

## Delay Joint 계획 및 적용 사례

### Plan and Field Application of Delay Joint



이명호\*  
Myung-Ho Lee



박형철\*\*  
Hyung-Choel Park



오보환\*\*\*  
Bo-Hwan Oh



황윤관\*\*\*\*  
Yoon-Kwan Hwang



이희석\*\*\*\*\*  
Hee-Seok Lee

#### 1. 서론

최근 아파트 지하주차장이 주동부와 일체화되면서 대형화되고 있다. 이에 의한 영향으로 슬래브 콘크리트의 건조수축, 슬래브와 주동부와의 구속 등으로 인해 균열 및 누수가 발생되고 있다. 일반적으로 지하주차장의 시공은 현장여건을 고려하여 시공줄눈 (construction joint)을 이용하여 끊어치기를 주로 한다. 하지만, 슬래브의 후타설 구간의 건조수축을 후타설 슬래브 구간에서 흡수해야 하기 때문에 균열이 발생할 가능성이 높고, 누수의 위험성도 높다고 판단된다. 이에 대한 대안으로 delay joint를 이용하는 것을 고려할 수 있다.

Mark Fintel<sup>1)</sup>에 의하면 delay joint 간격은 30~45m마다 1개소가 권장되나 건조수축이 발생하는 방향과 평행한 대형기둥, 대형벽, 주동부 등 강성이 큰 수직부재 간격보다는 좁아야 한다. 폭은 0.6~0.9m 정도로 하고 총 건조수축의 약 40%가 발생하는 2~4주 후에 delay joint 구간에 콘크리트를 타설하는 것을 권장하고 있다. 하지만, 규준으로 제시되어 있지 않고, 평면형태 등에 대한 언급이 부족해 현장 적용이 어려운 현실이고, delay joint의 설치가 건조수축균열 저감에 어느 정도의 효과를 나타내 는지에 대한 근거가 부족하여 설치시의 효과와 상세에 대한 현실적인 검토가 필요하다.

#### 2. 공사 개요

당 공사현장은 136.4m×319.1m로 대지면적은 57,199m<sup>2</sup>이다. <표 1>은 건축 개요이다. <그림 1>과 같이 탑상형 아파트

8동과 판상형 아파트 2동으로 구성되어 있으며, 주동부와 지하 주차장이 일체화되어 있는 구조이다. 지하주차장 공사를 위해 <그림 2>와 같이 크게 2개의 공구로 나누어 공사를 진행하였으며, 자재운반 및 콘크리트 타설의 용이성을 위해 지하주차장 중앙부에 access road를 계획하였다. Access road는 주변의 슬래브와 콘크리트 타설 시기에 차이가 있기 때문에 건조수축저감에 도움이 되는 측면도 있다고 판단된다.

초기에 <그림 2>의 주동부 중앙부에 시공줄눈을 설치하여 끊



그림 1. 현장 조감도

표 1. 건축 개요

구분	내용		
대지면적	57,199 m <sup>2</sup>	건축면적	8,150 m <sup>2</sup>
연면적	177,888 m <sup>2</sup>	조정면적	20,980 m <sup>2</sup>
건폐율	14%	용적률	209%
세대수	830세대		
건물구조	철근콘크리트 벽식 구조		
건물규모	지하2층~지상26층 / APT 10개동, 부대복리시설		
주차계획	아파트:1,748대(지하) / 복리시설-10대		

\* 대우건설 기술연구원 선임연구원  
astropix@dwconst.co.kr  
\*\* 정희원, 대우건설 기술연구원 책임연구원  
\*\*\* 정희원, 대우건설 기술연구원 수석연구원  
\*\*\*\* 대우건설 주택사업본부 현장소장  
\*\*\*\*\* 대우건설 주택사업본부 상무

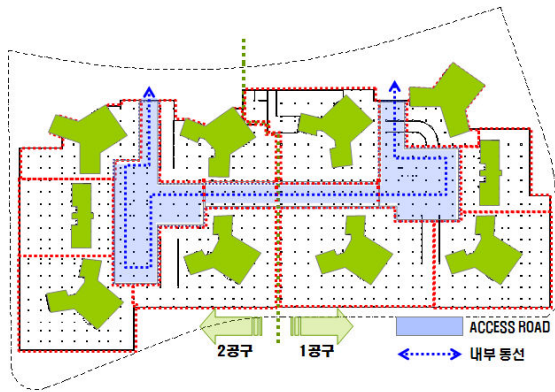


그림 2. 공구 분할 및 access road 계획

어치기를 하는 것으로 계획하였으나 건조수축 균열의 저감을 도모하고자 일부 구간에 대하여 delay joint를 설치하였다.

