



시멘트 混合物의 硬化不良에 대하여

최 재 진(국립천안공업전문대학 토목과 조교수)

1. 개 요

모르터 또는 콘크리트가 응결이 과도하게 지연되거나 강도가 제대로 발현되지 않아 공사기간의 지연을 초래하는 경우가 있으며 또한 구조물의 안정성을 크게 저해하는 경우도 있다.

이러한 경화불량은 혼합수 또는 골재 중의 유기물질, 혼화재료의 사용량 및 시멘트 자체의 특성 등과 관련한 경우가 많다. 예를 들면 혼합수나 골재 중의 유기물질 가운데서 부식토에 함유된 후민산과 오페수 중의 당류 등은 매우 유해한 것으로 알려져 있다.^(1~3) 혼화재료 중에서 특히 공기연행제(AE제), 감수제, AE감수제 및 팽창제 등은 사용량이 과다한 경우 심각한 강도저하와 응결지연을 일으키는 것으로 보고되고 있다.^(4~7) 그리고 시멘트의 특성과 관련해서는 석고의 양과 C₃A의 양 등 시멘트 구성광물의 양적관계 및 혼합재의 사용량 등이 문제시 되어 경화불량을 일으킬 수 있다.^(8,9)

한편 콘크리트를 타설한 후 거푸집을 제거할 때 콘크리트의 표면부만이 굳지 않았거나 거푸집에 묻어나오는 현상이 발생하는 경우가 있고, 또 거푸집과 접촉하지 않는 콘크리트 바닥에서도 시멘트 분말이 신발에 먼지 모양으로 묻어나오는 경우가 있다. 이러한 콘크리트 표면의 경화불량 현상은 탄산화에

의한 것,⁽¹⁰⁾ 블리딩수 등의 물이 표면에 상당량 있는 상태에서 표면마무리를 함에 따른 것,⁽¹¹⁾ 거푸집과의 접촉면에서 발생한 것^(12~15) 등 여러가지로 생각할 수 있다.

이하에서는 콘크리트의 경화불량의 원인과 표면 경화불량의 원인 중 대표적인 것에 대하여 개략적으로 살펴보기로 한다.

2. 경화 불량

2.1 혼화제의 과량 사용에 의한 경화 불량

감수제, AE제, AE감수제 등의 혼화제는 과량 사용하면 응결, 경화가 현저히 지연되거나 경화하지 않을 수 있기 때문에 계량관리를 철저히 하여야 한다.

실제의 예로서 어느 LPG 탱크의 기초공사에서 콘크리트의 일부가 거푸집 제거시 쉽게 부서지는 것이 발견되었다. 이 콘크리트는 현장의 배치 플랜트에서 혼합하였으며 지연형의 AE감수제가 사용되었다. 당일의 배치 플랜트의 조업 및 타설상황을 조사한 결과 혼화제 계량밸브에 고장이 생겨서 그 배치분의 콘크리트에 혼화제가 다량으로 혼입되었으며 그 결과 상당히 묽은 상태의 콘크리트가 되었음에도



불구하고 그대로 출하, 타설하였음이 밝혀졌다. 콘크리트의 경화불량 부분에 대하여 탄산소다 10%의 용액으로 감수제 성분을 가열추출하여 간이정량한 결과 혼화제 제조자가 추천하는 표준 첨가량의 약 4 배가 함유된 것으로 나타났다. (4)

또 다른 예로서 하천 호안공사에서 콘크리트를 친 다음날 콘크리트가 굳지 않은 것이 발견되었다. 조사결과 혼화제의 계량밸브가 고장나서 과계량되었으나 이것을 모르고 출하한 것으로 밝혀졌다.

