

콘크리트의 現場養生 Field Curing of Concrete

金 武 漢*



1. 序論

일반적으로 콘크리트의 組成은 骨材를 둘러싸고 있는 시멘트케이스트 硬化體, 즉 시멘트의 水和反應에 의해서 생긴 水和物이나 공극 등으로 구성되는 있는 微細構造와 骨材에 의해 成立되어 있는 것이다. 또한 이 微細構造의 성상이 주로 콘크리트 硬化體의 제성질을 지배하고 있다고 생각할 수 있다.¹⁾²⁾

따라서 所要의 性能을 만족시키는 콘크리트를 얻기 위해서는 이와 같은 콘크리트의 미세구조를 치밀하게 형성시킬 수 있도록 水和度の 增進에 세심한 주의를 기울여야 하며, 특히 養生作業은 이를 위해 필수적인 것이다. 아무리 잘 제조되고 운반 및 타설이 양호하게 끝났다 하더라도 마지막으로 양생에서 그르치면 그 콘크리트에 미리 계획된 品質이 제대로 발휘되지 못할 것임은 자명한 일이다.

콘크리트가 소요의 性質을 갖추기 위해 施工의 최종 단계로 일정기간의 養生이 필요한 것은 콘크리트의 특징중의 하나이다. 타설작업에 이어 재형조기의 환경조건이 콘크리트의 제성질에 큰 영향을 미치기 때문에 이 기간에는 시멘트의 水和에 적합한 溫度를 유지하면서 水和反應에 필요한 水分이 부족하지 않도록 濕潤保

養을 하지 않으면 안되고, 또한 이 때의 콘크리트는 아직 취약하여 乾열 등의 결함이 생기기 쉽기 때문에日照나 風雨 등으로 부터 콘크리트를 보호하고 급격한 乾熱나 溫度變化가 발생하지 않도록 하고 과대한 荷重이나 유해한 振動, 衝擊 등이 작용하지 않도록 하여야 한다. 콘크리트의 施工에서는 이러한 재반조치를 養生이라고 말하고 있다.

2. 養生의 條件과 그 影響

2.1 養生 溫度의 影響

水和反應의 속도는 온도에 따라서 영향을 받는다. 이 때문에 콘크리트의 압축강도는 養生溫度에 따라서 변화하는데 일반적으로 20℃와 1과 같은 경향을 나타낸다.³⁾ 즉 短期強度는 양생온도가 높을수록 빨리 발휘하지만 長期強度의 증진은 양생온도가 낮을수록 크게 된다.

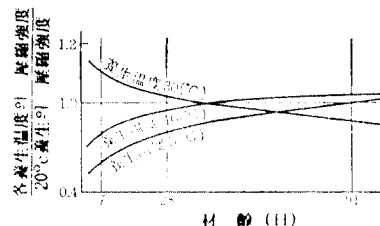


그림-1. 養生溫度와 壓縮強度의 關係⁴⁾

* 忠南大 建築工學科 教授·工博

養生溫度가 높을 수록 長期強度의 증진이 둔화되는 원인으로서는 水和反應이 빠를수록 수화생성물의 확산이 불충분하게 되어 시멘트 입자의 주변에 不透水層이 생성되는 것과 微細構造 内部의 수화겔(gel)의 분포가 불균일하게 되기 때문이라고 보고되어 있다.³⁾

그러나 콘크리트 타설온도와 기온이 낮게 되면 콘크리트중의 水分이 동결하여 시멘트페이스의 조직이 파괴되고 長期強度의 발현이 저해된다. 일반적으로 콘크리트의 온도가 -2°C 前後에서 凍結한다고 한다. 한편 콘크리트 강도가 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상으로 되면 동결의 영향을 받기 어렵게 되기 때문에 寒中콘크리트의 初期 養生期間을 콘크리트의 압축강도가 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 에 도달할 때까지로 정하고 있는 基準이 많다.⁵⁾

양생온도가 압축강도에 미치는 영향의 정도는 시멘트의 종류, 배합에 따라서 相違한 데 일반적으로 早強性 시멘트일수록 低溫에 있어서 短期強度의 低下가 작고 低熱性 시멘트일수록 高溫에 있어서 長期強度의 증진이 크다.

