

成形直後 乾燥環境이 시멘트 모르타의 強度에 미치는 影響

The Effect of Dry Environment on Strength of Cement Mortar Immediately after Casting

吳 武 泳* · 金 駿 熙**
Oh, Moo Young · Kim, Jun Hee

Summary

This study was carried out to research the strength drop of concrete in dry environment. The mixing ratio of cement-fine aggregate was 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 and 1 : 4.

The curing was compared standard curing with dry curing immediately after casting. It is analysis of strength change by water-proof mixing. The curing age of cement mortar was 3days, 7days, 14days and 28days.

The result obtained from this study are summarized as follows.

1. The compressive and bending strength change by increasing the curing age, dry curing mortar the increasing rate of strength was decreased than standard curing mortar.
2. The compressive and bending strength change in early curing, strength difference between standard curing mortar and dry curing mortar was gradually closed by increasing the W/C.
3. The dry curing mortar was decreased than standard curing mortar in decreasing rate of compressive and bending strength by increasing the W/C.
4. The compressive strength of water-proof mortar in early curing, liquid water-proof mortar was shown high strength in dry curing than standard curing. The powder and liquid water-proof mortar have a small effect in dry environment. The liquid water-proof mortar was high strength without relation change of curing age in dry environment than standard curing.
5. The compressive strength of liquid water-proof mortar in poverty mix, dry curing was shown high strength than standard curing.

* 忠北大學校 農科大學

** 忠北大學校 大學院

키워드 : 모르타, 壓縮強度, 彎強度, 물-시멘트比,
乾燥環境, 養生期間, 防水劑

6. The bending strength was increased than compressive strength by decreasing the volume of cement in early curing. The increasing rate of bending strength was decreased to compressive strength by increasing the curing age.

I. 緒 論

콘크리트는 多様な 種類의 시멘트 發明과 品質改善, 그리고 施工技術의 發達에 따라 다른 建設材料보다 더욱 經濟的이고 耐久的인 材料가 되기 때문에 대부분의 工事中에 主材料로 사용되고 있다. 이러한 콘크리트의 材料는 시멘트와 물 그리고 骨材가 결합해서 만들어진 것으로 시멘트와 물은 Cement Paste가 되어 骨材의 空隙을 메우고 硬化되면서 강한 構造材料를 형성하게 된다. 따라서 콘크리트의 強度는 이것을 구성하고 있는 材料, 즉 骨材와 Cement Paste의 결합상태에 따라서 지배된다.

그러나 콘크리트는 工事現場마다 다른 氣象環境條件과 施工法등으로 均일하고 完全無缺한 品質管理가 불가능하기 때문에 아직도 많은 問題點이 있다. 특히 乾燥氣象條件아래 施工되었을 경우 大規模 農業用 灌溉水路의 Lining과 같은 넓은 콘크리트表面에 微細한 龜裂이 發生하는데 그 原因은 시멘트의 品質, 骨材의 材質과 粒度, 콘크리트의 配合과 施工法, 養生方法, 氣象條件등의 影響을 받을 수 있다.

그러나 品質管理가 良好할 경우, 發生되는 龜裂은 乾燥收縮으로 인한 것으로 생각할 수 있으며 이와 같은 研究는 Lerch⁶⁾, Ravina & Shalon¹¹⁾등에 의하여 進行되었다.

콘크리트의 養生初期에는 凝結 및 硬化가 활발히 促進되므로 良質의 콘크리트를 만들기 위해서는 乾燥環境에 의하여 内部로부터 蒸發되는 水分을 遮斷하여야 하며 이를 위해 濕潤養生, 被覆養生, 蒸氣養生등의 養生方法이 考慮될 수 있다.

즉 콘크리트 養生初期의 乾燥環境에 의한 水分蒸發은 凝結, 硬化過程에서 Cement Paste와

骨材의 物理, 化學的 結合組織을 破壞하고 乾燥收縮에 대한 抵抗應力을 損失시킴으로써 龜裂이 發生되고 壓縮強度 및 휨強度를 減少시킬 수 있다고 생각된다.

따라서 본 試驗은 乾燥環境에서 養生될 경우 發生되는 乾燥收縮이 시멘트 모르타의 壓縮強度 및 휨強度에 미치는 影響을 究明함으로써 보다 좋은 훌륭한 品質의 콘크리트를 생산하는데 필요한 基礎資料를 얻기 위한 것이며 實驗材料는 콘크리트의 骨格을 형성하는 시멘트와 骨材를, 混和劑는 흔히 사용되는 防水모르타를 考慮하여 防水劑를 選擇하였으며, 시멘트 모르타가 乾燥環境에서 養生되었을 경우, 成形直後부터의 水分蒸發로 인한 強度의 變化를 시멘트-骨材의 配合比별로 試驗하고, 標準養生된 시멘트 모르타와 乾燥環境아래 養生된 시멘트 모르타와의 強度, 그리고 물·시멘트比와의 關係등을 比較하였다. 그리고 시멘트-骨材의 配合比는 1:1, 1:2, 1:3, 1:4로 하였으며 養生期間은 3日, 7日, 14日, 28日로 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 시 멘 트

本 實驗에서 사용한 시멘트는 國內 S會社 製品인 普通 포틀랜드 시멘트이며 그 化學成分과 物理的 性質은 Table-1,2와 같다.

이는 K.S 規格에 適合하였다.

2. 骨 材

骨材는 忠北 請願郡 玉山面 美湖川에서 自然狀態의 骨材를 採取하여 實驗에 사용하였으며 그 物理的 性質은 Table-3과 같다.