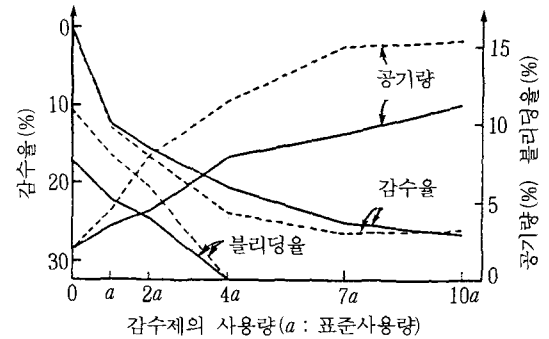
이들 예에서와 같이 혼화제를 물에 용해시켜 계량하는 과정에서 실수가 있거나 디스펜서의 고장에 의해 과량 투입될 수 있다. 공기연행 효과를 갖는 리그닌술폰산계(음이온계) 감수제의 사용량에 따른 굳지 않은 콘크리트의 물성 및 콘크리트의 강도를 측정할 예를 나타낸 것이 <그림-1~3>이다.

콘크리트의 응결시간을 Proctor 관입 저항시험으로 측정할 시험결과인 <그림-1>에서는 감수제를 사용하는데 따라 응결시간이 지연되며 표준사용량(a 로 나타냄)의 4배 정도까지는 응결이 현저히 지연되지만 일정시간이 경과한 후에는 순조롭게 응결이 됨을 알 수 있다. 그러나 7배 이상 감수제를 사용하면

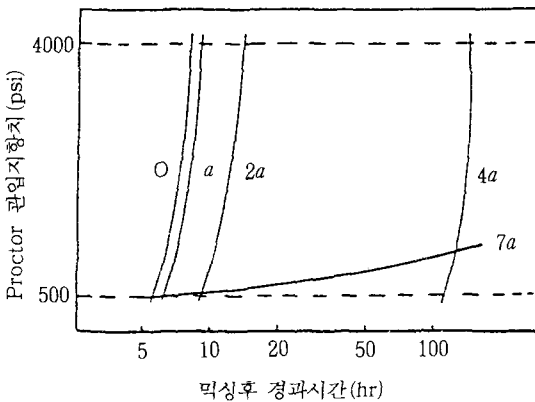
응결이 극심하게 지연되며, 10여일이 지나도록 종결에 도달하지 않음을 보여준다.

<그림-2>를 보면 감수제의 사용량을 증가시키면 공기량과 減水率은 증가하며 블리딩이 감소하는 것으로 나타나 있다. 또한 감수제 사용량이 표준사용량의 4배 이상이 된 경우 블리딩이 전혀 발생되지 않는 것으로 나타나 있는데 이는 감수제의 감수효과와 공기연행 작용에 의한 것으로 보인다. 非공기연행성의 감수제를 사용하고 단위수량을 동일하게 한

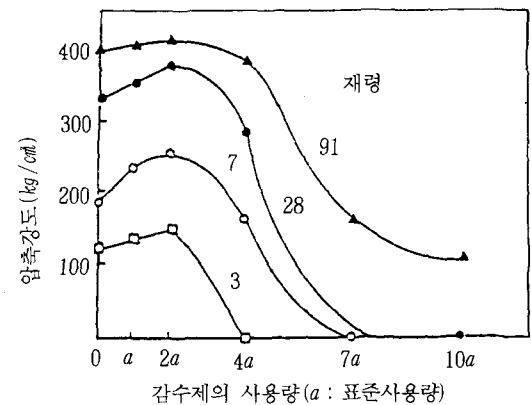
— 슬럼프 6~7cm, C=300kg/m³(무첨가), 270kg/m³(첨가)
 - - - 슬럼프 18~19cm, C=315kg/m³(무첨가), 284kg/m³(첨가)



<그림-2> 감수제의 사용량과 콘크리트의 감수율, 공기량, 블리딩의 관계 (6)



<그림-1> 감수제의 사용량과 콘크리트 응결시간의 관계 (6)



<그림-3> 감수제의 사용량과 콘크리트 압축강도의 관계 (6)

