

## 프리캐스트 프리스트레스트 더블티 주차장 건물의 구조설계에 관하여

A Primary Study on the Structural Concerns for the Precast and Prestressed  
Double-Tee Concrete Parking Slab



김 정 옥\*



유 승 롱\*\*

### 1. 서론

주차장 구조설계는 수직하중과 수평하중, 적용 프레임 시스템, 배수구배, 연결부 및 각부요소에 대한 세부항목 및 크기에 대한 제반사항을 결정하는 것이라 할 수 있다. 구조설계자는 설계코드에 규정된 하중뿐만 아니라, 구조물에 작용 가능성이 있는 예상 적재하중에 대하여도 검토하여야 한다. 건축법규에 의하면 주차장 구조물의 의무규정 적재하중은  $244\text{kg/m}^2$  또는  $488\text{kg/m}^2$ 이나, 실제 포화 적재된 주차장의 적재하중은  $98\text{kg/m}^2$ 에서  $146\text{kg/m}^2$  사이에 분포한다. 그러므로, 사용하중을 적용하기 위하여, 법규의 규정에 의한 적재하중 감소계수를 사용할 수 있다. 적절한 성능을 보장하기 위하여 본고에서 실제 하중에 대응할 수 있는 적절한 설계지표를 제시하고 있으며, 이는 법규에서 요구하고 있는 강도와

연계하여 함께 사용되어야 한다.

### 2. 수직하중

수직하중은 구조물의 자중과 법규에 명시된 적재하중의 합으로 구할 수 있다. 먼저 제시한 바와 같이, 포화 적재된 주차장의 경우에도 적재하중은  $122\text{kg/m}^2$  정도이다.

#### 2.1 적재하중

외기에 노출된 최상층의 경우, 일부 법규들은 적재하중으로, 주차되는 자동차의 하중과 전체 면적에 적용된 적설하중을 함께 고려하도록 규정하고 있으나 이는 합리적이지 못하다. 프리스트레스트 콘크리트 부재 설계에서 실제 하중보다 크게 적재하중을 적용하는 것은 과도한 초기긴장으로 켄버나 부재수축을

\* 정회원, 동국대 건축공학과 석사과정

\*\* 정회원, 동국대 건축공학과 조교수

초래할 수 있다. 한편, 제설제를 사용하는 지역의 프리스트레스트 콘크리트 부재에서 콘크리트의 인장강도보다 큰 인장응력이 작용하중에 의해 발생할 경우 균열로 인한 설계부실을 초래할 수 있다. 따라서, 자동차 및 탑승자 하중에 대한 권장 설계지표는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 부재의 극한 강도는 법규에 정해진 계수 적재하중 및 고정하중에 대하여 대응할 수 있어야 한다.
2. 제설제 사용 가능성이 있는 지역에서, 일반철근이 사용되지 않은 프리스트레스트 부재의 초기 긴장력은 적재하중 하에서 보중앙 하단에 최대 휨인장응력,  $2\sqrt{f_c}$  를 넘지 않도록 적용되어야 한다.
3. 제설제 사용가능성이 있는 지역에서, 보 단부부 모멘트에 의한 보 상부 최대 인장응력은 고정하중 하에서  $0.8\sqrt{f_c}$  를 넘지 말아야 하며, 고정하중과 적재하중 하에서는  $1.6\sqrt{f_c}$  를 넘지 말아야 한다.
4. 제설제가 사용되지 않은 지역의 인장연단에서 인장력을 위하여 ACI Building Code, ACI 318-83의 적용이 가능하다.

## 2.2 고정하중

고정하중만 고려할 경우, 프리캐스트 부재는 다음 사항들을 만족하도록 설계되어야 한다.

1. 고정하중에 의한 보의 하향 처짐이 발생하지 않도록 긴장력의 크기가 설정되어야 한다. 단, 이것은 제안된 사항일 뿐이지 법규에 규정된 사항은 아니다.
2. 일반 철근콘크리트 보의 경우, 균열의 폭은 다음과 같이 한정할 수 있다. 테두리보에서, ACI 318-83에 규정된 바와 같이 z-factor는 10,000 kg/cm를 넘지 말아야 한다. 즉, 최대 균열 크기 0.0125 cm에 해당된다. 이 조건을 만족하기 위하여, 상기 규준에 의한 휨 철근량은 일반 휨 철근요구량(옥외 z-factor는 24,000 kg/cm, 최대 균열크기 0.03cm)을 초과하게 된다

## 2.3 비틀림 하중

편심 하중을 받는 PC부재는 외적(1차 비틀림) 또는 내적 비틀림(2차 비틀림)을 받을 수 있다. 일반적으로, 테두리보를 예로 들 수 있다. 적용하중이 테두리보의 전단중심과 일치하지 않는다면, L형 보의 축을 따라서 Fig. 1과 같은 비틀림이 발생할 수 있다.

테두리보의 비틀림에 저항하는 연결부가 더블티

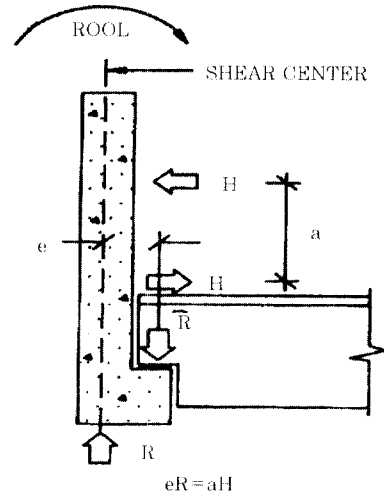


Fig. 1 비틀림 하중을 받는 테두리보

단부에 주어진다면, 단부에는 국부적인 평형이 존재할 수 있다(외적 비틀림에 대한 저항). 비틀림을 받는 일반 철근콘크리트 부재는 ACI 318-83 11장에 주어진 바에 의해서 설계되어야 하며, 프리스트레스트 부재는 PCI Design Hand-book, Third Edition, Chapter 4, 또는 PCI SFRAD Research Project No 5에 따라 설계되어야 한다.

경험치에 의하면, 상기 조건에 따라 설계된 부재는 적절한 비틀림 성능 과 강도를 기대할 수 있다. PCI Research Project No. 5에 예시된 바와 같이, 부재의 어떠한 부분에 적용된 집중하중에 의한 비틀림에도 저항토록, 프리스트레스트 프리캐스트 콘크리트 부재는 설계되어야 한다. 그러므로, ACI 318-83에 주어진 편심거리 "d"에 대한 제한을 집중하중이 작용하는 L형 보에 적용하는 것은 합리적이지 못하다. 즉, ACI 비틀림 규준을 집중하중이 작용하는 L형 보 설계에 그대로 적용하여서는 안된다.

내적 비틀림은 하중을 전단중심 가까이 놓음으로써 최소화 할 수 있다. 높은 저항능력의 작은 베어링 패드를 더블티 지점부위에 사용함으로써 하중과 전단중심을 근접시킬 수 있다. 패드를 사용함으로써 얻어지는 또 다른 이점은 지점에 걸리는 고정하중이 28kg/cm<sup>2</sup>이하인 경우 발생하는 미끄러짐을 막을 수 있다는 것이다. 전단 중심에 근접토록 하중 작용점을 위치시켜, 내적 비틀림을 막는 방법은 테두리보와 같은 지지 부재를 Fig. 2와 같이 절단하여 더블티를 설

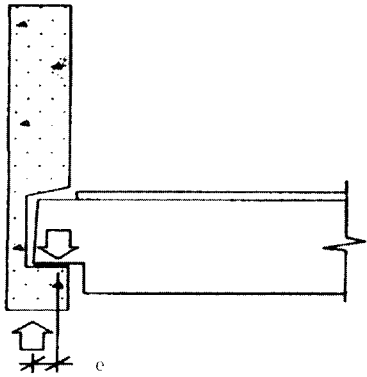


Fig. 2 내적 비틀림을 위해 전단중심 가까이 놓인 하중

치 하는 것이다.

외적 비틀림은 바닥부재로부터 반대방향의 반력을 제공함으로써 감소될 수 있다. 반력,  $W$ 는 Fig. 3과 같이 바닥부재로부터 반대편 방향으로 힘이 작용할 때 외력과 같은 크기의 회전력이 발생한다. 테두리보와 강선 연결부위에서 더블티의 체적변화를 구속하지 않기 위해, 강선은 이 부위에서 용접접합되어서는 안된다.

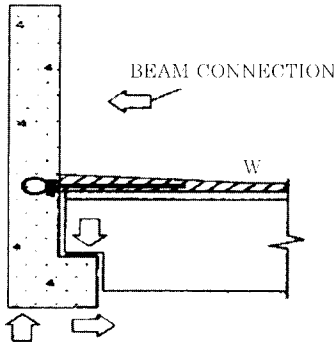


Fig. 3 외적 비틀림에 대한 보강 1

테두리보와 바닥부재 사이의 연결은 Fig. 4와 같이 비틀림을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다. 이 연결방법은 테두리보의 보강만으로 비틀림을 조절할 수 없을 때 사용되는 방법으로, 일방향 모멘트 골조(one-way-moment frame)와 같이 수평하중에 저항하도록 설계된 것으로 일방향 버팀지지 골조(one-way braced frame)로 사용된다.

지지부재 상하에서 바닥 부재가 모두 강철로 연결되어 있다면(베어링 패드가 없다면), 바닥부재나 지

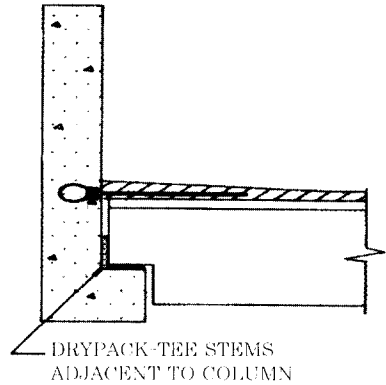


Fig. 4 외적 비틀림에 대한 보강 2

지부재를 설계할 때 구속조건에 따른 체적변화의 효과를 고려해야 하며, 특히 지점 베어링부위의 인장균열에 유의하여야 한다. 그러므로 프리스트레스트 부재를 강철로 연결하는 것은 바람직하지 않다.