Table-1. Chemical composition of normal portland cement used

Item	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	MgO(%)	SO ₃ (%)	lg. loss(%)	C ₃ A(%)
Results	20.6	5.8	3.1	62.7	3.1	2.2	1.6	10.1

Table-2. Physical properties of normal portland cement used

Specific gravity		3.20
Fineness	Blaine(cm ² /g)	3330
	88μ residue(%)	2.1
Setting time	Initial (min)	250
	Final (hr : min)	6:40
Soundness(%)		0.23
Heat of hydration (cal/g)	7 days	73.1
	28 days	83.2
Compressive strength (kg/cm ²)	3 days	204
	7 days	264
	28 days	349

또한 KS F 2502에 의한 잔骨材의 체가름 試驗을 하여 粒度分析을 한 結果는 Table-4와 같다.

3. 混和劑

混和劑는 具體防水劑를 使用하였으며 Fly Ash를 主成分으로 하는 粉末狀態의 緩結防水劑(P)와 Ethylene Vinyl Acetate Emulsion을 主成分으로 하는 液體狀態의 高分子系防水劑(L)를 使用하였다.

混和劑의 性質은 Table-5와 같다.

Table-3. Physical properties of fine aggregate used

Item	Specific gravity	Absorption(%)	Unit weight(g/cm ³)	Fineness modulus	Soundness
Results	2.60	1.85	1,571	2.85	Good

4. 모르터의 配合과 製作

시멘트-잔骨材의 配合比는 1:1, 1:2, 1:3, 1:4로 하였으며, 防水劑는 시멘트 重量에 대해 粉末防水劑는 5%, 液體防水劑는 30%를 添加하였다.

또한 모르터의 반죽질기는 KS L 5111에 준하여 Flow Test값이 105±5(%)의 範圍가 되도록 混合水量을 調節하였다.

本 實驗에 이용된 모르터의 配合設計는 Table-

Table-4. Gradation of fine aggregate used

Sieve size(mm)	Standard(%)	Percent passing(%)
10mm	100	100
No. 4(4.76)	95~100	99.99
No. 8(2.38)	80~100	96.89
No. 16(1.19)	50~85	72.68
No. 30(0.595)	25~60	30.55
No. 50(0.297)	10~30	11.54
No. 100(0.149)	2~10	3.03

Table-5. Properties of water-proof agents

Item	Setting time(min)		Absorption ratio(%)			Strength(%)	Stability
	Initial	Final	1 hr	5 hr	24 hr		
P	2:20	4:30	0.22	0.23	0.31	92	None
L	4:20	6:55	0.1	0.1	0.1	67	None

Table-6. Mixing design

Mixing ratio	Item	Cement (g)	Sand (g)	W/C (%)	Adding (%)	Flow (%)
1 : 1	Normal	500	500	39		104
	P	500	500	38	5	109
	L	500	500	18	30	107
1 : 2	Normal	500	1000	49		107
1 : 3	Normal	500	1500	65		104
	P	500	1500	60	5	102
	L	500	1500	38	30	105
1 : 4	Normal	500	2000	84		102

6과 같다.

供試體 製作은 K.S 기준에 의해 壓縮強度用은 50.8×50.8mm, 휨強度用은 40×40×160mm의 Mold를 이용하였으며 配合比별로 한 Batch에 配合하여 3反復이 되도록 하였다.

5. 모르터의 養生과 強度實驗

모르터 成形 24時間 뒤에 Mold에서 脱型하여 乾燥養生 시키는 供試體는 濕度 60±5(%)의 空氣中에서, 標準養生 시키는 모르터는 물의 溫度 20±3℃의 水槽에서 소정의 材齡까지 養生하였다.

壓縮強度 試驗은 壓縮強度試驗器를 사용하였고, 휨強度試驗은 Electric mortar flexural tester를 사용하여 材齡 3日, 7日, 14日, 28日의 強度를 測定하였다.

III. 結果 및 考察

1. 壓縮強度

가) 養生期間과 壓縮強度와의 關係

養生期間이 길어짐에 따라 각 配合比별로 標準養生 또는 乾燥養生된 모르터의 壓縮強度變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에 의하면 養生期間이 길어지면 標準養生 모르터의 壓縮強度는 시멘트-잔骨材의 配合比와는 관계없이 절대값의 차이는 있으나

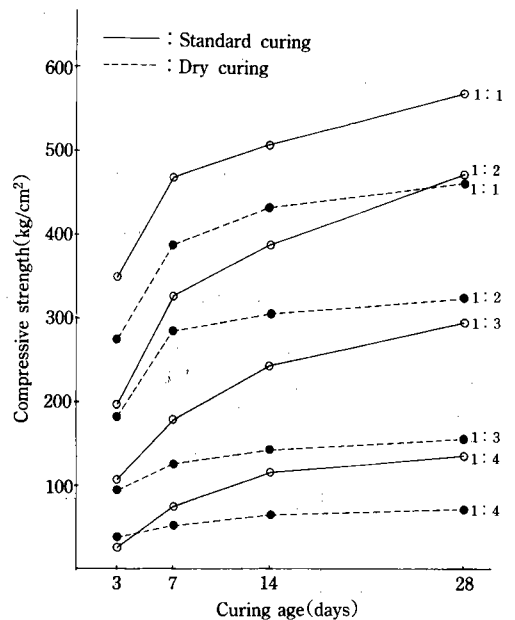


Fig. 1. Compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in normal mortar

유사한 比率로 增加하고 있다.

