

# 간격재(SPACER)의 중요성

김진만

〈공주대학교 건축공학과 조교수〉

조성현

〈공주대학교 RRC/NMR〉

이대경

〈공주대학교 건축공학과 석사과정〉

## 1. 개요

철근콘크리트 구조는 철근과 콘크리트의 장점을 교묘하게 접목하여 구성한 매우 우수한 구조시스템이다. 철근은 콘크리트의 취약점인 인성과 취성을 보완할 수 있도록 배치되며, 이 철근의 내구수명의 확보에 콘크리트는 중요한 역할을 한다. 그러므로 구조부재에서 철근의 위치는 매우 중요하며, 철근의 위치가 바르게 되어야만 철근콘크리트 구조체가 구조적 성능뿐만 아니라 내구적 성능을 확보할 수 있는 것이다.

철근의 위치를 올바르게 유지하기 위하여 사용되는 것으로는 결속선과 스페이서가 있다. 결속선은 철근과 철근을 결속하여 철근이 제위치를 유지하도록 하는 기능을 한다. 스페이서는 철근과 거푸집 또는 철근과 철근의 간격을 유지하기 위하여 사용하는 것으로 시공시 간과하기 쉬운 부속재료이지만, 철근콘크

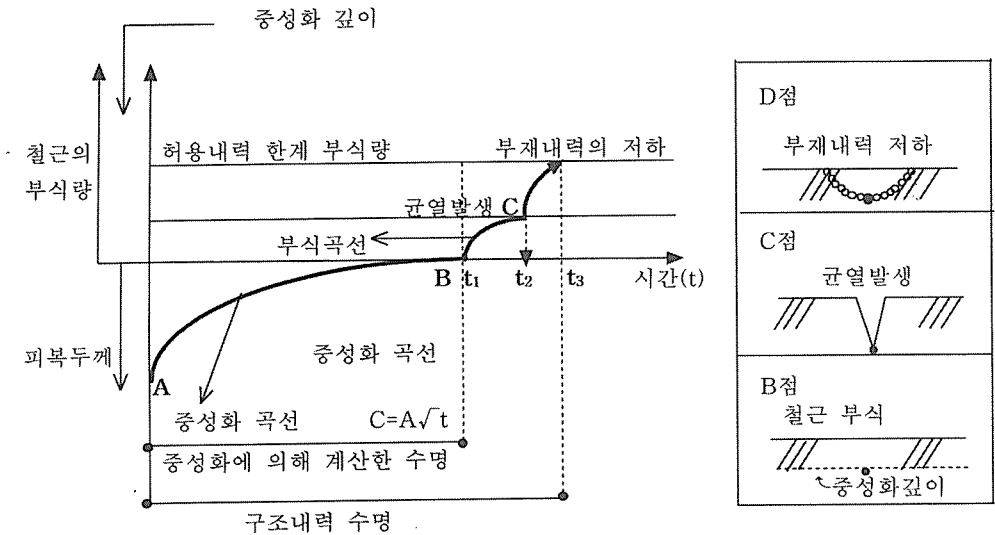
리트 구조물에 있어서 매우 중요한 기능을 담당하고 있다.

## 2. 피복두께의 중요성

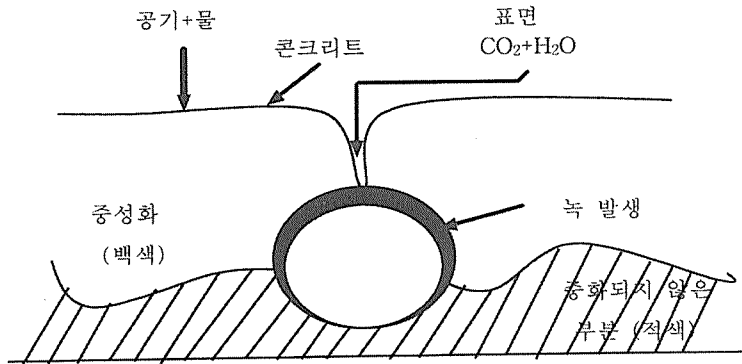
스페이서는 철근콘크리트 구조물에서 철근에 대한 콘크리트의 피복두께를 확보하기 위하여 사용하는 것이므로 피복두께 확보의 중요성에 대하여 고찰하여 보면 다음과 같다.

