

시멘트 配合量이 콘크리트의 塑性收縮에 미치는 影響

The Effect of Cement Mixture on Plastic Shrinkage of Concrete

吳 武 泳* · 尹 忠 燮**
Oh Moo Young, Yoon Choong Sup

Summary

The objective of this study is to investigate the characteristics of the concrete mixture and the plastic shrinkage of concrete exposed to a rapid evaporation immediately after placement, and to measure the shrinkage rate according to the cement-mixture.

Drying of concrete was conducted under a controlled chamber in which the temperature was $34 \pm 2^\circ\text{C}$, the relative humidity $45 \pm 2\%$, and the wind velocity 4 ± 1 m/sec.

All of the concrete molds were made to have good workability as 6 ± 0.5 cm in slump.

The results obtained are as follows;

1) The evaporation rate was 3.36kg/m^2 , 2.98kg/m^2 and 2.91kg/m^2 respectively for each concrete mixtures 365kg, 335kg and 317kg after 5 hour exposure, and the evaporation was measured at all 55~57% after 2 hours and additional in 10% on after 5 hours exposure.

2) The weight of the concrete were was reduced to 3.0%, 2.6% and 2.4% respectively for each of them.

3) The shrinkage of concrete was 0.87 mm/m, 0.56mm/m and 0.31 mm/m after 5 hour exposure, and the shrinkage of concrete was measured at 84%, 59% and 45% after 2 hours and it in 1~5% after 5 hour exposure and then stopped.

4) A recommendation for good concrete is that the evaporation should be minimized during 2 hours after placement of concrete, if possible.

I. 緒 論

콘크리트의 材質은 物理的 化學的 性質이 서로 다

* 忠北大學 農工學科

** 農業振興公社 榮山江事業所

른 合成材料이며, 工事現場의 條件과 施工法 等으로 均一하고 完全無缺한 結果를 얻을수 없으며 아직도 많은 問題點을 남기고 있다.

많은 工事現場에서 大單位의 넓은 콘크리트 表面을 施工하는 가운데, 養生도중 微細한 龜裂이 數次 發見되고 있는데 이것은 콘크리트 材質에 重要한 問

題가 된다고 생각한다. 일반적으로 이와같은 龜裂의 原因은 시멘트의 品質, 骨材의 材質과 粒度, 콘크리트의 規模와 配合, 거푸집, 施工法, 氣象狀態 등 많은 條件들 때문이라고 생각되고 있다.⁽¹¹⁾

그러나 잘 設計 管理된 콘크리트가 施工中에 表面에서 收縮龜裂을 일으키는 것은 工事現場의 高温 乾燥氣候와 強한 風速으로 콘크리트 表面에서 水分 증발이 촉진되기 때문이라고 생각된다.

美國 開拓局의 콘크리트 Manual⁽⁹⁾에 의하면 콘크리트의 乾燥收縮은 單位水量과 初期의 濕潤, 養生期間等に 依하여 左右된다고 하였다.

plastic한 콘크리트의 乾燥收縮에 對한 研究報告는 처음으로 1957年 Lerch⁽¹⁰⁾에 依한 것이며, 콘크리트 成形直後 처음 몇시간 동안에 굳지않은 콘크리트 表面에서 일어나는 收縮을 plastic 收縮이라고 하였고, 이것은 콘크리트가 아직 plastic한 동안에 일어나며, 또 어떤 重要한 強度를 나타내기 전의 상태라고 하였다.

그리고 Lerch와 Beresford⁽⁴⁾는 plastic수축균열은 콘크리트가 굳기전에 일어나며, 이른바의 균열된 모양은 停止되고 영구히 남는다고 하였다.

1968年 Ravina와 Shalon⁽¹²⁾은 증발작용을 완전히 제거하면 plastic收縮균열 작용은 除去될수 있다고 하였다. 그리고 이와같은 現象에 對하여 콘크리트의 반죽질기와 水量등이 支配的인 要素인가를 연구할 必要가 있다고 報告하였다.