그러나 成形直後 즉시 乾燥環境에 놓여 있던 모르터는 標準養生 모르터의 增加率에 비해 매우 緩慢한 增加率을 보였으며 이런 현상은 貧配合으로 갈수록 더욱 두드러 졌으며 특히 養生初期에서는 壓縮強度差異가 적었다. 養生期間이 길어지는 동안 標準養生된 모르터에 비해 乾燥養生된 모르터의 壓縮強度의 상대적인 減少率은

Table-7. Decrease ratio of compressive strength of dry curing mortar to standard curing

Mixing ratio	3 days (%)	7 days (%)	14 days (%)	28 days (%)
1 : 1	21.32	17.24	14.63	18.75
1 : 2	8.20	12.87	21.67	31.51
1 : 3	12.12	29.09	41.34	47.25
1 : 4	Δ50.02	30.43	44.45	47.62

* : [100 - (DCM/SCM) × 100 (%)]

Δ : Increase ratio

Table-7과 같이 貧配合에서 크게 나타났다. 이런 현상은 養生條件이 나빠져서 乾燥環境에 放置하였을 경우의 強度가 濕潤養生시킨 것에 비해 50~60%밖에 안 된다고 發表한 Merritt⁸⁾, 鳥田專右²⁷⁾의 結果와 거의 一致하였다.

나) 물-시멘트比와 壓縮強度와의 關係

물·시멘트比(W/C)가 增加함에 따른 壓縮強度와의 關係를 각 養生期間別로 回歸分析한 結果는 Fig. 2, 3, 4, 5와 같으며 각 養生期間別 W/C와 壓縮強度와의 關係는 모두 有意性이 認定되었다.

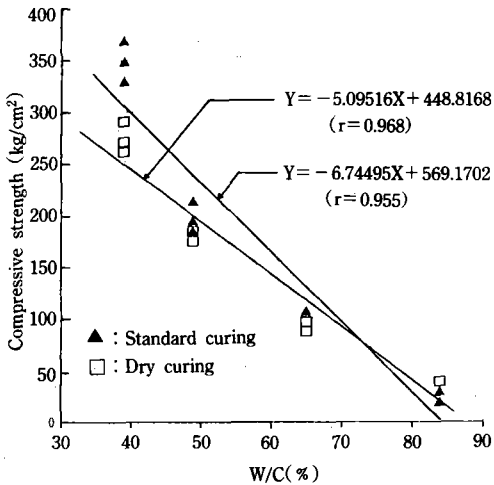


Fig. 2. 3 days compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

養生期間 3日의 標準養生과 乾燥養生된 시멘트 모르타의 壓縮強度는 Fig. 2와같이 W/C가 增加할수록 強度差異가 점차 적어졌다. 그러나 養生期間이 길어질수록 W/C에 관계없이 Fig. 3, 4, 5와 같이 標準養生과 乾燥養生된 모르타의 壓縮強度差異는 점점 더 增大되었다.

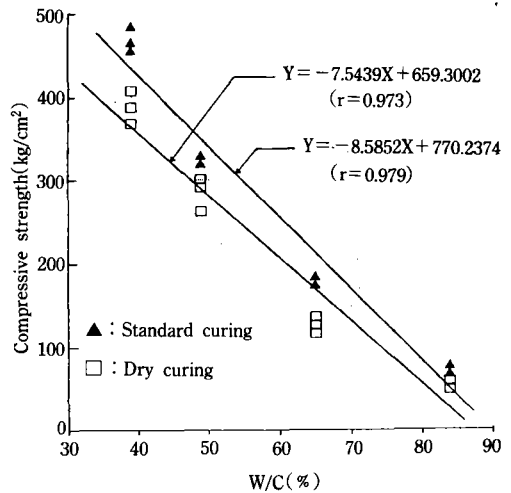


Fig. 3. 7 days compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

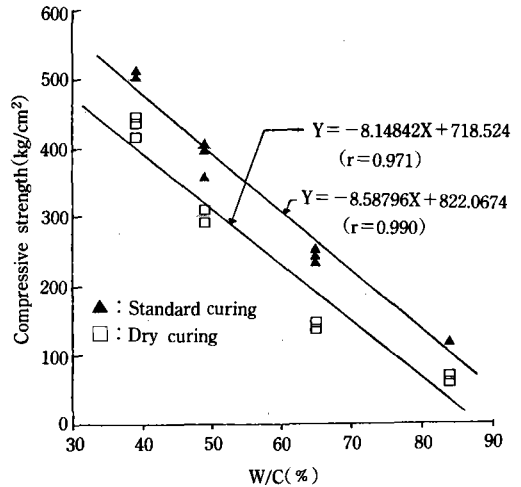


Fig. 4. 14 days compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

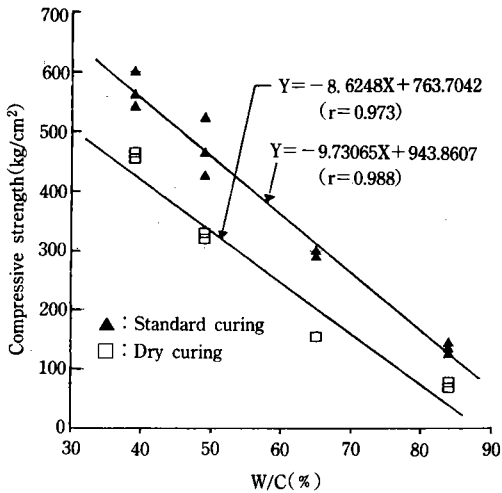


Fig. 5. 28 days compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

回歸方程式에 의하면 乾燥養生의 경우 標準養生보다 壓縮強度 減少率이 W/C가 增加할수록 減少현상을 나타내고 있는데 이것은 強度發現에 필요한 單位水量이 增加될수록 乾燥環境에서의 壓縮強度 減少率은 상대적으로 減少되는 것을 나타낸다.

