

含水比, 養生溫度 및 흙의 粒度가 Soil-Cement의 壓縮強度에 미치는 影響에 關한 研究 (II)

Studies on the Effect of Water Content, Curing Temperature and Grain Size Distribution of Soils on Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement Mixtures.

金 在 英* 姜 信 業**
Jae Young Kim Sin Up Kang

Ⅱ. 養生溫度가 壓縮強度에 미치는 影響

1. 材料 및 試驗方法

가. 材 料

材料는 前項에서 사용한 것과 동일한 것을 사용하였다.

나. 試驗方法

試驗方法은 前項과 同一한 方法을 擇하였으며 壓縮試驗用 試片은 Table 4와같이 4種類의 흙에 시멘트 含量 3, 6, 9, 12%를 添加時 養生溫度를 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C로 하였을 경우 各養生期間別로 供試體를 만들었다.

Table 4. Experimental Plan.

Item	Content
Soil Type	KY, MH, SS, JJ
Cement Content (%)	3, 6, 9, 12
Curing Temperature(°C)	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60
Curing Time	7, 14, 28days, 24, 48, 72, 96, 120, 144hrs
Total Number of Specimens	(4×4×3×3+4×4×4×6)×3=1, 584

2. 結果 및 考察

Table A-2(附表)는 4種類의 흙에 養生溫度를 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C로 變化시키면서 各養生期間別의 壓縮強度 試驗結果를 나타낸 것이다.

Fig. 8은 KY, MH, SS, JJ 흙 試料에 시멘트 添加量 9%인 경우, Fig. A-3, 4, 5(附圖)는 시멘트 添加量 3%, 6%, 12%인 경우 養生溫度 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C에 대한 強度와 養生時間과의 關係를 Table A-2에서 나타낸 것으로 大體로 養生初期로부터 48~72時間 사이에서 強度增加率이 높았으며 120時間 경에서는 完만한 增加를 나타내고 있으므로 거의 充分한 養生時間에 도달한 것으로 생각되나 그후에도 強度를 增進시키는 化學的 反應은 繼續되는 것으로 생각된다.

*全北大學校 農科大學

**忠南大學校 農科大學

또한 같은 養生期間에서도 養生溫度가 높을수록 強度는 增加하는 傾向을 보였으며 Clare⁽²⁰⁾, Metcalf^(74,75)등도 같은 結果를 發表한 바 있다.

양생온도가 10°C에서는 20°C로 養生한 強度의 30~50%로 減少하였고 0°C에서는 더욱 強度가 減少하는 傾向은 보였으나 0°C에서도 Soil-Cement의 硬化現象이 일어나고 있음을 알 수 있다.

筆者⁽⁸³⁾는 시멘트 處理를 하지 않은 4종류의 흙(KJ : Sandy loam, JJ : Sandyclay, MH : Clayey loam, SS : Sand)에 對해서 溫度를 -1°C에서부터 22°C까

지 變化시키면서 供試體製作 직후에 壓縮強度試驗을 한 結果 7~15°C에서 最大強度가 나타났음을 發表한 바 있다.

또한 Joakim⁽⁴⁹⁾은 Kaolinite, Montmorillonite, Illite, Montmorillonite-illite 등 4종류의 흙에 對해서 35°F, 70°F, 105°F일때 시멘트 處理를 하지 않고 供試體製作 직후에 壓縮強度試驗을 한 結果 Illite의 경우는 70°F에서 가장 높았고 다른 3종류는 105°F에서 약간 높았다고 發表하였고 Mehmet⁽⁷²⁾는 건조된 분말 Kaolinite 점토를 사용해서 70°F, 100

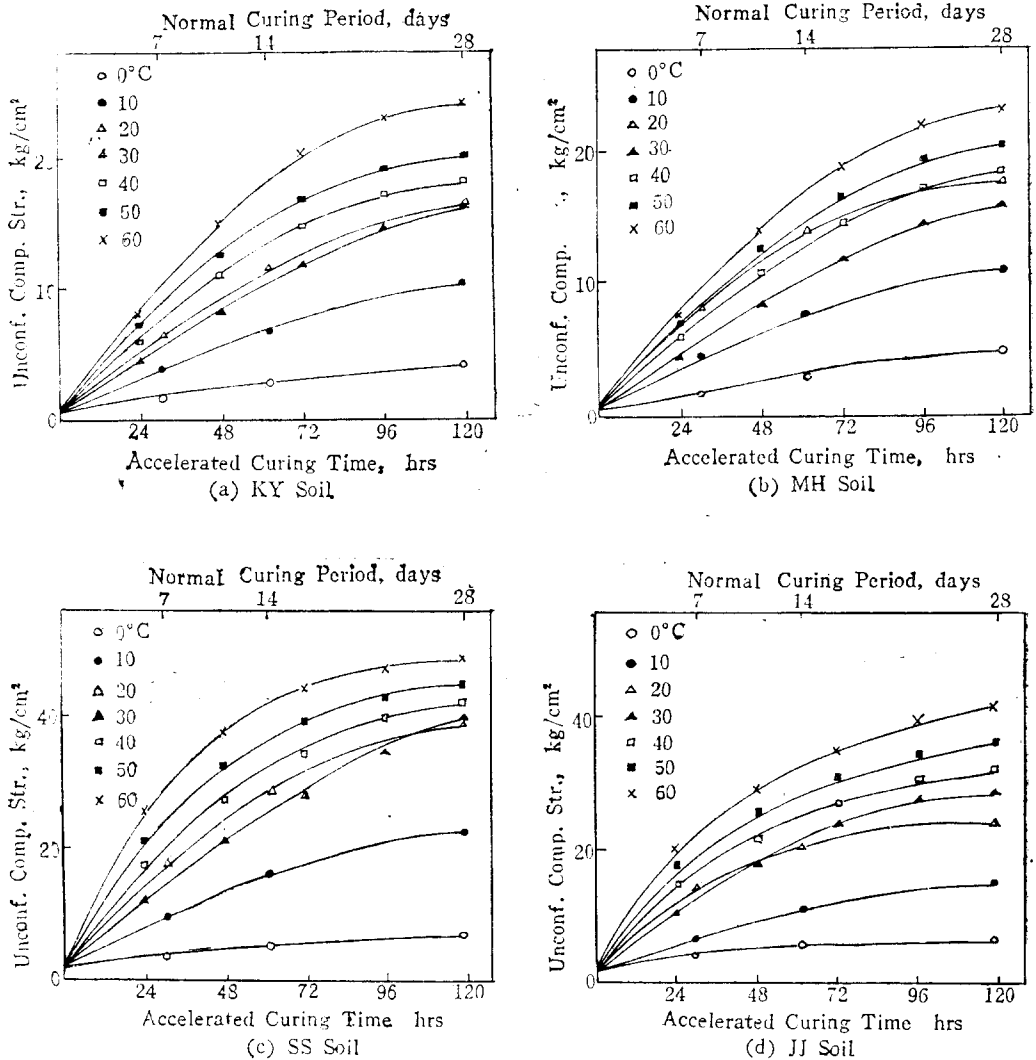


Fig. 8 Relationships between Compressive Strength and Curing Time of Soil-Cement Mixtures at Various Curing Temperatures (9% Cement).