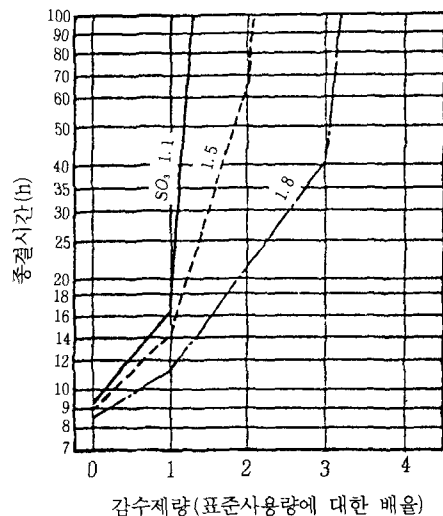
콘크리트에서 감수제 사용량을 증가시킨 경우 블리딩이 증가한 실험예도 있다.⁽⁵⁾ 감수제의 사용량과 콘크리트 압축강도의 관계를 나타낸 것이 <그림-3>인데 표준사용량의 2배 정도에서는 강도가 증가하지만 4배 정도를 넘으면 강도가 현저히 감소되며 7배 이상이 되는 경우 91일 강도가 표준사용량의 3~7일 강도에 지나지 않음을 알 수 있다. 포틀랜드 시멘트에 대한 리그닌술포산칼슘의 사용량을 증가시키면 시멘트의 응결시간은 지연되지만 일정량을 초과하면 급결상태를 나타낸다. 보통의 포틀랜드 시멘트에서는 표준사용량의 3~4배 이상 첨가한 경우에 이러한 이상한 응결현상이 나타난다. 이러한 응결을 일으킨 시멘트풀은 실리케이트상의 수화반응을 대단히 지연시키기 때문에 강도발현이 불량해진다.⁽⁷⁾

감수제의 과량사용에 의한 응결지연 작용은 감수제가 시멘트 입자표면에 흡착하여 불용성 물질을 형성함으로써 시멘트 입자와 물과의 접촉을 방해하여 수화반응을 지연시킨다는 침전설 외에도, 감수제가 시멘트 중의 Ca^{2+} 와 착염을 형성하여 $Ca(OH)_2$ 결정의 석출을 억제한다는 착염설, 시멘트 입자표면에 감수제가 흡착하여 시멘트 입자와 물과의 접촉을 억제한다는 흡착설 및 시멘트 수화반응의 2단계인 유도기로부터 3단계인 가속기에 걸쳐서 석출하는 $Ca(OH)_2$ 결정핵의 생성을 저해한다는 핵생성 억제설 등을 생각할 수 있으나 어느 것이 감수제의 과량사용에 의한 凝結遲延機構를 가장 잘 나타내는지에 대해서는 분명하지 않다. 한편 감수제를 사용한 콘크리트가 경화불량을 일으킨 경우 감수제의 사용량을 측정하는 방법으로는 자외흡수스펙트로법, 적외가시흡수분광법 및 열분해가스크로마토그래피법에 의한 정량법이 제안되어 있다.^(16~18)

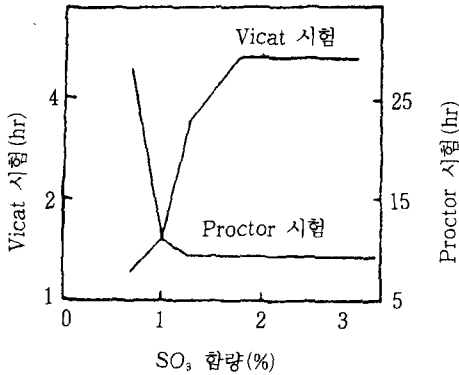
2.2 시멘트의 조성과 관련한 경화 불량

리그닌술포산칼슘을 주성분으로 한 감수제를 과다하게 사용하면 응결, 경화가 현저하게 지연되는 것은 앞에서 언급하였다. 그런데 시멘트 중의 SO_3 함유량이 적으면 감수제를 과다하게 사용하지 않더라도 콘크리트의 응결이 현저하게 지연되는 경우가 있다. Tuthill은⁽¹⁹⁾ 리그닌계 감수제를 사용한 터널공사에서 있었던 예를 소개한 바 있는데 시멘트 중의 SO_3 가 1.58%일 때 콘크리트의 응결이 크게 지연되었으나 SO_3 2%의 시멘트를 사용했을 때는 정상적으로 경화하였다고 한다. Bauset은⁽²⁰⁾ SO_3 가 1.1% 함유된 시멘트를 사용한 댐 콘크리트에서 응결지연 현상이 현저했다고 보고하였다. 또 藤木에⁽²¹⁾ 의하면 시멘트 중의 SO_3 함유량이 1.0% 정도 이하로 되면 감수제를 사용하지 않은 콘크리트 일지라도 응결이 크게 지연된다고 한다.