다) 防水劑와 壓縮強度와의 關係

粉末防水劑(P)를 사용하였을 경우, 養生期間이 길어짐에 따른 각 配合比간의 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 壓縮強度의 變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 6과 같다.

모르터의 養生初期의 壓縮強度는 그 強度差異가 적으나 養生期間이 길어질수록 乾燥環境의 影響을 받아 標準養生 모르터보다 乾燥養生 모르터의 強度增加率은 減少되었다.

液體防水劑(L)를 사용하였을 경우, 養生期間이 길어짐에 따른 각 配合比간의 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 壓縮強度의 變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 7과 같다.

養生期間이 길어질수록 乾燥養生된 모르터의 壓縮強度는 標準養生된 모르터의 強度增加率보다 減少하고 있으나 養生初期에는 乾燥養生된

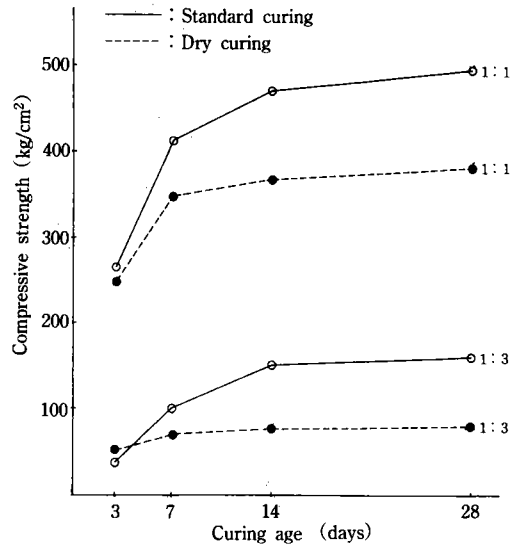


Fig. 6. Compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in powder water-proof mortar

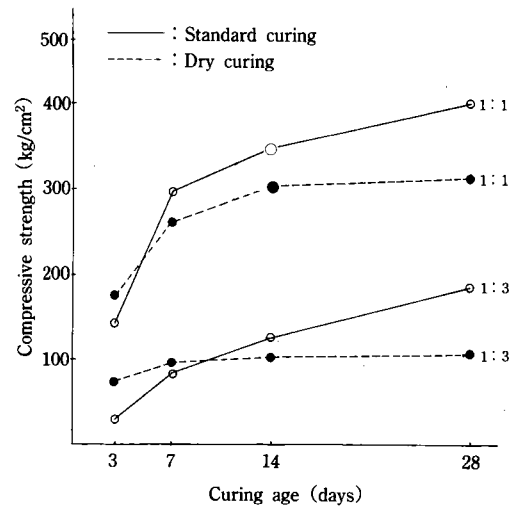


Fig. 7. Compressive strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in liquid water-proof mortar

모르터의 壓縮強度가 標準養生된 모르터보다 크게 나타나고 있다.

또한 普通 모르터와 防水劑를 첨가한 모르터의

養生期間이 길어짐에 따른 標準養生과 乾燥養生된 모르타의 全般的인 壓縮強度變化를 圖示하면 Fig. 8,9와 같다.

防水劑를 添加한 모르타는 標準養生과 乾燥養生의 경우, 普通 모르타에 比하여 多같이 強度의 減少현상을 보였다.

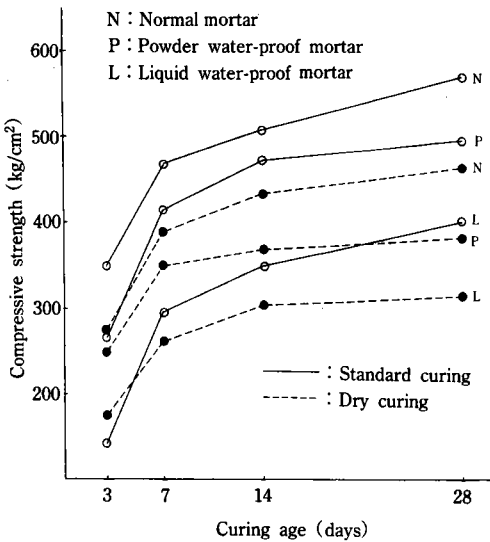


Fig. 8. Compressive strength of increasing of curing age between normal mortar and water-proof mortar (mixing ratio 1 : 1)

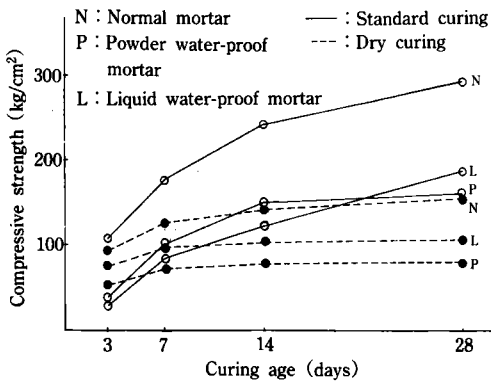


Fig. 9. Compressive strength of increasing of curing age between normal mortar and water-proof mortar (mixing ratio 1 : 3)

Fig. 8,9에서 보는 바와 같이 養生初期의 乾燥環境에 의한 壓縮強度의 減少현상은 標準 모르타보다 防水劑 모르타의 경우가 유리하며 특히 貧配合에서는 높은 強度를 나타냈다.