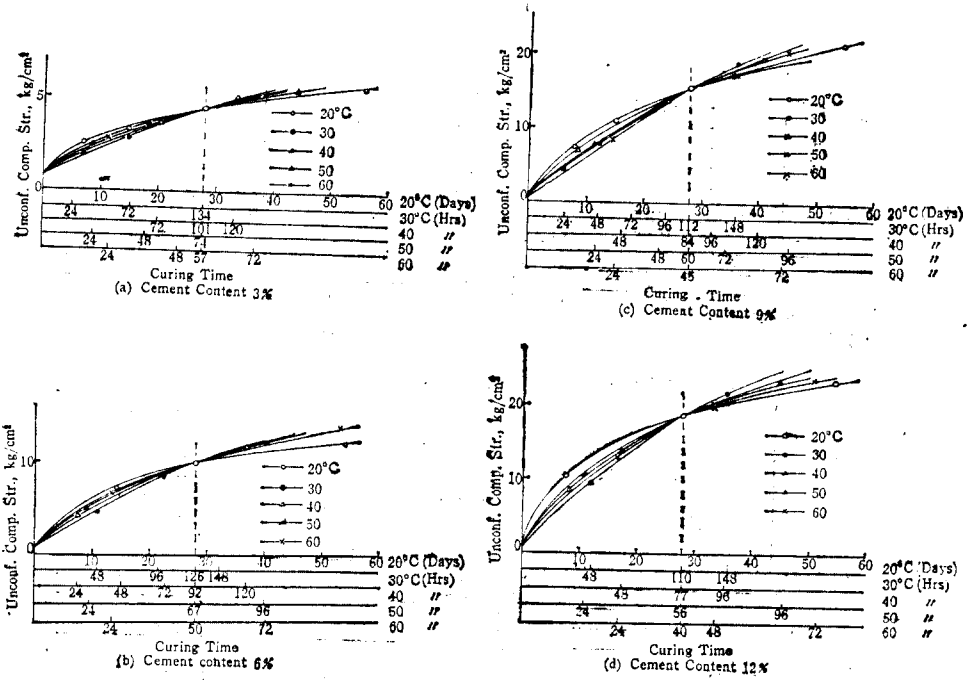


Fig. 9 Relationships between Accelerated Curing Time at Various Temperatures and Compressive Strength of 28 Days Cured at 20°C of Soil-Cement(KY).

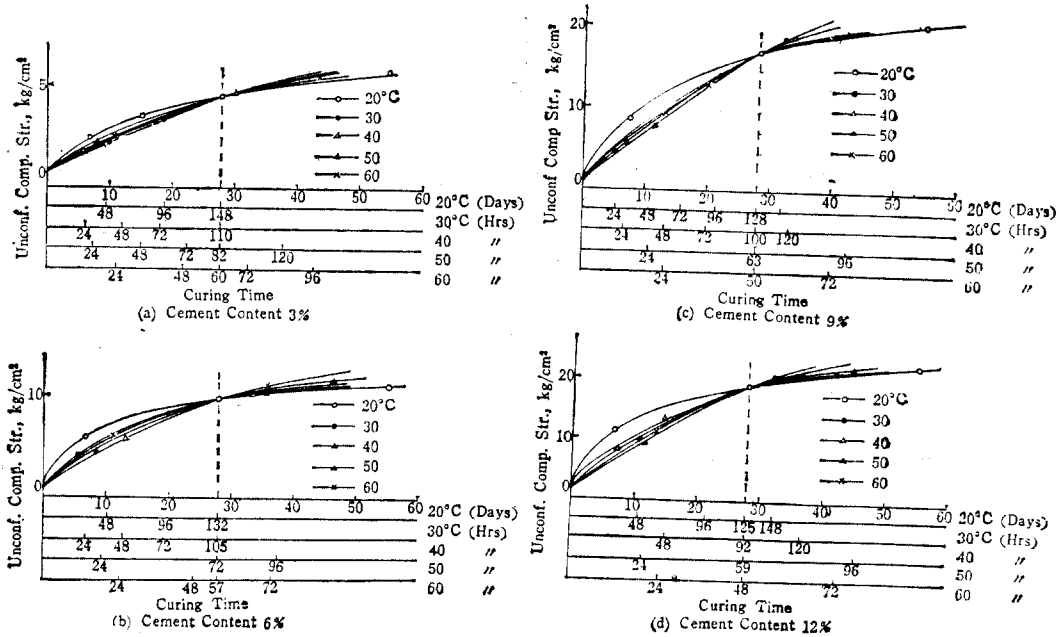


Fig. 10 Relationships between Accelerated Curing Time at Various Temperatures and Compressive Strength of 28 Days Cured at 20°C of Soil-Cement(MH).

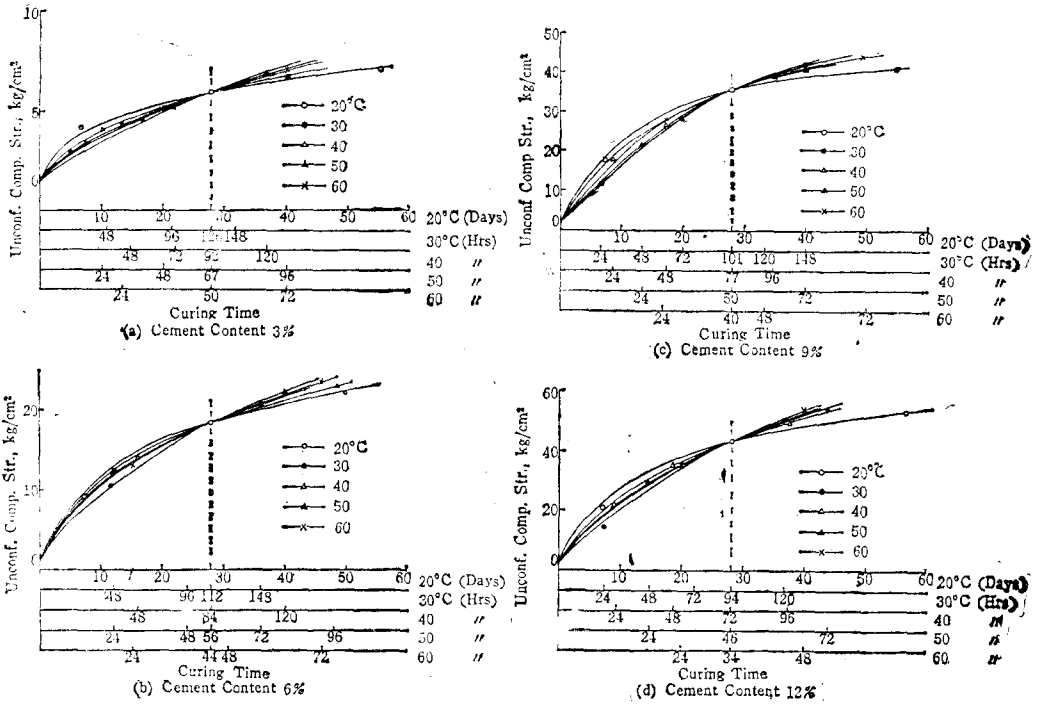


Fig. 11 Relationships between Accelerated Curing Time at Various Temperatures and Compressive Strength of 28 Days Cured at 20°C of Soil-Cement(SS).

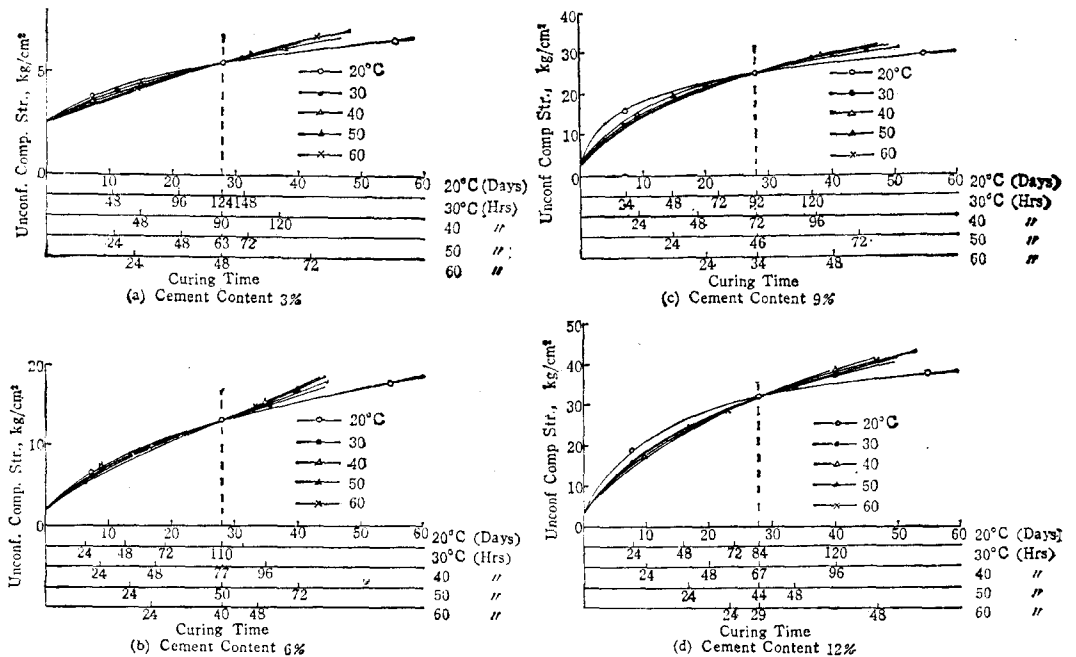


Fig. 12 Relationships between Accelerated Curing Time at Various Temperatures and Compressive Strength of 28 Days Cured at 20°C of Soil-Cement(JJ).