現場에서 거푸집 존치기간 확인 등의 목적으로 공시체를 現場養生한 경우에는 콘크리트의 養生溫度 履歷을 조사할 필요가 있다. 이에 따른 현장수중 양생강도의 年間變動을 실험한 一例를 그림-2에 나타낸다.⁷⁾

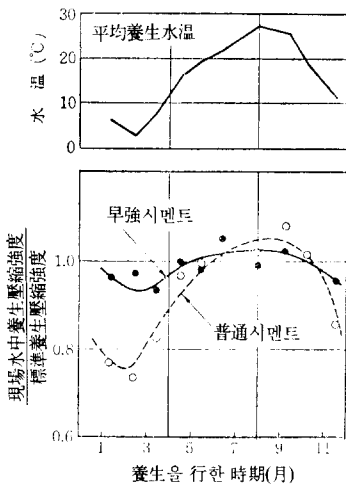
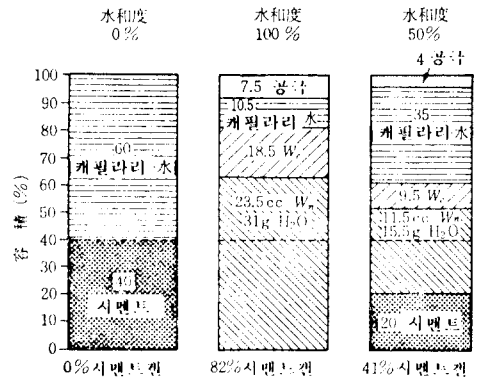


그림-2. 現場水中養生強度의 季節變化⁷⁾
($W/C=0.65$ 와 0.55 의 平均值, 슬럼프는 21cm)

2.2 濕潤養生의 影響

일반적으로 시멘트의 水和反應에 필요한 理論水量은, 시멘트중의 각 성분과 化學적으로 結合하는 水量 25%, 水和物에 固着되는 水量 15%, 計 40%로 알려지고 있다.¹⁸⁾ 그러나 물시멘트를 40% 이상으로 해서 건조하지 않도록 하여도 外部로부터 水分을 補給하지 않으면 완전한 水和는 일어나지 않는다. 이는 그림-3의 水和에 따른 容積變化에서 보는바와 같이⁹⁾ 水和에 수반해 공극이 생기기 때문이다. 이 現象을 自己脫水(self-desiccation)라고 부르는데 이 結果, 외부로부터 물을 보급받지 못하면 물이 없는 캐필러리(capillary: 모세관 공극)에 접하고 있는 시멘트는 未反應하게 되어 水和도가 낮아지는 것이다.

참고로 이와 같은 영향에 따른 콘크리트 강도시험 결과를 표-1에 나타낸다.¹⁰⁾



(注) 1. W_m 은 結合水の 容積, W_c 는 自由水の 容積
 2. $W/C=0.48$ 의 케이스트를 密封養生한 境遇
 3. 化學적으로 結合한 물은 容積이 3/4으로 壓縮된 것으로 計算함.

그림-3. 水和에 따른 시멘트 페이스트의 容積變化⁹⁾

表-1 濕潤養生의 方法이 壓縮強度에 미치는 影響¹⁰⁾

시멘트의 種類	養生 方法	材令3日	材令7日	材令14日	材令28日
普通	水中	96(1.00)	161(1.00)	229(1.00)	289(1.00)
	密封	102(1.06)	160(0.99)	219(0.96)	254(0.88)
	空中	98(1.02)	154(0.96)	205(0.90)	227(0.79)
超 早 強	水中	211(1.00)	250(1.00)	300(1.00)	328(1.00)
	密封	210(1.00)	241(0.96)	292(0.97)	318(0.97)
	空中	206(0.98)	246(0.98)	295(0.98)	321(0.98)

한편, 콘크리트의 水密性도 습윤양생에 따라서 현저한 영향을 받기 때문에 水密 콘크리트 및 耐久性을 必要로 하는 콘크리트를 시공하는 경우에는 초기양생 종료 후에도 가능한 한 濕潤狀態를 유지하는 것이 要望된다.