<그림-4>는 시험 제조한 콘크리트의 Proctor에 의한 응결시험 결과를 나타낸 것이다. 이 그림에서 SO_3 의 함유량이 적을수록 종결은 지연되며 특히 감수제를 사용한 경우 이러한 현상이 보다 현저하게



<그림-4> 감수제의 사용량에 따른 콘크리트 종결 시간의 변화⁽⁴⁾



〈그림-5〉 시멘트의 SO₃ 함유량과 응결시간의 관계⁽²¹⁾

나타나는 것을 알 수 있다.

시멘트의 원료 가운데 석고(CaSO₄ · 2H₂O)는 C₃A의 수화를 억제하는 작용을 하지만, C₃S의 수화를 촉진시키는 작용을 가지기 때문에 SO₃의 함유량이 어느 정도 이하인 시멘트에 감수제를 사용하면 콘크리트의 응결이 크게 지연되는 것으로 보인다.

따라서 응결지연 현상은 시멘트 중의 SO₃ 함유량과 C₃S량이 지배적인 요인이 될 수 있다고 본다.

동일한 시멘트를 사용하여 시멘트풀의 응결시간을 Vicat 방법으로, 모르타의 응결시간을 Proctor 관입저항 시험방법으로 비교 시험한 결과를 나타낸 것이 〈그림-5〉이다. 이 그림에서 시멘트 중의 SO₃ 함유량에 따라 두 시험결과가 상반되는 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그 원인은 위의 두 시험방법이 침을 사용하여 관입하는 방법은 같으나 압력을 가하는 힘의 크기가 다르기 때문에 생긴 결과로 판단된다. 따라서 시멘트풀의 응결시험에 의해 콘크리트의 응결시간을 예측하는데는 한계가 있다고 보며 콘크리트의 응결시간은 Proctor 관입저항 시험에 의해 평가하는 것이 필요하다고 생각된다.

2.3 골재 또는 사용수 중의 유기물에 의한 경화불량

〈표-1〉 유기물량과 압축강도와의 관계⁽¹⁾

사 용 모 래		모르타 압축강도비 (%)		
유기물량*	점토량(%)	3 일	7 일	28 일
0.6	1.9	123	95	101
1.0	2.9	100	100	100
1.5	2.9	46	57	90
2.0	3.3	59	76	94
3.0	1.6	20	58	67
4.2	3.8	1.5	5	5
6.0	4.7	1.1	0.4	0.3

주) *표: 유기물량은 표준색에 대한 색의 배율을 나타낸 것이다.

잔골재 중의 유기물로서는 부식된 식물을 함유한 부식토나 泥炭 등에 들어있는 후민산이나 탄닌산 등이 있다. 이들 유기물을 유해량 함유한 모래를 콘크리트에 사용한 경우에는 시멘트 중의 석회분과 화학하여 유기석회염을 만들어 시멘트의 응결을 방해하고 콘크리트의 강도와 내구성을 저하시킨다.

유기물로서 후민산이 포함되어 있는 모래를 사용한 모르타의 압축강도를 시험한 예를 나타낸 것이 〈표-1〉이다. 이 실험에서도 KS F 2510(모래의 유기불순물 시험방법)에 의한 표준색 용액의 색 이상으로 짙어지면 강도가 급격히 저하되며 다량 존재하는 경우 강도가 거의 발현되지 않음을 보여준다. 시험용액의 색깔이 표준색보다 진할 때는 그 모래를 사용하지 않는 것이 일반적으로 안전하다.

공장의 폐수 등으로 오염된 하천수와 호수 등에는 황산염, 유화물, 인산염, 붕산염, 탄산염, 아연, 동, 주석, 망간 등의 화합물이나 알칼리 등의 무기물 및 당류, 펄프폐액, 부식물질 등의 유기물이 함유되어 있는 경우가 있는데 미량이라도 이와 같은 물질을 함유하는 물을 혼수수로 사용하면 콘크리트의 경화, 강도 발현, 부피 변화, 에플로레스스(eflorescence), 워커빌리티 등에 나쁜 영향을 미치게 된다. 당류의 영향으로서 설탕을 첨가한 시멘

