62	2.10	1.87	2.76	2.48	3.64	3.29	5.15	4.64	$h=1.5 \sim 3.0m$
1 : 0.3 (切土)	0.4	1.35	1.20	1.53	1.37	1.96	1.76	2.51	2.27	3.40	3.10	
1 : 0.5 (盛土)	0.55	3.23	2.85	3.77	3.35	5.10	4.56	6.98	6.28	10.3	9.26	$h=3.0 \sim 5.0m$
1 : 0.4 (切土)	0.55	2.52	2.23	2.89	2.58	3.80	3.41	5.01	4.52	7.08	6.38	
1 : 0.5 (切土)	0.6	3.52	3.10	4.11	3.65	5.57	4.98	7.61	6.85	11.24	10.10	$h=6.0 \sim 7.0m$

$\gamma_R = 2.3 \text{ t/m}^3$

Table 4b. 分析結果

1 : N	B	H	C公社 標準石築을 Rockery 式으로 判斷할 境遇
1 : 0.3 (切, 盛土)	0.3	1.0	$\phi \leq 12^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.4$ 이면 安全
		1.5	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險
1 : 0.4 (盛土)	0.4	1.5	全 境遇 安全
		2.0	$\phi \leq 15^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
		2.5	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
		3.0	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
1 : 0.3 (切土)	0.4	1.5	$\phi \leq 15^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.5$ 이면 安全
		2.0	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
		2.5	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
		3.0	$\phi \geq 30^\circ$ 이면 安全
1 : 0.5 (盛土)	0.55	3.0	$\phi \leq 12^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.5$ 이면 安全
		3.5	$\phi \leq 15^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
		4.0	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 安全
		4.5	$\phi \geq 20^\circ$ 이면 安全
		5.0	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
1 : 0.4 (切土)	0.55	3.0	$\phi \leq 15^\circ$ 이면 危險
		3.5	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
		4.0	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險
		4.5	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
		5.0	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 安全
1 : 0.5 (切土)	0.6	5.5	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
		6.0	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
		6.5	$\phi \geq 25^\circ$ 이면 安全
		7.0	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.8$ 이면 安全

(4) **D**部

Table 5. Hendron 方法으로 算出된 石築의 限界높이와 分析結果

1 : N	ϕ γ B	12		15		20		25		30		備 考	
		1.4	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	1.9	1.7	1.9	D 部 制定높이	D 部 標準 石築을 Rockery 判斷할 境遇
1 : 0.27	0.46	1.40	1.24	1.58	1.41	2.00	1.81	2.54	2.31	3.41	3.10	$h = 2.0m$	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
	0.48	1.46	1.30	1.65	1.48	2.10	1.89	2.65	2.41	3.56	3.23	$h = 2.5m$	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 安全
	0.49	1.49	1.32	1.68	1.51	2.14	1.93	2.71	2.46	3.64	3.30	$h = 3.0m$	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險

	0.51	1.55	1.38	1.75	1.57	2.22	2.01	2.82	2.56	3.79	3.43	$h=3.5m$	$\phi \leq 30^\circ$ 이면 危險 단, $\phi=30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.8$ 이면 安全
	0.52	1.58	1.40	1.78	1.60	2.27	2.04	2.87	2.61	3.86	3.50	$h=4.0m$	全 境遇 安全
1 : 0.3	0.6	1.94	1.80	2.30	2.06	2.94	2.65	3.76	3.41	5.10	4.62	$h=2.0m$	$\phi \leq 12^\circ$ 이면 危險
	0.65	2.20	1.95	2.49	2.23	3.18	2.87	4.07	3.69	5.53	5.00	$h=3.0m$	$\phi \leq 20^\circ$ 이면 危險 단, $\phi=20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.8$ 이면 安全
	0.7	2.37	2.10	2.68	2.40	3.43	3.10	4.39	3.97	5.99	5.40	$h=4.0m$	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險 단, $\phi=25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.8$ 이면 安全
	0.75	2.54	2.25	2.88	2.57	3.67	3.31	4.70	4.26	6.38	5.77	$h=5.0m$	$\phi \leq 25^\circ$ 이면 危險
	0.8	2.71	2.40	3.07	2.74	3.93	3.53	5.01	4.54	6.81	6.16	$h=6.0m$	$\phi \geq 30^\circ$ 이면 安全