지지부재와 모든 바닥부재가 상기와 같이 모멘트에 저항할 수 있도록 연결되었다면, 지지부재는 고정하중 및 적재하중에 의한 수직하중에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 한편, 바닥부재가 설치되면서 모멘트에 저항할 수 있는 각 연결부가 만들어졌을 경우 새로 설치되는 바닥부재에 의한 비틀림은 먼저 놓여진 연결된 바닥 부재에 의해 저항된다. 비틀림을 최소화하기 위하여 더블티와 지지보 사이의 연결부는 먼저 기둥근처에서 설치되어야 한다.

## 2.4 집중하중

집중하중이 작용하는 부재는 하중이 작용하는 위치에서 전단 및 비틀림 강도에 대하여 검토되어야 한다. 주차장 건물에서, 집중하중은 자동차 바퀴에서 발생한다. 대부분의 설계코드에서 바퀴의 집중하중을 1.2ton으로 규정하며, 390에서 450cm<sup>2</sup> 면적에 적용되고 있다. 이 하중에 의한, 더블티 구조물 플랜지의 휨 및 전단강도에 대한 검토가 요구된다. 이 경우, PC 플랜지와 현장타설 토핑 콘크리트로 이루어진 플랜지를 연속보나 단순 내민보 혹은 일단 고정 내민보로 가정하여 검토한다. 더블티 웹의 바깥 부분을 내민보로 간주하는 것은 더블티 사이의 조인트 부분에 균열이 발생할 수 있다는 가정에 의하며, 이 균열들은 슬래브의 연속성을 저하시킨다. 플랜지의 연결부 사이공간이 작기 때문에, 현장타설을 적용하

지 않는 더블티 슬래브는 맞닿은 두개의 내민보로 간주할 수 있다. 예를 들면 2ton의 하중이 더블티의 연결부 사이에 작용했을 경우, 각 단순 내민보에 1ton의 하중이 작용한 경우와 같다. 바퀴에 의한 집중하중의 크기는 표준규준에 의한다(Fig. 5 참조)

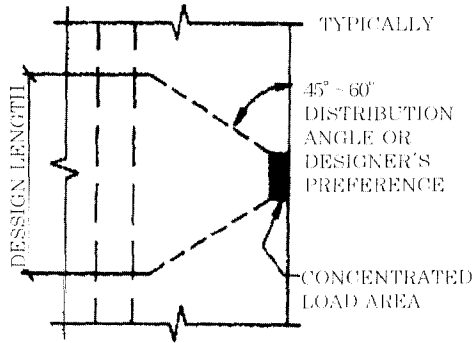


Fig. 5 차량 바퀴에 의한 집중하중 크기

## 2.5 추가적인 수직하중

(1) 체적 변화에 대한 구속에 의해 발생하는 축방향 하중에 대하여 고려하여야 한다.

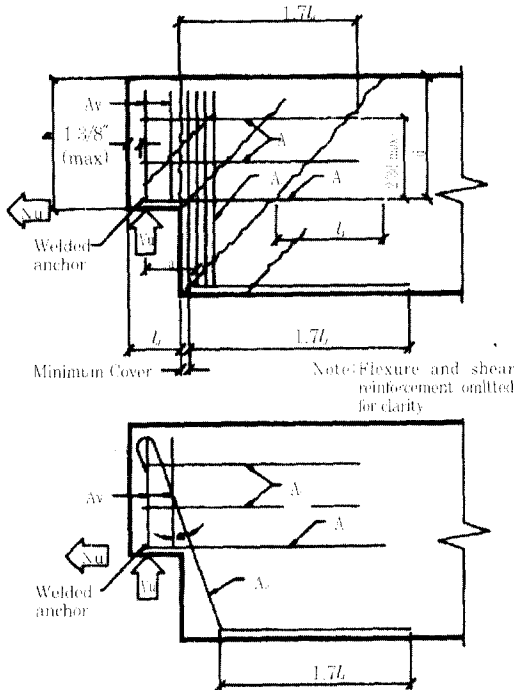


Fig. 6 지지점에서 춤이 축소되는 부재

(2) 지지점의 부위에서 춤이 축소되는 더블티 부재는 균열발생할 가능성이 많다. PCI Research Report No. 6, "Strength of Members with Dapped Ends,"는 설계자에게 참고자료로 추천할 만한 책이다. Fig. 6과 같이, 지점 베어링 부분에서 보강 철근은 전 단면(full depth section)에서 적용된 하중을 축소 춤 단면(reduced depth section)으로 전달하며, 단부에서 수직으로 배근되는 주근은 하중을 들어올리도록 되어있다.

(3) 등분포하중을 받는 부재는 ACI 318-83, Sections 11.1.2 또는 11.1.2.2에 명시된 위치에서 전단 및 비틀림 강도에 대하여 검토되어야 한다.

(4) 테두리보와 기둥사이 연결에 사용된 이음의 종류 및 연결부와 테두리보 중심에 대한 구조적 강성과의 관계 또한 검토되어야 한다.

## 3. 수평하중

수평하중은 풍하중, 토압력, 지진하중, 체적변화를 구속함으로 생기는 축방향력 등이 있다. 이에 대한 분석 및 설계 방법이 PCI Design Handbook, Third Edition에 소개되어 있다. 자동차에 의한 국부적인 수평하중 또한 고려되어야 한다.

### 3.1 체적 변화

체적변화는 건조수축, 온도변화, 탄성 수축이나 크리프에 의하여 부재의 치수가 변경되는 것으로 정의된다. 체적변화에 대한 구속은 바닥슬래브나 보, 기둥, 벽에 균열을 발생시키며, 이에 대한 적절한 보수가 없을 경우 물이나 불순물의 침투에 의하여 연속적인 구조물의 성능저하를 초래할 수 있다.

체적변화를 구속시킬 때, 현장타설 콘크리트 구물의 경우부재길이 방향 균열을 발생시킨다. 프리캐스트 구조물은 접합부에 모든 응력이 집중되는 경향이 있다. 접합부 각 부재를 모든 외력에 저항할 수 있도록 설계하거나, 접합부에 유연성을 주어, 구속력을 최소화함으로써 저항할 수 있도록 해 주어야 한다. 이 외력은 지지구조물의 강성과 연성, 연결부의 종류에 따라 다르게 구조물에 적용된다.

일반적으로, 연성과 인성이 큰 연결부를 적용하는 것이 바람직하다. 강철집합(용접)을 적용할 경우, 체

적변화에 대응하지 못하므로, 가능하면 볼트나 슬립 조인트(Slip Connection)를 이용하는 것이 좋다.

### 3.1.1 건조수축과 크리프

프리텐슨 PC 콘크리트 부재의 건조수축과 크리프에 의한 체적변화는 현장타설 포스트텐슨 콘크리트 부재만큼 크게 문제되지 않는다. 포스트텐슨 구조물의 모든 체적변화는 구조물 자체에 흡수되어야 한다. 반면 PC 콘크리트는 탄성 수축, 크리프 및 건조수축이 현장에서 조립작업 이전에 발생하므로 조립된 구조물에 큰 영향을 주지 않는다(Fig. 7). PC 콘크리트 구조물에서 고려해야 할 유일한 체적변화는 조립작업후 긴장력 손실 등에 기인한 체적증가에 따른 영향이다. PC 프리텐슨 콘크리트 보의 탄성수축은 초기 긴장시 공장에서 이미 발생하므로 이에 따른 수축이 후에 발생되지 않는다.

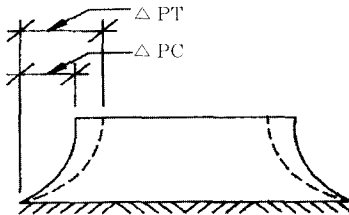


Fig. 7 프리캐스트와 포스트텐슨 콘크리트 구조물에 발생하는 체적변화

건조수축 및 크리프는 부재 길이방향 수축을 초래하는 잔류응력을 유발한다. 콘크리트 기둥은 이 잔류응력에 의하여 시간에 따른 크리프 변위를 발생시킨다. 예상 체적변화를 위하여 계산된 체적감소,  $M$ 을  $K_1$ 으로 나누어 그 결과치를 설계에 사용한다. PCI Design Handbook, Third Edition 2.2에 명시된 바와 같이 감소계수  $K_1$ 은 프리캐스트 프리텐슨 콘크리트 구조물에서 4 현장타설 포스트텐슨 구조물의 경우는 2 정도이다(Fig. 8). 포스트텐슨 구조물에서 체적 감소계수가 적은 것은 콘크리트 내 포스트텐슨 압축력이 체적변화에 따른 힘을 구조물 자체로만 경감할 수 있으므로 PC보다 체적변화가 크다. 그러나 프리텐슨 PC콘크리트 구조물은 PC 사이의 조인트 부분이 떨어져 있음으로 작은 익스펜션 조인트와 같은 역할을 하므로 체적변화에 따른 힘을 경감하여 준다.

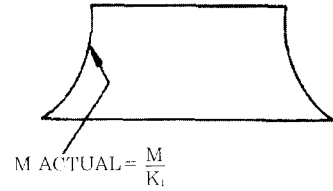


Fig. 8 건조수축과 크리프에 의한 체적변화

크리프 및 건조수축의 정도는 시간경과에 따라 감소한다. 크리프 및 건조수축의 약 절반 정도가 처음 28동안에 발생한다. 따라서 프리텐슨 PC콘크리트 부재는 초기 건조수축 및 크리프가 발생 후, 이음부 시공이 될 수 있도록 제작 후 최소한 28일 이후에 이음을 하는 것이 좋다. 공정이 바쁜 경우에 28일까지 기다리는 것이 불가능할 수 있으므로, 프리스트레스트 부재가 28일 이전에 조립되어야 하는 경우 용접이나 볼트로 단단히 고정해서는 안된다.

### 3.1.2 온도 체적변화

계절 및 일일 기상변화에 따른 체적변화는 지리적 위치에 따른다. 해안지역의 경우 온도차이가 적으며, 내륙지방의 경우 온도의 변화 폭이 매우 크다. 주차장 구조물의 최상층 표면은 계절변화에 따른 온도차이가 71°C 정도까지 이른다. 온도차이에 따른 체적변화는 기둥에 주기적, 일시적인 하중을 작용시킨다. 온도차이에 따른 감소계수,  $K_2$ 는 프리텐슨 PC 콘크리트 구조물의 경우에 1.5이며 포스트텐슨이나 현장타설 일반 철근콘크리트는 1.0 이다.