°F, 125°F, 150°F일때 壓縮強度 試驗을 한 結果 溫度가 增加함에 따라 壓縮強度가 減少하는 傾向을 보였다고 발표하였다.

이와 같이 흙을 다져서 직접 파괴할 경우는 흙의 종류에 따라서 다르겠으나 어느 한정도 이상에서는 溫度가 增加할수록 壓縮強度는 減少하는 것으로 생각된다.

Soil-Cement에 있어서 養生溫度가 增加하면 基準 養生(20°C)에 依해서 일어나는 것보다 더욱 빠른 反應이 일어날 것으로 생각된다. Fig. 9~12는 壓縮強度, 養生溫度 및 養生時間과의 關係를 나타낸 것으로서 養生溫度 20, 30, 40, 50, 60°C에 있어서 X軸은 각각의 養生溫度에 대해서 28日 基準養生時의 強度와 같은 點을 지나도록 圖示하였다. 그림에서 28日 強度와 같은 強度를 나타내는 양생시간은 각각 다르며 이 結果를 要約하면 Table 5와 같다.

Table 5. Accelerated Curing Time Equivalent to 28 Days Curing Time at 20°C Curing Temperature of Soil-Cement Mixtures.

Soil Type	Cement Content (%)	Accelerated Curing Times (Hours)				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	

Table 5에서 시멘트 含量 9%의 경우 60°C에서 28日 基準養生時의 強度와 같은 強度를 나타내는데 必要한 時間은 KY는 45時間, MH는 50時間, SS는 40時間, JJ는 34時間이다.

筆者⁽⁶⁹⁾가 SS, JJ 흙 試料에 消石灰를 混合해서 養

Table 6. Accelerated Curing Time Equivalent to 28 Days Curing Time at 20°C Curing Temperature of Lime-Soil Mixtures.⁽⁶⁹⁾

Soil Type	Lime Content %	Accelerated Curing Times (Hours)			
		30°C	40°C	50°C	60°C
SS	3	96	67	34	29
	6	75	60	31	25
	9	73	53	25	20
	12	67	50	22	15
JJ	3	80	57	31	24
	6	75	50	27	20
	9	70	45	20	17
	12	68	40	17	14

生溫度를 增加시킨 結果 28日間 基準養生한 것과 같은 強度를 내는데 要하는 時間은 Table 6에서 石灰 含量 9%의 경우 60°C에서 SS가 20時間, JJ가 17時間으로 石灰混合時가 시멘트를 混合한 경우보다 時間이 짧았으며 이런 現象은 養生溫度가 增加함에 따라 石灰가 시멘트보다 物理, 化學的 反應이 더 민감한데 基因되는 것으로 생각된다. Fig. 13은 養生溫度와 28日養生과 同等한 促進養生時間과의 關係를 나타낸 것이다. 一般적으로 養生溫度를 높이면 28日養生과 同等한 促進養生時間은 짧아지며 또한 養生溫度가 높을수록 시멘트 3, 6, 9, 12%의 각 曲線間의 間隙이 좁아지는 傾向을 보였다. 즉, 양생온도가 增加함에 따라 28日養生과 同等한 促進養生時間은 시멘트 含量의 影響이 적어지는 것을 알 수 있다.

Mateos⁽⁷¹⁾는 2종류의 흙을 使用해서 양생 온도를 248°F로 증기양상한 경우 石灰를 混合한 粘土벽돌이 石灰를 混合한 모래 벽돌보다 強度가 컸다고 하였다.

Fig. 14와 Fig.A-6, 7, 8(附圖)은 시멘트 添加量 9, 3, 6, 12%인 경우 基準養生時間과 促進養生時間과의 相關關係를 나타낸 것으로 시멘트 添加量 9%인 경우의 相關式은 다음과 같다.

$$30^{\circ}\text{C}, T=0.17t+6.0 \quad (r=0.97)$$

$$40^{\circ}\text{C}, T=0.12t-5.1 \quad (r=0.95)$$

$$50^{\circ}\text{C}, T=0.09-4.0 \quad (r=0.93)$$

$$60^{\circ}\text{C}, T=0.07t+4.0 \quad (r=0.90)$$

여기서 T: 促進養生時間

t: 20°C의 養生時間

위 式에서 20°C에서의 基準養生時間과 促進養生時間사이에는 直線의 關係를 보이고 있으며 養生溫

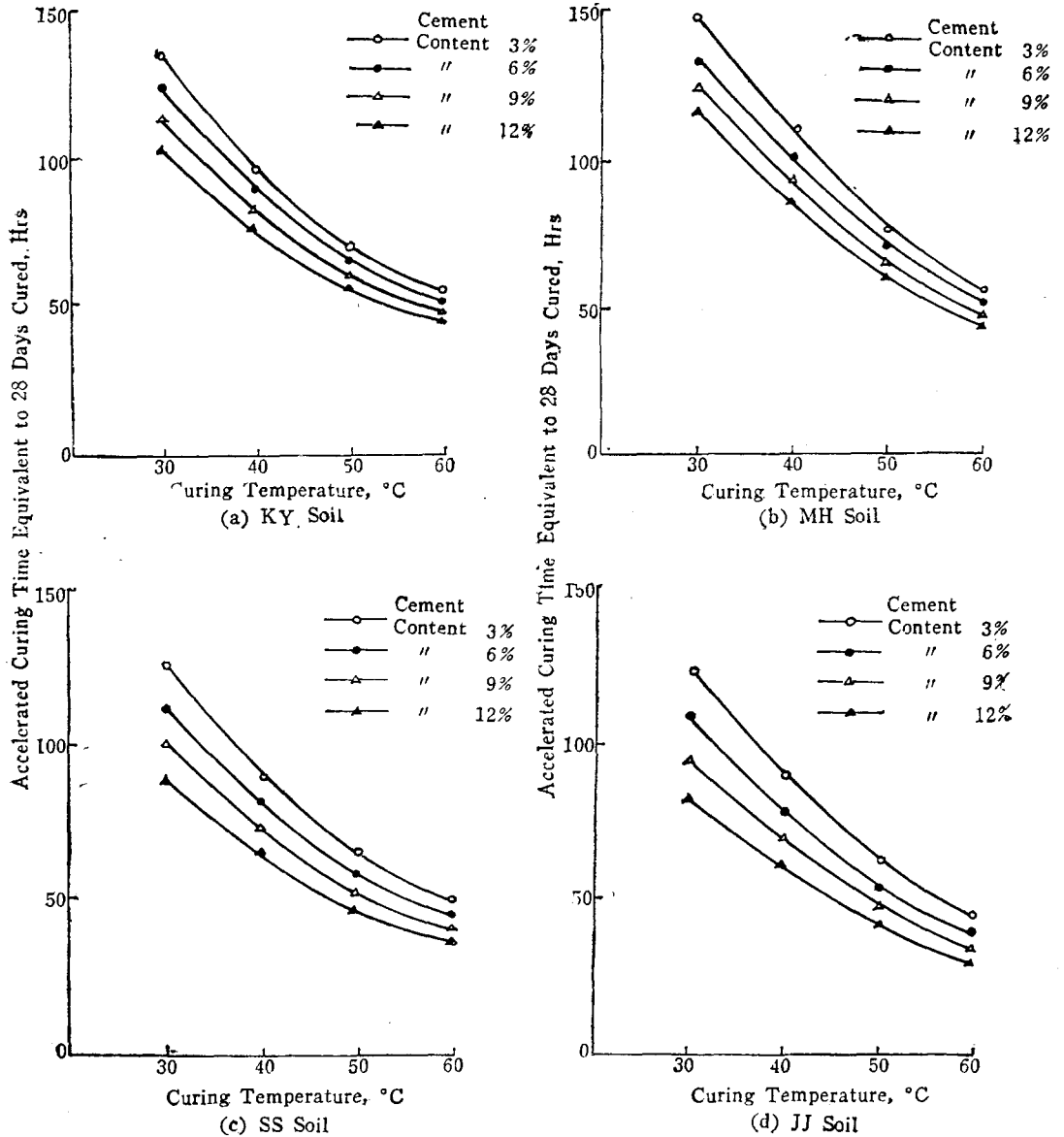


Fig. 13 Effect of Curing Temperature on Accelerated Curing Time Equivalent to Various Normal Curing Period of Soil-Cement Mixtures.

