

# 養生溫度가 Soil Cement 의 壓縮強度에

## 미치는 影響에 關한 研究

### A Study on the Effect of Curing Temperature on the Unconfined Compressive Strength of Soil Cement Mixtures.

金 在 英\*  
Jae Young Kim

#### Summary

This study was conducted to investigate the strength of soil cement for varied curing temperatures (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C) and cement content (3, 6, 9, 12%) in four cement-stabilized soils (KY: sand, MH: sand, SS: sandy loam, JJ: loam). The experimental results obtained from unconfined compressive strength tests were as follows:

1. According to increase of curing temperature as 30, 40, 50, and 60°C, the unconfined compressive strength of soil cement increased, the rate of increase in the early curing period was large, and around 120 hours was sufficient curing time to complete hardening.
2. The strength at 10°C decreased to the rate of 30 to 40 percent than that of 20°C while the strength at 0°C was very small, strength of soil cement increased in cold weather unless that the temperature was below 0°C.
3. The average maximum temperature, about 30°C during July and August in Korea may be recommended for a optimum [construction period to increase the strength of soil cement.
4. Accelerated curing time that strength was equivalent to 28-Day normal curing decreased in accordance with the increase of curing temperature, and also accelerated curing decreased the effect of cement content. Accelerated curing that strength was equivalent to 28-day normal curing for soil cement of cement content 9% and temperature 60°C was 45 hours; KY, 50 hours; MH, 40 hours; SS, 34 hours; JJ.
5. According to the increase of the [percent passing of No. 200 sieve, accelerated curing times became shorter to become the required strength.
6. Relation between accelerated curing times and normal curing days was showed a linear of which slope decreased in accordance with the increase of curing temperature, it may be expressed as follows:

(1). 30°C  $t = 3.6d + 6 (r = 0.97)$

(2). 40°C  $t = 3.2d - 5.1 (r = 0.95)$

(3). 50°C  $t = 2.1d - 4.0 (r = 0.93)$

(4). 60°C  $t = 1.4d + 4.0 (r = 0.90)$

\*忠南大學校 農科大學

in which

t=accelerate curing time.

d=normal curing day.

- Accelerated curing time that the strength was equivalent to 35kg/cm<sup>2</sup> which was the strength of cement brick was 96 hours at temperature 30°C to SS 9%, and 120 hours at temperature 50°C to JJ 9%, Consequently, a economic soil cement brick may be made in future.

## I. 序 論

시멘트 흙을 安定處理 할 때 現場養生溫度는 氣溫의 變化에 따라 크게 變化할 것으로 이 콘크리트의 경우와 같이 硬化作用에 影響이 클 것으로 생각된다.

外國에서는 보통 道路鋪裝工事に 시멘트處理를 하였을 때 7日養生 壓縮強度로 250PSI를 使用하고 있으며 基進養生溫度는 英國에서는 BS1924(1953)<sup>2)</sup>에 의하여 25°C(77°F)로 美國에서는 ASTM D 1132-63(1972)<sup>3)</sup>에 의하여 22°C(73.4°F)를 각각 사용하고 있으며 우리나라에서는 KSF 2329(1973)<sup>4)</sup>에서 미국의 경우와 같이 23°C로 정하여 사용하고 있다. Eno(1929)<sup>1)</sup>는 高速道路鋪裝工事中 氣象要因의 重要性를 指摘하였으며 이들 氣象要因으로는 氣溫, 서리, 日照, 바람, 溫度, 降雨量, 降雨에 의한 流出量, 蒸發等이 包含된다고 하였으며 그밖에<sup>5), 6), 7), 8)</sup> 흙다짐에서 溫度의 影響에 對한 研究가 遂行되어 土工分野에 많은 關心을 갖게 하였다. Soil Cement의 養生溫度에 關한 研究로는 Nurse(1951)<sup>9)</sup>가 Lime Soilmixture에 있어 100°C의 高溫에서 石灰는 덩어리형태의 Silica와 化學적반응을 일으킬 것이며 이런현상은 Soil Cement에서도 일어날 것이라고 하였다. 그후 Clare(1954)<sup>10)</sup>가 5種類의 흙에 10%의 시멘트를 使用한 Soil Cement에 있어 25°C에서의 7日強度는 大略 45°C養生의 1日強度와 같다고 發表하였고 Dumbleton(1960)<sup>11)</sup>, Metcalf(1963)<sup>12)</sup>는 重粘土를 使用한 Soil Cement와 Lime Soil Mixture에 養生온도를 35, 45, 65°C로 각각 달리 變化시킴에 따라 Lime Soil Mixture의 강도가 Soil Cement의 強度보다 컸다고 발표하였다. Davey(1933)<sup>13)</sup>는 1:2:4 (W/C=60%) 콘크리트 공시체(9in.×3in.)를 使用해서 養生온도를 2, 11, 17, 25, 35°C로 하여 28日養生後 壓縮強度 試驗을 한결과 高溫에서의 경우가 저온에서의 경우보다 凝結現象이 빨랐으며 강

도도 더 높았다고 발표하였다. 현재 우리나라에서는 Soil Cement를 도로포장 및 도로기층용으로서 아직 實用化되지 않고 있는 실정이나 앞으로 많은 실험과 연구를 통해서 강도면에서 安정한 경우 경제적인 施工를 위해 Soil Cement가 많이 使用될 것으로 생각된다. Soil Cement를 도로공사에 使用할 경우 養生온도의 調節을 위하여 특수한 施設을 하는것은 어려워 自然狀態에서 기온에 影響을 받게 되므로 따라서 養生에 적합한 季節을 擇하여 施工함이 所要強度를 얻는데 필요한 것으로 생각된다. 또한 Soil Cement 벽돌은 흙벽돌에 비하여 우리나라에서는 아직 實用化되지 않고 있으나 高溫養生施設을 갖추어 早期強度의 增進을 위한 促進養生(Accelerated Curing)을 실시하므로써 實用화 될 수 있을 것으로 생각된다. 본연구에서는 한국산 시멘트를 使用한 Soil Cement와 Soil Cement 벽돌의 강도증진에 養生온도가 미치는 影響을 조사하고 國內外에서 아직 比較研究가 없었던 20°C에서의 28일양생과 촉진양생 및 同各種 양생기간과의 相關關係, 시멘트함량과 촉진양생과의 관계, 20°C를 기준으로한 경우 기준양생시간과 촉진양생시간과의 상관관계 등을 조사 분석 하였다. 본 試驗에 使用한 흙시료는 4종류이며 養生온도는 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C로 각각 달리 하였을때 양생기간에 따르는 압축강도를 측정하여 분석하였다.

