

콘크리트의 Consistency 변화가

塑性收縮에 미치는 영향

Influence on the Plastic Shrinkage of Concrete for a Varieties of Consistency

吳 武 泳*
Moo Young Oh

Summary

The objective of this study is to investigate how the varieties of consistency of fresh concrete influence on the plastic shrinkage in dry condition. The test was conducted under the controlled chamber in which the temperature was kept at $25 \pm 2^\circ\text{C}$, the humidity $35 \pm 3\%$, and the wind velocity 4.0 ± 0.5 m/sec. The results obtained from the test are as follow.

- 1) The rate of evaporation was highest at 2—3 hour after casting, and decreased gradually.
- 2) The plastic shrinkage was increased as to the slump values. The shrinkage rate was very highest at 2-4 hour and hardly showed any changes after 6 hour.
- 3) The recommendation for good concrete is that slump value should be as low as possible in construction.

I. 序 論

좋은 品質의 콘크리트를 제작하려면 材料의 선택, 配合과 그 施工法 등이 중요하다.

그런데 콘크리트는 시멘트 paste의 水和生成物이 結合材가 되어 骨材와 서로 混合되어 굳은 것이다. 따라서 콘크리트의 性質은 이것을 구성하는 材料, 骨材와 水和生成物의 結合상태 등에 따라서 지배된다고 할 수 있다.

水路 Lining 과 같이 두께가 얇고 表面이 넓은 콘크리트 Slab 구조를 시공하는 경우 微細한 균열이 때때로 일어나는 것을 볼 수 있다. 훌륭히 配合, 施工 관리된 콘크리트에서 이와 같은 균열현상이 나타나는 것은 시멘트 paste의 水和生成物이 骨材와

결합하여 응결하는 과정에서 乾燥기후의 영향으로 水和作用에 필요한 水分의 蒸發이 촉진되기 때문이라고 생각되고 있다. (9,10)

本 研究論文의 目的은 건조기후 상태에서 콘크리트를 제작할 경우 콘크리트의 중요한 性質인 consistency의 변화와 굳지 않은 상태의 收縮, 즉 塑性收縮과의 관계를 究明하여 좋은 콘크리트를 제작하는 데 도움이 되고자 한 것이다.

굳기전 콘크리트의 性質은 consistency, workability, plasticity 등으로 나타내고 있는데 이와 같은 性質을 測定하는 대표적인 방법으로 slump 試驗이 많이 사용되고 있기 때문에 本試驗에서는 slump 값의 변화에 대한 콘크리트의 塑性收縮과의 관계를 조사 연구하였다.

*忠 北大學 農工科

Table-1. Chemical and Physical Properties of Portland Cement (Type 1)

Item	K.S.	Result	Item	K.S.	Result
Sio ₂ (%)	—	22.12	Specific gravity	—	3.15
Al ₂ O ₃ (%)	—	4.61	Fineness (cm ² /gr)	min. 2,600	3,121
Fe ₂ O ₃ (%)	—	3.81	Soundness (%)	max. 0.8	0.15
Cao (%)	—	63.32	Time of Set		
Mgo (%)	max. 5.0	3.23	Initial (min)	min. 60.0	192.0
So ₃ (%)	max. 3.0	1.55	Final (hr)	max. 10.0	5.4
Ignition Loss (%)	max. 3.0	0.56	Comp. Strength(kg/cm ²)		
Insoluble Residue (%)	max. 0.75	0.27	7 days	min. 175	240
			28 days	min. 245	376
			Ten. Strength (kg/cm ²)		
			7 days	min. 20	24
			28 days	min. 25	30

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)
Result	2.60	1.66	1,613	25.4	good	6.55	13

II. 材料 및 方法

1. 시멘트

이 시험에 사용된 시멘트는 현대시멘트주식회사의 보통 포트랜드 시멘트(Type I)이며 그 재료의 品質은 Table-1 과 같다.

2. 骨 材

잔骨材는 자연상태의 모래 가운데 KSF 25 26 의 標準規格에 적합한 것을 채취하여 사용하였으며 굵은 骨材는 최대크기를 13 mm 로 하고 KSF 25 24 의 표준규격에 맞도록 粒徑를 조절하여 사용하였다.