$\gamma_R = 2.3 \text{ t/m}^3$

(5) E部

Table 6a. Hendron 方法으로 算定한 石築의 限界높이

1 : N	ϕ γ B	12°			15°			20°			25°			30°			
		1.40	1.50	1.60	1.50	1.60	1.70	1.60	1.70	1.80	1.60	1.70	1.80	1.90	1.70	1.80	1.90
1 : 0.3	0.35	1.18	1.11	1.05	1.34	1.27	1.20	1.71	1.62	1.54	2.31	2.19	2.08	2.00	2.98	2.83	2.69
	0.45	1.52	1.43	1.35	1.72	1.63	1.54	2.20	2.09	1.99	2.98	2.82	2.68	2.55	3.83	3.64	3.46
	0.55	1.86	1.75	1.65	2.11	1.99	1.89	2.69	2.55	2.43	3.64	3.45	3.27	3.12	4.68	4.44	4.23
1 : 0.4	0.35	1.60	1.50	1.42	1.84	1.73	1.64	2.42	2.29	2.17	3.37	3.19	3.02	2.88	4.50	4.27	4.10
	0.45	2.06	1.93	1.82	2.37	2.23	2.13	3.11	2.94	2.79	4.34	4.10	3.89	3.68	5.79	5.49	5.22
	0.55	2.52	2.36	2.23	2.89	2.73	2.58	3.80	3.59	3.41	5.30	5.01	4.65	4.52	7.08	6.71	6.38
1 : 0.5	0.35	2.06	1.93	1.81	2.40	2.26	2.13	3.25	3.07	2.91	4.71	4.45	4.21	4.00	6.57	6.22	5.91
	0.48	2.65	2.48	2.33	3.09	2.91	2.74	4.18	3.95	3.74	6.06	5.72	5.42	5.15	8.45	8.00	7.60
	0.55	3.23	3.03	2.85	3.78	3.55	3.35	5.11	4.83	4.57	7.41	7.00	6.62	6.28	10.32	9.87	9.28
1 : 0.6	0.35	2.54	2.38	2.24	3.02	2.84	2.68	4.23	3.99	3.78	6.39	6.03	5.70	5.41	9.36	8.86	8.40
	0.45	3.27	3.06	2.87	3.89	3.65	3.45	5.44	5.13	4.86	8.22	7.75	7.33	6.96	12.04	11.37	10.80
	0.55	3.99	3.74	3.51	4.75	4.46	4.21	6.65	6.28	5.94	10.04	9.47	8.96	8.51	14.71	13.91	13.21

$\gamma_R = 2.3 \text{ t/m}^3$

Table 6b. 分析結果(使用不可能 範圍中 $h=1.0m$ 일 때는 恒常 可能함)

1 : N	B(m)	H(m)	E部가 制定한 E部 標準石築의 使用不可能 範圍	E部 標準石築을 kockery 式으로 判斷할 境遇
0.35		1.5	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi=20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6 \text{ t/m}^3$ 면 可能	
		2.0	$\phi \leq 25^\circ$	
		2.5		
		3.0		
		3.5	$\phi \leq 30^\circ$	
		4.0		
		4.5		