### 2.1 내구성능의 확보

철근콘크리트 구조물은 특별한 노화원인이 없는 경우에도 대기중의 탄산가스에 의해 콘크리트가 중성화 된다. 콘크리트가 중성화 되면, 콘크리트 중의 철근이 부식되어 구조내력이 저하할 뿐만아니라 콘크리트에 균열 및 박리·박락을 발생시켜 미관·기능뿐만 아니라 건물의 안정성까지 저하된다



(그림 1). 콘크리트 중성화와 철근부식에 의한 RC 구조물의 내용연구의 개념.



(그림 2). 철근콘크리트 구조체의 중성화 모식도

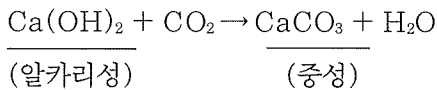
[그림1]과 [그림2]는 콘크리트의 중성화에 따른 철근의 부식과 철근콘크리트 구조물의 내구성 개념을 나타낸 것이다.

[그림1]에서  $t_1$ 은 중성화가 내부철근의 표면에 도달하는 시점,  $t_2$ 는 그 결과 철근이 부식하여 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점,  $t_3$ 은 부재내력이 한계에 도달하는 시점을 나타낸 것이다.

그러므로, 철근 콘크리트의 물리적인 사용 한계는  $t_2$  또는  $t_3$ 가 되지만,  $t_1$ 에 도달하는 기간이 피복두께 · 사용재료 · 콘크리트의 품질 · 환경조건 및 마감재 등의 조건에 따라 비교적 쉽게 예측할 수 있는 것에 비하여  $t_1$ 에서  $t_2$  또는  $t_3$ 에 도달하는 기간의 예측은 어렵고, 조건이 나쁜 경우에는 그 기간이 더욱 짧아지게 된다.

오래된 구조물의 철근부식 실태조사를 한 경우에 의하면 실내에서는 중성화영역이 철근 위치까지 도달한 후에도 철근부식이 완만하게 진행되는 것에 비하여, 실외부에서는 중성화가 철근위치에 도달하게 되면 이후에는 비교적 빠르게 철근의 부식이 진행된다.

경화된 콘크리트는 표면으로부터 공기중의 탄산가스를 흡수하여 콘크리트중의 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)을 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)으로 변화시켜 콘크리트의 알칼리성을 잃어버리는 중성화 현상을 화학식으로 표현하면 다음과 같다.



중성화가 철근위치까지 진행되면, [그림2]에서 알 수 있는 바와 같이 일반적인 경우 탄소와 수분의 작용에 의하여 철근에 녹이 발생한다. 철근에 생긴 녹의 체적은 본래 철근의 체적보다 현저히 크기 때문에 녹이 계속 진행되면, 철근의 체적팽창에 의해서 피복 콘크리트가 파괴되어 철근의 배근에 따라 균열을 발생하게 된다.

균열이 발생된 곳은 외부로부터의 수분과 공기의 침투가 용이하게 되기 때문에 초기 균열 이후 철근의 부식이 가속화되어 철근 콘크리트 구조물의 내구성은 심각하게 손상을 받게 된다. 그러므로 시멘트, 골재, 화학혼화제 등 사용재료의 종류 및 품질, 콘크리트의 종류 및 배합(특히 물시멘트비), 시공정밀도, 철근까지 중성화되는 기간 등을 고려하여 충분히 철근을 보호할 수 있도록 피복두께를 결정하는 것이 필요하다.