本 試驗研究의 目的은 콘크리트가 形成된 直後에

高温, 乾燥狀態에 露出되었을때, 그 콘크리트의 表面에서 일어나는 急速한 水分蒸發率에 따라 일어나는 plastic 收縮變化 特性을 調査하고, 單位시멘트 配合量과 乾燥時間의 長短이 콘크리트 收縮에 미치는 影響을 究明하고자 하는데 있다. 그리고 施工法을 改善하여 이 現狀을 防止하고 좋은 콘크리트를 製作하는데 도움이 되고자 한것이다.

II. 材料 및 方法

1. 시멘트

이 試驗에 使用한 시멘트는 보통 포트랜드 시멘트(Type I)이며 그 物理的 性質은 Table-1과 같고

Table-1 Physical properties of normal cement

Property	Result	
Specific gravity	3.15	
Fineness (cm ² /gr)	3,290	
Time of setting	Initial (hr)	2.5
	Final (hr)	5.3
Normal consistency (%)	26	
Soundness	good	
Comp. strength (kg/cm ²)	3 days	151
	7 days	180
Ten. Strength (kg/cm ²)	3 days	23
	7 days	24

Table-2 Quality of fine aggregate

Item	Specific gravity	Absorption (%)	Unit wt. (gr/cm ³)	No. 200 sieve passing (%)	Soundness	F.M	Clay lump	Organic impurity
Result	2.60	1.33	1,590	0.5	good	2.57	—	none

Table-3 Quality of coarse aggregate

Item	Specific gravity	Absorption (%)	Unit wt. (gr/cm ³)	Abrasion		Soundness	F.M	Max. agg. (mm)
				100R (%)	500R (%)			
Result	2.65	1.66	1,613	—	25.6	good	6.60	13

이것은 K.S. 規格에 相當한 것이다.

2. 骨 材

잔骨材는 자연상태의 골재를 採取해서 KSF 2526의 規格에 適當한 것을 使用했다.

굵은 骨材는 최대크기를 13mm로 하고 골재의 粒度는 KSF 2524의 規格에 맞도록 製造하여 使用했다.

骨材의 채취장소는 다음과 같다.

잔 골 재 : 충북 청원군 북일면 장대리

Table-4 Gradation of fine aggregate

Sieve No.	Standard gra. (%)	Fine aggregate gra. (%)
10mm	100	100
No. 4	95~100	100
No. 8	80~100	90
No. 16	50~85	79
No. 30	25~60	57
No. 50	10~30	15
No.100	2~10	2

Percentage by weight passing sieve

Table-5 Gradation of Coarse aggregate

Sieve No.	Standard gra. (%)	Coarse aggregate gra. (%)
19mm	100	100
13mm	90~100	95
10mm	40~70	45
No.4	0~15	0
No.8	0~5	0

Percentage by weight passing sieve

굵은골재 : 충북 청원군 현도면 노산리
 잔골재와 굵은 골재의 品質과 粒度는 각각 Table-2, Table-3, Table-4, Table-5와 같다.

3. 供試體製作

plastic 收縮量 試驗用 Mold는 ASTM C 157⁽⁹⁾과 美國開拓局⁽⁹⁾의 一般試驗規定을 참고하고, Ravina⁽¹⁷⁾의 시험방법을 응용하여 70×70×300mm Mold를 제작하였다^(8,10). 콘크리트 配合設計^(6,10)는 굵은 骨材의 最大크기를 13mm로 하고 單位시멘트량을 365kg, 335kg, 317kg으로 하였으며 絕對 骨材率은 50%로 결정하였다. 좋은 workability를 유지하도록 slump치는 6±0.5cm로 均一하게 하였다. 콘크리트의 種類는 Table-6과 같이 C7.30, C6.70,

Table-6 Mix design of Concrete

Mix No.	C7.30	C6.70	C6.35
Cement (kg)	365	335	317
Water (kg)	200	205	216
W/C (%)	55	61	68
S/a (%)	50	50	50
Sand (kg)	875	880	875
Gravel (kg)	890	895	890
Slump (cm)	6.0±0.5	6.0±0.5	6.0±0.5

C6.35의 3種으로 3箇씩 제작하였고 6개의 측정치가 동시에 나오도록 했다.

4. 乾燥試驗

實驗室內에서 콘크리트 供試體를 成形한 直後에, 노출된 콘크리트 表面에서의 급속한 蒸發作用을 일으키기 위해서 Wind Tunnel을 製作하였다. 乾燥試驗中에는 Tunnel內部는 風速 4±1m/sec, 溫度 34±2°C, 相對濕度 45±2%를 유지하였다.