2. 휨 強度

가) 養生期間과 휨 強度와의 關係

養生期間이 길어짐에 따라 각 配合比별로 標準養生과 乾燥養生된 모르타의 휨 強度 變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에 의하면 養生期間이 길어지면 標準養生 모르타의 휨 強度는 시멘트-잔骨材의 配合比와는 관계없이 절대값의 差異는 있으나 유사한 比率로 增加하고 있다.

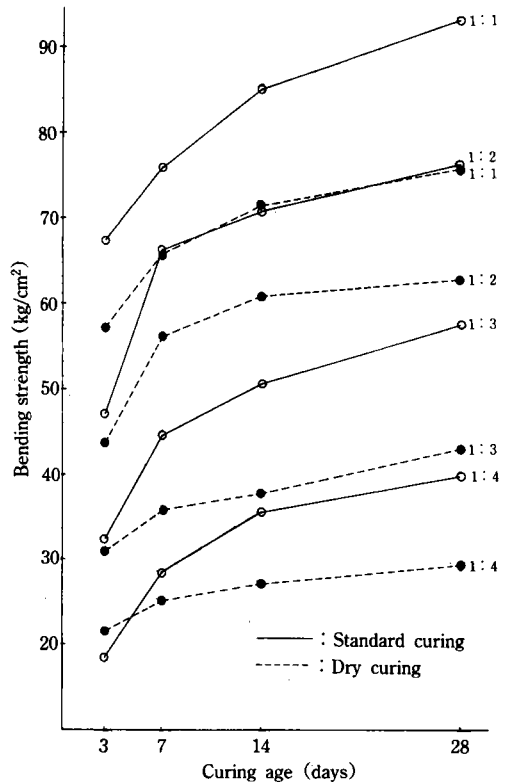


Fig. 10. Bending strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in normal mortar

Table-8. Decrease ratio of bending strength of dry curing mortar to standard curing

Mixing ratio	3 days (%)	7 days (%)	14 days (%)	28 days (%)
1 : 1	15.25	13.25	16.01	18.71
1 : 2	7.11	15.16	14.14	17.56
1 : 3	4.43	19.78	25.48	25.31
1 : 4	Δ16.84	11.74	24.17	26.35

* : $[100 - (DCM/SCM) \times 100(\%)]$

Δ : Increase ratio

그러나 成形直後 즉시 乾燥環境에 있던 모르터는 標準養生 모르터의 增加率에 비해 매우 緩慢한 增加率을 보였다.

특히 貧配合으로 갈수록 이런 현상이 더욱 두드러 졌으며 養生初期에서는 韌強度 差異가 적었다.

標準養生된 모르터에 비해 乾燥養生된 모르터의 韌強度의 상대적인 減少率은 Table-8과 같이 養生初期는 富配合에서 높으며 養生期間이 길어지면 貧配合에서 높게 나타났다.

이상과 같은 壓縮 및 韌強度의 減少의 原因은 成形直後 乾燥環境의 영향을 받아 모르터의 配合에 사용된 水量이 公극을 통해 蒸發되어 모르터의 정상적인 凝結, 硬化가 방해되어 強度의 저하를 가져온 結果라고 생각된다. (7.12.22.24)

2) 물-시멘트比와 韌強度와의 關係

물·시멘트(W/C)가 增加함에 따른 韌強度와의 關係를 각 養生期間別로 回歸分析한 結果는 Fig. 11, 12, 13, 14와 같으며 각 養生期間別 W/C와 韌強度와의 關係는 모두 有意性이 認定되었다.

養生期間 3日의 標準養生과 乾燥養生된 시멘트 모르터의 韌強度는 Fig. 11과 같이 W/C가 增加할수록 強度差異는 점차 적어졌다.

그러나 養生期間이 길어질수록 W/C에 關係없이 Fig. 12, 13, 14와 같이 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 韌強度差異는 점점 더 增大되었

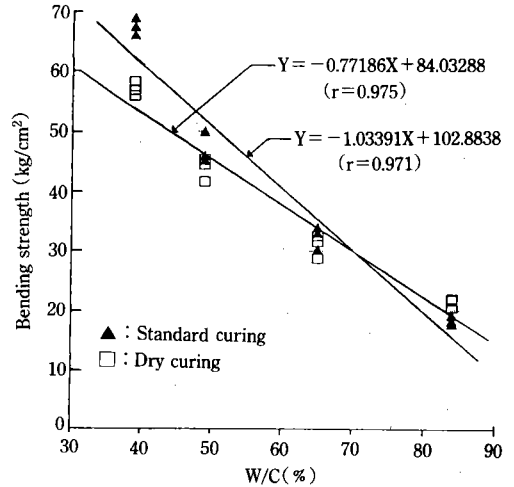


Fig. 11. 3days bending strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

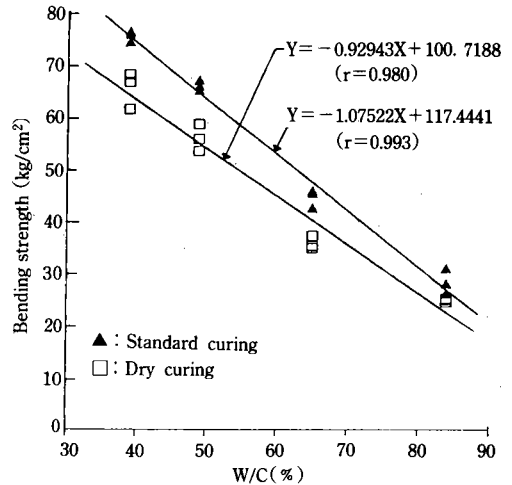


Fig. 12. 7days bending strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

다.