도가 증가함에 따라 直線의 기울기는 낮아지고 있다. 이러한 현상은 養生溫度가 증가 할수록 養生時間이 짧아지는 것을 意味한다.

현재 建築用으로 많이 使用하고 있는 시멘트 벽돌 대신 促進養生한 Soil-Cement 벽돌을 使用하므로서 經濟的인 面에서 유리할 것으로 생각된다.

IV. 흙의 粒도가 壓縮強度에 미치는 影響

1. 材料 및 試驗方法

가. 材料

本試驗에 使用한 材料는 Fig. 15와 같이 4번체 (4.76mm)를 통과시킨 試料 21種類의 配合土를 使

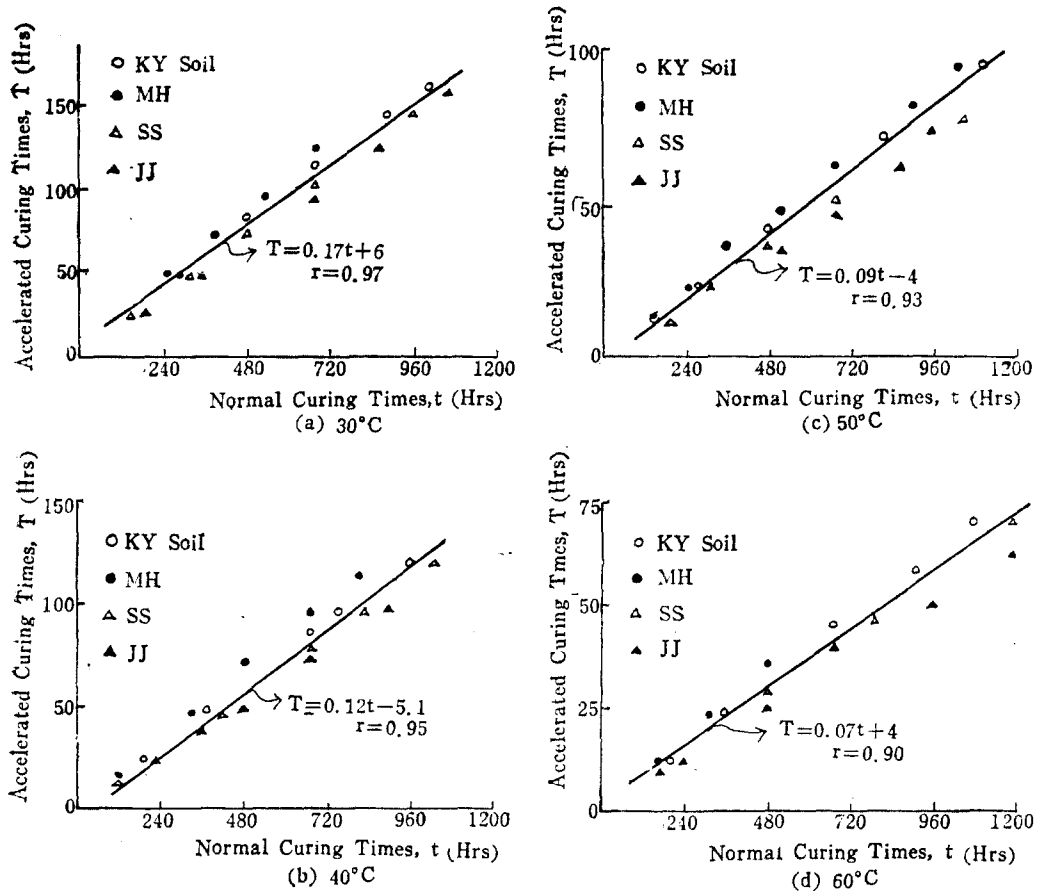


Fig. 14 Relationships Between Normal Curing Times and Accelerated Curing Times at Various Temperatures (Cement Content 9%).

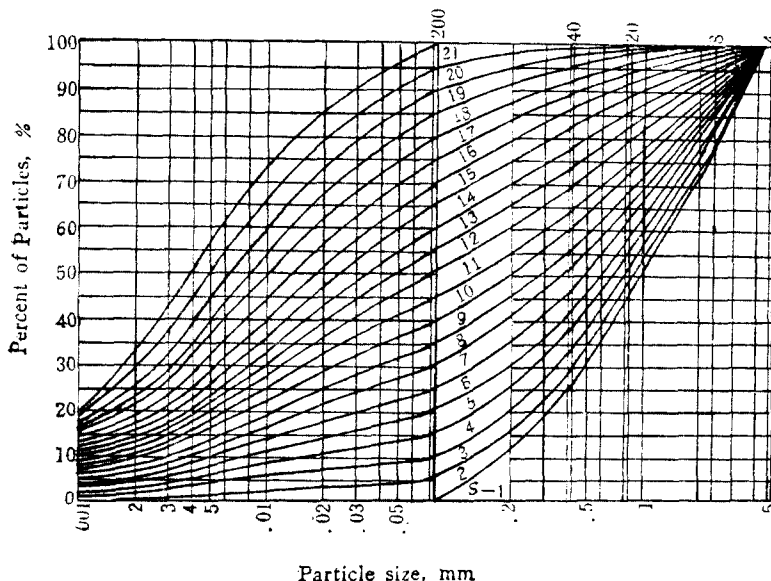


Fig. 15. Grain Size Distribution Curves.

用하였다.

여기에 使用한 細粒土 (0.074mm 以下)는 大田市 三丁洞에서 陶磁器用으로 使用하는 Kaolin 系統의 精土이고 모래는 大田川下流에서 採取하였으며 物理的 및 化學的 性質은 Table 7과 같고 시멘트는 前項과 同一한 것을 使用하였다.

나. 試驗方法

試驗方法是 前項과 同一한 方法으로 擇하였으며 壓縮試驗用試片은 Table 8과 같이 21種의 配合土에서 시멘트 3, 6, 9, 12% 添加時各養生期間別로 供試體를 만들었다.

Table 7. Properties of Soil Used.