## II. 材料 및 試驗方法

### 1. 材料

本試驗에 使用한 흙 試料는 大田市 가양동(KY), 진잠(JJ), 산성동(SS), 문화동(MH)에서 각각 採取하였으며 그의 粒度分布 및 物理, 化學的 性質과 使用한 시멘트의 물리, 火간적 성질은 한국농공학회지 17권 1호에 게재된 筆者의 論文에서 使用한 것과 同一하다.

2. 試驗設計 및 方法

가. 시험설계

본시험설계의 내용은 Table-1과 같다.

Table-1 Experimental Design

Item	Content
Soil Type	KY, MH, SS, JJ.(4)
Cement Content(%)	3, 6, 9, 12, (4)
Curing Temp.(°C)	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, (7)
Curing Time	7, 14, 28 Days, 24, 48, 72, 96, 120, 148, Hours(9)
Specimens	(1x4x3x3+1x4x6)x3=396
TTotal	396x4(Soils)=1584 (Specimens)

나. 方法

壓縮試驗用 供試體는 BS 1924(1957)<sup>28)</sup>에 의하여 Fig. 1의 몰드에 높이가 직경의 2배가 되도록 供試體(43x86<sup>mm</sup>)를 제작하였다. 이공시체 제작은 試料를 다짐시험에서 구한 최적함수비로 조제하여 최대 건조밀도에 相當하는 量을 몰드에 一回에 넣고 上下

에서 프라그에 의하여 油壓잭으로 압축하여 밀도가 균일하게 되도록 제작하였다. 또한 양생에는 양생 Box와 Oven을 사용하였다. 압축강도는 Proving ring의 용량 100kg과 1000kg의 일축압축 시험기를 사용하여 측정하였다.

III. 結果 및 考察

Table-1의 實驗計劃에 의하여 實驗한 結果는 Table A-1(附錄)과 같다. 흙에 포틀란트 시멘트를 添加하면 흙의 성질 및 구조에 있어서 一定한 變化가 일어날 것이라는 것은 알려진 사실로서 이문제에 대해서 처음으로 연구를 했던 Catton<sup>29)</sup>은 이런 변화는 시멘트의 水和作用에 의해서 흙에 시멘트를 첨가하던 흙입자가 덩어리 형태로 되어 굳어진다고 하였고 Jack<sup>30)</sup>은 Soil Cement에 있어서 水和作用이 진행됨에 따라 점토는 칼슘형태로 전환되며 점토층에서 Silica와 Alumina가 용해되어 단단한 재료가 형성된다고 하였다. Chadda<sup>31)</sup>는 흙에 시멘트를 첨가하던 시멘트의 수화작용에 의해 발생한 가변성을 띤 Ca<sup>++</sup> 이온이 증가하게 되어 K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 이온으로 완전히 대체된다고 하였다. 즉 양전화를 띤 Ca 이온이 음전화를 띤 점토입자의 표면으로 흡착되어 굳어지는 것으로 생각된다. 이상과 같이 흙과 시멘트 사이에는 물리적 및 화학적반응이 일어나서 응결되는 것으로 생각되나 아직도 화학식으로 정의를 내리지는 못하고 있다. Fig. 2는 KY, MH, SS, JJ에 9%의 시멘트를 混合할때 양생온도가 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 °C에 대한 강도와 양생시간과의 관계를 나타낸 것으로 대체로 양생초기로부터 48~72 시간 사이에서 강도증가율이 높았으며 120시간 경에서는 완만한 증가를 나타내고 있으므로 거의 충분한 양생시간에도 달한 것으로 생각되나 그후에도 강도를 증진시키는 화학적작용은 계속되는 것으로 생각된다. 또한 같은 양생기간에서도 양생온도가 높을수록 강도는 증가하는 경향을 보였으며 Clare(1954)<sup>32)</sup>, Metcalf(1963)<sup>33)</sup>, (1966)<sup>34)</sup>등도 같은 결과를 발표하였다.

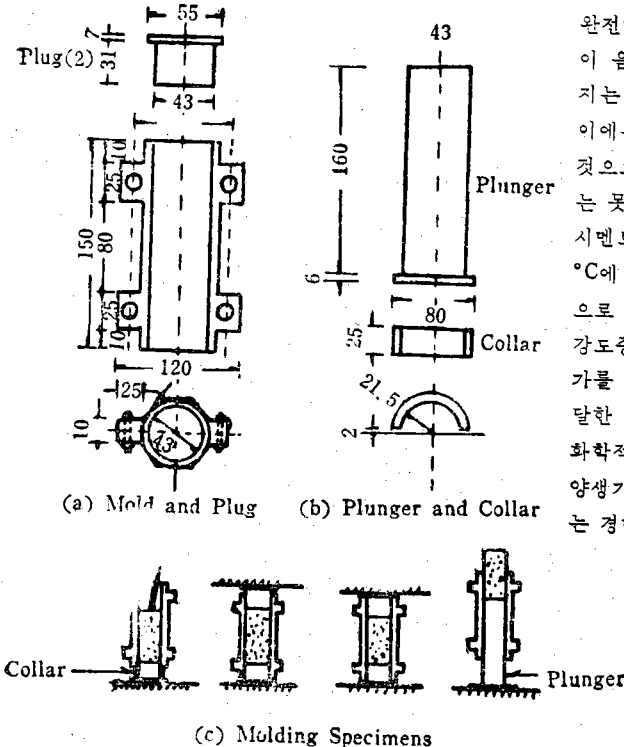


Fig. 1. Apparatus used for molding 86<sup>mm</sup> high by 43<sup>mm</sup> diameter test specimens (Unit: mm)

양생 온도가 10°C에서는 20°C의 강도에 30~50%로 감소하였고 0°C에서는 더욱 강도가 감소하는 경향을 보였으나 0°C에서도 Soil Cement의 凝結현상이 일어나고 있음을 알았다. Castan(1970)<sup>35)</sup>은 Cement gravel 安定處理基層工事は 溫和한 季節에 施工되어야 한다고 氣象의 條件을 들은바 있다. Table A-2(附錄)<sup>22)</sup>는 우리나라 전국각지역의 6월~9월의 平均氣溫, 平均