5. 收縮量試驗

試驗方法은 配合콘크리트를 Mold에 다져 넣은후, Sleeve를 빼고 Stud가 콘크리트收縮에 따라서 자유롭게 움직이도록 하고, dial gage를 Holder에 固定하였다.

供試體는 成形直後 Wind Tunnel속에서 乾燥作用(溫度 34±2°C, 濕度 45±2%, 風速 4±1m/sec)을 받도록 하였다. 收縮量測定은 成形後 1시간 후 부터 5時間동안 매시간 마다 증발량측정과 동시에 하였다.

III. 結果 및 考察

1. 蒸發率

콘크리트 供試體의 成形直後부터 5시간 동안의 水分증발율의 변화는 Fig. 1과 같다.

供試體 C7.30, C6.70, C6.35의 전수분 증발량은 측정시간 5시간 동안에 각각 3.36kg/m², 2.98kg/m², 2.91kg/m²이다.

수분증발율은 成形直後 初期 2시간 동안에 집중되었으며 57%, 50%, 55%를 나타내고 있는데 이것은 배합율과는 관계가 없었으며 다만 전체 증발량의 50% 이상이 초기 2시간 동안에 일어난 것이다. 그리고 成形後 5시간이 되면 供試體 전부가 똑같이 10%이하로 감소되고 있다.

이같은 현상은 Ravina⁽¹⁸⁾의 시험결과와 같은 현상으로 나타나고 있다.

콘크리트 配合는 workability가 좋은 경우에도 일반적으로 水和作用에 반드시 필요한 量보다 많은 水量을 갖고 있기때문에 이 과잉수량은 成形直後부터 分離浮上하게 되는 것이며 이것은 毛細管을 통해서 表面으로 올라와서 自然증발하게 된다^(13,10), 그래서 콘크리트의 증발율은 시험결과와 같이 成形直後 가장 높게 되고 水和作用이 진행됨에 따라 증발율은 점차 감소하게 될것이다.