### 3. Delay joint 시공시 고려 사항

Delay joint 시공시 중요한 고려사항은 다음과 같다. 그중에서 보 철근 절단여부와 설치간격/존치기간이 현장공정과 밀접한 관계가 있다고 판단된다.

#### 3.1 슬래브 및 보 철근 절단 여부

Delay joint를 시공하게 되면 콘크리트의 건조수축을 흡수할 수 있도록 delay joint 구간의 철근을 절단하거나 절곡한다. 절단하거나 절곡하지 않을 경우 철근이 콘크리트의 건조수축에 의한 응력을 부담하게 되어 심할 경우 철근이 항복을 하는 경우도 발생한다. 일반적으로 건조수축에 의한 영향은 두께가 얇은 슬래브에 영향이 크므로, 보 철근의 경우 구조적 문제가 없어 절단하지 않을 수 있다면 시공성을 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 보 철근 절단여부를 결정하기 위한 검토가 필요하다고 판단된다.

#### 3.2 Delay joint 폭

상기 슬래브 및 보 철근 절단여부와 밀접한 관계가 있다. 슬래브 철근의 경우 HD13 철근을 겹침이음할 경우 delay joint 폭이 600mm 정도이지만, 보 철근으로 HD25 철근을 겹침이음할 경우 2m 이상의 delay joint 구간이 필요하기 때문에 시공상 어려움이 있다.

Mark Fintel의 제안대로 delay joint 폭을 600~900mm 정도로 하면 슬래브 철근은 겹침이음이 가능하나 보 철근은 겹침이음이 불가능하기 때문에 시공 상세에 대한 고려가 필요하다.

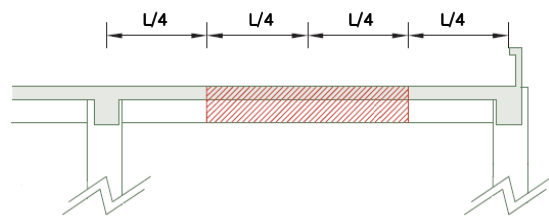
### 3.3 Delay joint 설치 간격 및 존치기간

Mark Fintel은 delay joint 설치 간격을 30~45m, 존치기간을 2~4주를 제안했다. 이는 콘크리트의 건조수축이 4주에 대략 40% 발생한 것을 고려한 것이고, 이후의 건조수축은 콘크리트의 인장응력이 부담하는 것으로 하였다. 당 현장과 같이 136.4m×319.1m의 대지에 지하주차장이 설치되는 현장의 경우 Mark Fintel의 제안을 따르면 delay joint 개소가 많아지고 일부 구간은 주동부를 관통하는 경우도 발생하기 때문에 시공성이 떨어지는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하는 하나의 방안으로 현장여건을 고려하여 설치간격을 늘리더라도 존치기간을 늘려서 delay joint 설치의 효과를 극대화하는 방안이 대안이 될 수 있다. 당 현장과 같은 배치에서 가장 현실적인 delay joint 위치는 주동부 사이에 설치를 하는 것이고, 현장의 후속공정을 고려하여 존치기간을 최대로 하는 것으로 계획하였다.

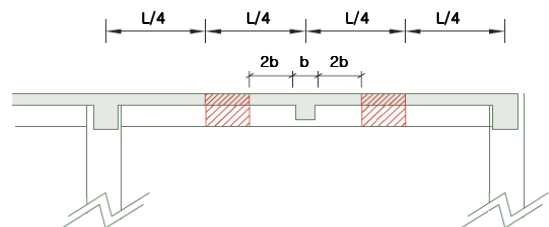
### 3.4 Delay joint 위치

구조적으로 가능한 전단력이 작게 작용하는 위치, 시공적으로 콘크리트 타설량, 거푸집, 동바리 강도, 철근배근 상황을 고려하여 설치가 용이한 곳에 설치한다.

<그림 3(a)>와 같이 거더 사이에 보가 없는 경우는 스펠의 중심에서 양쪽 L/4 범위 내에서 설치하고, <그림 3(b)>와 같이 거더 사이에 보가 있는 경우는 보 폭 (b)의 2배 정도 떨어진 곳에 delay joint를 설치한다.