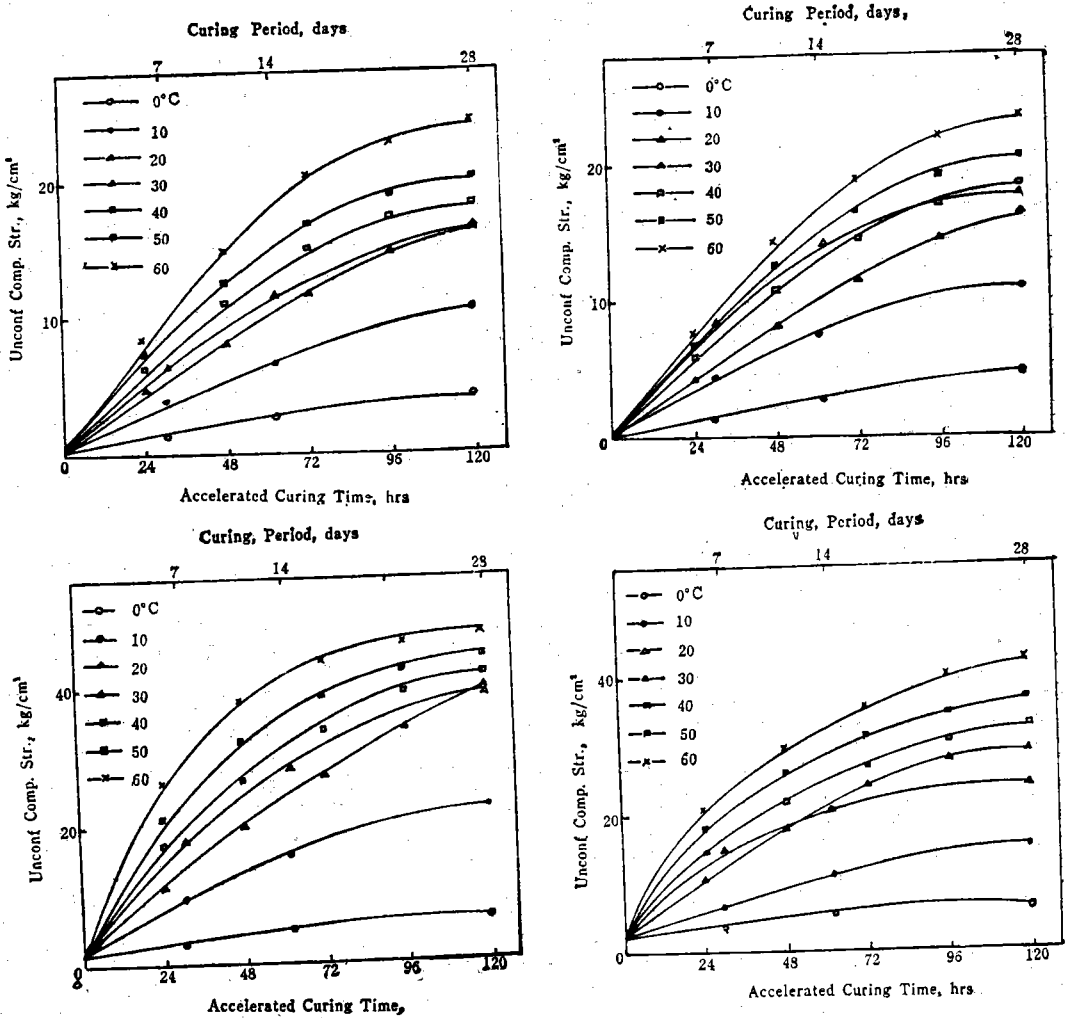


Fig. 2. Strength Time Behavior of Soil Cement at Various Curing Temperature.

最大氣溫 및 平均最低氣溫을 나타낸 것으로 大部分의 定域은 7月~8月の 平均最大氣溫이 約 30°C 이므로 이 季節이 Soil Cement 工事中에서 Table A-1에서와 같이 높은 강도를 낼수 있는 時期이며 따라서 低溫 및 冬期工事は 피하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 筆者는 前記한 論文에서 시멘트처리물 하지않은 4가지흙(KJ: 砂質 loam, JJ: 砂質粘土 loam, MH: 粘土 loam, SS: 砂)에 대해서 溫度를 -1°C에서 부터 22°C까지 變化시키면서 공시체제작직후에 압축강도시험을 한결과 7~15°C에서 최대강도가 나타남을 발표한바 있다.<sup>11)</sup> 또한 Joakim(1969)<sup>12)</sup>은 Kaolinite, montmorillonite, illite, montmorillonite-illite 등 4종류의 흙에 대해서 35°F, 70°F, 105°F일 때 시멘트처리물 하지않고 공시체제작 직후에 압축강도 시험을 한결과 illite의 경우는 70°F에서 가장

높았고 다른 3종류는 105°F에서 약간 높았다고 발표하였고 Mehmet(1969)<sup>13)</sup>는 건조된 분말 Kaolinite 점토를 사용해서 70°F, 100°F, 125°F, 150°F 압축강도 시험을 한결과 온도가 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 보인다고 발표한바 있다. 이와같이 흙을 다져서 직접과피할 경우는 어느 한정은 도이상에서는 흙의 종류에 따라서 다르겠으나 온도가 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 생각된다.

Soil Cement에 있어 促進養生을 하면 基準養生(26°C)에 의해서 일어나는 것보다 더욱빠른 반응이 일어 날것으로 생각된다. Fig. 3~Fig. 6은 압축강도, 양생온도, 양생시간과의 관계를 나타낸 것으로서 양생온도 20, 30, 40, 50, 60°C에 있어서 x축은 각각의 양생온도에 대해서 28日基準養生時의 강도와