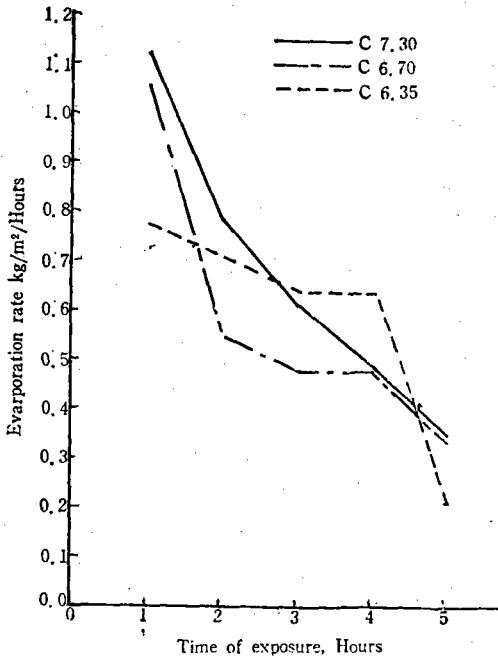


Fig. 1. Evaporation rate of exposed Specimens

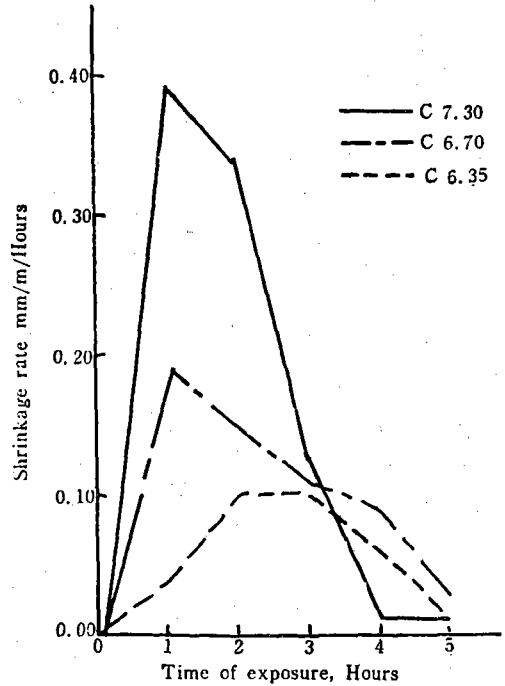


Fig. 3. Plastic Shrinkage rate Versus exposure time

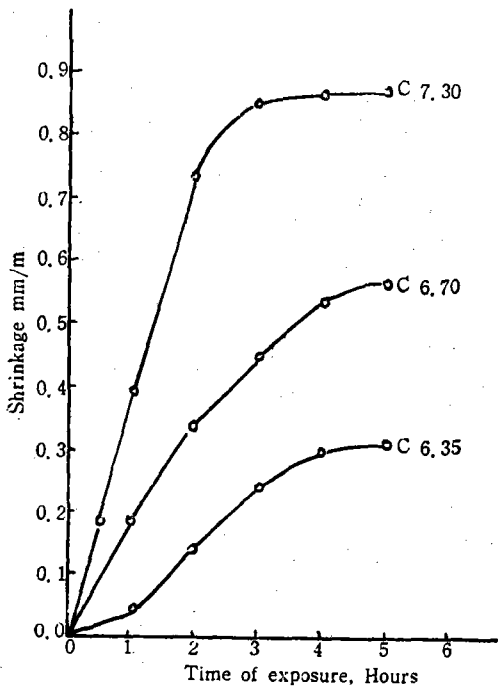


Fig. 2. Plastic Shrinkage Versus exposure time

2. 收縮率

高温乾燥狀態에서 表面에 노출된 成形直後の 콘크리트의 수축량 측정결과는 Fig. 2와 같으며 그 수축율은 Fig. 3과 같다. 또 수축율의 시간당 집중도에 對한 값은 Table-7에 표시했다.

Table-7 Plastic shrinkage rate of exposed specimens

Time(hr)	C _{7.30}		C _{6.70}		C _{6.35}	
	mm/m/hr	%	mm/m/hr	%	mm/m/hr	%
1	0.39	45	0.18	32	0.04	13
2	0.34	39	0.15	27	0.10	32
3	0.12	14	0.11	20	0.10	32
4	0.01	1	0.09	16	0.06	19
5	0.01	1	0.03	5	0.01	4
Total	0.87	100	0.56	100	0.31	100

수축량은 보통 콘크리트의 좋은 workability 상태로 slump 값 6±0.5cm를 균일하게 유지하도록 배합설계했고 단위 시멘트 배합량을 365kg, 335kg,

317kg으로한 공시체에서 각각 成形後 5시간 동안에 0.87mm/m, 0.56mm/m, 0.31mm/m로 Fig. 2와 같이 나타났다. 즉 단위시멘트 배합량이 많을수록 수축량도 크게 나타났다.

Table-7 수축량은 Fig. 3과 같이 성형후 초기 2시간 동안에 단위 시멘트 배합량 365kg, 335kg, 317kg에 각각 84%, 59%, 45%로 수축량이 집중되었다. 즉 단위시멘트配合量이 높으면 따라서 초기 수축량도 높게되어 그것은 초기 2시간 동안에 45%~84%가 일어났으며 5시간이 경과하면 1~5% 정도로 거의 정지되었다.

굳지 않은 콘크리트의 노출된 表面에서 일어나는 plastic 收縮 균열은 콘크리트 水和과정에서 체적을 차지하고 있던 水分의 急速한 蒸發로 인한 체적변화를 硬化과정에서 수용할수 없기 때문에 결국은 수축균열이 일어날수 있다고 생각된다^(10,11,17).

이수축균열은 表面에서 내부로 향하여 확산될 것이며 때문에 이같은 특성은 콘크리트 내부조직을 파괴할수 있다고 생각된다^(17,16). 따라서 좋은 콘크리트를 제작하려면 수축량을 억제시켜야 할것이며 콘크리트 성형직후 초기 2시간 동안의 수분증발을 특히 방지 하도록 해야한다.

Ⅲ. 摘 要

이 研究의 목적은 콘크리트를 成形한 直後에 露出된 콘크리트 表面으로부터 高温 乾燥狀態의 風速에 依한 급속한 水分蒸發로 因하여 아직 굳기전에 발생한 plastic수축특성에 관한 것이며, 단위 시멘트配合量의 변화에 따르는 수축율의 변화를 측정한 것이다.