이와 같은 韌強度의 減少는 露出된 普通 콘크리트表面의 급속한 乾燥 때문에 안정된 内部飽和 상태에 대한 表面의 乾燥收縮으로 인해 表面에서 内部로 龜裂의 확산이 수반되어 韌強度가 減少한다고 생각된다. (13.14)

回歸方程式에 의하면 乾燥養生이 標準養生보

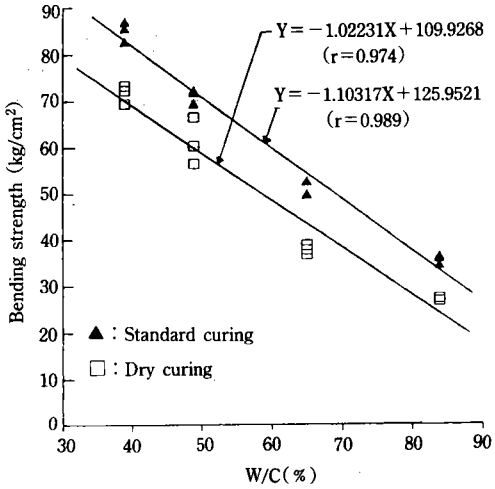


Fig. 13. 14days bending strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

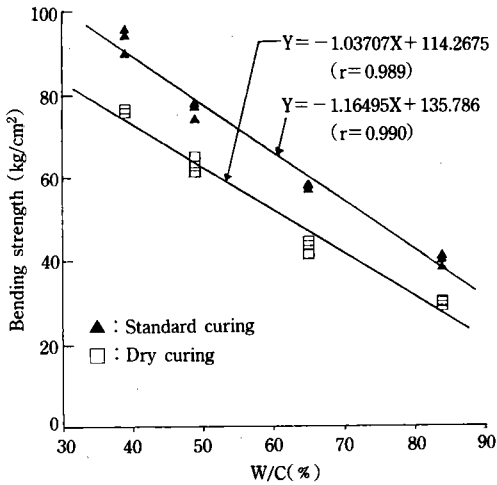


Fig. 14. 28days bending strength of standard curing and dry curing by increasing of W/C

다 W/C가 增加할수록 韌強度 減少率이 적어지고 있으며 養生初期는 더욱 적어졌다.

이것은 養生期間이 길어짐에 따른 水分蒸發에 대하여 W/C의 增加는 凝結, 硬化에 필요한 水分을 유지하여 強度減少率을 억제하고 있기 때문이라고 생각된다.

3) 防水劑와 韌強度와의 關係

粉末防水劑(P)를 사용하였을 경우, 養生期間이 길어짐에 따른 각 配合比간의 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 韌強度의 變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 15와 같으며 養生初期는 乾燥環境의 影響을 받지 않았다.

液體防水劑(L)를 사용하였을 경우, 養生期間이 길어짐에 따른 각 配合比간의 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 韌強度의 變化를 試驗分析한 結果는 Fig. 16과 같다.

液體防水劑(L)를 添加한 모르터는 富配合에서도 乾燥環境의 影響을 받지 않았으며 오히려 乾燥養生시킨 모르터가 높은 韌強度를 나타내고 있다.

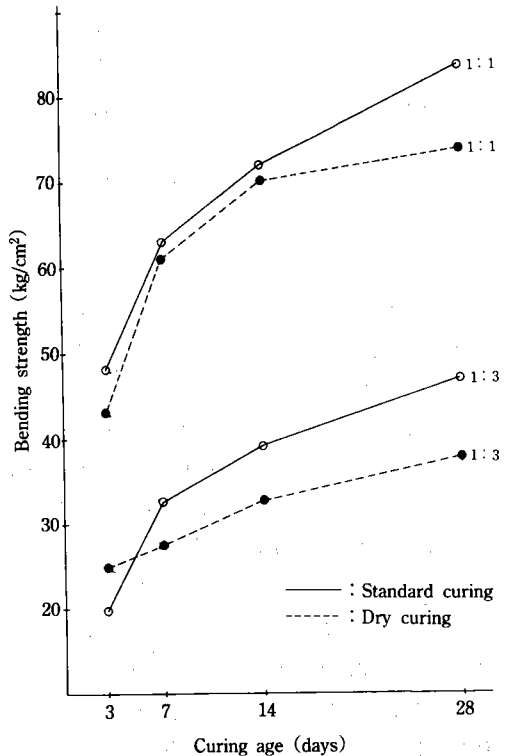


Fig. 15. Bending strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in powder water-proof mortar