외부환경에 노출된 구조물은 외부환경으로부터 보호된 구조물과 다르게 거동한다. 예를 들면 주차장의 최상층은 태양열에 직접적으로 노출되기 때문에 하부 층에 비하여 더 큰 온도차이에 따른 변위를 일으킨다.(Fig. 9) 연결부의 설계는 온도의 효과를 고려해 주어야 하며 주기적인 온도에 의한 변위에 적절히 대응할 수 있도록, 지나친 강장을 피하는 것이 좋다.

하부 층이 그늘에 의하여 서늘한 상태로 남아있는 반면, 태양열에 직접 노출되는 최상층 슬래브는 "Sun Cambering"을 발생시킨다. 이 캠버는 지지부에서 회전 및 축소를 일으키며 따라서 최상층 부재는 수평변위가 가능하도록 하여야 하며, 용접 등으로 고정 접합되어서는 안된다.

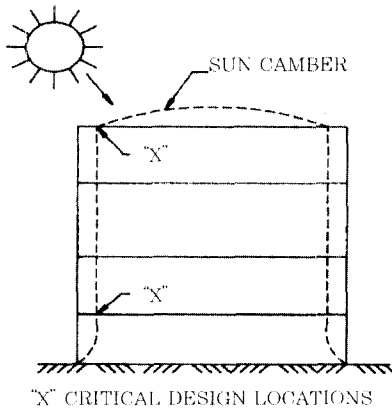


Fig. 9 태양열 노출에 의한 최상층 Sun Cambering

### 3.1.3 프레임 체적변화효과

체적변화의 효과는 주차장 구조물의 전체 길이를 변화시킨다. 체적변화와 관련된 힘은 (1)적당한 위치에 신축이음을 삽입하거나 (2)벽과 프레임을 분리시키거나 (3)특정 부재나 연결부의 강성을 감소시켜 유연성을 줌으로써 효과적으로 조절될 수 있다.

계단과 엘리베이터 타워는 구조 프레임과 분리하여 배치할 수 있다. 길고 가는 계단/엘리베이터 타워는 데크 다이아프램에 부착될 수 있다. 태양열이 최상층의 열팽창을 유발할 수 있으므로 최상층의 경우 분리시킬 수 있다(Fig. 10)

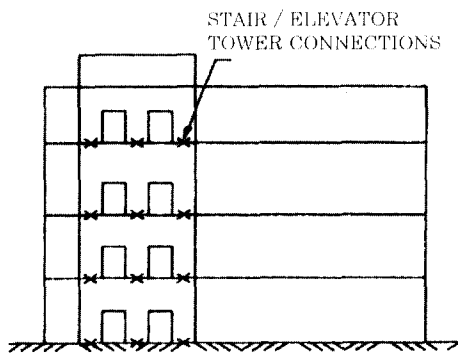


Fig. 10 열팽창을 대비한 최상층의 분리

기초와 1층 바닥 슬래브사이의 기둥 체적변화가 일반적으로 가장 심각하다. 지중타설 슬래브와 토압을 받는 옹벽은 불필요한 구속을 완화하기 위하여 서로 분리시켜 놓아야 한다. 기초와 1층 슬래브사이의 체적변화 차이로 수평부재와 1층 기둥사이의 접합부

에 인장력이 유발될 수 있으므로, 이 부분의 설계시 그림 9와 같은 고려가 요구된다. 포스트텐션 구조에서 흔히 사용되는 타설스트립(Pour Strip)은 건조 수축과 크리프에 대한 문제점으로 PC콘크리트 주차장에서는 사용되지 않는다.

## 3.2 구조계획

체적변화에 대한 구속을 절감시키는 방법을 고려해보면, 구속을 완화시키는 방향으로 외부기둥의 크기를 줄이거나, 기초에 회전 절점을 주는 방법이 있다. 구조물의 유연성을 위한, 간단한 방법들은 수평하중에 저항하는 충분한 강도를 제공하며 수평하중에 의한 최대 수평변위조건도 만족시킬 수 있다.

수평하중에 대한 또 다른 방법은 아래와 같이 프레임 액션 또는 전단벽 시스템을 예로 들 수 있다 (Fig. 11).

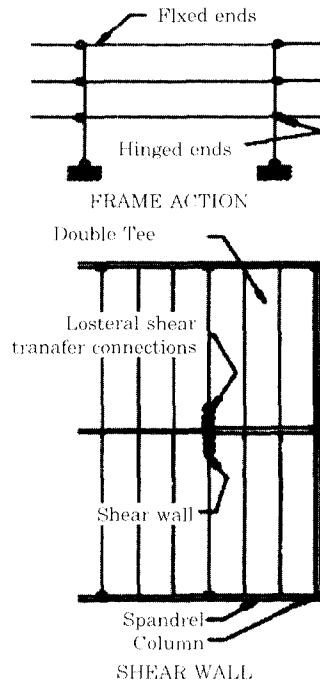


Fig. 11 구속을 완화하는 프레임 액션과 전단벽 시스템

### 3.2.1 프레임 액션

보스팬 방향으로 수평하중에 저항하는 프레임 구성방법으로 플로어는 프레임의 보 요소로 간주될 수 있다.

플로어 부재단부에서 프레임 모멘트는 기둥에 전

달되어야 한다. 하중이 전달되는 경로는 플로어 부재로부터 지지보 그리고 그 보를 따라 기둥으로 전달된다. 보와 기둥 연결부는 수평하중 및 전용면적의 전단력과 모멘트에 저항할 수 있어야 한다.

지지보와 기둥의 접합은 수평전단 및 비틀림에 저항하도록 설계되어야 한다. 플로어부재를 프레임의 한 요소로 간주할 때 다음 사항들을 고려해야 한다.

1. Fig. 12에서, 플로어 바닥과 지지부재 사이의 인장접합은 더블티 상부 바닥에서 하는 것이 좋으며, 더블티 하부에 간극을 뒀으로써 지점 베어링 부분에 체적 변화로 인한 구속으로부터 인장력이 전달되지 않도록 하는 것이 좋다. 만약 더블티 지점 근처에 드라이 팩킹, 채움 모르타르(Dry Packing)로 압축력을 전달할 수 있다면, 이는 상기 측면하중에 의한 모멘트에 대하여 한 방향으로만 저항할 수 있다.

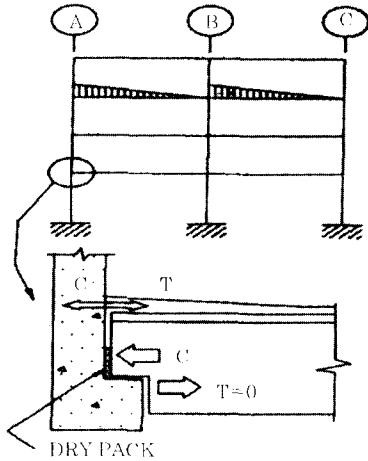


Fig. 12 플로어 바닥과 지지부재 사이의 접합

2. 지지부재가 바닥플로어 상하 부에서 강철로 연결되었다면, 이 연결부는 바닥플로어부재의 중량으로부터 발생하는 부 모멘트에 저항하도록 설계되어야 한다. 부 모멘트의 크기는 지지부재의 회전역량과 연결부가 만들어진 후 작용하중 크기에 따른다. 대부분 연결부는 유연성이 고려되어 설계되었으므로, 작용된 힘은 완전 고정된 경우에 비하여 적으며 TYPE 2 AISC 철골프레임과 유사하다. 연속 회전경사로 구조물의 수평저항은 주로 트러스 액션에 의한다. 즉, Fig. 13과 같이, 플로어는 경사부재(Web Member)로 기둥은 수평부재(Chord Member)와 같이 거동한다.

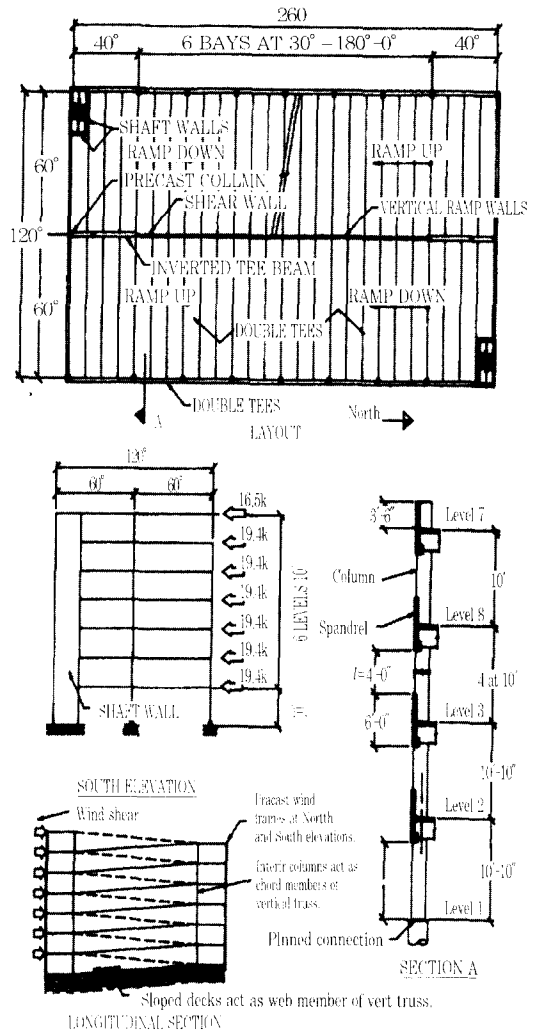


Fig. 13 회전경사로의 트러스 액션에 의한 수평저항

### 3.2.2 전단벽

일반적인 절차는 플로어를 다이아프렘으로 가장 수평하중을 전단벽이나 프레임으로 전달하는 것이다. 전단벽은 계단이나 엘리베이터 타워를 지지할 수 있으며, 적절히 배치된 이 벽은 기둥과 같이 프레임의 한 요소인 지지부재로 이용될 수 있다.