(a) 거더(girder) 사이에 보(beam)가 없는 경우



(b) 거더 사이에 보가 있는 경우

그림 3. Delay joint 위치

### 3.5 Delay joint 구간의 보 하부 콘크리트 타설 유무

일반적으로는 delay joint 구간에는 슬래브와 보 부위에 콘크리트를 타설하지 않지만, 건조수축응력의 경우 두께가 얇은 슬래브 부분에 집중하게 되어 보 부위보다는 슬래브 쪽에 건조수축 균열이 많이 발생한다. Delay joint 구간의 보 부위는 콘크리트 타설을 위해 보 철근이 배근된 이후에 거푸집 작업을 하기 때문에 시공성이 떨어지는 문제가 있다. <그림 4(a)>와 같이 delay joint 구간의 보 하부만 콘크리트를 타설하면 보 철근 배근 후 콘크리트 타설을 위한 거푸집 작업이 생략되어 시공성이 향상된다. 하지만, 슬래브와 보 부위에서 발생하는 건조수축응력이 콘크리트가 타설된 보에서 전부 부담하게 되어 보 부위에 균열이 발생할 가능성도 있다. 이에 대한 평가를 수행하고자 delay joint 구간의 보에 콘크리트의 타설 유무를 변수로 하여 균열발생 여부 및 보 철근의 응력진행양상을 평가하여 적용성을 평가하고자 한다.

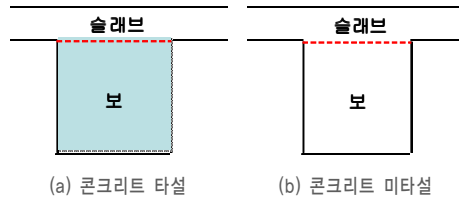


그림 4. Delay Joint 구간 보 하부 콘크리트 타설 유무

능하도록 슬래브 철근을 배근하고 콘크리트를 타설한다. 그 이후 후 타설 부위의 콘크리트 타설을 위해 거푸집 및 슬래브, 보철근을 배근한다. 현장 여건에 따라서는 delay joint 구간의 양쪽 슬래브에 동시에 콘크리트를 타설할 수 있다. 슬래브 부분의 거푸집은 상하단 철근으로 인하여 각재를 이용하였으며, 보 부위의 거푸집은 합판을 이용하여 콘크리트 타설시 누출이 되지 않도록 하였다. 콘크리트를 타설한 후 작업자 등의 동선을 고려하여 발판으로 delay joint 구간을 보호하였다. Delay joint 구간 하부에 설치된 잭서포트와 동바리는 delay joint 구간에 콘크리트를 타설한 후 양생될 때까지 해체하지 않는다.

## 4 Delay joint 시공

### 4.1 Delay joint 시공 과정

Delay joint 시공 과정은 <그림 5>와 같다. Delay joint 설치 구간의 선 타설 부위에 콘크리트를 타설하기 전에 겹침이음이 가

### 4.2 Delay joint 적용 계획

Delay joint를 적용하는 것의 가장 큰 목적은 건조수축균열을



그림 5. Delay joint 시공 과정

저감하는 것이다. 하지만, 시공이 어렵고 최소 4주 이후에나 Delay joint 구간에 콘크리트를 타설할 수 있다. Delay joint를 많은 개소에 설치하는 것이 효과적이라 판단되었지만, Delay joint의 효과에 대한 충분한 데이터 등 가이드라인이 없었고, 현장여건을 고려하여 일부 구간에 설치하여 시공성 등을 고찰하고, delay joint가 설치된 곳과 설치되지 않은 곳의 균열 발생에 대한 평가를 통해 향후 delay joint 설치시 활용할 수 있는 지침을 삼고자 하였다.

Delay joint 설치 위치는 <그림 6>과 같이 지하 1층 바닥판에 주로 설치하였다. 지하1층 바닥판에 총 4군데(<그림 5>에서 A, B, C, D 위치)에 설치하였고, 지붕층에는 지하1층 바닥판의 C와 동일한 위치에 설치하였다. 나머지 주동 사이는 시공준비에 의한 끊어치기를 하였다. 시공준비에 의한 끊어치기는 선 타설 콘크리트와 후 타설 콘크리트의 타설시기의 차이에 의해 선 타설 콘크리트의 건조수축균열저감에 기여한다고 판단된다.