콘크리트의 시공에 결함이 없는 경우 대기 중에 콘크리트가 중성화되는 속도를 표현하는

모델로서 다음의 모델이 잘 이용된다.

물시멘트비가 60%이상일 때

$$y = \frac{0.3(1.15 + 3x')}{R^2(x' - 1.76)^2} C^2$$

물시멘트비가 60%이하일 때

$$y = \frac{7.2}{R^2(4.6x' - 1.76)^2} C^2$$

여기서, y : C까지 중성화 되는 기간 (년)

C : 중성화 깊이 (cm)

x : 물시멘트비 (%), x' = x/100

R : 중성화율

그러나, 이 식은 AE콘크리트가 사용되기 이전에 만들어진 것이므로, AE제의 사용이 일반적인 현재의 콘크리트에서는 물시멘트비 x값을 배합상 물시멘트비보다 4~5%정도 큰 값을 이용하는 것이 필요하다.

중성화율 R은 사용하는 시멘트 종류와 콘크리트 종류에 따라 정한다. 물시멘트비가 작은 콘크리트는 단위시멘트량이 많고 또한 시멘트 페이스트 조직이 치밀하여 투기성이 작게되어 중성화속도는 작게되고, 고로시멘트, 플라이 애시 시멘트 등을 사용한 경우는 시멘트 경화체중의 수산화칼슘과의 포졸란 반응으로 인해 수산화칼슘이 감소되기 때문에 오히려 중성화속도는 크게 된다.

또한, 중성화율은 실내, 실외의 환경조건, 마감재의 유무 및 종류에 따라 다르다. 구조체의 내구성 확보를 위해 적절한 마감재의 선택이 중요하다. 환경조건 및 마감재에 따른 콘크리트의 중성화율에 대한 일본에서의 실태조사의 결과를 나타낸 [표 1]에서 알 수 있는 바와 같이 중성화의 속도는 마감재의 종류에 따라

(표 1) 환경조건 및 마감재에 따른 콘크리트의 중성화율

실 내							실 외			
마감 없음	플라스터	모르타르 바탕에 플라스틱	모르타르	모르타르 바탕에 페인트	타일	페인트	마감 없음	모르타르	페인트	타일
1.0	0.79	0.41	0.29	0.15	0.21	0.57	1.0	0.28	0.8	0.07

많은 차이를 보이고 있다.

그러므로, 중성화에 따른 철근의 부식을 방지하기 위해서는 시멘트, 골재, 혼화재료 등 사용재료의 종류 및 품질, 콘크리트의 종류 및 품질, 특히 물시멘트비, 마감재의 유무와 종류, 환경조건, 시공정밀도 및 철근의 위치까지 중성화되는 기간 등을 종합적으로 고려하여 설계시 적정한 피복두께를 정하는 것이 필요하다.

## 2.2 내화성능 확보

철근콘크리트조 건축물이 화재가 나면 표면의 콘크리트가 화열에 의해 성능이 저하하고 동시에 내부 철근은 온도 상승에 의해 항복점이 저하하여 구조적인 성능을 상실하게 된다. 그러므로 콘크리트로 철근을 피복함으로써 철근의 온도가 상승하는 것을 억제시킬 필요성이 있는데, 그 적정한 두께를 확보하기 위하여 사용되는 것이 스페이서이다.

건축물의 각 부위는 형태가 다르고 용도와 규모 등에 따라서도 화재 지속시간이 틀리므로 피복두께도 일정하게 정할 수 없지만, 내화 성능의 측면에서 살펴보면 구조내력상 중요한 기둥과 보의 최소한의 피복두께는 철근 항복점이 거의 1/2이 되는 600℃에 도달하기 위한 시간을 2시간으로 본 2시간 내화성을 확보하기 위하여는 3cm 이상의 피복이 필요하게 되며, 벽·바닥 슬래브의 경우 1시간 내화를 고려하면 2cm 이상의 피복이 필요하게 된다.