〈표-2〉 설탕의 영향⁽²⁾

설 탕 의 첨가량 (%)	W/C (%)	응결시간(시 : 분)	
		초 결	중 결
0.000	23.7~25.0	2:41~2:43	3:32~3:43
0.025	23.0~24.3	3:00~4:23	4:15~5:23
0.050	23.0~24.5	5:00~6:43	6:25~11:00
0.100	22.5~24.5	5:00~7:52	8:00~23:00
0.150	22.5~24.5	0:19~2:58	0:37~14:00
0.250	22.5~24.5	0:10~0:23	0:15~0:36
0.500	22.0~24.5	0:07~0:23	0:08~0:28
1.000	22.0~24.5	0:16~0:20	0:10~0:25

주) 보통포틀랜드 시멘트 3종류에 대한 측정치의 범위를 나타낸다.

트폴의 응결시간의 변화를 시험한 결과를 〈표-2〉에 나타냈다. 설탕은 시멘트 중량에 대하여 0.10% 첨가까지는 응결을 지연시키고 0.15% 이상에서는 응결을 촉진시킨다. 그리고 1% 첨가에서는 瞬結을 나타낸다.

이와 같이 설탕이 첨가되는 경우 시멘트의 응결은 초기에 촉진되지만 강도 발현은 대단히 지연되며 0.25% 이상 첨가하면 재령 28일이 되어도 강도는 거의 0에 가깝게 된다. 설탕의 첨가량 0.025%는 콘크리트 100ℓ에 각설탕 2개(약 7g)가 들어간 것과 같은 양이다.

3. 표면 경화불량

3.1 탄산화에 의한 표면 경화불량

冬期工事에서 굳지 않은 콘크리트가 동결하는 것을 방지하기 위하여 나무, 기름, 가스, 석탄 및 코우크스를 연소시키는 히터를 사용하는데 이것이 원인이 되어 콘크리트 표면이 경화불량을 일으키는 경우가 있다.

이들 히터는 CO₂를 함유한 배기가스를 방출하는

데, 만약 공기의 흐름이 정체되면 CO₂는 대기중에 끌고루 퍼지지 않고 바닥근처에 모이게 된다.

CO₂는 굳지 않은 콘크리트의 수분과 반응하여 H₂CO₃를 형성하고 이것이 시멘트의 수화반응에 의해 생성되는 Ca(OH)₂와 반응한다. 이 때문에 시멘트의 수화에 수반하여 생성되는 칼슘실리케이트 수화물과는 달리 CaCO₃가 생성됨으로써 이 부분의 콘크리트 강도와 마모 저항성이 저하하게 된다.⁽¹⁰⁾

탄산화에 의해 발생하는 연약층은 보통 바닥 표면에서 2~3cm 깊이 이내에서 발생하며 즉각적으로 그 밑의 콘크리트가 영향을 받지 않는다. 탄산화된 층의 개략적인 깊이는 바닥면의 갈라진 면에 페놀프탈레인을 사용하여 확인할 수 있다. 탄산화된 층의 색은 페놀프탈레인에 의해서 변화하지 않고 탄산화되지 않은 콘크리트는 프리칼슘 하이드록사이드(free calcium hydroxide)를 함유하고 있어 이 화합물과 반응하여 분홍색을 나타낸다.

보고에 의하면 공시체의 수분함량이 15% 이하이면 이 시험에 의하여 탄산화된 깊이를 알 수 있다고 한다. 굳지 않은 콘크리트의 탄산화는 타설 후 24시간 동안에 국한된 문제로 생각된다. 문제가 되는 시간한계를 분명히 나타낸 연구보고는 없으나 일반적으로 연구자들의 의견이 일치하는 것은 10°C 이상의 정상적인 작업 기온에서 콘크리트를 혼합한 후 약 24시간이 경과된 다음부터는 CO₂에 노출하여도 안전하다는 것이다.

일반 대기중에서의 CO₂량은 0.03~0.04% 정도이며 교통량이 많은 고속도로 근처에서는 0.08% 정도가 된다. CO₂ 농도는 통풍이 되지 않는 방에서 0.12% 정도가 되며 공기순환이 안되는 공장의 굴뚝 근처에서는 4%의 높은 값이 보고되고 있다.