이試驗은 시험실안에서 온도 34±2°C, 상대습도 45±2%, 풍속 4±1m/sec로 진조시험한 것이며 사용된 供試體의 콘크리트는 전부 workability가 동일하도록 slump 값을 6±0.5cm로 제작한 것이다.

이시험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 수분 蒸發量은 成形後 5시간 동안에 콘크리트 供試體의 단위시멘트 配合量 365kg, 335kg, 317kg에 각각 3.36kg/m², 2.98kg/m², 2.91kg/m²였으며 蒸發量은 2시간동안에 모두 55~57%로 집중되었고 成形後 5시간에는 10%以下로 감소했다.

(2) 수분증발로 因한 콘크리트의 중량은 앞의 배합순서에 따라 각각 3.0%, 2.6%, 2.4%로 감소되었다.

(3) 콘크리트의 수축량은 성형후 5시간동안에 앞

의 배합순서에 따라 각각 0.87mm/m, 0.56mm/m, 0.31mm/m로 나타났으며, 수축량은 성형후 2시간 동안에 전체수축량의 84%, 59%, 45%로 집중되었고, 성형후 5시간에는 모두 1~5%로 감소되어 정지상태가 됐다.

(4) 좋은 콘크리트를 만들려면 成形後 2시간 동안 급속한 수분증발을 억제해야 하며 단위시멘트配合量은 필요이상으로 사용해서는 안될것이다.

引 用 文 獻

1. American Concrete Institute (1959) : Manual concrete Practice, p.221~6.
2. ____ () : ____, pp.305~1 305~10.
3. American Society for Testing Materials(1965) : Concrete and Mineral Aggregate, ASTM Part 10. pp.107~113.
4. Beresford, F.D. and Mattison, E.N. (1958) : Pressetting Cracks in Fluid Concrete, Constructional Review (Sydney), V. 31, No.9, pp. 23~26.
5. Bureau of Reclamation, U.S. Dep. (1966) : Concrete Manual, 7th Edition, pp.16~17.
6. 콘크리트委員會(1965) : 콘크리트強度에 依하는 成形, 養生條件의 影響, 세멘트콘크리트誌, No. 216, pp. 2~9.
7. Johnston, C.D. and Sidwell, E.H. (1969) : Influence of Drying on Strength of Concrete Specimens, ACI Journal, V. 66, No. 7, pp. 748~755.
8. 近藤泰天 坂靜雄(1973) : 콘크리트工學 핸드ブック, 朝倉書店, pp. 189~231.
9. 國分正(1972) : 土木材料實驗, 技報堂, pp. 345-351.
10. Lerch, W. (1957) : Plastic Shrinkage, ACI Journal, V.53, No.8, pp.797~802.
11. 丸安, 水野(1969) : 콘크리트工學, 코로메社, p.64.
12. ____ () : ____. ____. pp. 122~124.
13. 宮澤清(1969) : 콘크리트의 收縮 及び ひびわれについて, 세멘트 콘크리트誌, No. 241, pp.4~7.
14. 何井(1972) : 콘크리트 及び 몰탈의 乾燥 收縮 におよぼ는 巴斯도量 空け키量 水세멘트 比의 影響, 세멘트콘크리트誌, No.301, pp-

- 2~8.
15. 盧熙潤(1971): 콘크리트 配合設計, 建設工學社, pp.16~73.
16. 小野竹之助(1971): 콘크리트工學 (材料編), 森比出版 pp.210~216.
17. Ravina, D. and Shalon, R. (1968): Plastic Shrinkage Cracking, ACI Journal, V.65 No. 4 pp.282~291.
18. Ravina, D. (1973): Influence of Miximum Aggregate size on compressive strength of Concrete Exposed to Evaporation Immediately After Casting, ACI Journal, V.70, No.8, pp. 582~588.
19. Shachlock, B.W.(1958): The Early Shrinkage Characteristics of Hand-placed Concrete, Mag. Concrete Research, V.10, pp.3~12.
20. 吳武泳(1974): 成形直後 蒸發作用을 받은 콘크리트의 強度에 관한 研究, 韓國農工學會誌 第16卷 4號, pp. 1~10.