### 3.2.3 플로어 다이아프렘

다이아프렘 연결은 전단력을 전달하기 위해 설계되어야 하며, 다이아프렘의 인장축은 휨 응력에 대한 보강이 검토되어야 한다. 이 인장응력은 토핑 콘크리트(타설 스트립)에 철근을 보강하거나, 테크부재의 플랜

지 부분에 부재길이에 직각방향으로 각 플랜지 사이를 이음연결을 사용하여, 가로질러 배근하므로써 저항능력을 발휘할 수 있다. 다이아프램 연결부는 PCI Design Handbook, Third Edition, Sec. 3. 10.에 따라 설계될 수 있다. 토평 콘크리트에 보강철근이 놓여질 경우, 피복두께를 보장하기 위하여 보강철근의 크기는 토평 콘크리트의 두께에 적합해야 한다.

### 3.3 신축이음

#### 3.3.1 구조적 고려

신축이음은 주차장 구조물의 체적변화에 따른 응력 발생을 감소시키기 위하여 사용된다(예를 들면 건조 수축이나 주기적인 온도수축, 탄성수축, 크리프 등). 구조물의 주변형이 발생하는 부위 또는 슬래브 단위 길이를 줄이기 위하여 주요 구조물을 다른 인접 구조물과 분리하기 위한 곳에 신축이음을 설치한다. 이 조인트들은 구조물의 전체를 가로질러 설치되며, 일정 규모이하의 큰 변형에 대하여도 저항할 수 있다. 슬래브 내진 설계를 위한 신축이음은 내진 조인트(Seismic Joint)라 하며, 일반 조인트보다 그 크기가 크다. PCI Design Handbook, Third Edition 은 신축이음의 폭에 대해서 가이드라인을 제시하고 있다.

#### (1) 신축이음의 종류

가장 믿을만하게 거동하는 신축이음은 더블칼럼 신축이음이다(Fig. 14). 더블칼럼 이음은 다른 종류의 이음보다 비싼 편이나, 빌딩이 두 조각으로 나뉘어 상호 인접한 구조물이 서로 지지하며 버틸 수 없도록 되어있다.

Fig. 15의 캔틸레버 신축이음은 건축적으로 연속

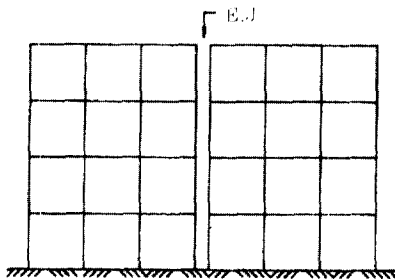
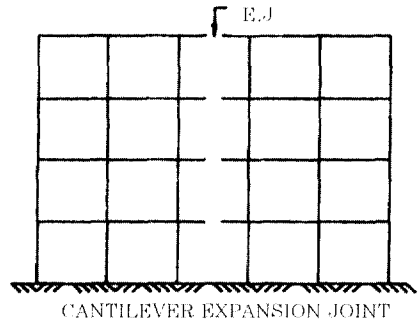


Fig. 14 더블칼럼 신축이음

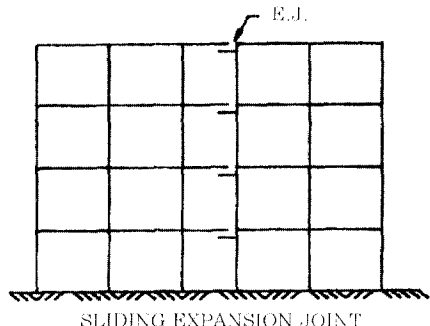


CANTILEVER EXPANSION JOINT

Fig. 15 캔틸레버 신축이음

성을 제공한다. 그러나, 부 모멘트에 대한 보강철근 배근은 특별한 주의를 요한다.

슬라이딩 신축이음(Fig. 16)은 건축적인 연속성과 캔틸레버 조인트에서 일어날 수 있는 불균등 처짐을 방지할 수 있다. 조인트의 활동성을 보장해 주기 위하여 슬라이딩에 대한 메커니즘이 필요하다.



SLIDING EXPANSION JOINT

Fig. 16 슬라이딩 신축이음

접힌 이음(Lap-type Joint)은 프리캐스트 콘크리트 구조물의 활동성을 보장해 줄 수 있는 가장 경제적인 방법이나, 슬라이드 베어링이 적절히 작동할 수 있도록 신중한 주의가 필요하다. 슬라이드 베어링은 조인트 부분에 이 물질이 삽입되지 않도록 주의를

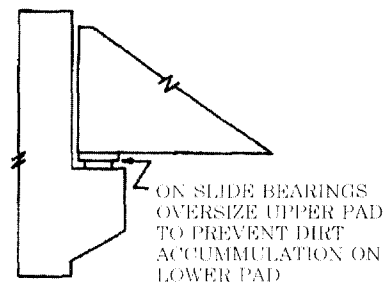


Fig. 17 이 물질 삽입방지를 위한 슬라이드 베어링



요한다(Fig. 17 참조).

일정기간이 지나면 슬라이드 베어링의 교체방법을 고려해야 한다. 미소한 수평변위가 예상될 경우 비틀림 변위를 흡수할 수 있도록 합성고무질(Elastomeric) 베어링의 설치를 고려할 수 있다(Fig. 18 참조)

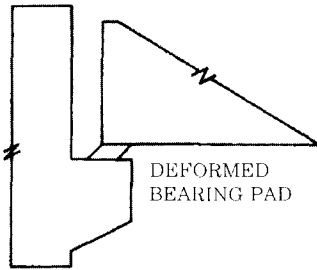


Fig. 18 미소변위에 적합한 합성고무 베어링

그러나, 최대 변위가 1/2인치 이상인 경우 슬라이드 베어링연결을 하는 것이 좋다. 이러한 슬라이드 연결은 작은 마찰력을 가진 물질로 이루어졌으며, 네오프렌에 테플론을 접착하거나 구조부재에 스테인레스 강을 부착한 것으로 이루어져, 의도했던 방향으로 변위가 발생할 수 있도록 되어 있다(Fig. 19).

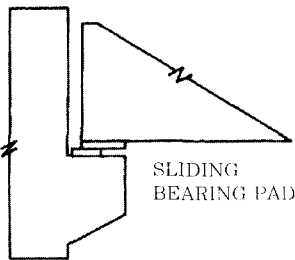


Fig. 19 최대변위 1/2인치 이상인 슬라이드 베어링

슬라이드 베어링의 적절한 기능은 적당한 디자인, 정확한 시공, 지속적인 유지관리에 따른다. 이러한 베어링을 설계하는데, 설계자는 팽창수축 사이클에 대한 베어링 면적이 가장 작은 경우, 예상 최대 응력에 대하여 고려해야만 한다.

(2) 신축 이음의 위치

길이 92 m를 넘는 프리캐스트 콘크리트 주차장 구조물에 일반적으로 신축이음을 적용할 수 있다(구속

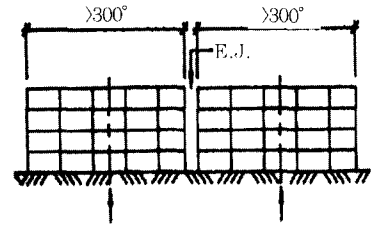


Fig. 20 신축이음이 필요한 최소 길이(양단 자유 92m)

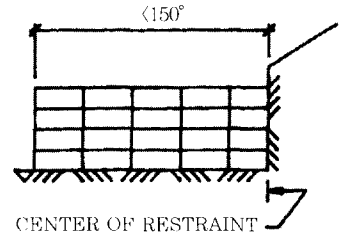


Fig. 21 신축이음이 필요한 최소 길이(1단 구속 46m)

중심으로부터 46m)(Fig. 20, 21).

신축이음은 설계자가 주요 구조부로부터 분리시킴을 원하는 위치를 구조부재 일정부분에서 선택하여 적용될 수 있다. 신축이음의 위치를 위한 정해진 규칙은 없다. 구조물의 휨 능력, 조인트의 예측 최대 변위량과 종류, 구조물의 형태 등은 조인트의 간격에 영향을 미친다. 배수시스템의 신축이음은 물이 조인트로부터 흘러내리게끔 높은 위치에 있어야 된다(Fig. 22).

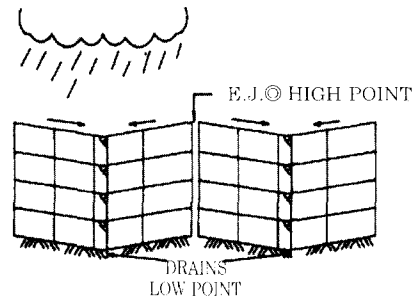


Fig. 22 배수를 위한 신축이음의 위치

교통에 직접 노출되는 부분은 교환하기 쉽도록 해주어야 한다. 또한, 신축이음은 전체 구조물을 통해 연속적으로 설치되어 완전한 분리가 되어야 한다. 필요에 따라, 이 신축이음은 기둥이나 다른 요소들을 피해가도록 평면계획시 고려되어야 한다. 만약 조인트가 상기이유로 파생하여 설치되었을 경우에도, 이 조인트는 수평방향의 전단에 의한 변형을 받을 수 있

어야 한다(Fig. 23). 누수가 문제되지 않으면, 약 1/2인치 정도로 폭을 정하면 조인트를 채우는 물질이 필요치 않을 수 있다.

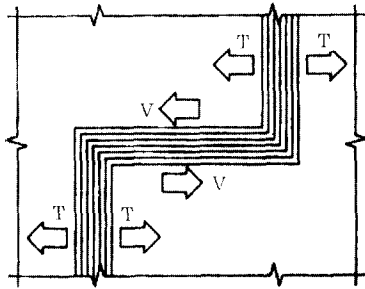


Fig. 23 파생 설치된 조인트 연결부

### (3) 추가적인 고려사항

요즈음, 매우 다양한 신축이음이 사용되고 있다. 신축이음 재료의 종류나 방법들이 매우 다양하나, 다음과 같은 조건을 만족시킬 경우 올바른 기능을 할 수 있다:

1. 조인트의 폭이 실제 거동과 적절히 맞을 경우,
2. 시공이 정확한 감독 하에 이루어 졌을 경우,
3. 조인트 부분이 이물질의 침투를 막을 수 있도록 된 경우,
4. 조인트가 계속적으로 유지 관리될 경우,
5. 쉬어코넥터가 이음부를 가로질러 수직력을 전달할 수 있도록 설치되었을 경우(Fig.24).