대기중에서 CO₂가 3% 있으면 사람에게 위험한 것으로 생각되며 6%는 피가 산성화되어 한시간 이내에 사망하게 된다.



프로판 가스를 사용하는 낮은 히터의 가스도관의 가스가 5~8%의 CO₂를 함유한다고 하며 기름을 사용하는 히터(oil burning salamander)의 가스도관의 가스는 12~15%의 CO₂를 함유한다.

Kauer와 Freeman은 18, 16, 10 및 4.5%의 CO₂ 농도에서 실험을 하였는데, 4.5%의 공기중에서 타설한 후 24시간 방치한 경우 탄산화된 깊이는 다음과 같았다.

- 액상 멤브레인 양생시 : 0.64mm
- 마포양생시 : 1.4mm
- 습기양생시 : 1.9mm

이러한 결과로부터 유해한 유기산의 형성을 막을 수 있는 방법으로 다음을 생각할 수 있다. 즉, 액상 양생 멤브레인으로 타설한 콘크리트 위에 즉시 뿌려 주거나 탄산화 문제를 피할 수 있는 간접용 온풍 히

터 혹은 다른 열공급원으로 전기 또는 증기를 이용하는 것이 유효하다.

3.2 거푸집과의 접촉면에서의 표면 경화불량

벽면 등에서의 표면 경화불량은 콘크리트에 합판 거푸집이 많이 사용되고부터 대두되었으나 합판 뿐 아니라 목재 자체를 거푸집으로 사용할 때도 콘크리트 표면에서 경화불량이 나타나기 때문에 합판제조 중에 사용되는 접착제와 포르말린 또는 거푸집에 바르는 바리제의 영향이라고 보기는 어렵다.

태양광선에 노출시킨 후 거푸집으로 사용하였을 때 목재 거푸집의 종류에 따른 모르타의 표면 경화불량 두께를 측정 한 결과가 <표-3>이다.

거푸집으로 사용한 목재의 태양광선에의 노출시간이 0인 경우를 보면 합판을 거푸집으로 사용한 경우에는 경화불량이 나타나지 않았고 침엽수에서는 낙엽송을 제외하고는 미송, 칠레송 및 육송을 사용하였을 때 경화불량이 나타나지 않았다.

활엽수에서는 오동나무, 참나무 및 아카시아의 경우에 두께 0.2~0.5mm의 경화불량을 일으켰고 나왕과 포플러의 경우는 경화불량이 나타나지 않았다. 결국 활엽수는 침엽수보다 경화불량을 나타내는 경우가 많았다. 또한 합판의 경우에 경화불량이 거의 나타나지 않았는데 그 이유는 주로 합판이 경화불량을 일으키지 않는 나왕으로 제조되기 때문으로 생각된다. 그러나 본 실험 결과만으로 경화불량을 일으키는 목재의 여부를 판단하기는 어려울 것으로 보인다. 왜냐하면 같은 종류의 나무에서도 벌목시기 및 산지 등에 따라 각기 다른 현상이 나타날 것으로 예상되기 때문이다.

목재는 약산에 저항성이 있고 대부분의 유기산에 대한 저항성이 크며 특히 초산에 대한 저항성이 크지만 알칼리 용액과 접촉할 때 저항성이 약한 특성

<표-3> 목재 거푸집을 태양광선에 노출시킨 시간에 따른 모르타 표면의 경화불량 두께 (mm)⁽¹²⁾

목재의 종류		노출시간(시간)					
		0	10	20	40	80	120
침엽수	미송	0	0	0	0.2	0.2	1.0
	칠레송	0	0	0.2	0.5	0.5	1.0
	육송	0	0.2	0.2	0.5	1.0	1.5
	낙엽송	0.2	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5
활엽수	나왕	0	0	0	0.2	0.2	0.2
	오동나무	0.5	2.5	3.0	3.0	3.0	2.5
	포푸라	0	0	0.2	0.5	1.0	2.0
	참나무	0.2	0.2	0.5	1.5	2.0	2.0
	아카시아	0.2	0.2	0.5	1.0	2.0	2.0
합판	합판 I	0	0	0.2	0.2	1.5	1.0
	합판 II	0	1.5	1.0	1.0	2.0	1.5
	합판 III	0	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0
	합판 IV	0	0.2	0.2	1.0	1.0	2.0
	합판 V	0	0.2	0	0.2	1.5	1.0
합계		1.1	5.7	6.7	10.5	18.4	20.2

주) 사용 모르타의 물-시멘트비 60%.