## 2.3 구조내력 확보

철근의 피복두께가 철근직경에 대하여 부적합하게 작게 되면 철근의 피복두께는 철근에 큰 응력을 가할 경우 철근에 따라 콘크리트에 균열(부착파괴 균열)이 발생하여 부착강도가 급격한 저하를 보인다. 이것은 특히 직경이 큰 이형철근의 경우에 발생하기 쉽다. 이 때문에 「철근콘크리트 구조계산 기준」에서는 철근콘크리트에 대한 허용 부착응력도는 피복두께가 1.5d(d는 철근의 직경)이상으로 전제하여 규정하고, 1.5d미만의 경우에는 허용 부착응력도가 저감되는 것으로 한다. 그러므로, 보 및 기둥의 철근을 이형철근으로 하는 경우 주철근에 대한 피복두께는 특별한 검토를 행하지 않는 한 철근의 부착력 확보를 위해 주근 공칭 직경의 1.5배 이상으로 하는 것이 바람직하다.

## 2.4 피복두께 기준

피복두께는 철근 콘크리트의 소요 내화성, 내구성, 구조내력이 얻어질 수 있는 범위내에서 부재의 종류별로 나무리의 유무와 그 종류, 환경조건 및 시공 정도를 고려하여 결정하도록 하며, 시공에 있어서는 공사시방 및 설계도에 표시된 피복두께가 확보될 수 있도록 철근의 가공, 조립 및 배근 작업을 하도록 규정되어 있다.

건축공사 표준 시방서에는 피복두께에 관하여 공사시방 및 설계도에 정한 바가 없을 경우

(표 2) 피복 두께

부 위		피복두께(mm)
흠에 접하지 않는 부위	지붕슬래브, 바닥슬래브	옥내 30
	비내력벽	옥외 40 <sup>1)</sup>
	기둥, 보, 내력벽	옥내 40
		옥외 50 <sup>2)</sup>
	옹벽	50 <sup>3)</sup>
흠에 접한 부위	기둥, 보, 바닥슬래브, 내력벽	50
	기초, 옹벽	70

- (주) 1) 내구성상 유효한 마감이 있는 경우, 담당원의 승인을 받아 30mm로 할 수 있다.  
 2) 내구성상 유효한 마감이 있는 경우, 담당원의 승인을 받아 40mm로 할 수 있다.  
 3) 콘크리트의 품질 및 시공방법에 따라, 담당원의 승인을 받아 40mm로 할 수 있다.

에는 [표 2]의 값을 표준값으로 하도록 되어 있으며, 담당원의 승인이 있을 경우에는 10mm를 공제한 값 이상으로 하도록 규정되어 있다.

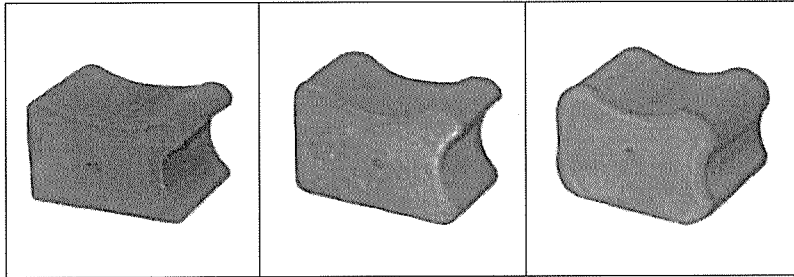
철근과 거푸집, 철근과 철근의 간격을 유지하기 위하여 사용되는 스페이서에는 철제, 철근제, 모르타르제의 킴(chair) 또는 끼움쪽(packing block) 등이 사용되며, 경미한 공사에서는 납작한 자갈이나 벽돌이 사용되기도 한다. [그림 3] 및 [그림 4]에 건설공사에서 사용되는 각종 스페이서의 종류 및 용도를 나타내었다.