2.3 急激한 乾燥 및 溫度變化의 影響

급격한 건조에 따른 균열 등의 결함은 타설후 습윤양생을 개시하기까지의 극히 初期에 일어나기 쉽다. 즉 表面으로 상승하는 蒸發水가 빨리 증발하여 아직 굳지 않은 콘크리트가 表面이 半乾燥狀態로 될 때에 발생하는데 이는 表面의 미세한 요철로 毛細管張力이 생기기 때문이다. 이때의 증발속도는 그림-4에 나타난 바와 같이 풍속, 습도, 온도 등의 영향을 받는다.¹¹⁾

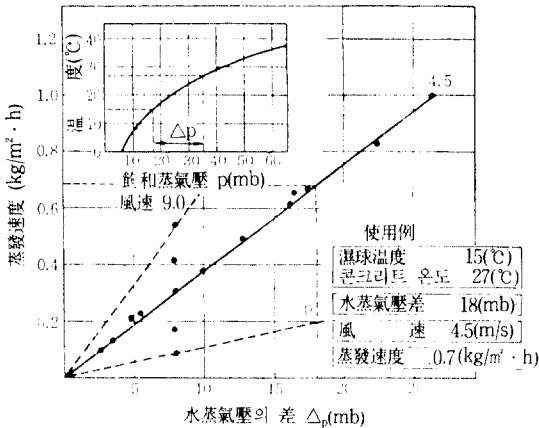


그림-4. 콘크리트 露出面의 水分蒸發速度 推定圖表¹¹⁾

아울러 초기양생을 종료한 후에도 급격히 건조하면 표면가까이에서만 收縮이 일어나서 균열의 원인으로 되는 경우가 있다. 이는 表面과 内部의 수축차이에 따라 表面에 引張應力이 생기기 때문으로 輕量骨材 콘크리트는 이점에 특히 주의할 필요가 있다.

2.4 養生中の 振動 및 衝擊의 影響

사용중인 콘크리트橋나 기계물 운전중인 工場施設 등에서 확장공사 또는 보수공사를 행할 경우에는 養生中の 콘크리트에 진동이나 충격이 작용하여 有害한 影響을 주는 경우가 있다. 특히 콘크리트의 응결이 종료하기

까지의 사이에 계속적인 진동이 가해진 경우, 콘크리트 자체의 強度는 오히려 증가하지만 이음부의 강도나 철근과의 부착강도는 劣影響을 받는 일이 있다.¹²⁾

따라서 진동 및 충격의 영향은 構造物의 種類 및 工事의 目的에 따라서도 상위하기 때문에 設計와 施工에 있어 사전에 充分한 검토가 행해지지 않으면 안된다.

2.5 過大荷重의 影響

早期에 과대하중이 가해진 경우는 즉시에 균열이나 파괴가 생기지 않을 정도의 하중이라도 크리프에 의해서 變형이 크게되고, 그 결과 균열이 발생할 수 있다. 이 때문에 동바리의 제거 등은 신중하게 행할 필요가 있다.

3. 養生方法

3.1 養生方法의 選定

양생에 대한 일반적 규정은 콘크리트 시방서 및 건축공사 표준시방서에 나타나 있으며, 이를 토대로 한 양생방법의 선정에는 氣象條件, 構造物의 種類, 施工方法, 工事費 등 많은 要素를 綜合적으로 검토하는 것이 필요하다. 또한 養生의 效果를 判定하기에는 압축강도시험이 일반적으로 행해지고 있지만, 그 외에 초음파, 표면경도 등의 비파괴시험이나 초기 균열관찰, 마감면 상황의 관찰 등도 有用하다.

3.2 澆水養生 및 撒水養生

콘크리트의 露出面에 물을 저장할 수 있는 바닥판 등에서는 담수양생을 가장 완전한 습윤양생방법으로서 권장할 수 있다. 한편 가장 널리 행해지고 있는 방법은 살수양생으로 이것을 행할 때에는 습윤상태를 지속하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 스프링클러 또는 펌홀을 낸 비닐호스 등에 의한 常時撒水가 바람직하다.

기타 살수양생을 효과적으로 행하려면 保水性이 좋은 매트類로 노출면을 덮는 것이 좋다. 麻布, 土沙, 짚, 기적 등도 이 목적으로 사용될 수 있으며 이는 水分保持 외에도 해가리개, 바람막이, 온도유지 등의 효과도 있다. 그림-5는 최초의 24시간중, 상면에 담수한 위주공