을 가지고 있다. 목재의 화학성분은 개략적으로 50~70%의 셀룰로스, 25~30%의 리그닌과 20% 이하의 프로틴을 포함한 5%의 추출물로 구성된다.

일반적으로 말할 수 있는 것은 목재 종류에 따라 셀룰로스는 거의 같으나 헤미셀룰로스라고 하는 셀룰로스 이외의 고분자 탄수화물군이 침엽수에서는 12~15%, 활엽수(나왕 제외)에서는 20% 내외, 리그닌은 침엽수에서 30% 내외, 활엽수에서 25% 내외로 함량이 다르다. 특히 헤미셀룰로스는 비교적 열에도, 산 가수분해에도 불안정하여 분해되기 쉽고, 그 자체에 상당히 低分子인 것도 함유하고 있기 때문에 콘크리트 경화불량 현상이 활엽수 사용시 일어나기 쉬운 것과 어느 정도 관계를 갖고 있는 것으로 보인다. 시멘트 용액에 목재로부터 용출되는 것으로서는 셀룰로스, 헤미셀룰로스의 일부, 리그닌, 탄닌, 색소, 알칼로이드, 유지, 수지 등 많은 것이 알려져 있다.

한편 목재의 종류에 따라 다소의 차이는 있으나 태양광선에 노출시킨 시간을 0~120시간으로 변화시킨 목재를 거푸집으로 사용한 경우 그 시간이 증가함에 따라 모르터의 경화불량 두께가 3mm 정도까지 크게 증가함을 나타낸다.

목재 거푸집을 태양광선에 노출시킨 시간이 증가하는데 따라 모르터의 경화불량 두께가 증가하는 것은 자외선에 의해 목재의 성분이 분해 또는 변질되어 시멘트의 수화에 유해한 성분이 다량 누출되기 때문으로 생각된다. 목재가 건조되어 있으면 콘크리트 표면의 수분을 흡수하여 표면 경화불량의 원인이 될 수 있을 것으로 생각되나 100°C의 드라이 오븐에서 6시간 동안 건조시킨 목재를 거푸집으로 사용하더라도 경화불량은 나타나지 않는다.

또한 목재를 습도 95~100%, 온도 23°C의 분무실(fog room)에서 25일간 저장하여 목재를 부패시킨 경우 합판은 표면에 검은 반점이 생기기 시작하는

정도이었고 일반 목재는 표면이 검은색으로 변색되거나 약간의 곰팡이가 발생한 정도이었다.

이 목재들을 거푸집으로 사용하였을 때의 모르터의 경화불량 두께를 조사한 결과 부패한 목재 거푸집을 사용한 경우 표면에 0.2~0.3mm 정도의 경화불량이 발생하는 것으로 나타났다.⁽¹²⁾ 그러나 합판의 경우에는 경화불량이 나타나지 않았는데 이는 합판 제조시에 포르말린 등의 방부제가 사용되어 실험시 실제적인 부패가 일어나지 않은 상태이었기 때문인 것으로 보인다. 부패된 목재를 사용할 때 경화불량이 발생하는 이유는 다음과 같이 생각된다.

부패균은 가는 菌系를 목재속에 뚫어 넣고 여러 종류의 효소를 분비하여 목재를 화학적으로 변화시킨다. 목재가 부패하면 조직 중의 함수탄소는 50~60% 감소하고 이 상태보다 低級의 함수탄소에서 수용성의 것으로 변화하며 그 과정에서 탄산가스, 물 등을 발생한다. 또 목재의 부패에 의해서 생기는 저급의 함수탄소 중에는 콘크리트 경화에 유해한 당분이 함유되어 있기 때문에 이것이 경화 장애의 원인이 되는 것으로 생각된다.