지하1층 바닥판에 설치한 delay joint 구간의 콘크리트 타설 일까지는 56~66일까지 경과하였으나, 지붕층에 설치한 delay joint는 후속공정으로 인하여 4주 양생을 확인한 후에 콘크리트를 충전하였다. <표 2>는 delay joint 위치별로 콘크리트를 충전하기까지의 경과일수를 나타내었다.

5. Delay joint 계측

5.1 계측의 필요성 및 계획

Delay joint 설치 효과 및 시공성 검증을 위한 계측을 수행하였다. 당 현장은 <그림 4>와 같이 delay joint 구간에서 보 부위의 콘크리트 타설 방법을 2가지로 하였다. 이에 의한 영향을 고찰하고자 보 상하단 철근에 변형률게이지를 부착하여 변형률을

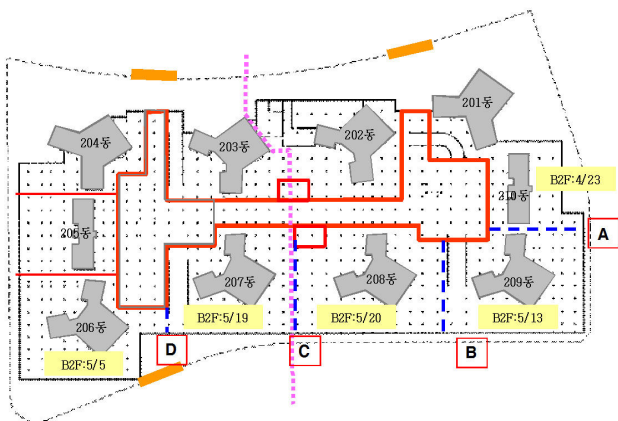


그림 6. Delay joint 설치 위치

표 2. Delay joint 위치별 콘크리트 타설 결과

구분	콘크리트 타설	경과일수	위치
A	7월 12일	60일	지하1층 바닥
B	7월 15일	56일	지하1층 바닥
C	7월 17일	58일	지하1층 바닥
C'	8월 14일	28일	지붕층
D	7월 24일	66일	지하1층 바닥

계측하였다. 또한, 콘크리트 타설 이후의 슬래브 콘크리트 변형률, 슬래브 철근을 절단하지 않았을 경우의 철근의 변형률, 콘크리트 내부의 온도변화, delay joint 구간에서의 콘크리트의 수축에 의한 변형에 대한 계측을 수행하였다. 계측 항목은 <표 3>과 같다. 설치된 총 게이지 개수는 20개이다.

5.2 계측기 설치상세

<표 3>의 계측기를 설치한 상세는 <그림 7>과 같다. 콘크리트 타설을 고려하여 매립형 게이지는 방수코팅을 수행하였다. 변위계는 <그림 7(d)>와 같이 변위계를 설치한 이후 외부환경에 대해 보호하고자 보호함체를 설치하였으며, 콘크리트 게이지는 연결선을 이용하여 주위철근에 연결하여 설치하였다. 장기계측시의 전원공급 문제가 발생할 여지를 차단하고자 배터리로 구동하는 시스템을 구축하였다. 계측기 설치를 완료한 이후에는 <그림 7(f)>와 같이 보호 장치를 설치하여 작업자의 접근을 차단하였다. 데이터 취득은 30분 간격으로 데이터를 데이터로거에 저장하고, 정기적으로 데이터를 백업받아 분석하였다.

5.3 진행 상황

표 3. 계측 항목, 설치 위치, 계측 결과

항목	설치 위치	설치부재 및 개수	비고
변형률	철근	슬래브, 2개	그림 4(a)
		보 상단, 2개	
		보 하단, 2개	그림 4(b)
		보 상단, 2개	
열전대	콘크리트	슬래브, 3개	
		상온	대기, 1개
변위계	Delay Joint 사이	Delay Joint 구간, 3개	