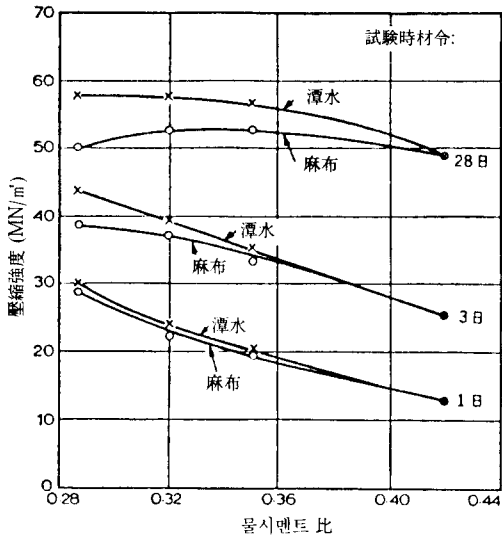


그림-5. 圓柱供試體強度에 미치는 養生條件의 影響¹³⁾

시체와 젖은 마포로 덮은 원주공시체의 강도증진을 비교한 것으로 自己脫水가 급격히 생기는 물시멘트비가 작은 경우에 차이가 많은 것을 알 수 있다.¹³⁾

한편, 습윤양생은 콘크리트면이 손상받지 않을 정도로 硬化한 후에 개시하지만, 그 이전에 급격한 건조나 온도변화가 생길 염려가 있을 경우에는 바람막이, 해가리개 등을 별도로 설치하거나 가벼운 시트로 피복하는 것이 필요하다.

3.3 被膜 養生

콘크리트의 노출면으로 부터의 증발을 방지하는 방법으로서 被膜養生이 행해질 수 있다. 피막양생제에는 합성수지계 또는 아스팔트계의 것이 있으며, 어느 것이나 液狀으로 콘크리트면에 도포하면 바로 피막을 형성하는 것이다. 백색안료를 추가해서 직사일광의 반사를 좋게 한 것도 많이 사용되고 있다.

피막양생을 실시하는 時期는 양생효과에 큰 영향을 미치며 표면에 떠오른 물이 없게 되는 시기가 가장 효과가 있다고 알려져 있다.¹⁴⁾ 한편 콘크리트를 이어질 면, 웨인트를 칠할 예정인 면 등에서는 부작을 방해하기 때문에 양생종료후 피막을 제거해야 한다.

4. 結言

이상에서 養生의 必要性을 비롯하여 여러 條件에 따른 影響 및 각종 養生方法에 대하여 살펴 본 바와 같이 현장에 있어 시공기술자는 콘크리트 施工의 최종단계인 養生의 重要性을 잘 인식하고 品質 및 施工管理에 만전을 기해야 할 것이다.

아울러, 콘크리트의 養生作業은 콘크리트의 타설을 위한 模板, 배근, 거푸집의 組立 등의 工程 및 내외장 공사 등, 다른 작업과 밀접하게 관련이 있으며, 또한 養生方法은 前述한 바와같이 콘크리트의 硬化후 品質을 좌우하기 때문에 施工技術者는 양생의 資材 및 方法을 事前에 충분히 검토해 계획하고 실시하여 요구된 品質을 만족하는 콘크리트 구조물을 만드는데 소홀함이 없어야겠다.

參考文獻

- 1) 金武漢 外, 建築材料學, 文運堂, 1988, pp. 140-143.
- 2) I.Soroka, Portland Cement Paste and Concrete, MACMILLAN, 1979, pp.298-316.
- 3) Verbeck, G.J, Structure and Physical Properties of Cement Paste, 5th Inter. Symp. on Chem. of Cement, 1968.
- 4) 日本콘크리트便覽, 技報堂, 1976, pp. 399-409.
- 5) 日本建築學會, JASS 5 鐵筋콘크리트工事, pp.191-197.
- 6) 大韓建築學會, 建築工事標準示方書, 1988, pp.121.
- 7) 幸田太·他, 建築用콘크리트의 養生條件との關係について, 日本セメント 研究所資料, 40-28, 1965.
- 8) A.M. Neville, Properties of Concrete, Pitman, 1981, pp. 25-38, 307-318.
- 9) チェルニン(德根吉郎譯), 建設技術者のためのセメント콘크리트化學, 技術堂, 1969.
- 10) 土岐高史 他, 超早強ポルトランドセメントを用いた

-
- コンクリートの基本的性状に関する共同研究, セメント技術年報 X X V I, 1972.
- 11) 柳田 力, プラスチックシュリケージクラックの豫防, 土木技術資料, 12-11, 1965.
- 12) 山下宣博 他, 養生中に繼續振動をうけるコンクリートの諸性質について, セメント コンクリート, No.287, 1970-3, pp.30-38.
- 13) P.Klieger, Early High Strength Concrete for Prestressing, Proc. of World Conference on Prestressed Concrete, 1957, pp.A5-1~A5-14.
- 14) 日本コンクリート工學協會, コンクリート技術の要點, 1982, pp.100-103.