4. 맺는 말

콘크리트는 사용재료의 특성, 혼합, 운반, 타설방법 및 양생조건 등 많은 요인에 의해 그 물성이 변화한다. 특히 앞에서 언급한 과도한 응결지연이나 경화불량은 그 발생빈도가 많지는 않지만 이를 경험하게 되는 경우가 이따금 발생된다.

이러한 문제의 원인은 혼화제 계량장치의 고장 등 단순사고에 의한 경우가 많지만 근래에 양질의 골재 자원의 감소와 하천의 오염 등에 의해 모래 중에 유기물이 유해량 혼입될 우려가 증가하고 있기 때문에 세심한 주의가 요구된다. 일단 과도한 응결지연이나 경화불량이 발생하면 콘크리트 타설 후 거푸집을 해



제할 때까지 많은 양생기간이 소요되어 그만큼 工期가 지연된다. 또 강도가 부족하여 안정성을 확보할 수 없어 철거하고 재시공 해야 하는 경우 커다란 공사비 손실을 가져올 수도 있다. 따라서 콘크리트의 물성에 치명적인 영향을 미칠 수 있는 요인에 대해서는 이중 삼중의 안전조치를 강구해 두는 것이 최상책이라고 생각된다.

■ 참고 문헌 ■

1. 森茂二郎編, 實用콘크리트技術(上), 建築技術, 1977.
2. 椎名國雄, “練りませ水はどんなものでもよいのですか”, 콘크리트工學, Vol. 18, No. 10, Oct. 1980.
3. 崔在眞, “콘크리트용 골재의 몇가지 품질문제”, 골재, 1994. 7.
4. 崔在眞, 콘크리트 品質問題의 類型과 對策, 한국레미콘공업협회, 1988. 9.
5. 崔在眞, “混和劑가 過量添加된 콘크리트의 性質에 관한 研究”, 국립천안공업전문대학 논문집, 제24집, 1996. 12.
6. 宮地直樹ほか, “リグニン系콘크리트減水劑の添加量の變動が콘크리트の性狀におよぼす影響について”, セメント技術年報 21, 1967.
7. 川田尚哉, “リグニンスルホン酸カルシウム過剰添加時の異常な凝結現象”, セメント技術年報 20, 1966.
8. 藤木洋一, “ある工事で發生したコンクリートの硬化不良現象”, 콘크리트ジャーナル, Vol. 9, No. 12, Dec. 1971.
9. 정재동 외 3인, “외국산 시멘트 사용 콘크리트의 경화불량 원인에 대한 사례연구”, 레미콘, 제32호, 1992. 6.
10. Frank A. Randall, “Carbonation of Fresh Concrete Floor Surfaces”, Concrete Construction, Nov. 1979.
11. Finishing Problems and Surface Defects in Flatwork, Concrete Construction, April 1979.
12. 文翰英, 崔在眞, “木製 거푸집 사용으로 콘크리트 表面에 發生하는 硬化不良 現象에 대한 研究”, 大韓土木學會 論文集, 제3권, 제2호, 1983. 6
13. 丸一俊雄, “木製パネルのコンクリート硬化不良防止”, 建築技術, 第69號, 1961.
14. M. K. Hurd, “Dusting of Formed Concrete Surfaces”, ACI Jour., Vol. 65, Sept. 1968.
15. 윤재환 외 4인, “경화불량 콘크리트의 사례연구(II)”, 레미콘, 제41호, 1994. 10.
16. 吉原卓二ほか, “콘크리트中のリグニン系 콘크리트減水劑の定量法の改良”, セメント技術年報 21, 1967.
17. N. Hiroshi, “硬化コンクリートの分析技術の現狀”, 콘크리트工學, Vol. 28, No. 10, Oct. 1990.
18. 丸田後久, 加藤花己, “セメント硬化体中の有機質混和劑の定量”, セメント技術年報 31, 1977.
19. Tuthill L. H. and et al., “A Case of Abnormally Slow Hardening Concrete for Tunnel Lining, ACI Jour., March 1961.
20. Bauset R. J., “Abnormally Delayed Setting of a Low Heat Portland Cement with Calcium Lignosulphonate Admixtures, V-ISCC, SP IV-51, 1968.
21. 藤木洋一, “リグニン系減水遲延劑を添加した 콘크리트の凝結機構”, 土木學會 論文報告集, 第212號, 1973. 4. A