1 : 0.3	0.45	5.0		全 境 遇 安 全
		1.5	$\phi \leq 12^\circ$. 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.4$ 이면 可能	
		2.0	$\phi \leq 20^\circ$	
		2.5		
		3.0		
		3.5	$\phi \leq 30^\circ$	
		4.0		
		4.5		
	5.0			
	0.55	1.5	全 境 遇 可 能	
		2.0	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.5$ 이면 可能	
		2.5	$\phi \leq 20^\circ$	
		3.0	$\phi \leq 25^\circ$	
		3.5	$\phi \leq 30^\circ$. 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能	
		4.0	$\phi \leq 30^\circ$	
4.5				
5.0				
1 : 0.4	0.35	1.5	$\phi \leq 12^\circ$. 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.4$ 이면 可能	全 境 遇 安 全
		2.0	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能	
		2.5	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能	
		3.0	$\phi \leq 30^\circ$. 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.8$ 이면 可能	
		3.5	$\phi \leq 30^\circ$	
		4.0		
		4.5		
		5.0		
	0.45	1.5	全 境 遇 可 能	
		2.0	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能	
		2.5	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能	
		3.0	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\phi \leq 1.8$ 이면 可能	
		3.5	$\phi \leq 30^\circ$	
		4.0	$\phi \leq 30^\circ$. 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.8$ 이면 可能	
		4.5	$\phi \leq 30^\circ$	
5.0				
	1.5	全 境 遇 可 能		

0.55	2.0			
	2.5	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.5$ 이면 可能		
	3.0	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能		
	3.5	$\phi \leq 20^\circ$		
	4.0	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
	4.5	$\phi \leq 25^\circ$		
	5.0	$\phi \leq 30^\circ$. 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能		
	0.35	1.5	全 境遇 可能	
2.0		$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
2.5		$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能		
3.0		$\phi \leq 20^\circ$		
3.5		$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
4.0		$\phi \leq 25^\circ$		
4.5		$\phi \leq 30^\circ$. 단, $\phi = 30^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.8$ 이면 可能		
5.0		$\phi \leq 30^\circ$		
1 : 0.5	0.45	1.5	全 境遇 可能	全 境遇 安全
		2.0		
	2.5	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
	3.0	$\phi \leq 15^\circ$		
	3.5	$\phi \leq 20^\circ$		
	4.0	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.8$ 이면 可能		
	4.5	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
	5.0	$\phi \leq 25^\circ$		
0.55	1.5	全 境遇 可能		
		全 境遇 可能		
		全 境遇 可能		
	2.0	全 境遇 可能		
	2.5			
	3.0	$\phi \leq 12^\circ$. 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.4$ 이면 可能		
	3.5	$\phi \leq 15^\circ$		
	4.0	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能		
4.5	$\phi \leq 20^\circ$			
5.0	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.8$ 이면 可能			
1.5	全 境遇 可能			
	全 境遇 可能			
	全 境遇 可能			
2.0				
2.5	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.6$ 이면 可能			

1 : 0.6	0.35	3.0	$\phi \leq 15^\circ$	全 境 遇 安 全
		3.5	$\phi \leq 20^\circ$	
		4.0		
		4.5	$\phi \leq 25^\circ$. 단, $\phi = 25^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能	
		5.0	$\phi \leq 25^\circ$	
	0.45	1.5		
		2.0	全 境 遇 可 能	
		2.5		
		3.0	$\phi \leq 12^\circ$. 단, $\phi = 12^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.4$ 이면 可能	
		3.5		
		4.0	$\phi \leq 15^\circ$	
		4.5		
		5.0	$\phi \leq 20^\circ$	
	0.55	1.5		
		2.0		
		2.5	全 境 遇 可 能	
		3.0		
		3.5		
		4.0	$\phi \leq 15^\circ$. 단, $\phi = 15^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.5$ 이면 可能	
		4.5	$\phi \leq 15^\circ$	
		5.0	$\phi \leq 20^\circ$. 단, $\phi = 20^\circ$ 일 때는 $\gamma \leq 1.7$ 이면 可能	

4. 結 論

石築의 實際崩壞現象을 바탕으로 安定解析을 위하여 石築을 Rockery 와 같은 構造物로 假定하였다.