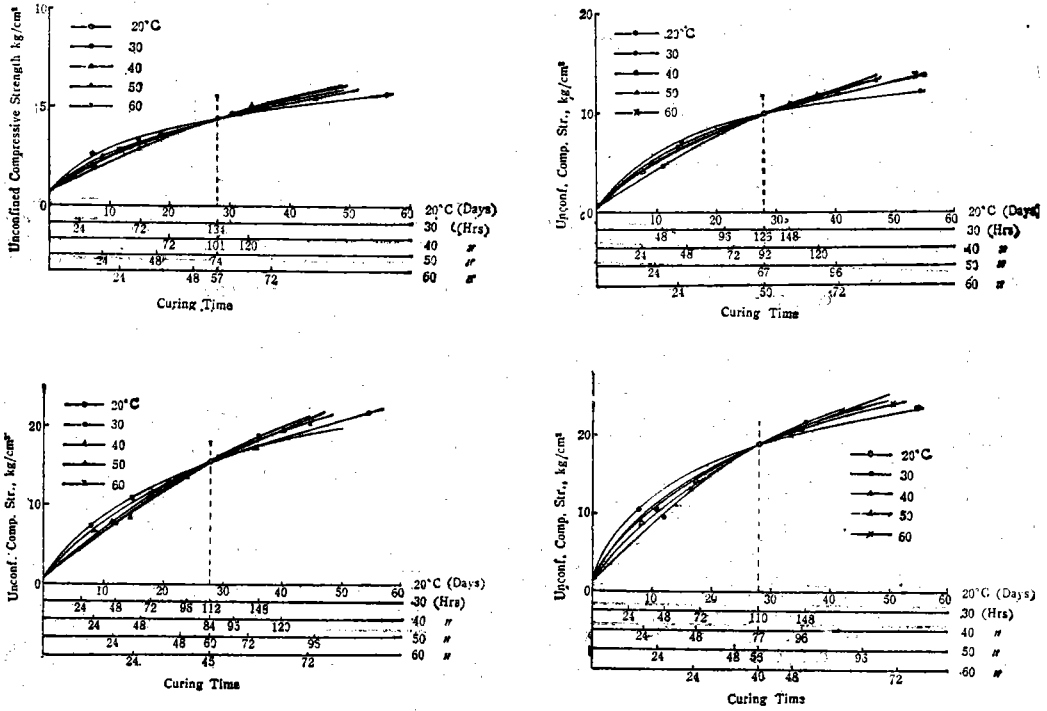


Fig. 3. Normalized Strength-Time-Temperature Relationship for Soil Cement (KY).

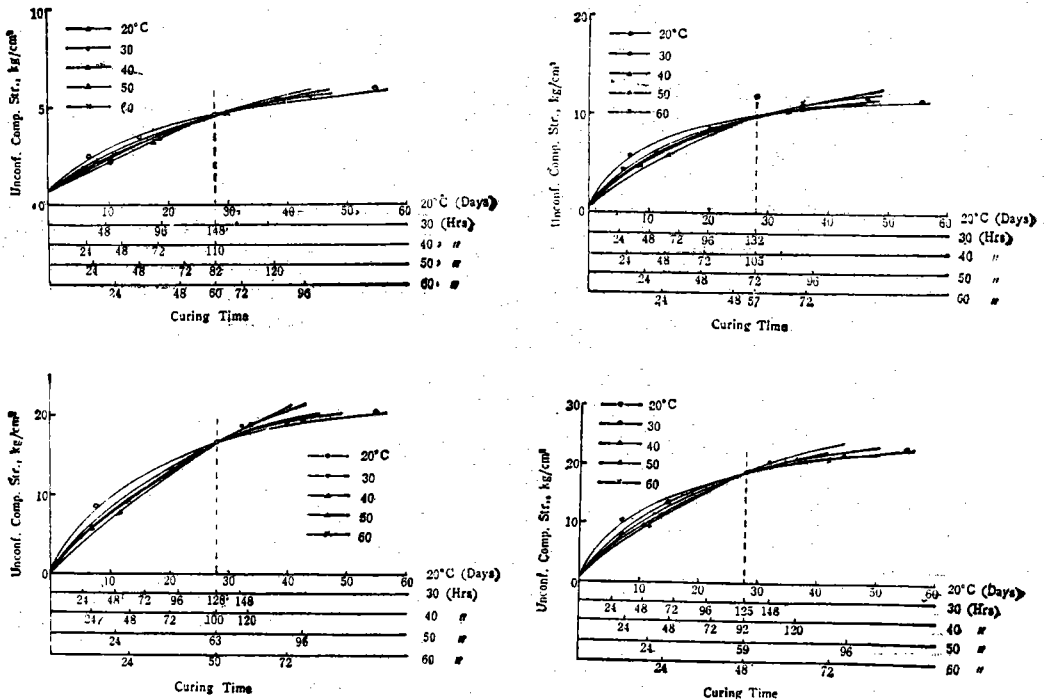


Fig. 4. Normalized Strength-Time-Temperature Relationship for Soil Cement (MH).

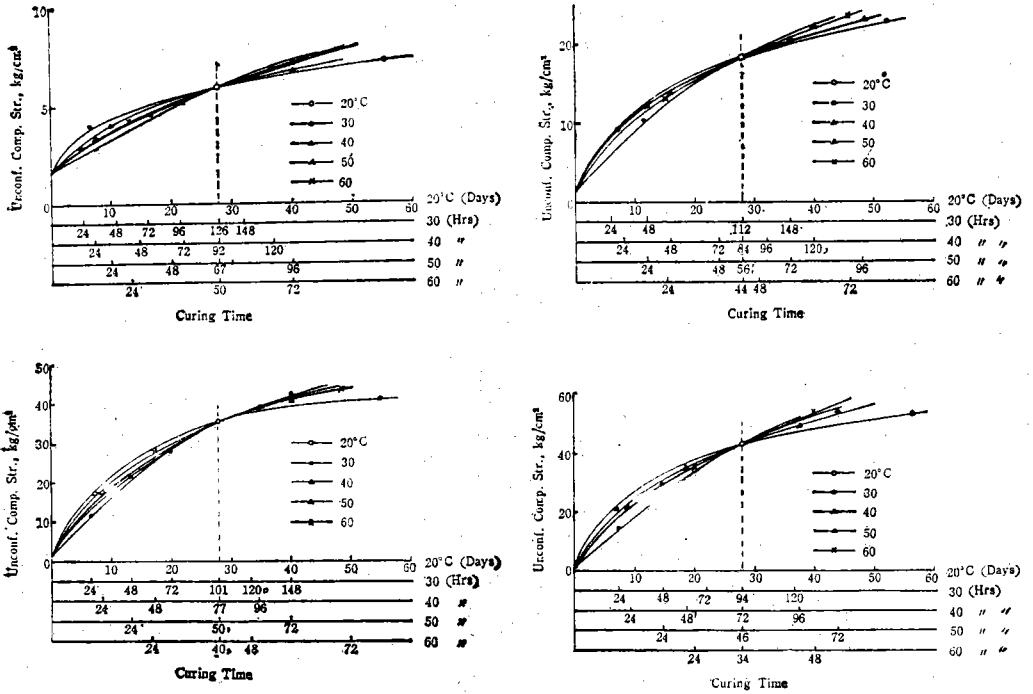


Fig. 5. Normalized Strength h-Time-Temperature Relationship for Soil Cement (SS).