Soil Samples No.	Gs	Cu	LL	PL	Pi	γ_d max. (g/cm ³)	O.M.C. (%)	Per. finer than 200 sieve (%)	Texture	AASHO	PH	Carbonate (%)
S-1	2.51	8.05	20.2	—	—	1.915	11.2	0	Sand	A-3	8.6	2.82
S-2	2.68	11.15	23.5	—	—	1.925	12.0	5	Sand	A-3	8.6	2.80
S-3	2.61	16.0	25.6	—	—	1.911	13.2	10	Sand	A-3	8.5	2.79
S-4	2.60	70.0	26.4	20.5	5.9	1.905	13.8	15	Sand	A-1-a	8.6	2.83
S-5	2.61	128.6	28.2	20.8	7.4	1.900	14.2	20	Sandy loam	A-2-4	8.7	2.80
S-6	2.60	160.0	29.3	21.0	8.3	1.895	15.2	25	Sandy loam	A-2-4	8.8	2.82
S-7	2.62	163.2	30.5	21.4	9.1	1.880	15.8	30	Sandy loam	A-2-4	8.5	2.80
S-8	2.62	165.6	31.0	21.5	9.5	1.890	16.0	35	Sandy loam	A-2-4	8.8	2.83
S-9	2.63	166.6	32.0	22.5	9.5	1.885	16.2	40	Sandy loam	A-4	8.9	2.82
S-10	2.62	168.0	33.0	23.0	10.0	1.868	17.2	45	Sandy loam	A-4	8.8	2.80
S-11	2.64	145.0	33.5	23.2	10.3	1.860	17.8	50	Sandy clay loam	A-4	8.6	2.82
S-12	2.64	124.0	34.0	23.8	10.2	1.860	18.0	55	Loam	A-4	8.7	2.80
S-13	2.66	78.0	34.5	24.0	10.5	1.860	18.2	60	Clay loam	A-4	8.8	2.83
S-14	2.65	50.0	35.7	24.7	11.0	1.840	19.0	65	Clay loam	A-6	8.8	2.85
S-15	2.67	34.0	36.2	25.2	11.0	1.820	19.6	70	Clay loam	A-6	8.5	2.88
S-16	2.66	25.0	37.7	25.8	11.9	1.815	20.5	75	Clay loam	A-6	8.8	2.90
S-17	2.65	17.0	38.0	26.2	11.8	1.810	20.8	80	Clay	A-6	8.9	2.93
S-18	2.68	13.0	39.2	27.0	12.2	1.820	21.2	85	Clay	A-6	8.9	2.90
S-19	2.66	10.2	40.2	27.2	13.0	1.800	21.8	90	Clay	A-6	8.9	2.93
S-20	2.67	7.5	41.5	28.5	13.0	1.780	22.0	95	Clay	A-6	9.2	2.94
S-21	2.68	5.5	42.0	29.2	12.8	1.782	22.1	100	Clay	A-6	9.5	3.10

Table 8. Experimental Plan.

Item	Content
Soil Type	S-1~S-21
Cement Content(%)	3, 6, 9, 12
Curing Time(DAY)	7, 14, 28
Total Number of Specimens	(21×4×3)×3=756

2. 結果 및 考察

Table A-3(附表)는 粒도가 各各다른 21種類의 配合上에 시멘트 3, 6, 9, 12%를 添加하여 7, 14, 28日 養生後의 壓縮強度 試驗結果를 나타낸 것이다.

Fig. 16은 Table A-3에서 粒도가 各各 다른 21種類의 試料에 對해서 시멘트 3, 6, 9, 12%를 添加한 경우의 28日 壓縮強度를 나타낸 것으로 보래의 S-1 부터 粘土의 S-21까지의 強度變化는 점차 增加하는 경향을 보여 S-10에서 最大로 나타났고 粘土含量이 많을수록 強度는 다시 低下하는 경향을 보였다. S-10은 均等係數가 168로 다른 試料보다 큰 값을 나타내고 있어 이러한 現象은 粒도配合이 強

도에 直接的으로 影響을 주는 것으로 생각된다.

S-10은 砂質 loam으로 本試驗에 使用한 試料中에서는 Soil-Cement 工事に 가장 適合한 흙으로 믿어진다.

Soil-Cement를 道路의 基層이나 補助基層으로 使

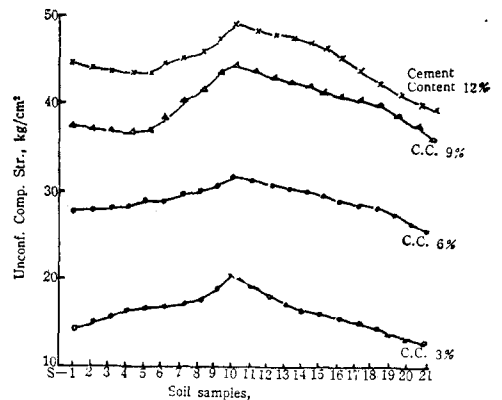


Fig. 16 Relationships Between Type of Soil and Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement Mixtures at 28 Days Cured.

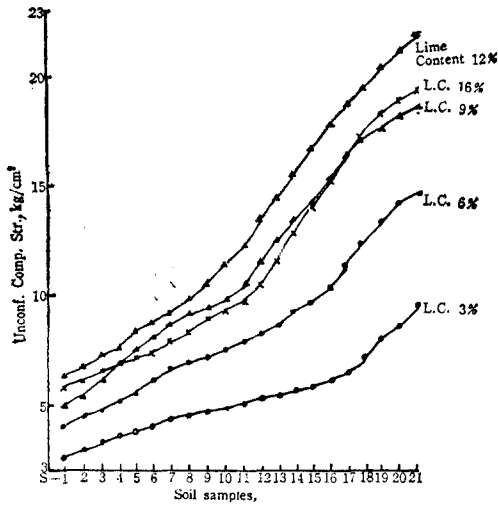


Fig. 17 Relationships Between Type of soil and Unconfined Compressive Strength of Lime-Soil Mixtures at 28 Days Cured⁽⁶⁰⁾.

用할때 現場부근의 흙을 사용하게 되므로 흙의 性質 및 粒度가 強度에 影響을 미치기 때문에 알맞은 흙의 選擇이 重要하다.

Dutron⁽⁶⁶⁾은 Sand-Cement와 Silt-Cement의 2종류의 強度比較에서 Silt-Cement의 강도가 높았으며 흙의 安定處理에 適合하다고 하였다. 筆者⁽⁶⁰⁾는 本試驗에 使用한 흙에 石灰를 3, 6, 9, 12, 16%씩 混合해서 試驗한 結果 Fig. 17과 같은 結果를 발표한 바 있다. 그림에서 보는 바와 같이 시멘트를 첨가한 경우와는 달리 점토함량이 많은 시료일수록 강도는 높았으며 砂質含量이 많을수록 강도는 저하되는 경향을 보였다. 따라서 석회를 혼합할 때는 점토함량이 많을수록 강도면에서 유리한 것을 알 수 있다.

本研究에서 사용한 흙시료를 7일 強度 300psi를 要求하는 도로기층에 사용할 경우 시멘트 6% 혼합시 S-7, S-8, S-9, S-10, S-11, S-12, S-13이 적합하다고 할 수 있다.

Fig. 18은 Soil-Cement의 28일 壓縮強度(q_{28} = kg/cm²)와 7일 壓縮強度(q_7 : kg/cm²)와의 關係를 나타낸 것으로 直線의 關係式 $q_{28} = 1.12q_7 + 6.5$ ($r = 0.96$) 이 성립됨을 알 수 있다 이 式을 이용하여 7일 強度를 알면 28일 強度를 推定할 수 있는 것으로 생각된다.

V. 綜合考察

本研究에서 4種類의 흙에 시멘트 3, 6, 9, 12%를 添

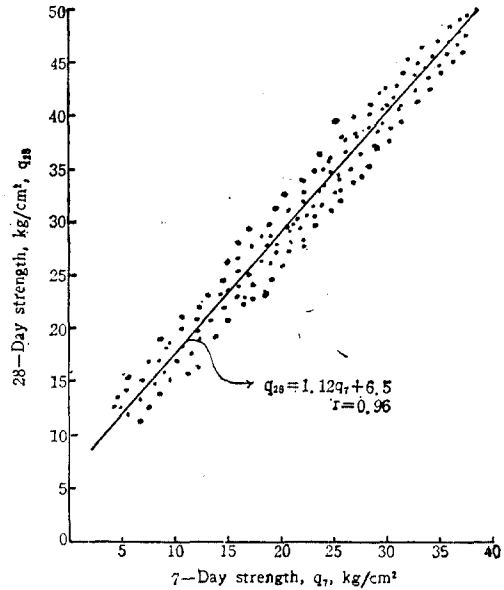


Fig. 18 Relationship Between 7-Day and 28-Day Strength of Soil-Cement Mixtures.

加한 경우 시멘트 含量이 增加함에 따라서 最適含水比는 增加하는 경향을 보였으나 最大乾燥密度는 一定한 增減現象이 나타나지 않았다.