### 3. 스페이서의 종류 및 요구성능

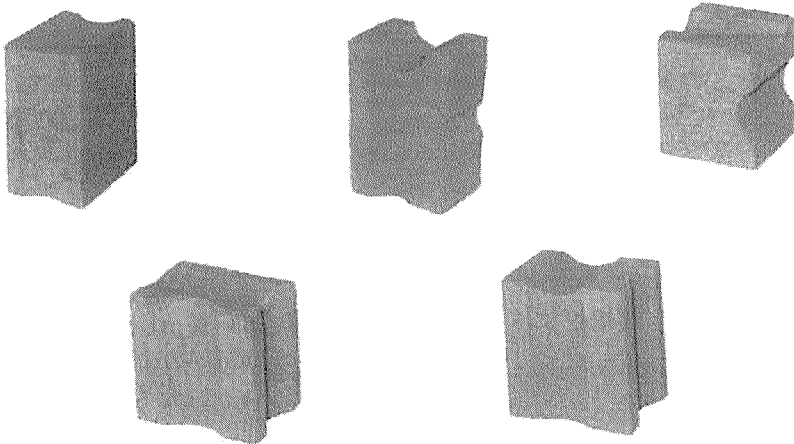
#### 3.1 스페이서의 종류



[그림 3]. 스페이서의 종류



a) 벽체용



b) 바닥용

(그림 4). 스페이서의 용도

### 3.2 Spacer의 사용량

간격제(spacer)의 재질 및 재치 등은 공사시방서에 따른다. 공사시방서에 정한바가 없을 경우에는 다음의 [표 3]에 준한다.(콘크리트 표준시방서)

보, 기둥, 지중보, 벽 및 지하 외벽의 간격재

은 측면에 한하여 플라스틱제를 사용할 수 있으며, 사전에 책임감리원의 승인을 받아야 한다. 또한 노출 콘크리트 면에서 거푸집면에 접하는 고임대 또는 간격재는 부식되지 않는 제품(콘크리트제, 스텐레스 스틸 또는 플라스틱 마감 등)을 사용하여야 한다.

[표 3] 철근고임대 및 간격재의 사용량

부 위	종 류	수량 또는 배치
기초	강재, 콘크리트	8개/4㎡
지중보	강재, 콘크리트	간격은 1.5m 표준 단부는 1.5m
벽, 지하외벽	강재, 콘크리트	상단 보 밑에서 0.5m 중단은 1.5m 간격 이내 횡간격 1.5m 단부는 1.5m 이내
기둥	강재, 콘크리트	상단은 보 밑 0.5m 이내 중단은 주각과 상단의 중간 기둥 폭방향은 1m까지 2개, 1m 이상 3개
보	강재, 콘크리트	평균 간격 1.5m 단부는 1.5m 이내
슬래브	강재, 콘크리트	상부철근, 하부철근 각각 1.3개/㎡

### 3.3 Spacer의 요구 성능

#### 1) 재질

철재, 콘크리트제 또는 PVC계열의 제품으로 한다. 단, 수평철근 하부의 간격재는 수직 압축강도가 설치간격 1m x 1m를 기준하여 개당 330kgf 이상이어야 한다

#### (1) PVC계열의 제품

내산·내알칼리성의 재질로서 콘크리트를 부어넣을 때 변형되지 않아야 하며, 측면 간격재인 경우 피복두께가 3cm일 경우 적색계열, 4cm때 황색계열, 5cm일 때 청색계열로 색상을 구분하여 피복두께유지 및 검사시 확인이 용이하도록 한다.

#### (2) 철제 제품

거푸집과 접하는 부분은 PVC캡 등을 부착하여 거푸집을 제거한 후 녹슬거나 도장시 변색이 되지 않도록 하여야 한다.

#### (3) 콘크리트제품

콘크리트제품은 구체 콘크리트 성능 이상이어야 한다.