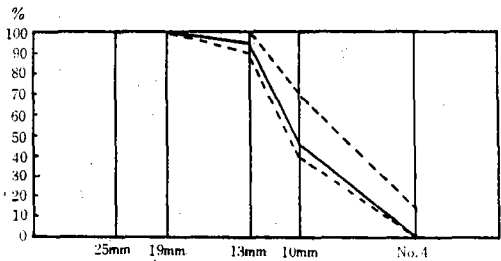


Fig. 2. Gradation curve of coarse aggregate

사용된 骨材의 채취장소는 다음과 같으며 골재의 品質은 Table. 2, 3 과 같고 粒徑는 Fig. 1, 2 와 같다.

잔 骨材: 충북 청원군 북일면 장대리

굵은 骨材: 충북 청원군 현도면 노산리

3. 供試驗製作과 配合 設計

콘크리트 收縮試驗用 mold 는 최대골재 13mm 크기를 사용하는데 충분한 단면으로 70×70×300 mm 의 mold 를 제작하여 사용하였다.

콘크리트 配合設計는 美開拓局 concrete manual³⁾ 의 規定과 ACI 613-54⁴⁾ 규정에 따라 최대골재

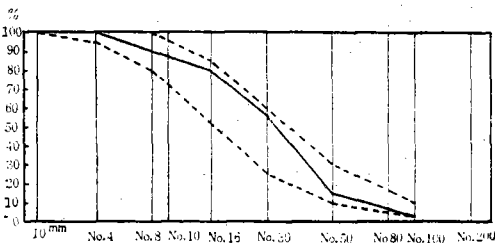


Fig. 1. Gradation curve of fine aggregate

Table-4. Mix Design of Concrete

Item	Mix No.	M-1	M-2	M-3	M-4
Cement	(kg)	380	380	380	380
water	(kg)	190	190	190	190
W/C	(%)	0.50	0.50	0.50	0.50
S/a	(%)	0.50	0.48	0.46	0.44
Sand	(kg)	883	848	812	776
Gravel	(kg)	883	918	953	987
Slump	(cm)	4±0.5	6.0±0.5	9±0.5	12±0.5

13 mm 에 적합한 單位시멘트量을 380 kg/m³ 으로 결정하였으며 材料의 分離가 일어나지 않는 범위로 slump 값은 4.0 cm 에서 부터 12.0 cm 까지 4 가지 종류의 배합설계를 Table-4 와 같이 하였다.

4. 乾燥 試驗裝置

콘크리트 表面에서 水分증발을 촉진하기 위하여 wind Tunnel 을 제작하였으며 Tunnel 속은 風速 4±0.5 m/sec(14.4 km/hr), 溫度 25±2°C, 相對溫度 35±3%의 환경을 유지하였다.

5. 蒸發量과 收縮量試驗

成形直後 콘크리트 mold 에서 sleeve 를 빼고 stud 가 콘크리트 收縮에 따라 자유롭게 움직이도록 하고 dial gage 를 mold 양쪽끝의 holder 에 고정하였다.

이 供試體는 成形直後부터 Wind Tunnel 속에 설치되고 重量감소에 의한 증발량 측정과 dial gage 에 나타나는 收縮量을 매시간 측정하였다.

III. 結果 및 考察

1. 蒸發量

成形直後부터 8 시간 동안의 콘크리트 供試體로부터 水分蒸發量 변화를 표시하면 Fig. 3 과 같다. 蒸發量은 slump 값이 서로 다른 供試體 사이에서는 규칙적인 차이를 발견할 수 없었으며 測定時間에 따라 변하는 蒸發量을 2次多項曲線歸式

$$Yx = -0.638 + 0.82x - 0.044x^2$$

로 구할 수 있었으며 Fig. 3 과 같다.

콘크리트 配合에 사용되는 水量은 언제나 水和作用에 필요한 量보다 많은 것이기 때문에 이 과잉수량은 成形直後부터 bleeding 현상으로 나타났으며 bleeding 이 끝난 후에도 모세관을 통하여 상승되는 水分증발이 계속되었다¹³⁾.

Lerch⁵⁾에 의하면 蒸發은 氣象조건에 따라 지배된다고 하였다. Ravina⁶⁾에 의하면 蒸發率은 1~3 시간에 가장 높고 점차 감소한다고 하였다.