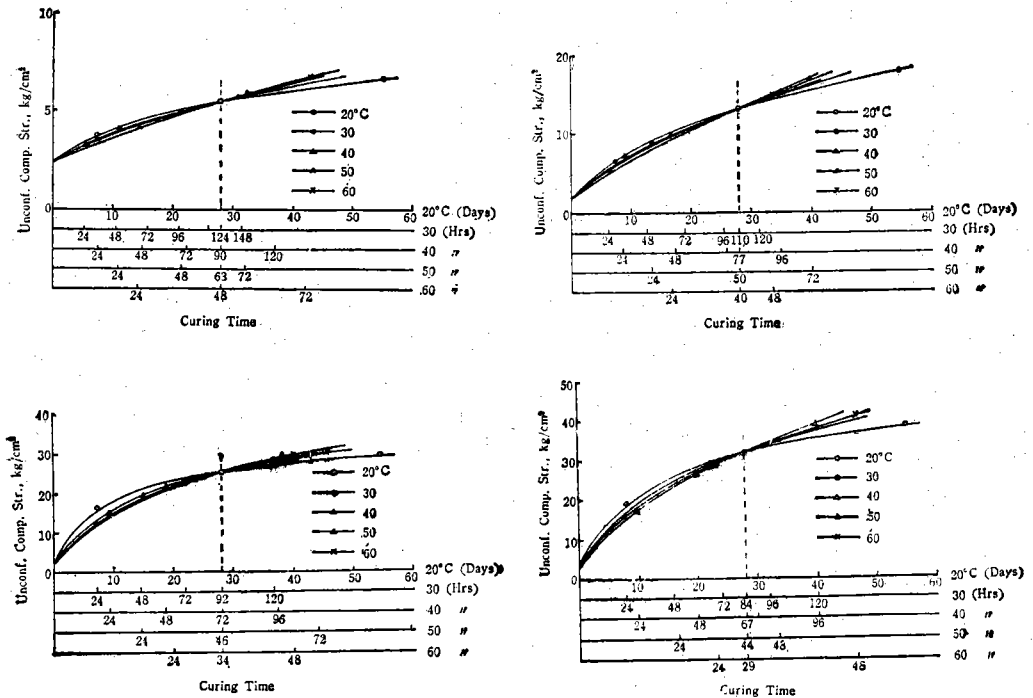


Fig. 6. Normalized Strength-Time-Temperature Relationship for Soil Cement (JJ).

같은점을 지나도록 圖示하였다. 그림에서 28日強度와 같은 강도를 나타내는 양생시간은 각각 다르며 이 결과를 要約하면 Table-2와 같다. 表에서 시멘트含量 9%의 경우 60°C에서 KY는 45시간, MH는 50시간, SS는 40시간, JJ는 34시간에서 28일기준양생한 것과 같은 강도를 나타내므로 양생기일을 단축할수 있다.

Fig. 7은 양생온도와 28일양생과 동등한 促進養生時間과의 관계를 나타낸 것이다. 一般的으로 양생온도를 높이면 28일양생과 동등한 촉진양생시간이

짧아지며 또한 養生溫所가 높을수록 시멘트 3, 6, 9, 12%의 各曲線間의 間격이 좁아지는 경향을 보였다. 즉, 양생온도가 증가함에 따라 28일양생과 동등한 촉진양생시간은 시멘트含量的 영향이 적어지는 것을 알수있다. 또한 기준양생의 경우 KY와 MH, SS와 JJ의 강도차이가 각각 많았으나 촉진양생으로 그차이가 적어졌으며 28일양생과 동등한 촉진양생시간은 오히려 MH보다 KY가 SS보다 JJ가 각각 더 적은 값을 나타내고 있다. 이러한 현상은 촉진양생으로 水和作用과 化學的變化를

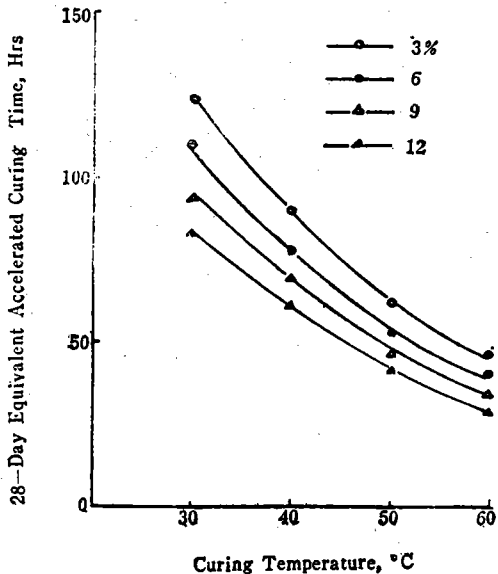
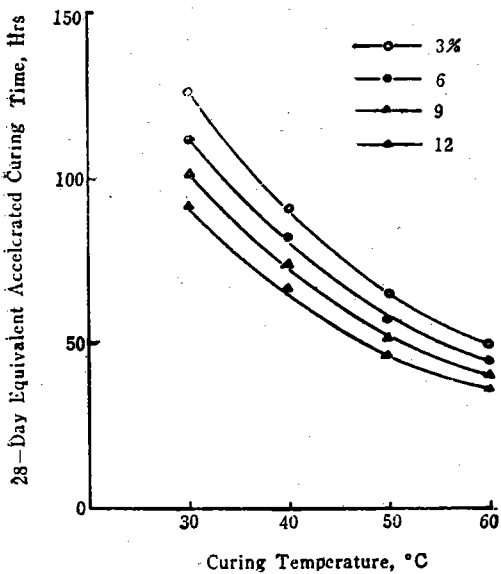
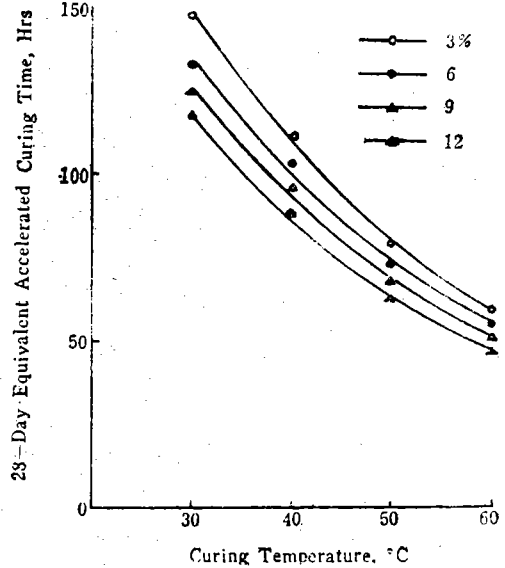
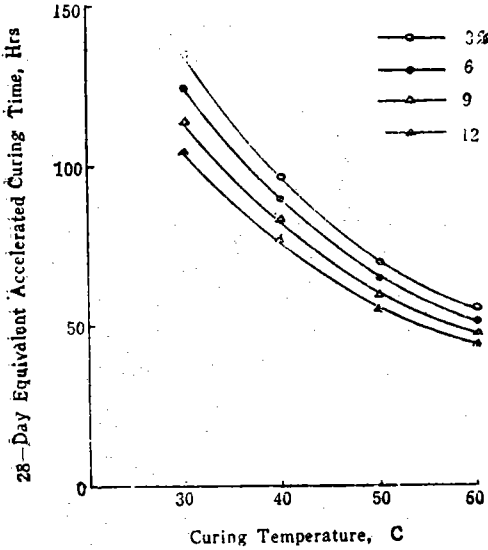


Fig. 7. Effect of Curing Temperature on Accelerated Curing Time Equivalent to Different Normal Curing period for Soil Cement.