#### (4) 철근폭 고정겸용 간격재

복근으로 배근된 벽에서 피복두께와 철근간격을 정확하게 유지하기 위하여 당해 용도로 공사에서 개발된 제품 또는 동등한 성능의 철근폭고정겸용 간격재를 사용할 수 있다. 철근폭고정겸용 간격재는 PE제품으로서 철근을 끼울 때 소요되는 힘이 D10철근을 10mm/min 속도로 삽입할 경우 20kgf 이하인 것으로 한다. 색상구분은 PVC계열과 동일하게 한다.

#### 2) 재형

재형은 거푸집과 접촉이 최소가 되도록 하며, 구조가 개방되어 콘크리트 페이스트 흐름을 방해하지 않고 부착강도를 높일 수 있는 모양의 기성제품으로서, 일정한 피복두께를 유지시키고 철근에서 이탈되는 것을 방지할 수 있어야 한다.

### 3) 내구성

피복두께를 유지시켜 주는 스페이서에 의해 구조부재의 내구성능이 저하하지 않아야 한다. 사용재료에 있어서 내구성이 우수한 골재를 사용하고, 알칼리금속이나 염화물의 함유량이 적은 재료를 사용한다. 또한 목적에 맞는 시멘트나 혼화재료를 사용하여 각종의 성능저하에 대하여 저항하는 내구적인 스페이서를 만들어 알칼리금속이온 등 유해한 물질이 콘크리트에 침투하는 것을 방지하고, 이온과 수분 등이 이동하기 어렵도록 콘크리트를 밀실하게 하는 것이 중요하다.

### 4) Texture

스페이서는 콘크리트가 타설되기 전 미리 철근과 함께 놓여지게 되며, 콘크리트의 타설 후에는 콘크리트의 일부가 되어 거동하게 된다. 그러므로 주변의 콘크리트와 부착이 잘되어야 하며, 부착면에 결함이 발생하여 완공 후 수분 및 탄산가스의 이동이 원활한 통로로 작용하지 않도록 하여야 한다.

주변의 콘크리트와 부착을 고려할 경우 스페이서의 표면질감은 매우 중요하다. 표면이 매끄러운 것은 스페이서와 콘크리트의 부착을 방해하기 때문에 적당하지 않다. 거푸집에 접하는 면을 제외하면 가능한 한 구체 콘크리트와의 부착강도를 증진시키기 위하여 거친면을 가진 것을 사용하는 것이 좋다.

### 5) 재료

스페이서의 재료적 성질은 경화된 콘크리트와 동일한 것이 이상적이다. 그러므로 콘크리

트계 재료로 만들어진 것이 가장 적절하며, 가능하면 주변 콘크리트와 동일한 수준 이상의 강도를 갖는 것을 사용하는 것이 바람직하다.

강재를 사용할 경우에는 강재의 부식에 유념하여야 하며, 플라스틱의 경우에는 그 강도의 적절성을 판단하여야 한다. 또한 자갈을 사용하는 것은 타설시 이동 가능성이 있으므로 피하여야 하며, 벽돌류를 사용하는 것 또한 그 강도가 구조체의 강도에 못미치기 때문에 적정하지 않다.

또한 물을 흡수하지 않는 것은 표면에 수분이 상대적으로 많이 모이게 되어 취약한 면을 형성할 가능성이 높기 때문에 흡수성이 있는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

## 4. 결론

콘크리트의 피복두께는 철근콘크리트 구조물의 구조내력, 내화성 및 내구성능의 측면에서 중요한 요소이다. 철근콘크리트 구조물의 진단시 피복두께의 확보가 미흡하여 철근의 부식이 심각히 발생한 사례를 우리는 많이 접하게 된다.

콘크리트에 의한 철근의 피복은 시공시간과 과하기 쉬운 사항이지만, 구조물의 성능을 확보하는데 있어서 매우 중요한 사항이므로 시공시 각별한 주의를 해야한다. 스페이서를 단지 적정한 간격으로 고정하는 것만으로 구조물의 안전성을 쉽게 확보할 수 있는 것을 후에 많은 비용을 들여 보수하는 우를 범하지 않아야 할 것이다.