Rockery 는 石築과 마찬가지로 石材사이의 摩擦力과 그 自重으로 水平上壓에 抵抗하며 全體로서 轉倒 또는 滑動하는 일이 드물기 때문에 Rockery 의 設計方法으로 安定性 있는 石築을 設計하는 것이 可能性이 있으며 또한 Rockery 式으로서 石築의 安定解析을 試圖해 볼 수 있다.

政府 各 部署 및 政府投資機關들의 石築標準圖를 Rockery 式으로 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 剪斷抵抗角이 30° 정도의 普通土質에 대한 標準圖는 대체로 安定한 것으로 判斷되어 30° 이상 境遇는 檢討의 對象에서 除外하였으나 A公社와 B公社의 境遇, 剪斷抵抗角이 30° 일 境遇에도 危險한 경우가 있는 것으로 判斷되었다.

(2) 剪斷抵抗角이 10° 또는 20° 程度의 不良土質의 境遇 E部를 除外한 標準圖들에서는 대체로 危險한 傾向을 보이고 있다.

(3) E部를 除外한 石築標準圖들은 대체로 經驗에 基礎하여 製作되어 있어 一貫性이 不足하고 危險한 要素들이 없지 않으므로 모든 土質 및 石材條件을 包含하는 體系의이고 安定性 있는 石築標準圖의 制定이 時急하다.

(4) 本 論文에서는 取扱하지 못한 基礎地盤과 排水設備의 不良으로 因한 石築崩壞와 施工性이

不良하여惹起되는石築의崩壞에대해서더많은研究가必要하다.

또한위에列擧한結論은石築과Rockery의舉動을同一한것으로보고,Hendron의制限된實驗結果를基準으로한것이므로絶對的安定性判斷의指標가될수는없다고생각된다.

參 考 文 獻

1. Gifford, A.B. and Kirkland, T.E., Use and Abuse of Rockeries., Shannon and Wilson Inc., Seattle, Washington, 1985.
2. Hendron, A.J., Jr., Stability Analysis of a Rockery., In-house Report., Shannon & Wilson Inc., 1960.
3. Peck, R.B., Deep excavations and Tunneling in Soft Ground., State-of-the-Art Volume, 7th International Conference, Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico, 1969.
4. O'Rourke, T.D., Lateral Stability of Compressible Walls., Geotechnique 37 No. 2, 1987.
5. Lambe, T.W. and Whitman, R.V., Soil Mechanics, John Wiley & Sons Inc., 1969.
6. Das, B.M., Principle of Foundation Engineering, Brook/Cole Engineering Division., 1984.
7. 土質工學會, 土質工學 핸드북, 1982.
8. 農水產省構造改善局, 土地改良事業標準設計, 昭和 58年.
9. 建設部, 擁壁 標準 設計圖, 1980.
10. 建設部, 技術 指導書, 擁壁의 設計, 1986.
11. 建設部, 土木工事 一般 標準 示方書, 1985.
12. 建設部, 標準 規格 (土木部門), 1987.
13. 建設部, 道路工事 標準 示方書, 1985.
14. 農水產部, 農地改良事業 標準設計(圖面), 擁壁編, 1984.
15. 農水產部, 農地改良事業 標準設計(解說), 擁壁 號 號篇, 1984.
16. 韓國道路公社, 高速道路公事 一般 示方書, 1982.
17. 韓國道路公社, 道路設計要領 第 2 卷, 1976.
18. 大韓住宅公社, 土木工事 標準 示方書, 1967.
19. 大韓住宅公社, 土木工事 施工監督 指針書, 1982.
20. 大韓住宅公社, 土木設計基準, 1987.
21. 韓國土地開發公社, 團地設計要綱, 1985.
22. 韓國土地開發公社, 土木工事 標準 示方書, 1985.
23. 金翔圭, 圓弧滑動法에 의한 石築의 安定解析, 大韓土木學會誌, 1974.
24. 金三石外 5人, 最新土木施工學, 螢雪出版社, 1982

(접수일자 1988. 11. 16)