Wissa⁽⁶⁸⁾, Rananand⁽⁶¹⁾도 最大乾燥密度와 시멘트 含量과의 一定한 경향을 찾지 못했다고 발표하였다. 흙에 있어서 最適含水比와 最大乾燥密度와의 關係는 最適含水比가 增加함에 따라 最大乾燥密度는 減少하는 경향을 보인데 反해^{(1), (68)} 本 연구에서는 흙의 경우와 같은 경향이 나타나지 않았다.

또한 Fig. A-1(附圖)에서 시멘트 含量이 많을수록 曲線은 緩慢하고 적을수록 曲線은 急峻하게 나타남을 알 수 있다.

이와같은 현상은 시멘트가 흙의 細粒子和 같은 역할을 하므로서 시멘트 含量이 增加하면 最適含水比는 增加하고 含水比-乾燥密度 曲線은 平坦한 曲線을 나타내는 것으로 생각된다.

Soil-Cement에서는 흙의 입도분포가 강도에 影響을 미치는 것으로 시멘트 添加量 3, 6, 9, 12%인 경우 Fig. 4~7에서 均等係數가 제일 큰 SS(Cu=36.7) 시료의 強度가 제일 높았고 다음이 JJ(Cu=18.3) 시료이고, MH(Cu=13.1), KY(Cu=13.0)의 順이다 이러한 경향은 Fig. 16에서 더욱 뚜렷한 경향을 보

이그 및의 21種類의 粒度가 各各 다른 시멘트 3, 6, 9, 12%를 첨가한 경우 中等含水(Cu=168)가 제일 큰 S-10의 試料가 역시 強度가 가장 큰 값을 보였다.

또한 粒度和 促進養生의 關係에서는 KY試料와 MH試料, SS試料와 JJ試料의 強度는 基準養生時는 차이가 컸으나 促進養生으로 그 차이가 적어졌으며 28日養生과 同等한 促進養生時間은 오히려 MH試料보다 KY試料가, SS試料보다 JJ試料가 각각 더 적은 값을 나타내고 있다.

이러한 현상은 促進養生으로 흙과 시멘트 사이에 水和作用과 化學的 變化를 促進시키는데 있어 흡입자가 微細할수록 그 反應이 活發한데 기인되는 것으로 생각되며 따라서 200번체 통과량이 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Table A-4(附表)⁽⁶⁶⁾는 우리나라 전국 各地域의 6月~9月の 平均氣溫, 平均最低氣溫 및 平均最高氣溫을 나타낸 것으로 大部分의 地域은 7月~8月の 平均最高氣溫이 約 30°C이므로 이 季節이 Soil-Cement 工事에서 높은 強度를 早期에 築수 있는 時期이며 따라서 低溫 및 冬期工事는 피하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

促進養生의 効果는 早期強度 增進이라는 點에서 그 效果를 크게 인정할 수 있으며 또한 養生溫度가 增加함에 따라 28日養生과 同等한 促進養生時間은 시멘트 含量의 影響이 적어지는 경향을 보였다.

VI. 結 論

Soil-Cement에 있어서 含水比, 促進養生, 흙의 粒度가 壓縮強度에 미치는 影響을 究明하기 위해서 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 시멘트 含量이 增加할수록 最適含水比는 增加하였고 最大乾燥密度는 一定한 增減現象이 나타나지 않았으며 最大壓縮強度를 나타내는 含水比는 시멘트 含量이 增加할수록 最適含水比보다 큰 傾向이 나타났다.

2. 最適含水比에 가까운 含水比로서 供試體를 製作할 경우 壓縮強度는 最適含水比의 濕潤側에서 乾

燥側에서 보다 큰 값을 나타냈다.

3. 養生溫度를 30, 40, 50, 60°C로 각각 變化시킴에 따라 Soil-Cement의 壓縮強度는 增加하고 그의 增加率은 養生初期에 큰 값을 나타냈으며 120時間頃에는 壓縮強度가 緩慢한 增加現象을 보였으므로 거의 充分한 養生이 이루어진 것으로 생각된다.

4. 養生溫度가 10°C의 경우 壓縮強度는 20°C에서 보다 30%~50% 減少되었고, 0°C에서도 養生期間이 增加함에 따라 약간의 強度增加現象이 나타났다.

5. 晝夜의 氣溫差로 因하여 強度에 약간의 影響을 미칠 것으로 생각되나 우리나라 各地域에 대한 7月~8月の 平均最高氣溫은 約 30°C로서 Soil-Cement의 早期強度 增進을 爲해서는 理想的인 工事期間임을 提案한다.

6. 養生溫度를 높이면 28日 基準養生과 同等한 促進養生時間은 減少하는 傾向을 나타냈으며 시멘트 含量의 影響도 적어지는 傾向을 나타냈다. 또한 시멘트 含量 9%인 경우 養生溫度 60°C에서의 壓縮強度와 20°C의 基準養生에서의 28日 壓縮強度와 同一한 強度가 되는데는 KY試料는 45時間, MH試料는 50時間, SS試料는 40時間, JJ試料는 34時間이 所要되었다.

7. 흙의 粒度分布가 促進養生에 影響을 미쳤으며 200番체 通過量이 많을수록 所要強度에 도달하는 促進養生 時間이 짧았다.

8. Soil-Cement에 있어서 基準養生時間과 促進養生時間 사이에는 直線關係가 成立되고 養生溫度가 增加할수록 直線의 기울기는 減少하는 傾向을 나타냈다.

9. Soil-Cement 施工에 있어서 가장 理想的인 흙은 砂質 loam으로 粒度配合이 良好한 흡일수록 強度는 큰 값을 나타냈고 S-7, S-8, S-9, S-10, S-11, S-12, S-13 과 같은 흙에 6%의 시멘트를 添加하면 道路基層에서 基準으로 하고 있는 7日 強度 21kg/cm²를 얻을 수 있다.

10. Soil-Cement의 28日 壓縮強度와 7日 壓縮強度 사이에는 다음과 같은 關係式을 얻었다.

$$q_{28} = 1.12q_7 + 6.5 (r = 0.96)$$

參 考 文 獻

1. 赤井浩一：土の粒度配合による締固め特性の變化. 土と基礎5(5), 19-22. (1957)
2. American Society for Testing Materials :

Standard Method of Making and Curing Soil Cement. Compressive and Flexure Test Specimens in the Laboratory, 1~20. (1970)