이음에서 상대 수직변위를 최소화하기 위하여, 조인트 부분을 따라 Fig. 24와 같이 쉬어코넥터를 설치하여 수직 처짐에 대응하도록 하여, 팽창수축을 용이하도록 해주는 것이 좋다.

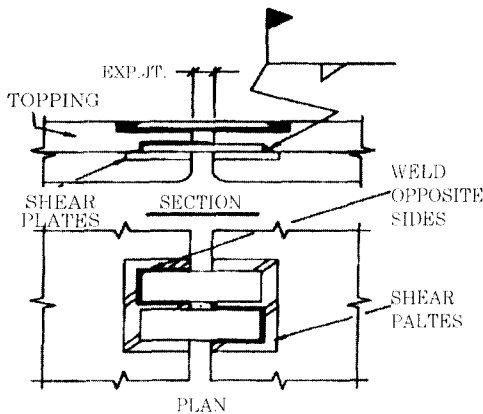


Fig. 24 플랜지 이음부의 쉬어 코넥터

신축이음 사용에서 인접 구조부재간의 상대변위에 주의하여야 한다. 신축이음부로 더블칼럼조인트를 사용하는 것은 전통적인 방법이며, 때로 좋은 해결방법이 될 수 있다. 변위가 작을 경우, 무근의 합성고무질의 베어링 패드가 비틀림 변위에 대응하기 좋으며, 또한 큰 하중에는 보강패드가 사용될 수 있다. 그러나, 예상 최대 변위가 1/2 인치 이상일 경우 슬라이딩 베어링을 사용하는 것이 좋다.

장스팬 부재 사이의 신축 슬라이딩 연결은 소성 또는 반소성 물질에 테플론이 접착되어 의도된 변형이 자유롭게 일어날 수 있도록 만들어진 마찰이 작은 재료로 이루어져 있다. 슬라이딩 베어링의 적절한 기능은 베어링 압력의 등분포성, 조립품의 품질, 시공 능력, 그리고 일부는 기후적 요소에 대한 적응력에 달려 있다. 슬라이딩 베어링의 성능은 베어링의 상부를 하부보다 더 상세하게 함으로써 향상될 수 있다. 이 방법은 연결부 성능을 저하시키는 이물질의 침투를 최소화한다. 조인트 설계는 수평변위를 허용하면서 조인트 부분에서 전단응력의 전달을 필요로 할 수 있다.

예상 최대 교통량에 대하여 지지부재의 저항강도를 검증하여, 베어링 신축이음의 최소 크기를 결정하여야 한다. 신축이음의 위치가 결정되면, 신축이음 주변 부재들이 평면상의 위치에 올바르게 놓여지도록 조립 공작도상에 명시되어야 한다. 또한, 일반 시공 허용오차보다 엄밀하게, 이음 주변 변형 가능한 부재를 조립할 것을 명시하는 것도 필요하다.

### 3.3.2 신축이음 상세

신축이음은 체적변화에 의해 발생하는 힘을 완화해 주는 가장 좋은 방법이다. 그러나, 이 부위에서 누수가 발생하여서는 안되며, 구조물을 사용하는 동안 좋은 유지관리가 필요하다.

구조물의 성능저하 및 누수는 신축이음이 봉합(sealing)되지 않았을 경우에 발생할 수 있다. 성공적인 봉합을 위하여, 다음 요소들에 대응할 수 있어야 한다. 즉, 교통에 의한 마찰력, 외기 온도차, 예상 변위(열 변위, 건조수축, 탄성 수축, 크리프) 등에 대한 요소들이다. 이 조인트들은 구조물의 체적 변화에 대하여 효과적으로 대응할 수 있을 때, 적절한 봉합 방법을 선택함으로써 누수대처에도 도움을 줄 수 있다. 조인트는 가능한 한 높은 곳에 위치하여야 하며

물이 고이는 위치에 절대로 놓여서는 안된다. 봉합 부분은 사용 상태에서 반드시 보일 수 있는 부분에 위치하여, 그 성능을 관찰할 수 있어야 하고 유지관리나 교체가 용이할 수 있어야 한다.

주차장 구조물의 신축이음에서 가장 일반적으로 사용되는 봉합은 공장 생산된 우레탄(Urethane) 실린트를 합성재료(Polymeric Nosing Material)로 플랜지 단부에서 Fig. 25와 같이 고정시키는 방법이다. 신축이음 조인트를 시공에, 상기 방법은 효과적이고 경제적으로 활용될 수 있다. 실린트는 평활한 통행 면을 제공하며, 바닥재의 걸리적 거림을 방지하며, 먼지가 끼여드는 것을 방지하여 준다. 또한, 실린트는 바닥재의 윤곽을 따라 적절히 잘 스며들며 중간에 잘 끊어지지 않는다. 공장 생산된 봉합재와 현장에서 타설된 봉합재의 여러 면에서 차이가 있다. 현장에서 타설된 봉합재는 일정치 못한 양생과 불 균일한 두께 등이 발생하기 쉽다. 공장 생산된 모울딩은 이러한 문제를 없애주며 성능을 극적으로 향상시켜준다.

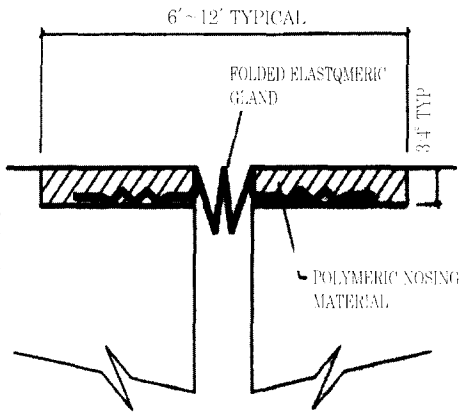


Fig. 25 신축 합성고무질 실링재

상기의 신축이음의 봉합의 문제점들은 다음과 같다. 제설차량이나 고속 또는 중량의 교통에 노출된 경우, 특히 트럭이나 버스 등의 교통차량에 노출된 경우 손상되기 쉽다. 또 다른 성능문제는 회전경사로의 가장 위 부분이나, 자동차들이 정지했다가 출발하여 바퀴에 힘이 가해짐으로써 봉합재에 무리가 가게 되는 출입구의 매표소 부분, 바퀴의 힘이 가해지는 회전반경 부분 등이다. 이 경우 성능문제를 최소화하기 위하여 다른 시스템이 적용되어야 한다.

위에서 언급한 문제들이 발생하기 쉬운 경우, 신축

합성고무질 실링재(folded elastomeric gland)와 플랜지 단부의 합성재(polymeric nosing)등을 사용할 때 필요한 추가비용은 충분히 상쇄될 수 있다. 이 시스템은 일반 압축 봉합재를 사용하면서 발생하는 봉합재의 탈락 등과 같은 문제점을 해결하기 위한 대안으로 개발되었다(Fig. 25). 합성고무질 실링재(Elastomeric gland)의 신축성은 조인트 면에 응력발생 없이 변위가 가능하도록 하여주며 봉합재의 수명을 연장시켜준다. 신축재는 또한 차량통행에 대한 접촉면이 최소화 할 수 있도록 하므로 통행차량이나 제설차량에 의한 마모손실을 최소화 할 수 있다. 봉합재의 복잡한 모양은 봉합의 효율이나 차량회전, 마감 등을 어렵게 한다. 이 두 가지 타입의 신축이음은 주차장 구조물에 있어 각각 혹은 혼합으로 사용되었을 경우 매우 효과적인 해결책을 제시할 수 있다.

### 3.4 차량 충격

차량 통행면 위로 돌출된 부재들은 연석(緣石)이나 휠 스톱(wheel stop)등으로 이 부재들을 보호하지 않는다면, 자동차의 수평충격하중에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 지역 구조설계 기준에는 다양한 수평충격하중에 대한 값이 설정되어 있다. National Parking Association은 0.1m<sup>2</sup>안에 4.54ton의 집중하중이 바닥 면으로부터 차량바퀴 높이를 고려한 46cm위에 작용은 하중을 극한하중으로 간주하고 있다. 이 하중은 균등하게 분산된 것으로 가정할 수 있는데, 수평하중은 다양한 종류의 연결부에 의해 데크로 바로 전달될 수 있으며, 편심에 의한 모멘트는 테두리보의 비틀림 거동을 통해 기둥으로 전달되어진다. 기둥 사이의 테두리보는 위에 언급한 하중을 받기 쉽다(Fig. 26).

자동차 충격을 흡수할 수 있는 테두리보의 한 종류

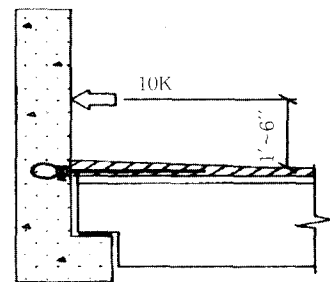


Fig. 26 극한하중 높이

인 범퍼월(Bumper wall)은 플로어의 측면에 3m이하의 간격으로 강철 되어질 수 있으며, 연결이음 및 플로어는 차량충격에 저항하도록 설계되어야 한다 (Fig. 27). 이러한 용접 접합은 AWS D1.4의 권장 사항에 위배되나 많은 성공을 거두어 왔다.

케이블은 주로 가드레일로 사용되며, 하중이 작용하는 케이블의 길이 변형 한계 치를 고려하여 설계해야 한다. 60m길이의 케이블은 자동차 충격하중으로 인한 길이 증가로 차량이 구조물 밖으로 튕겨 나가게 할 수 있다. 따라서 27m정도 중간에 앵커를 설치하여 길이변형 제한을 하는 것이 좋다.