본 시험결과 에서는 2~3 시간에 0.6 kg/m²/hr 으로 가장 높았으며 점차 감소되었다.

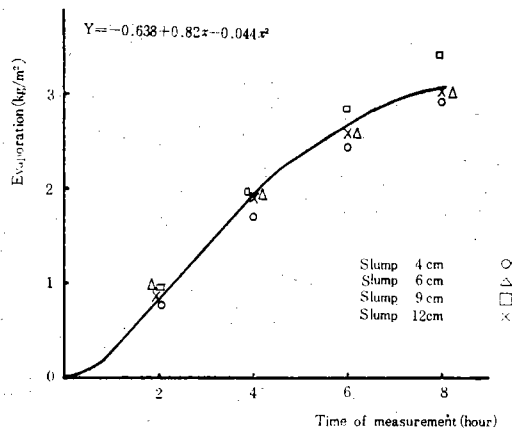


Fig. 3. Evaporation-time relationship for different slumps

2. 收縮量

콘크리트 成形 후 7 시간 동안 水分蒸發된 供試體의 塑性收縮量과 slump 값과의 관계를 각 시간의 測定結果로부터 回歸관계를 구하면 다음 식과 같다.

1 시간 증발 $Yx = -0.0545 + 0.0112x$

2 시간 증발 $Yx = -0.302 + 0.0789x$

3 시간 증발 $Yx = -0.444 + 0.16x$

4 시간 증발 $Yx = -0.359 + 0.189x$

5 시간 증발 $Yx = -0.134 + 0.179x$

6 시간 증발 $Yx = -0.076 + 0.179x$

7 시간 증발 $Yx = -0.0155 + 0.174x$

앞의 7 시간 동안 각 시간의 回歸直線을 함께 모아 표시 한 것이 Fig. 4 이다.

그리고 Fig. 5 는 회귀관계식에서 얻은 값에서 塑性收縮量과 測定時間 관계를 유도한 그림이다.

콘크리트는 시멘트 paste 의 水和生成物이 結合材가 되어서 骨材를 혼합해서 굳혀지는 것인데 이

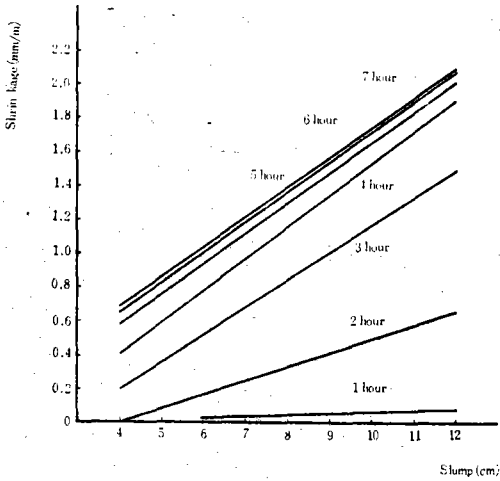


Fig. 4. Plastic shrinkage-slump relationship for different measurement times

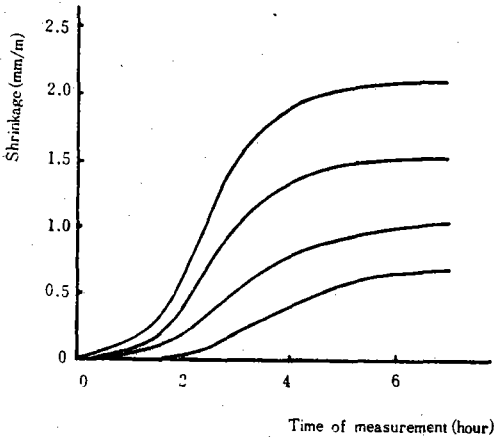


Fig. 5. Plastic shrinkage-time relationship for different slumps

시멘트의 주요성분인 C_3A (알루미나 3 석회)는 수축속도가 빠르고 수축량도 대단히 크게 나타난다. 때문에 대부분의 콘크리트는養生도중 적으나마 수축현상을 일으키고 있다.