3. 有泉昌 : Pozzolan 反應. 土と基礎 22~1(191), 4. (1974)
4. Arman, A. and G.A. Munfakh : Stabilization of Organic Soils with Lime. Engineering Research Bull. (103), 23. (1970)
5. Arulanandan, K. and A.D. Tunbridge : The Performance of Soil Cement Roads in Ghana. Proc. Speciality Session, VII Int. Conf. SM&FE, Mexico-city 2, 181~190. (1970)
6. Bhandari, R.K.M. : An Investigation into the Drying Shrinkage of Cement Treated Mixtures. Indian Geotechn. J.3(1), 26~37. (1973)
7. _____ : Factors Influencing the Drying Shrinkage of Cement Stabilized Mixtures. Austr. Rd Res 5 (7), 9~23. (1975)
8. Bilek, V. : Stabilization of Loess and Loess loam in the Subgrade and of Road Pavements. Silnicni obzor 23(3), 67~69. (1972)
9. Bilz, P., R. Greschuchna and K. Reinhardt : Subsoil-improvement. Schr. Rr. Bauforsch R. Ing. U. Tiefbau (49), 21 (1974)
10. Brawner, C.O. : Slope Stabilization with Soil Cement. The B.C. Professional Engineer June, 21~26. (1967)
11. British Standard 1924 : Methods of Test for Stabilized Soils. British Standards Institution quoted by 4th Austr. N.Z. Conf. on SM&FE 1963. (1953)
12. Bulman, J.N. : Soil Stabilization in Africa. T.R.R. Lab. Rep. Crowthorne, TRRL, Rep. LR476, 12. (1972)
13. Catton, M.D. : Research on the Physical Relations of Soil and Soil Cement Mixtures. Proc. H.R.B. 20, 821~855. quoted by Oklahoma State Univ. 1967. (1940)
14. _____ : Early Soil Cement Research and Development. Journal of the Highway Division, ASCE 1899, 1~15. (1959)
15. Chadda, L.R. : Phenomenon of Aggregation in the Stabilization of Soils with Cement. Indian Concr. J. 44 (5), 210~212. (1970)
16. Chiang, Y.C. and Y.S. Chae : Dynamic Properties of Cement Treated Soils H.R.R. 379, 39~51. (1972)
17. Circeo, L.J., D.T. Davidson and H.T. David : Strength Maturity Relations of Soil Cement Mixtures. H.R.B. Bull. 353, 84~89. (1962)
18. _____ : Abbreviated Freeze-Thaw Test Procedures for Soil Cement Mixtures. Iowa State Univ. of Science and Technology, 1~8. (1963)
19. Civil Engineering London : River Embankment Protection. Civil Engng London 66(775), 198. (1971)
20. Clare, K.E. and A.E. Pollard : The Effect of Curing Temperature on the Compressive Strength of Soil Cement Mixtures. Geotechnique 4, 97~103. (1954)
21. Clark, B.E. : Symposium on Grouting. ASCE, Journal of the SM&FE, Civ. Apr., 33~42. (1961)
22. Davey, N. : The Influence of Temperature on the Strength Development of Concrete. Building Research Technical Paper, 14. (1933)
23. Davidson, D.T. and B.W. Bruns : Comparison of Type I and Type II Portland Cements for Soil Stabilization. H.R.B. Bull. 267, 33. (1960)
24. _____, G.L. Pitre and K.P. George : Moisture-Density, Moisture Strength and Compaction Characteristics of Cement Treated Soil Mixtures. H.R.B. Bull. 353, 42~63. (1962)
25. Dumbleton, M.J. and N.F. Ross : Effect of Temperature on the Grain in Strength of Soil Stabilized with Hydrated Lime and with Portland Cement. Road Res. Lab., England 4 quoted by 4th A.N.Z. Conf. on SM&FE 1963. (1960)
26. Dutron, M.M. and P.R. Cloes : The Influence of Moisture Content and Compaction on the Strength of Soil Cement. Proc. of the 5th Int. Conf. on SM&FE 2, 22~234. (1961)
27. 土質工學會 : 土質試驗法 579. (1973)
28. Engineering News Record : Nebraska Sand Hills do not offer much for the Earth Dam Builder. Engineering News Record Nov. 8. (1962)
29. _____ : Soil Cement for Dam Facing. Engineering. News Record Apr. 6, 24. (1961)
30. Eno, F.H. : The Influence of Climate on the Building, Maintenance, and Use of Roads in

- the United States. H.R.B. Proc. 9, 211~249. quoted by H.R.B. 103, 173. (1929)
31. Felt, E.J. : Factors Influencing Physical Properties of Soil Cement Mixtures. H.R.B. Bull. 108 quoted by ASCE 93. 1967. (1955)
32. Filsofov, A.V. : Effect of Portland Cement on Properties of Clays. J. Appl. Chem., 4, 773 ~776. quoted by H.R.B. Bull. 30, 42. (1931)
33. Fischer, H.O. and F.H. Newman : Houston Airport-a Study in Engineer-Contractor Harmony. Civil Engineering, ASCE, Sept. 32~35. (1965)
34. George, K.P. : Base Course Mix Design Criteria for Cementtreated Loess. Iowa State Univ. of Science and Technology, 1~2. (1963)
35. _____ : Shrinkage Characteristics of Soil Cement Mixtures. H.R.R. 255, 42~58. (1968)
36. _____ : Cracking in Cement Treated Bases and Means for Minimizing it. H.R.R. 255, 59~71. (1969)
37. _____ : Cracking in Pavements Influenced by Viscoelastic Properties of Soil Cement. H.R.R. 263, 47~59. (1986)
38. _____ : Mechanism of Shrinkage Cracking of Soil Cement Bases. H.R.R. 442, 1~10. (1973)
39. Gray, E.w : At Glen Elder Dam Improved Soli Cement Placement Procedure Used. Civ. Engng. ASCE
40. Haffen, M. : Underground Structures in low-Cohesion, Granular Soil, Injection Treatment prior to Sealing and Stabilixation. Bergbauwiss 17(8), 290~294. (1970)
41. Handy, R.L. : Cementaiont of Soil Minerals with Portland Cement orA lkalis. H.R.B. Bull. 198 (1958)
42. Herzog, A. and J.K. Mitchell : Reaction Accompanying St abilization of Clay with Cement. H.R.R. 36, 146~150. (1963)
43. Holtz, W.G. and F.C. Walker : Soil Cement as Slope Protection for Earth Dams. ASCE Journal of the Soil Mech. & Found. Div. Dec. Proc. 3361, 107~134. (1962)
44. Ingles, O.G. and B.E. Frydman : An Examination of some Methods for Strength Measure- ment in Soils. Proc. 4th Austr. N. Z. Conf. on SM&FE, 213~219. (1963)
45. Ingles, O.G. : Soil Stabilization in the Building Industry. CSIRO Soil Mech. Sect., Techn. Memo. (9), 19. (1969)
46. Jack, E.L : A Study of Cement Clay Interac- tion Univ. of Calif. Berkely, Engineering Civil 12, 272~273. (1965)
47. 秦炳益, 金周範, 申芳雄 : Soil Cement의 다짐에 따른 強度變化, 과학과 기술 8(3), 27~30. (1975)
48. Joakim, G.L : Effect of Temperature on some Engineering Properties of Clay Soils. Proc. Int. Conf. H.R. B. Special Report 103, 186~193. (1969)
49. 曹鎮久 : Soil Cement의 物理的 性質에 관한 研究, 韓國農工學會誌 16(3), 69~74. (1974)
50. 全夢角 : Soil Cement 研究試驗報告書·建設部 立建設研究所, 年報, 36~54. (1964)
1. _____ : Soil Cement의 安定處理에 관한 研究 報告, 大韓土木學會誌, 13(2), 16~28. (1965)
52. 鄭寅峻 : Soil Cement에 관한 調查研究, 과학기 술처, E67~G13R~17, 1~21. (1967)
53. 姜又默 : 흙의 粒度分布가 다짐 效果와 壓縮強度 및 透水係數에 주는 影響에 관한 研究, 忠南大學 校 大學院 研究報告集, 第一輯, 7~45. (1971)
54. Kawala, E.L. : Cement Treated Subbase Pra- ctice in U.S and Canada. J. Highway Div., ASCE 92(HW2), 75~98. (1966)
55. Kennedy, T.B. : Symposium on Grouting. AS- CE, Journal of the SM&FE, Div. Apr., 55~81. (1961)
56. 氣象年報 : 중앙관상대. (1970~1973)
57. 金周範, 柳基松, 朴完淳, 金成教 : 低塑性 실트 질 흙의 흙시멘트에 관한 研究, 韓國農工學會誌 -17(2), 64~69. (1975)
58. 金在英·姜又默 : 溫度變化가 흙의 다짐과 壓縮 強度에 미치는 影響, 韓國農工學會誌 15(4), 1~ 10. (1973)
59. _____, 金成完 : 養生溫度가 石灰混 合土의 壓縮強度에 미치는 影響, 忠南大學校 農業技術研究報告 2(2), 433~444. (1975)
60. _____ : 흙의 粒度分布가 시멘트 및 石灰混 合土의 壓縮強度에 미치는 影響, 大韓土木學會誌 24(4). (1976)
1. Koller, E.R. and P.J. Nussbaum : Developing