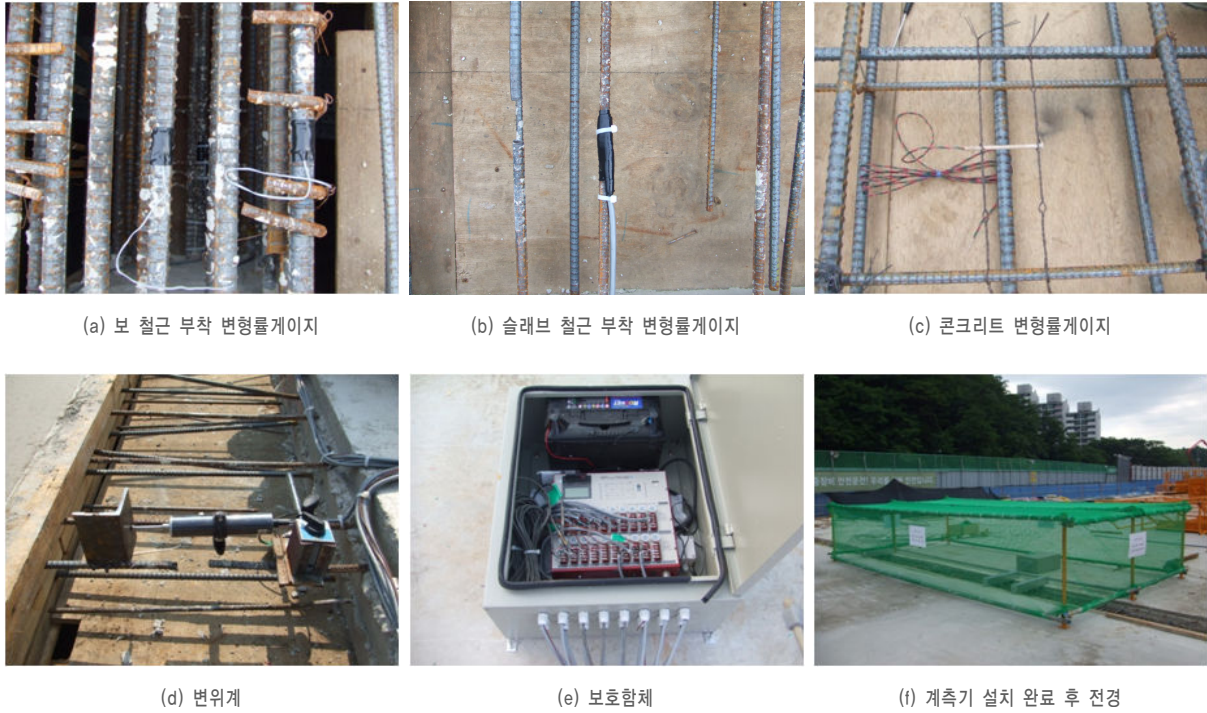


그림 7. Delay joint 계측기 설치 상세

계측을 수행한 delay joint부는 선타설 슬래브 시공 후 후 타설 슬래브 철근 배근을 완료한 다음 7월 15일에 슬래브 콘크리트를 타설하였다. 8월 14일 delay joint 구간의 콘크리트를 타설하였다. Delay joint 구간의 콘크리트 충전 전후의 구조물의 거동양상을 파악하고자 콘크리트 충전 이후에도 계측을 지속하였다.

6. 향후 계획 및 맺음말

현재 delay joint 구간에서 슬래브 철근 및 보 철근 절단여부, delay joint 구간의 보 부위 하부 콘크리트 타설 유무에 의한 영향 등을 중심으로 분석하고 있으며, 향후 delay joint를 설치한 슬래브와 설치하지 않은 슬래브의 균열 발생량 및 경향을 조사 분석하여 delay joint의 효과를 객관적으로 분석할 예정이다. 또한, 당 현장 외에 2개의 현장에서 delay joint에 대한 계측을 수행하고 있으며, 계측 결과를 종합하여 최종적으로 delay joint의 계획 및 시공에 대한 지침을 마련하고 적용을 확대함으로써 지하주차장의 균열 및 누수를 저감하여 아파트의 품질향상을 도모할 것이다.

그리고 3개 현장의 측정 결과에 대한 최종적인 분석 자료는 향후 기술기사로 게재할 계획이다.

참고문헌

1. Mark Fintel, *Handbook of Concrete Engineering*, VNR, 1985.
2. ACI 318-05, *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, ACI.
3. ACI209R-92, *Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures*, ACI.
4. National Academy of Sciences, *Expansion Joints In Buildings*, Technical Report No. 65, 1974.
5. 김옥중 외 1인, 공동주택 지하주차장의 수축대(Shrinkage Strip) 시공사례, 대림기술정보 2002년 봄.
6. 대우건설, 건축기술지침: 건축 I, 대한건축학회, 2006.