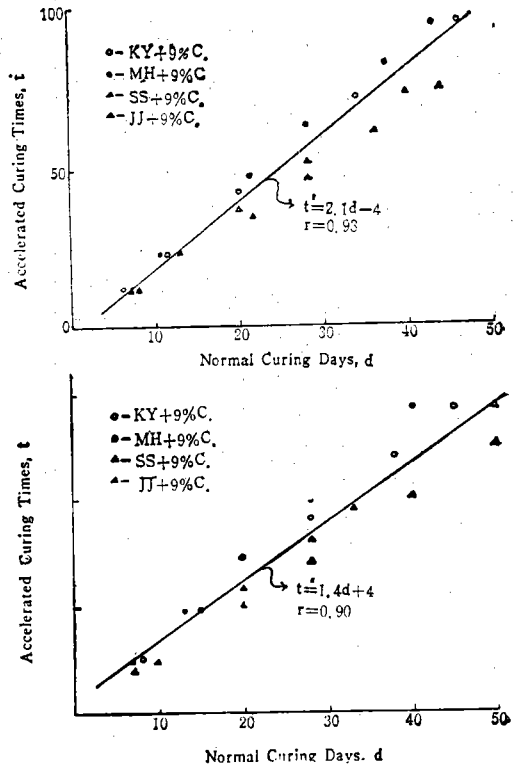
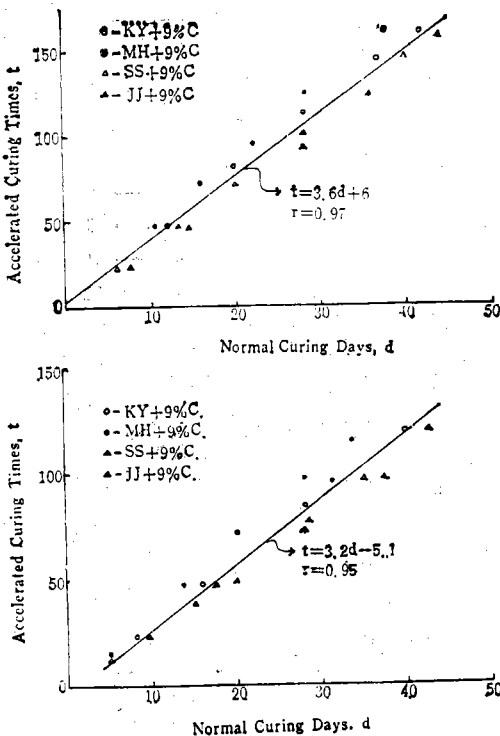
**Table-2 Accelerated Curing Time Equivalent to 28-Day Normal Curing Time.**

Soli Type	Cement Content (%)	28-Day Equivalent Accelerated Curing Times in Hours at Temperatures				Remarks
		30°C	40°C	50°C	60°C	
KY	3	134	101	74	57	
	6	126	92	67	50	
	9	112	84	60	45	
	12	110	77	56	40	
MH	3	148	110	82	60	
	6	132	105	72	57	
	9	128	100	63	50	
	12	125	92	59	48	
SS	3	126	92	67	50	
	6	112	84	56	44	
	9	101	77	50	40	
	12	94	72	46	34	
JJ	3	124	90	63	48	
	6	110	77	50	40	
	9	92	72	46	34	
	12	84	67	44	29	

축진시키는데 있어 흡입자가 미세할수록 그반응이 더욱 활발한 것으로 보인다. 即 200번째 통과량의 名寡가 축진양생에 영향을 미치는 것으로 생각된다. Radhakrishnan(1967)<sup>17)</sup>는 Black Cotton Soil을 사용해서 양생온도를 140°C에서 800°C까지 높인 경우 점토粒子가 固結되어 흙의 團粒구조를 나타낸다고 발표한바 있는데 우리주위에서 보는 붉은 벽돌은 이러한 결과에서 높은 강도를 갖는 것으로 생각된다. Fig. 8은 시멘트 9%의 경우 기준양생기일과 축진양생기간과의 상관관계 나타낸 것으로 직선관계를 부이고 있으며 양생온도가 증가할수록 직선의 기울기는 낮아지고 있다. 이러한 현상은 양생온도가 증가할수록 축진양생시간이 짧아지는데 기인하는 것으로 생각된다. 각각의 양생온도에서 얻은 상관식을 요약하면 Table-5와 같다.

**Table-5 Linear Regression Analysis of Soil Cement at Various Temperature.**

Curing Temp.	Linear Regression Analysis
30°C	$t = 3.6d + 6$ ( $r = 0.97$ )
40	$t = 3.2d - 5.1$ ( $r = 0.95$ )
50	$t = 2.1d - 4$ ( $r = 0.93$ )
60	$t = 1.4d + 4$ ( $r = 0.90$ )



**Fig. 8 Relationship Between Normal Curing Days and Accelerated Curing Times at Various Temperatures.**



建築用으로 使用하고 있는 시멘트벽돌(6×10×21 cm)은 50kg/cm<sup>2</sup>의 기준강도를 요구하고 있으나 실제 대부분의 벽돌공장에서 제작하고 있는 벽돌제품들이 기준에 미달하고 있는 실정이다. Table-6은 市内 4個工場에서 수집한 벽돌을 강도시험한 결과를 나타낸 것이다.

Table-6 Brick Strengths of Various Brick Co. in Dae jeon.

Company Items	S.Co.	K.Co.	M.Co.	T.Co.	Remarks
Strength kg/cm <sup>2</sup>	36	34	32	42	28-Day Curing

表에서 보던 4개공장의 것이 32~42kg/cm<sup>2</sup>의 강도를 나타내고 있는데 平均을 35kg/cm<sup>2</sup>로 보면 SS 9%의 경우 30°C에서 96시간, JJ 9%의 경우 50°C에 120시간, 촉진양생을 시키면 위의 강도를 얻을 수 있다.

따라서 Soil Cement를 촉진양생하므로써 시멘트 벽돌과 대치할수 있는 경제적인 벽돌로 등장시킬수 있는 것으로 생각된다. 그러나 여기에는 촉진양생시설 및 흙시료의 선정등 어려운 문제도 있는 것으로 생각된다.