특히 굳기전 콘크리트의 중요 성질인 consistency는 시공하는 구조물의 크기와 방법 등에 따라 서로 다르게 되며 그 정도에 따라 콘크리트의品質에 영향을 미치고 있다.

본시험 결과 Fig.4, 5에서 보는 바와 같이 slump값의 증가에 따라 塑性收縮량은 증가되고 있으며, Fig. 4를 보면 2시간과 3시간 사이의 간격이 크게 벌어지는데 이것은 이때 수축량 변화율이 크다는 것을 말해주고 있고, 6시간과 7시간에서는 수축율이

대단히 적게 나타나면서 거의 정지 상태에 들어가고 있다.

또 Fig. 5에서 보면 시간변화에 따른 증가율을 알 수 있는데 2시간에서 4시간 사이에 가장 높고 6시간 부터는 거의 변화되고 있지 않다.

이것은 Ravina⁽¹⁾ 시험 결과와도 일치된다. 본시험에 사용된 시멘트의 終結時間이 5.40時間이었으며 이 시간과 함께 콘크리트 수축량은 급격히 감소되는 경향을 보인 것이다.

水和作用이 가장 높은 시간에 증발이 촉진될 때 수축량은 크게 나타난 것이며 또 slump 값이 큰 경우 材料의 流動性이 많고 水和生成物의 조적이 치밀하지 못하여 塑性收縮性이 높게 나타난 것으로 생각된다.

IV. 結 論

콘크리트의 slump와 굳기전 콘크리트의 塑性收縮量과의 관계에 관한 본시험 연구의 고찰에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수분증발량은 slump 값의 변화와 함께 증감하지 않으며 다만 成形直後부터 시간에 따라 변하며 2~3시간에 가장 높고 점차 감소하는 경향이 있다.
2. 굳기전 콘크리트의 塑性收縮량은 slump 값의 증감에 따라 증감하고 있으며 소성수축율은 成形後 2~4시간에 가장 높고 점차 감소하여 6시간 부터는 거의 변화하지 않는다.
3. 좋은 콘크리트를 제작하려면 시공이 가능한 한 slump 값이 적은 콘크리트로 배합 시공하는 것이 바람직하며 養生 초기에 시공관리가 중요하기 때문에 콘크리트는 成形直後의 水分損失을 防止하도록 주의하고 표면을 polyethylene 으로 피복하는 것이 좋으며 高溫, 乾燥氣候에 施工하는 것은 좋지 못하다.

參 考 文 獻

- 1) American Concrete Institute (1959); Manual of Concrete Practice, p. 221-6.
- 2) American Society of Testing Materials (1965); Concrete and Mineral Aggregate, ASTM part 10 p. 107-113.
- 3) Bureau of Reclamation, U.S. Dep. (1955); Concrete Manual, 7th edition, p.16-17.
- 4) Hansen, T.C. and Nielsen, Knud E.C.(1965); Influence of Aggregate properties on Concrete Shrinkage, ACI Journal, V. 62, No. 7, p. 783

-793.

- 5) Lerch, W. (1957); Plastic Shrinkage, ACI Journal, V.53, No.8; p. 797-802.
- 6) Nagataki, S. (1970); Shrinkage and Shrinkage Restraints in Concrete Pavements, ASCE Journal, V. 96, No. St. 7 p. 1333-1358.
- 7) Ravina, D. and Shalom, R. (1968); Plastic Shrinkage Cracking, ACI Journal, V. 65, No. 4, p. 282-292.
- 8) Ravina, D. (1973); Influence of Maximum Aggregate Size on Compressive Strength of Concrete Exposed to Evaporation Immediately after Casting, ACI Journal, V.70, No.8, p. 582-588.
- 9) 木村惠雄 (1968); セメントコンクリートの収縮・セメントコンクリート誌, No. 253 pp.81~84
- 10) 近藤泰夫 (1973); コンクリート工学ハンドブック, 朝倉書店, pp. 189~231
- 11) 丸安, (1969); コンクリート工学, コロメ社, p. 64
- 12) 宮澤清 (1967); コンクリートの収縮およびひびわれに ついて, セメントコンクリート誌, No. 241, pp. 4~7
- 13) 小野竹之助 (1971); コンクリート工学, 森北出版, pp. 210~226