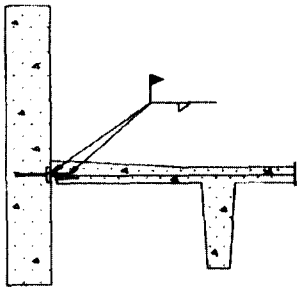


Fig. 27 자동차 충격을 대비한 테두리보의 용접접합

### 3.5 토압

주차장 구조물이 부분적으로 혹은 전체가 지하에 묻혀 있다면, 플로어 시스템은 옹벽을 지지하는 다이아프램으로 이용되어 질 수 있다. 다이아프램에 작용되는 힘을 올바르게 예측하기 위해 흙과 벽, 다이아프램의 상호작용을 알아야 한다. 보수할 수 없는 옹벽의 누수 등과 같이 시간경과에 따른 구조물의 변형들은 이 힘들의 상호 관계에 변화를 줄 수 있다.

또한, 옹벽의 강성이 매우 큰 경우, 플로어 다이아프램의 온도 팽창은 벽과 플로어 다이아프램에 큰 하중을 유발한다. 플로어 다이아프램이 지하에 위치한 경우, 외기에 면한 플로어 다이아프램에 비해 온도 변화의 차이는 작다.

벽으로부터 다이아프램에 전달되는 하중 작용점은 매우 중요하다. 예로, 작용점이 Fig. 28과 같이, 플로어의 중립축 위에 작용하면, 추가적인 인장응력이 플로어 프리텐션 PC 부재하부 인장축으로 전달되게 된다.

토압에 의한 모멘트가 플로어 다이아프램에 의한 모멘트와 평형상태가 아닐 경우, 혹은 익스텐션 조인트가 다이아프램의 거동에 잘 응하지 못할 경우, 벽과

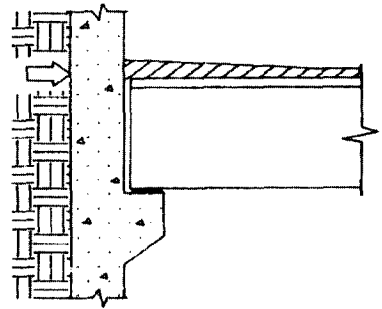


Fig. 28 플로어 중립축 위에 작용하는 토압

주변 기둥에 휨 모멘트가 발생할 수 있다. 토압이 벽으로부터 플로어 부재의 베어링 포인트를 통하여 바로 플로어에 힘이 전달되는 방법은 좋지 않다. 그러나 상기의 경우가 필요할 경우, 플로어 부재는 체적축소에 대응할 수 있도록 설계되어야 한다. 이 경우에 Fig. 12와 같이 더블티 단부의 다리(Leg) 뒤의 인접한 벽에 드라이 패킹 채움 모르타르나 췌기(shimming)를 두어야 한다.

공사진행의 편의를 위하여, 옹벽은 플로어 시스템으로부터 지지 없이 독립적으로 토압을 지지할 수 있는 것이 바람직하다. 수평하중은 벽을 내민보로 하거나 인접 현장타설 옹벽으로 힘을 전달하여 저항할 수 있다. 상기 방법들이 여의치 않을 경우, 토압에 저항할 수 있는 다른 내안이 고려되어야 한다. 주차장 구조물은 벽과 프리캐스트 플로어를 토압을 전달하는 시스템으로 이용하여 시공되어 왔고, 상기에 언급한 요소들을 고려할 때, 이 방법들이 타당한 것으로 생각된다.

## 4 배수

### 4.1 슬로프

프리캐스트 더블티 바닥 플로어 챔버는 주차장 구조물 배수와 관련하여 깊은 주의를 요하며, 특히 설계자가 배수구의 수의 최소화 원할 경우 더욱 세밀한 검토가 있어야 한다. 프리스트레스트 부재의 챔버에 의하여 배수구배를 정하는 것은 만족할 만한 결과를 얻기 어렵다. 주차장 데크는 배수를 위해서 경사져야 하며, 최소 90cm당 1cm정도 경사가 필요하다(Fig. 29).

상기 규준은 원활한 배수와 마감오차, 챔버, 표면의 불규칙에 의한 문제점들을 해결하기 위하여 필요하다.

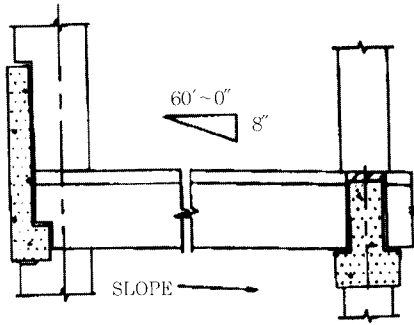


Fig. 29 주차장 데크 배수구배

일정 바닥공간의 배수는 플로어 부재의 한쪽 끝을 높게 하여줌으로써 이룰 수 있다. 낮은 쪽에서, 측면 배수관으로 배수는 다음과 같이 계획할 수 있다.

1. 큰 보나 테두리보 등 수평부재 높이를 다르게 하여 더블티를 경사지게 한다.
2. 토핑 콘크리트를 경사지게 타설한다.
3. 부재가 휨 능력이 있는 경우 프리캐스트 플로어 부재를 휘거나 비튼다.
4. 더블티 플로어의 지지부재를 경사지게 한다.

더블티를 비트는 것은 플로어 부재에 균열이 발생하기 쉬우며 기술 경험이 있는 프리캐스트 생산자와 협의 하에 실시하여야 한다. 프리톱드 더블티가 사용되었을 경우 부재의 가장자리 부에서 챔버의 불규칙성을 줄여 물이 고이는 것을 방지하여야 한다. 필요한 경우 기계를 이용하여 현장에서 소규모 배수 홈을 파는 방법을 선택할 수 있다.

연속적인 회전경사로 주차장 구조물의 경우, 배수 및 배수라인은 건축적인 외적 수직 배수라인의 영향과 배수시스템의 가격을 최소화하기 위하여 내부 기둥을 따라 설치한다.

## 4.2 배수

바닥 플로어에 인접한 배수구배를 정확하게 하는 것이 중요하다. 바닥배수는 콘크리트 마감자가 빗물의 고임 없이 슬로프를 확실하게 할 수 있도록 배수구 주변이 바닥 슬래브보다 1.5cm에서 3cm정도 낮게 하여야 한다. 배수구는 일반적으로 기둥 주위나 경사로 끝 부분에 위치한다. 배수구 및 배수관이 기둥과 바닥부재의 연결부위를 방해하지 않도록 하여야 한다. 또한 수평관통이 필요한 경우, 주요 구조부의 응력이 집중되는 곳은 피하여 관통하여야 한다.(Fig.

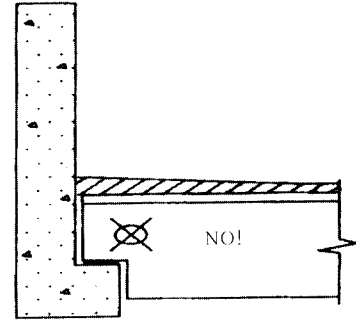


Fig. 30 주요 구조부의 수평관통

30 참조).

바닥 배수구는 하나의 프리캐스트 부재 안에 존재하여야 한다. 두개의 부재 사이에 걸쳐 구멍을 만드는 것은 시공오차 등을 고려할 때 좋은 방법이 아니다. 큰 규모의 배수구가 만들어질 경우 국부적인 보강을 하여야 한다.

일반적으로 원형이나 사각형 구멍을 프리캐스트 부재 플렌지에 뚫는다. 배수구를 뚫는 것은 지붕층의 경사면에 사용될 수 있다. 그러나, 전체 길이를 구멍을 뚫어 배수하는 것은 좋지 못하다.

## 5. 프리캐스트 제품

다음의 프리캐스트 콘크리트 제품은 주차장 구조물 바닥 플로어 재료 사용되어 왔다(Fig. 31).

1. 티형 부재
  - a. 더블티, 톱드와 프리톱드
  - b. 쿼드티, 톱드
  - c. 싱글티, 톱드
2. 슬래브
  - a. 할로우 코어, 톱드
  - b. 플랫슬래브, 톱드와 프리톱드
3. 현장타설 조이스트 슬래브

상기부재들은, PCI Design Handbook, Third Edition, 및 설명서에 따라 설계 및 시공될 경우 만족할 만한 결과를 보였다.

### 5.1 티형 바닥부재

주차장 구조물에 사용된 티형 바닥부재의 경우, 다음 사항을 고려해야 한다.

1. 일반적으로 더블티 다리부분의 베어링 부분은 적절히 앵커된 베어링 플레이트로 보강되어야 한다.

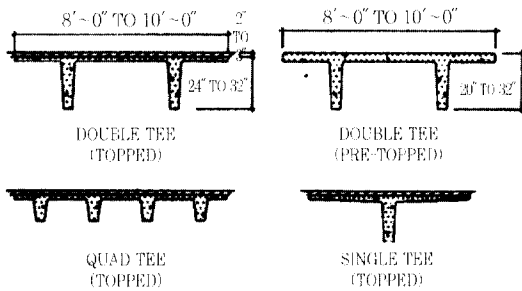


Fig. 31 티형 프리캐스트 콘크리트 제품

2. 프리캐스트 플렌지와 토핑 콘크리트의 강도는 자동차 바퀴에 의한 하중에 따른 휨 및 전단응력에 대하여 검토되어야 한다. 현장타설 토핑 콘크리트의 보강은 이러한 하중을 지지 및 분산하기 위하여 이용되어야 한다. 제설제에 노출된 경우 프리토프드 더블티 플렌지와 토핑 콘크리트 슬래브는 사용하중에 의한 균열발생이 없어야 한다. 취급 중에 발생하는 프리토프드 더블티의 균열은 적절히 보수 및 봉합되어야 한다.

3. 더블티 다리와 플렌지 사이에서 길이 방향의 균열이 때로 발생할 수 있다. 토핑 콘크리트 프리캐스트 주차장 구조물의 사용 경험에 의하면, 이러한 균열은 시간에 따른 성능저하를 가져오지 않으며 균열 위치에서 강도에 영향을 미치지 않는다. 그러나 적절한 보수가 없을 경우 제설제 사용이 가능한 지역에서 더블티의 플렌지부분 균열은 허용될 수 없다.

4. 더블티의 베어링 패드는 사용하중에 의한 수평 변위에 의해 미끄러짐을 방지하기 위하여 최소한 28 kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 유지하도록 설계되어야 한다. 따라서 조립작업중 최후의 위치가 반드시 검토되어야 한다.