#### IV. 結 論

本試驗에서는 養生溫度가 壓縮強度에 미치는 영향을 조사하기 위해서 溫度象化에 따른 압축강도시험결과를 分析하여 여러因子間的 相關關係를 구하였다. 試驗에는 4종류(KY: Sand, MH:Sand, SS: Sandy loam, JJ: Loam)의 試料에 시멘트 3, 6, 9, 12%를 添加하여 0, 10, 20, 30 40, 50, 60°C로 각각 양생온도를 달리해서 양생기간별 압축간도 시험을 하였다. 本試驗의 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 養生溫度를 30, 40, 50, 60°C로 각각 변화시킬때 따라 Soil Cement의 壓縮強度는 증가하고 그의 增加率은 養生初期에 큰 값을 나타냈으며 120時間경에는 거의 充分한 양생이 이루어진 것으로 보인다.

2. 10°C의 경우는 20°C의 경우보다 30~40% 강도가 감소되었고 0°C에서는 약간의 강도만을 나타냈으나 0°C에서도 강도는 증가되었다.

3. 우리나라 각지역의 平均最高氣溫은 7月~8월에 約 30°C로 Soil Cement의 강도증진을 위해서는 理想的인 工事期間임을 提案한다.

4. 양생온도를 높이면 28日基準養生과 同等한 촉진양생시간은 減少하는 경향을 나타냈으며 시멘트함량의 영향도 적어지는 경향을 나타냈다. 또한 시멘트함량 9%인 경우 양생온도 60°C에서 KY는 45시간, MH는 50시간, SS는 40시간, JJ는 34시간의 양생강도와 20°C의 28日기준양생강도는 同一했다.

5. 흙의 粒度分布가 促進養生에 영향을 미치는 것으로 200번체 통과량아 많을수록 소요강도에 도달하는 촉진양생시간이 짧았다.

6. Soil Cement에 있어서 기준양생기일과 촉진양생기간과의 사이에는 직선관계가 성립되고 양생온도가 증가할수록 직선의 기울기는 감소하는 경향을 보였고 그상관식은 다음과 같다.

$$(1) 30^{\circ}\text{C } t = 3.6d + 6 \quad (r = 0.97)$$

$$(2) 40^{\circ}\text{C } t = 3.2d - 5.1 \quad (r = 0.95)$$

$$(3) 50^{\circ}\text{C } t = 2.1d - 4 \quad (r = 0.93)$$

$$(4) 60^{\circ}\text{C } t = 1.4d + 4 \quad (r = 0.90)$$

식에서  $t$  = 촉진양생시간

$d$  = 기준양생기일

7. 시멘트 벽돌의 강도를 35kg/cm<sup>2</sup>로 보면 SS 9%의 경우 30°C에서 96시간, JJ 9%의 경우 50°C에서 120시간 촉진양생하므로써 35kg/cm<sup>2</sup>의 강도를 얻을수 있어 경제적인 Soil Cement 벽돌을 개발할 수 있다.

#### 參 考 文 獻

1. American Society for Testing Materials. 1972. "Standard Method of Making & curing Soil-Cement Compression & Flexure Test Specimens in the Laboratory".
2. British Standard 1924. 1953. "Methods of Test for Stabilized Soils. British Standards Institution.
3. Castan, M., M. Veysset & A. Gerbod. 1970. "Influence of Climatic Conditions on the Set-

ting and Hardening of a Cement-gravel." Bull. Liaison Lab. Rout., Ponts Chauss. 48 : 81-91.

4. Catton, M. D. 1940. "Research on the Physical Relations of Soil & Soil Cement Mixtures." H.R.B. Proc. 23 : 821-855.

5. Chadda, L.R. 1970. "Phenomenon of Aggregation in the Stabil-



Appendix  
Table A-1 Results of Unconfined Compressive Strength Tests.

Soil Type		Temperature		Time																
				0°C			10°C			20°C			30°C							
		Cement Content		7D	14D	28D	7D	14D	28D	0D	7D	14D	28D	56D	24H	48H	72H	96H	120H	141H
		%	kg/cm <sup>2</sup>																	
KY	3	0.8	1.2	1.5	1.8	2.2	3.0	0.34	2.5	3.1	4.3	5.5	1.4	2.5	3.0	3.4	4.1	4.6		
	6	1.1	2.4	3.1	3.4	4.2	5.2	0.35	5.2	6.8	9.5	12.1	2.8	4.4	6.0	8.5	9.2	10.2		
	9	1.5	2.8	4.2	4.0	6.7	11.2	0.34	6.5	11.2	16.7	22.0	4.4	7.2	11.8	14.2	16.8	19.2		
	12	2.4	3.5	5.4	8.7	12.4	13.5	0.35	11.2	16.2	18.5	23.2	5.4	9.2	12.8	16.5	19.3	21.4		
MH	3	0.8	1.3	1.7	1.8	2.8	3.5	0.58	2.7	3.2	4.5	5.8	1.2	2.6	2.8	3.4	4.0	4.8		
	6	1.3	2.6	3.5	4.0	4.3	5.8	0.71	6.5	7.2	9.8	12.2	2.8	4.3	5.9	8.6	9.5	10.6		
	9	1.7	3.0	4.7	4.8	7.0	11.5	0.50	9.1	15.0	17.8	21.0	4.6	7.6	11.8	14.5	16.8	19.0		
	12	2.8	3.9	6.2	10.2	12.8	14.2	0.47	13.1	17.2	19.5	23.8	5.4	9.0	12.6	16.6	19.1	20.9		
SS	3	1.5	2.2	2.8	3.0	3.7	4.0	1.34	4.2	5.1	5.9	7.1	3.2	4.0	4.6	5.4	5.8	6.4		
	6	2.0	3.2	5.3	6.0	10.2	12.3	1.04	9.9	15.7	18.2	22.2	6.2	10.2	13.4	16.9	17.2	18.5		
	9	2.8	4.5	6.7	10.2	17.2	22.3	1.24	18.2	28.7	36.2	40.2	12.2	20.4	27.5	35.5	40.0	43.5		
	12	4.0	7.5	11.4	12.3	21.5	30.5	1.34	20.5	36.2	45.7	52.3	15.4	26.5	36.5	45.2	48.2	51.4		
JJ	3	2.5	3.0	3.4	2.7	3.2	3.8	2.48	3.8	4.7	5.4	6.8	3.2	3.8	4.4	5.0	5.8	6.3		
	6	2.7	3.5	4.2	4.5	6.2	8.3	2.58	7.2	9.6	13.5	17.2	5.8	9.0	12.4	14.1	15.4	16.7		
	9	3.5	4.2	6.5	7.8	11.0	15.4	2.52	16.2	20.0	24.5	28.5	12.0	18.5	24.0	27.2	29.4	33.2		
	12	4.0	6.8	10.5	12.0	13.5	19.7	2.52	20.1	22.5	32.5	38.5	15.4	24.5	31.4	35.0	38.2	41.0		