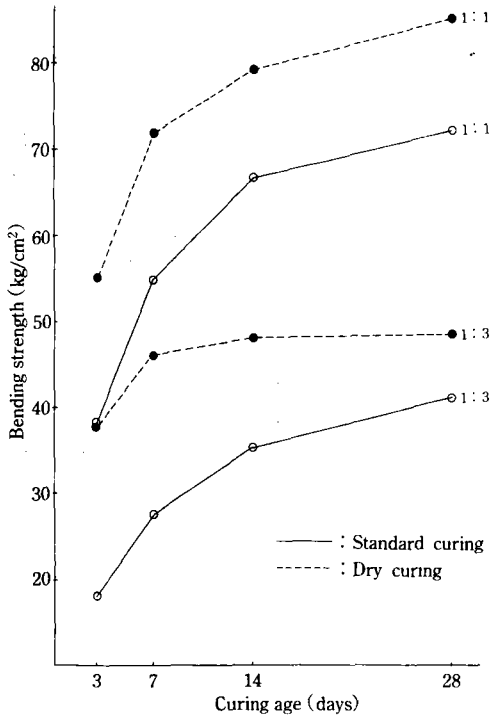


Fig. 16. Bending strength of standard curing and dry curing by increasing of curing age in liquid water-proof mortar

즉 液體防水劑(L) 모르터의 養生은 標準養生보다 乾燥環境에서 높은 韌強度를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

이는 乾燥養生에서는 모르터의 内部에 液體防水劑에 의한 皮膜이 형성되어 水分의 蒸發을 억제시켜 韌強度의 增進을 가져온 結果라고 생각된다. 普通 모르터와 防水劑를 添加한 모르터의 養生期間이 길어짐에 따른 각 配合比에서 標準養生과 乾燥養生된 모르터의 全般的인 韌強度變化를 圖示하면 Fig. 17, 18과 같다.

防水劑를 添加한 모르터는 普通 모르터보다 韌強度는 減少되었으나 乾燥環境의 영향은 적게 받는다는 것을 알 수 있으며 液體防水劑(L) 모르터는 오히려 乾燥環境에서 가장 높은 韌強度를 나타내었다.

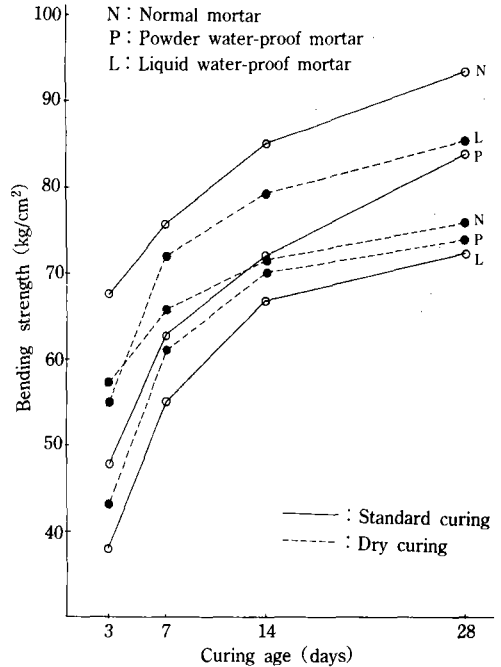


Fig. 17. Bending strength by increasing of curing age between normal mortar and water-proof mortar. (mixing ratio 1 : 1)

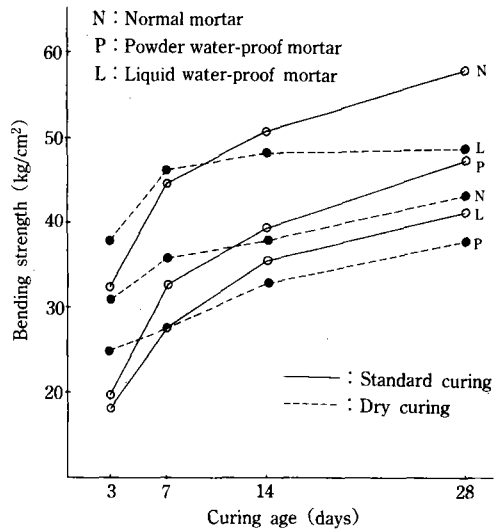


Fig. 18. Bending strength by increasing of curing age between normal mortar and water-proof mortar. (mixing ratio 1 : 3)

Table-9. Relationship between compressive strength and bending strength

Mixing ratio	3 days(%)		7 days(%)		14 days(%)		28 days(%)	
	S	D	S	D	S	D	S	D
1 : 1	19.33	20.82	16.18	16.96	16.78	16.51	16.40	16.41
1 : 2	23.91	24.19	20.30	19.77	18.32	20.08	16.17	19.47
1 : 3	30.27	32.92	25.16	28.47	20.92	26.58	19.60	27.75
1 : 4	71.27	55.51	38.29	48.58	30.64	41.82	29.43	41.39

$$X = [(BEN/COM) \times 100(\%)]$$

S : Standard curing

D : Dry curing

3. 壓縮強度와 휨強도의 관계

壓縮強度에 대한 휨強도의 比는 Table-9와 같이 骨材配合比가 增加할수록 增加하였고, 養生期間이 길어질수록 減少하였으며, 標準養生 모르터보다 乾燥養生 모르터의 比가 더 컸다.

普通 시멘트 配合比가 클수록 強度는 높게 나타나지만 養生初期의 強度는 시멘트 含量의 減少에 따라 壓縮強度에 대한 휨強度比가 增加하고 養生期間이 길어질수록 휨強度比의 增加率は 減少되었다.

특히 液體防水劑(L)를 添加한 모르터는 壓縮強度와는 달리 휨強度에서는 貧, 富配合이 모두 함께 乾燥環境의 影響을 받지 않았으며 높은 휨強度를 나타내었다.

IV. 摘 要

本 論文은 乾燥氣象條件에서 施工된 콘크리트의 強度低下에 미치는 影響을 究明하기 위하여 成形直後 乾燥環境이 시멘트 모르터의 壓縮強度 및 휨強度에 미치는 影響을 試驗한 것이다.