5. 플렌지 연결부에 자동차 바퀴에 의한 하중이 작용할 때 연결부 강도는 시험 검토되어야 한다. 플렌지 연결부는 보강 토핑 콘크리트가 사용될 경우 2.4m에서 3m정도 간격을 두어야 하며 프리토프드 더블티의 경우 1.2m에서 1.8m정도 간격을 두어야 한다. 일부 디자이너들은 자동차 바퀴에 의한 하중에 대하여 하중전달을 향상시키기 위하여 주차구간에서 보다 주행 구간에서 플렌지 연결부의 간격을 줄여주고 있다.

6. 만약 부재가 휨 능력이 큰 경우 인위적으로 더블티 부재를 비틀음으로서 배수를 용이하게 할 수 있다. 이 경우 플렌지와 웨브 사이에 균열이 발생할 수 있다. 이것은 기술경험을 갖춘 프리캐스트 생산자와 상의한 후 실행하여야 한다.

7. 더블티 부재의 인접한 플렌지 사이에서 토핑 콘크리트에 발생하는 균열은 막을 수가 없다. 이미 언급했듯이 이러한 수축 균열은 바닥슬래브 강도에 영향을 미치지 않는다. 그러나 이 균열을 봉합하지 않을 경우 제설제에 의한 성능저하를 초래할 수 있다. 일반적인 탄성 실린트로 채워진 조인트는 누수 또는 제설제에 효과적으로 대응할 수 있다(Fig. 32).

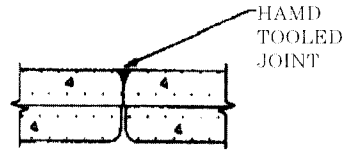


Fig. 32 탄성실린트 조인트

8. 더블티 슬래브 부재는 베어링 지점에서 용접하여서는 안된다. 지지부재와의 연결은 티형 부재의 플렌지부분에서 적용되어야 한다. Fig. 33 과 34와 같이 현장 모살 용접을 플렌지 상부에 적용한다.

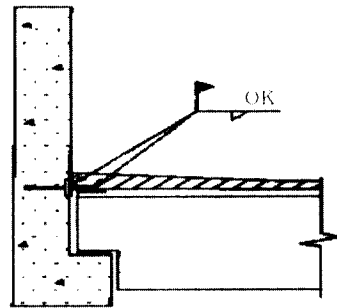


Fig. 33 플렌지상부 현장 모살 용접 적용

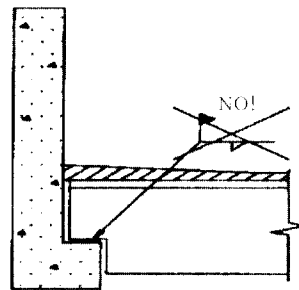


Fig. 34 티형 보와 지지부재의 강절

## 5.2 보강 토핑 콘크리트

보강 토핑콘크리트 두께는 5cm이상이어야 하며, 재설제가 사용되는 경우 7.5cm이상이어야 한다. 이 두께는 또한 화재등급이나 바닥 다이어프램 응력, 과도 집중하중에 의한 휨 정도에 따라 결정될 수도 있다(예를 들면 소방차).

슬래브의 연속성이나 연결성을 위하여 토핑 콘크리트를 보강할 경우 설계 토핑 콘크리트 두께는 철근의 피복두께를 고려하여야 하며, 재설제 사용지역에서 피복두께는 더욱 엄격히 고려되어야 한다.(현장타설 콘크리트의 경우 5cm, 프리캐스트 콘크리트의 경우 3.8cm이다.)

토핑 콘크리트는 최소 압축강도 280kg/cm<sup>2</sup>이상의 높은 품질의 콘크리트이어야 하며 불시멘트비가 0.40에서 0.45정도로 낮아야 한다. 또한 건조 수축균열을 적게 하기 위하여 습윤양생이 필요하다. 조인트 부분에서 토핑 콘크리트는 수작업으로 타설하는 것이 좋다.

토핑 콘크리트와 프리캐스트 부재 사이의 수평전단에 대한 사항은 ACI Building Code and Commentary sec.17.5를 참조할 수 있다.

## 5.3 보

다음 사항들을 프리캐스트 보구조를 위하여 고려할 수 있다.

1. 보의 지점 부분은 적절히 앵커된 베어링 플레이트로 보강되어야 한다.

2. 보강 토핑 콘크리트는 지지보와 함께 합성 T형 보로 설계할 수 있다. 플렌지의 유효 폭과 관련된 ACI 318-83, Sect. 8, 10의 내용은 조인트의 수평 보강에 참조할 수 있다.

3. 양단에서 하중을 받는 부재는 조립작업중 한쪽 부터 작용하는 하중에 의한 비틀림에 대하여 고려하여야 한다. 조립작업 시 임시적으로 사용되는 접합부는 보의 비틀림이나 회전을 조절하기 위하여 사용한다.(Fig. 35 참조)

4. 비틀림 보강 철근은 PCI Research Project No. 6을 참조할 수 있다.

5. 테두리보는 깊은 보의 형태일 경우가 많으며, 단부에 주근보강을 필요로 한다. ACI 318-83 Sec. 10.

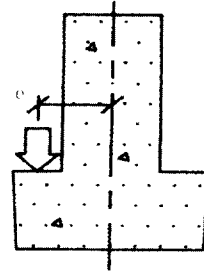


Fig. 35 조립시 비틀림을 받는 인버티드 티형 보

6. 7의 최소 철근 비를 적용할 수 있다. 이 보에서 휨이나 전단 균열이 일단 발생하면, 보강철근이 없을 경우 균열은 수직으로 발달하는 경향이 있다.

7. 보의 보강은 PCI Design Handbook, third edition, PCI Research Project No. 6의 권장사항을 참조할 수 있다(Fig. 36).

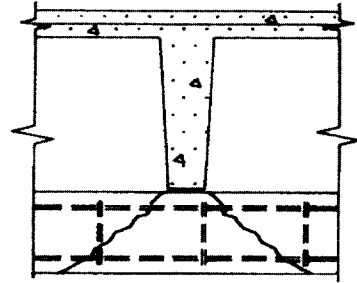
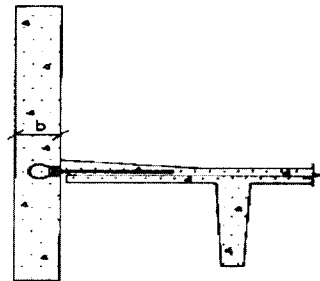


Fig. 36 보의 보강

8. Fig. 37과 같이 테두리보 같은 부재의 중간 정도의 깊이까지 다이어프램과의 연결하여 수평지지를 함으로써, ACI 318-83, Sec. 10, 4, 1의 수평지지 조건을 만족시킬 수 있다.



37 테두리보와 다이어프램을 연결한 수평지지 예

9. 보가 기둥의 중심선에 맞추어 놓여지는 것이 좋지만, 외곽기둥의 경우 건축적으로 불가능할 수 있

다. 테두리보 등을 생략함으로써 발생하는 편심하중은 Fig. 38과 같이 기둥의 휨을 유발한다. 이 기둥의 경우 조립작업 도중에 횡변위를 유발하는 경향이 있다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 조립을 위한 임시적인 버팀지지를 고려하는 등, 이에 대한 충분한 주의가 필요하다.

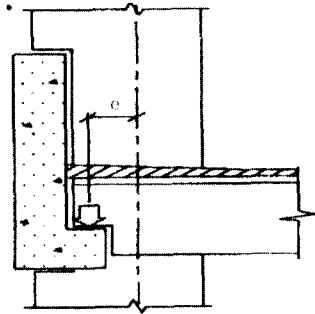


Fig. 38 기둥의 휨을 유발하는 편심하중

## 6. 프리토프드 더블티

프리토프드 더블티는 현장타설 토행 콘크리트의 대용으로 사용된다. 이 구조시스템의 장점은 최소 350 kg/cm<sup>2</sup> 이상 높은 콘크리트 강도의 부재를 공장에서 용이하게 만들 수 있다는 것이다. 때로, 420kg/cm<sup>2</sup>에서 560kg/cm<sup>2</sup> 콘크리트 강도를 사용하는 것도 가능하며, 이 경우 교통량에 대한 좀더 높은 마모저항을 할 수 있다. 플랜지면은 마찰력을 증가시켜주기 위하여 거칠게 한다. 이러한 시스템의 경우 인접 부재간 캠버 차이, 조인트 처리, 조립시의 안정성 및 배수와 관련된 사항은 특히 중요하다.

### 6.1 캠버 차이

인접 프리토프드 더블티의 캠버 차이는 평활한 통행 표면을 만들기 위하여 알맞게 조절되어야 한다. 최대 0.6cm까지의 차이는 허용된다. 설계시 프리스트레스트 힘을 최소화하거나 현장에서 강선 재긴장 또는 썬기 등의 적용을 통해 강선응력을 보정함으로써 더블티 캠버는 조절할 수 있다.

### 6.2 실링 조인트

더블티의 조인트를 덮어주는 토행 콘크리트가 있으므로 일반적으로 Fig. 39와 40 같은 디테일이 방

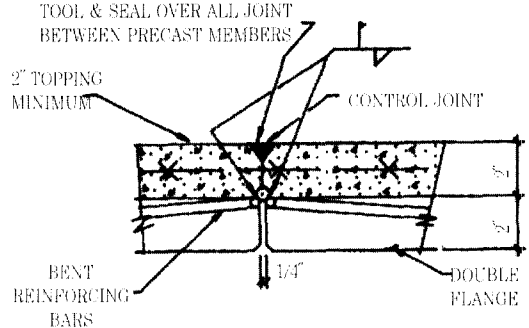


Fig. 39 토프드 시스템의 더블티의 플랜지 연결이음

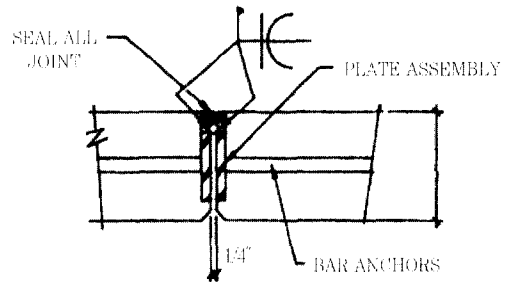


Fig. 40 프리토프드 더블티의 플랜지 연결이음

수를 위하여 필요하다.