- Technology in Soil Cement for Dams. Trans 10th Int. Congr. Large Dams 5, 541~564. (1970)
62. Krixek, R.J. and Rd.L. Kondnor : Strength Consistency Indices for a Cohesive Soil. HRB 48. (1964)
63. Lambe, T.W. : The Engineering Behavior of Compacted Clay. Journal of the SM&FE Proc. of the ASCE 84(SM2), 1655. (1958)
64. _____ : A Mechanistic Picture of Shear Strength in Clay. Research Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils. ASCE, 555~580. (1960)
65. Leadabrand, J.A. : Bonny Dam Experimental Project. 5th Int. Conf. III, 363. (1961)
66. Lightsey, G.R.A. Armanand C.D. Callihan : Changes in the Characteristics of Cement Stabilized Soils by Addition of Excess Compaction Moisture. H.R.R. 315, 36~45. (1970)
67. Lilley, A.A. : Cement Stabilized Materials for Road and Airfield Pavements. Cement a. Concr. Assoc. Techn. Rep 42,458, 14. (1971)
68. _____, Current Practice in Cement Stabilization. World Constr. 26(3), 30~34. (1973)
69. _____ and R.I.T. Williams : Cement Stabilized Materials in Great Britain. H.R.R. 442, 70~82. (1973)
70. Mateos, M. : Soil Lime Research at Iowa State Univ. ASCE 90 (SM2), 127~151. (1964)
71. _____ : Clayey Soil Lime Specimens Hardened by Steam. J. of Materials ASTM 5(2), 294~333. (1968)
72. Mehmet, A.S. and C.M. Burrons : Temperature Effects on the Unconfined Shear Strength of Saturated Cohesive Soil. Proc. Int. Conf. H.R.B. Special Report 103, 267~272. (1960)
73. Mehra, S.R. : Soil Stabilization in Tropical Areas, for Mass Construction of Cheap Permanent Housing. Proc. 3rd Int. Conf. I, 272~278. (1953)
74. Metcalf, J.B. : The Effect of High Curing Temperature on the Unconfined Compressive Strength of a Heavy Clay Stabilized with Lime and with Cement. 4th Austr. N.Z. Conf on SM&FE, 126~129. (1963)
75. _____ : Some Comments on the Design, Testing and Specification of Stabilized Soils for Highway Construction. The Journal of the Institution, 38, 1~7. (1966)
76. Minkov, M. and D. Evstatiev : Lining of Balance Reservoirs with Soil Cement. Proc. I Int. Congr. Int. Assoc. Engng Geol Paris 1, 636~642. (1970)
77. 都淳一 : 土の安定處理法. 土と基礎 3(11), 2~3. (1951)
78. Moh, Z.C., Y.P. Chin and S.C. Ng : Cement Stabilization of Lateritic Soils. Proc. 3rd Asian Reg. Conf. on SM&FE, Haifa, 42~46. (1967)
79. Moriarty, J.P. : A New Model to describe stabilized Soil Behaviour. Proc. 4th Asian Reg. Conf. SM&FE, Bangkok, July 1, 385~390. (1971)
80. 森満雄 : 土の最大乾燥密度と最適含水比について. 土と基礎 10(9), 21~16. (1962)
81. Nash, J.K., F.M. Jardine and J.D. Humphreys : The Economic and Physical Feasibility of Soil Cement Dams. Proc. 6th Int. Conf. on SM&FE II, 517~521. (1965)
82. Necas, J., Z. Tkany and V. Valtr : Use of Logging to determine the Influence of Blasting on the Permeability of Clay Cement grout Curtain. Vodni Hosp 7(7), 189~193. (1969)
83. Newill, D. : An Investigation of Coastal Sand used in two Cement Stabilization Projects in west Malaysia. A.R.R.B. Proc. 4th Conf. 4(2), 1274~1284. (1968)
84. 西村十一, 成富秀雄 : 島原道路のソイルセメント工法について. 土と基礎 9(5), 5~19. (1963)
85. Norling, L.T. : Standard Laboratory Tests for Soil Cement Development, Purpose and History of Use. H.R.R. 36, 1~5. (1963)
86. Nurse, R.W. : Curing Concrete at Elevated Temperatures. Building Research Congr. Div. 2 quoted by Geotechnique 4. 1954. (1951)
87. Pagen, C.A. and B.N. Tagannath : Evaluation of Soil Compaction by Rheological Technique. H.R.R. 177, 22~43. (1967)
88. Parsons, R.R. and G.P. Mcnamara : The Use

- of Cement Bound Base Course in the Auckland Area. A.R.R.B. Conf. Proc. 2(2), 1271~1294. (1964)
89. Pendola, H.J., T.W. Kennedy and W.R. Hudson : Evaluation of Factors Affecting the Tensile Properties of Cement Treated Material. Texas Univ. Austin Texas Res Rep. (98~3), 93. (1969)
90. Ralling, R.A. : The Effect of Pretreatment Moisture Content on the Properties of Cement and Lime Stabilized Clay Soils. Austr. Rd. Res. 4(5), 10~31. (1971)
91. Rananand, N. and P. Pussayanavin : Sandy Silt Stabilization by Using Emulsion with Lime or Cement. Proc. 4th Asian Reg. Conf. SM&FE, Bangkok 1, 397~402. (1971)
92. Ratnarajah, A. : An Evaluation of the Performance of Certain Pavements in Northern Victoria Australia. Proc. S.E. Asian Reg. Conf. Soil Engng, Bangkok, 507~517. (1967)
93. Rawi, E.L.N.M., H.T. Allan and R.L. Janes : The Effect of Compaction on Strength of Soil Cement. ASCE Soil. Mech. and Found. Div. 93(SM5~6), 195~208. (1967)
94. Ruppel, G. : Technique of Injections in Soil. Bergbauwiss 17(8), 285~290. (1970)
95. Sherard, J.L. : Mixing in Place Soil and Portland Cement. Proc. ASCE, J. Soil Mech. Found. Div. 95(SM 6), 1357~1363. (1969)
96. Skepper, H.G., H.Rook and Wen Huiting : Earthwork and Pavements for the New Int. Airport for Kuala Lumpur. Proc. S. Inst. of Civil Engineers, Great Britain 35, 561~591. (1966)
97. Smith, M.J.C. : Soil Stabilization in the Netherlands. Rds a. Rd Constr. 49(582), 176~177. (1971)
98. Soil Cement Laboratory Handbook : Portland Cement Association Ill. U.S.A.(1971)
99. Soil Cement Construction Handbook : Portland Cement Association Ill. U.S.A.(1969)
100. Suddath, L.P. : Lime-cement Combination Stabilization. U.S. Army Corps Engrs Constr Fng. Res. Lab., Ill. U.S.A. Tech. Mscprt M-47, 33 (1973)
101. Teng, T.C.P. and J.P. Fulton : Field Evaluation Program of Cement Treated Bases. Transp. Res. Rec. 501, 14~27. (1974)
102. Thompson, M.R. : Lime Reactivity of Illinois Soils at it Relates to Compressive Strength. Univ. of Ill at Urbana Ph. D. Thesis. (1964)
103. Tyagi, K.S. : Soil Cement Interaction. Indian Geotechnical Journal 3(4), 307~313. (1973)
104. 内田一郎, 松本謙三 : セメント及び石灰による土質の改良. 土と基礎 4(2), 4~9. (1956)
105. Uppal, H.L. : Research on Soils and Inferior Aggregates Towards Economising Cost of Construction Projects in India. Proc. S.E. Asian Reg. Conf. Soil Engrg, Bangkok, 461~470. (1967)
106. Verfel, J. : Solidifying of Soils and Rocks for the Underground Railway in Prague. Inx Stavby 22(7), 355~363. (1974)
107. Watson, J.D. : The Unconfined Compressive Strength of Soil Cement Mixtures. Proc. H.R.B. National Council, Washington, D.C. 21, 493~501. quoted by ASCE 93. 1967. (1941)
108. Wissa, A.E.Z., C.C. Ladd and T.W. Lamb : Effective Stress Strength Parameter of Stabilized Soils. Proc. 6th Int. Conf. SM&FE, I, 412~416. (1965)
109. Yamanouchi, T. and M. Isido : Laboratory on In-situ Experiments on the Problem of Immediate Opening of Soil Cement Base to General Traffic. 4th Austr. N.Z. Con. 111~114. (1963)
110. Zmarxly, H.R. : Underground Injections. Monierbauer (1), 4~7. (1975)
111. Zwol, B. and F.A. Souis : Soil Cement Dumping Stone in Closing Tidal Inlets. Proc. VII Int. Conf. SM&FE, Mexicocity 2, 397~403. (1969)