시멘트-잔骨材의 配合比는 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4로 하였으며, 養生條件으로 標準養生과 成形直後 즉시 乾燥養生을 比較하였고, 混和劑인 防水劑의 添加에 따른 強度의 變化를 분석하였으며, 시멘트 모르터의 養生期間은 3日, 7日, 14日, 28日로 하여 強度를 試驗하였다.

本 試驗研究 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 養生期間이 길어짐에 따른 壓縮強度와 휨強度의 變化는 乾燥環境에서 養生된 모르터의 強度增加率이 標準養生 모르터보다 減少되었다.

2. 養生初期 壓縮強度와 휨強度 變化에서 W/C가 增加할수록 乾燥環境에서 養生된 모르터와 標準養生 모르터 사이의 強度差異는 점차 적어졌다.

3. W/C가 增加할수록 壓縮強度 減少率は 乾燥環境에서 養生된 모르터가 標準養生 모르터보다 減少되었으며, 휨強度 減少率도 乾燥環境에서 養生된 모르터가 標準養生 모르터보다 감소되었다.

4. 防水劑를 混合한 모르터의 養生初期 壓縮強度에서 液體防水劑(L) 모르터는 乾燥環境에서 標準養生보다 높은 強度를 나타냈다.

養生初期 휨強度에서는 粉末(P) 및 液體防水劑(L) 사용의 경우 동일하게 乾燥環境의 影響을 적게 받았으며 液體防水劑(L) 모르터는 養生期間 變化에 關係없이 乾燥環境에서 標準養生보다 높은 휨強度를 나타냈다.

5. 貧配合 液體防水劑(L) 모르터의 壓縮強度는 標準養生보다 乾燥環境 養生에서 높은 強度를 나타냈다.

6. 養生初期 시멘트 含量이 減少함에 따라 壓縮強度에 比하여 휨強度는 增加하고 養生期間이 길어질수록 壓縮強度에 대한 휨強度 增加率は 減少한다.

參 考 文 獻

1. Berhane, Z.(1983), Compressive strength of mortar in hot-humid environment Cement and Concrete Research 13,(2) : 225-232.
2. Carlson, R. W. (1938), Drying shrinkage of concrete as affected by many factors, proceedings, ASTM. 38(2) : 419-437.
3. Hanson, J. A.(1968), Effects of curing and drying environments on splitting tensile strength of concrete, J. ACI 65, (7) : 535-543.
4. Jackson, M.(1980), Civil Engineering Materials, Macmillan Press, London, P. 173-176.
5. Johnston, C. D. and Sidwell, E. H.(1969), Influence of drying on strength of concrete specimens, J. ACI 66, (9) : 748-755.
6. Lerch, W. (1957), Plastic shrinkage, J. ACI : 797-802.
7. Mehta, P. K.(1986), Concrete-Structure, Properties, and Materials, Prentice-Hall p. 42-76.
8. Merritt(1982), Standard Handbook for Civil Engineering McGraw-Hill, New York, p. 5-10~5-13.
9. Nawy, E. G. (1972), Control of cracking in concrete structures, J. ACI 69, (12) : 717-753.
10. Neville, A. M. (1981), Properties of Concrete, Pitman Press, p. 83-101.
11. Ravina, D. and Shalon, R. (1968), Plastic shrinkage cracking, J. ACI 65, (4) : 282-292.
12. Waddell, J. J. (1984), Concrete Manual, International conference of Building Officials, p. 1-28, 255-262, 311-316.
13. Walkor, S. and Bloem, D. L. (1957), Effect of curing and moisture distribution on measured strength of concrete, Proc. Highway Research Bd 36 : 334-346.
14. Waters, T. (1955). The effect of allowing concrete to drying before it has fully cured, Magazine of Concrete Research 20 : 79-82.
15. U. S. Bureau of Reclamation(1975), Concrete Manual, John Wiley & Sons, p. 375-391, 470-474.
16. 大韓土木學會(1983), 土木工學 핸드북, p. 7-9~7-12.
17. _____(1989), 콘크리트 標準示方書, p. 463-466.
18. 文翰英(1988), 建設材料學, 東明社, p. 111-112.
19. 朴根培, 柳萬容, 蔡奇錫(1989), 土木材料實驗, 東明社, p. 27-81.
20. 朴承範(1978), 纖維補強이 콘크리트의 力學的特性과 鐵筋콘크리트의 龜裂性狀에 미치는 影響에 關한 研究, 韓國農工學會誌20(2), p. 17-59.
21. _____(1989), 土木材料實驗, 文運堂, p. 18-57.
22. 吳武泳(1974), 成形直後 蒸發作用을 받은 콘크리트의 強度에 對한 研究, 韓國農工學會誌 16(4), p. 1-10.
23. 吳炳煥(1989). 콘크리트의 構造物에 發生하는 龜裂의 原因과 그 對策에 關한 考察, 大韓土木學會誌 37(2), p. 4-12.
24. 尹忠燮, 趙炳辰(1984), 콘크리트의 現場養生 效果에 關한 研究, 韓國農工學會誌 26(3), p. 46-58.
25. 崔癸軾(1983), 高溫乾燥 地帶에서의 콘크리트 施工(II), 大韓土木學會誌 31(6), p. 10-18.
26. 洪益杓(1990), 土木材料 및 實驗, 技工社, p. 99-121.
27. 鳥田專右(1969), 建築工事における 署中 コングリーの養生, セメントコングリード, No. 271, p. 62-67.

(接受日字 : 1991. 1. 30)