Soil Type		Temperature		Time														
				40°C				50°C				60°C						
		Cement Content		24H	48H	72H	96H	120H	24H	48H	72H	96H	120H	24H	48H	72H	96H	120H
		%	kg/cm <sup>2</sup>															
KY	3	2.0	2.7	3.4	4.4	5.0	2.6	3.6	4.4	5.1	5.4	2.8	4.1	5.2	5.8	6.4		
	6	4.4	6.4	8.5	10.2	11.2	5.0	8.2	10.1	11.6	12.4	6.4	9.6	11.6	13.4	15.1		
	9	6.5	11.0	14.8	16.5	18.4	7.1	12.5	16.8	18.5	20.2	8.5	15.6	20.2	22.5	25.3		
	12	8.5	14.2	17.5	20.3	22.5	9.4	16.5	20.4	23.1	25.5	12.5	19.8	23.1	25.4	28.5		
MH	3	1.8	2.6	3.4	4.6	5.1	2.2	3.4	4.4	4.8	5.6	2.5	3.7	4.8	5.8	6.6		
	6	3.7	6.8	7.5	9.2	11.5	4.8	8.0	9.8	11.5	12.4	6.0	9.1	11.2	13.2	14.5		
	9	6.8	10.8	14.4	16.4	18.0	3.1	12.3	16.4	18.6	20.2	8.1	15.2	19.2	22.2	23.6		
	12	7.8	13.8	16.6	19.8	22.0	8.5	15.7	19.6	22.5	24.2	11.4	19.3	22.9	24.4	27.2		
SS	3	3.6	4.4	5.2	6.1	7.0	4.2	5.4	5.8	7.0	8.1	4.4	5.9	6.6	8.3	9.5		
	6	8.2	12.2	15.5	18.7	20.5	10.4	15.3	20.3	22.3	24.1	13.5	18.4	22.5	24.3	27.1		
	9	18.2	27.0	33.1	39.2	42.4	22.1	35.7	39.2	42.5	44.3	28.1	38.2	43.5	45.7	47.2		
	12	22.1	35.2	45.4	48.2	51.2	28.2	45.8	52.3	54.3	56.2	35.1	52.5	56.0	59.2	61.2		
JJ	3	3.8	4.5	5.2	6.4	12.4	4.2	5.5	6.1	7.2	8.5	4.5	6.1	6.9	8.5	10.2		
	6	8.0	12.1	14.2	16.8	19.2	9.3	13.1	17.4	21.2	24.2	10.5	15.2	18.2	22.4	26.5		
	9	15.0	22.4	26.5	30.2	33.4	20.2	27.5	30.5	33.4	35.2	23.5	30.2	37.3	41.5	43.5		
	12	18.2	27.2	33.2	38.2	42.2	25.5	35.7	43.2	47.2	51.2	29.5	41.2	48.5	55.3	58.4		

Appendix

Table A-2 The General Weather Condition of Regional Group in Korea.

(1970~1973)

Area	Item Mon+h	Mean Temperature				Mean Max. Temperature				Mean Min. Temperature				Remarks
		6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	
속 촌 강 서 울 문 인 수 서 청 대 추 진 충 목 여 전 군 대 이 포 울 광 부 제 서	초	18.9	23.6	23.9	19.3	21.7	26.0	26.4	22.0	16.3	21.1	21.5	16.4	
	천	21.2	24.9	24.1	18.5	26.9	29.6	28.7	24.4	16.7	21.2	20.5	14.1	
	용	20.3	24.9	24.4	19.3	24.7	29.0	28.4	23.7	16.5	21.5	21.3	15.8	
	물	21.3	24.8	24.9	20.3	26.2	28.8	28.9	25.1	17.6	21.9	27.2	16.4	
	도	18.2	22.9	23.4	19.6	21.2	26.1	26.9	23.1	15.5	20.5	21.1	17.2	
	천	19.7	23.7	24.3	20.3	23.7	27.1	27.8	24.4	17.0	21.3	21.8	16.8	
	원	20.8	24.8	24.7	19.8	25.9	28.9	29.2	25.2	16.2	21.2	21.0	14.7	
	산	20.4	24.3	24.8	19.9	25.2	28.3	29.1	25.1	16.6	21.4	21.4	15.4	
	주	21.5	25.5	25.2	19.8	25.7	29.2	29.8	26.0	15.6	20.9	21.9	16.9	
	전	21.5	25.5	25.4	20.2	26.5	29.9	29.9	25.4	17.3	22.2	22.0	16.1	
	평	20.5	24.7	24.5	19.2	26.0	30.0	29.2	24.7	16.1	20.8	23.3	15.0	
	주	21.3	25.8	26.0	21.1	26.3	30.0	30.2	26.0	16.8	22.2	22.0	16.8	
	무	20.5	24.8	25.9	22.0	24.0	28.1	29.4	25.8	17.7	22.5	23.3	19.0	
	포	20.6	24.9	26.1	21.8	24.4	28.5	30.0	25.8	17.8	22.4	23.5	19.0	
	수	20.5	24.7	25.9	21.7	23.8	27.8	29.1	25.2	17.9	22.5	23.3	19.0	
	주	22.0	26.1	26.3	21.1	27.2	30.5	30.9	26.2	17.2	22.4	22.2	16.5	
	산	20.5	25.1	25.6	21.0	24.4	28.8	29.3	25.0	17.8	22.4	22.8	17.6	
	구	21.9	26.3	26.2	21.0	27.2	31.0	30.9	25.9	17.3	22.5	22.4	17.0	
	리	21.1	24.9	25.9	21.3	25.6	28.8	30.3	26.6	17.5	21.8	22.3	17.2	
	향	20.2	25.2	25.2	21.8	24.4	29.5	29.2	26.5	16.5	21.7	22.1	18.4	
산	20.4	25.4	25.6	20.9	25.1	30.0	30.1	25.7	16.5	21.9	21.9	17.2		
주	21.5	25.6	26.2	21.1	26.5	30.0	30.5	25.8	17.5	22.4	22.7	17.2		
산	20.1	24.5	25.6	21.6	23.2	27.4	28.9	25.3	17.5	22.3	23.1	18.9		
주	20.8	25.9	26.6	22.5	24.2	29.2	29.8	25.5	17.8	23.0	23.4	19.4		
포	20.7	25.3	26.6	22.7	23.4	27.8	29.5	26.2	18.1	23.1	23.9	19.8		