### 6.3 배수

원활한 배수는 구조물의 높이를 조절하므로써 이루어질 수 있다. 배수구는 플랜지의 낮은 부분에 설치되어야 하나, 플랜지와 플랜지 사이의 연결부분에 설치되어서는 안된다. 타설 스트립의 낮은 면에 설치된 배수구나 현장타설에 의한 배수구배를 갖춘 배수구는 원활한 배수를 돕는다. 바닥의 배수구배는 물이 고이는 것을 막아준다.

### 6.4 연결부

가장 중요한 프리토프드 더블티 연결부는 플랜지와 플랜지 사이의 연결이다. 이 연결은 다이아프램 작용에 의한 전단력을 전달하고 차량바퀴 하중을 분배한다.

때로 미세 균열이 사용하중으로 인하여, 발생할 수 있다. 이러한 균열은 시간이 흐름에 따라 구조물의 성능저하를 초래하며 누수를 발생시킨다. 이 문제에 대한 조사결과 상기균열은 주로 더블티 지점 용접판의 용접과성중의 열팽창을 억제하므로 발생하는 것



으로 밝혀졌다. 용접 중에 발생하는 용접판의 열팽창을 허용하므로써, 이러한 문제를 최소화할 수 있다. 다른 방법은 용접부분을 그라인딩하여 금속 면을 노출시킴으로써 용접에 필요한 열을 줄이는 것이다. 현장시공에서 이음부 용접시 과열되지 않도록 하는 것이 중요하다. 이 균열은 스테인레스 강의 높은 열팽창계수로 발생할 수도 있다.

콘크리트를 타설하기 전, 용접금속이 정확한 위치에 와이어나 볼트로 고정되는 것 또한 중요하다. Fig. 39와 40에 일반적인 플랜지 용접상세가 제시되어 있다.

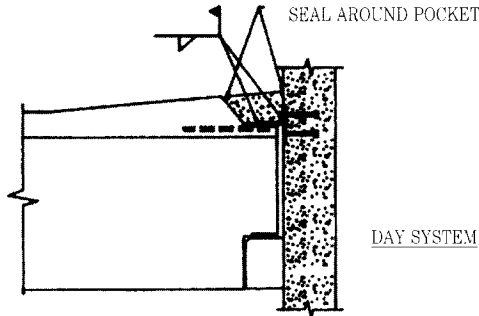


Fig. 41 프리토프 더블티와 벽체의 이음부

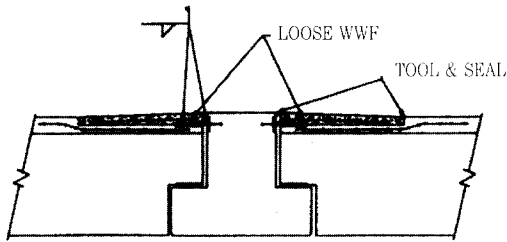


Fig. 42 프리토프 더블티와 인버티드 티형 보의 이음부

또 다른 더블티의 연결부는 톱드 시스템과 유사하며, Fig. 41과 42에 제시되어 있다. 이 연결부는 콘크리트나 그라우팅 실린트로 덮여지므로 추가의 실링은 필요하지 않다.

## 7. 중량 하중

주차 데크는 중량 차량하중에 대한 고려가 필요할 수도 있다. 예로, 쇼핑센터나 플라자의 주차장 데크는 짐 운반 차량이나 청소차량에 의한 중량하중을 받을 수 있다. 또한, 빌딩의 화재시 소방차하중을 대비

한 데크가 필요할 수도 있다.

콜로라도 프리스트레스트 협회는 중량차량을 지지할 수 있는 프리스트레스트 부재의 설계가이드를 출판하였다. 그들의 분석에 따르면, 다양한 구조규준에서 제시하는 1.22ton/m<sup>2</sup>정도의 등분포하중은 적당한 것으로 간주되었다.

지지부재의 휨 모멘트와 단부의 전단력을 결정하기 위하여, 영향선에 의한 차트 값을 이용하고 있다. 슬래브 설계에 있어서, 그들은 온타리오나 캐나다 고속도로 교량설계에 제안된 바와 같이 0.3% 철근 비의 대칭형 2단 철근보강을 추천하고 있다.

## 8. 설계시 조립에 대한 고려

프리캐스트 콘크리트 주차장 구조물의 설계시 조립과정에 대한 고려가 이루어져야 한다. 부분적으로 완성된 구조물의 안정성을 위한 임시적인 연결부가 최종 완성된 구조물에 미치는 영향도 세심히 고려되어야 한다. 설계도서에 임시 연결부위에 대한 디테일 설명과 이 연결부가 완성된 구조물에 어떤 영향을 미치는지에 대한 설명이 있어야 한다.

사선의 케이블, 버팀 지지된 기둥, 전단벽과 계단, 엘리베이터 샤프트에 연결하는 방법 등은 조립작업 중 구조물을 안정되게 하는 가장 일반적인 방법이다. 그러나 케이블은 연속되는 조립과정을 방해할 수도 있으며 위험요소로 작용할 수도 있다.

더블티나 보의 상부와 하부에서 임시 모멘트 연결부가 사용될 수도 있다. 그러나 완성된 건물에서 연속적인 모멘트 연결부는 체적변화에 대한 고려와 처짐 사이클에 의한 부재기둥에 대한 고려를 하여야 한다. 어떠한 경우라도 더블티부재의 양단면 바닥이 모두 용접 접합되어서는 안된다. 조립작업중의 임시 구조물의 상태가 빌딩의 장기적 사용상, 성능상의 문제와 관련하여 깊이 있게 다루어질 필요가 있다.

## 9. 맺음말

프리캐스트 프리스트레스트 더블티 슬래브(Fig. 43 참조)는 구미에서 대형 건물 바닥재료 가장 많이 활용되는 구조시스템으로, 현재 우리나라에서 주로 쓰이는 Steel Deck Plate 철골 시스템에 비하여 5

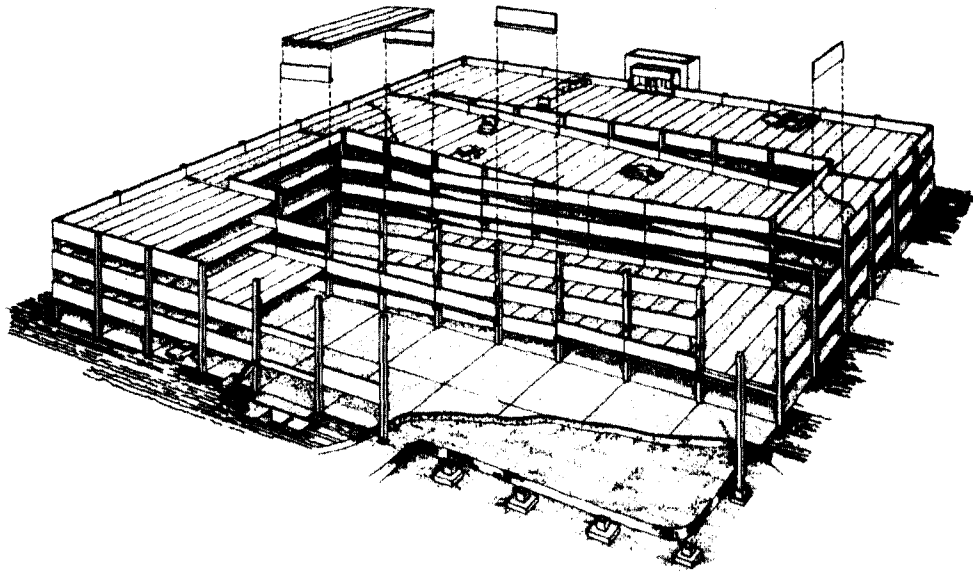


Fig. 43 일반적인 PS 더블티 슬래브 주차장

~15%가량 시공비가 절감되는 것으로 평가된다(일반적으로 5,000\$/Car Space). 특히 12-15 m의 스패를 위한 슬래브 시스템으로는 일방향 조이스트 슬래브(One-Way Joist Floor) 형식인 더블티시스템이 구조적인 효과 측면에서도 가장 우수한 것을 알 수 있다.

구미에서 더블티 PS 슬래브는 시공원가 절감이라는 측면보다는 그 내구성과 유지비용 절감 및 측면에서, 대부분의 기존 주차장은 더블티로 시공되었다. 더블티 PS 슬래브가 Steel Deck Plate 철골 시스템에 비하여 선택되는 주요 이유는 다음과 같다.

1. 대기에 노출되는 주차장구조물을 Steel 구조로 할 경우 여름의 우수와 겨울의 눈으로 하여금 녹이 슬게 되며, 방청을 위한 유지비용이 상당히 소요된다.
2. 철골에 대한 유지가 잘 이루어지므로, 콘크리트 구조물인 더블티 PS 슬래브에 비하여 그 내구연한은 50%이하로 짧게 평가된다.
3. 시공방법은 간단하며, 조립식이므로 겨울에도 시공이 가능하며, 공기단축도 가능하다.
4. 적당한 피복두께만 적용되면, 더블티 PS 슬래브는 내화면에서도 철골보다 우수하다.
5. 시공 단가 역시 철골구조와 비교하여 5 ~ 15%

까지 절약될 수 있다. 시공 단가 절약은 주로 공기단축과 인건비절약에 기인한다.

상기의 이유로 인하여, 구미의 PC 업계에서는 주차장 또는 디파트먼트 상가건물의 구조시스템으로서, 더블티 PS 슬래브를 최상의 선택으로 인식하고 있다. 더블티 PS 슬래브의 적용을 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

1. 배수를 위하여 1~2 %의 슬래브경사가 요구되며 지름 20cm이상의 배수구가 필요하다. 그리고 모든 배수는 연결부위에서 누수 되지 않도록 고려되어야 한다.
2. 도핑 콘크리트를 위한 현장타설 콘크리트는 물시멘트비 45 %이하의 투수성이 적은 콘크리트를 사용하여야 하고 최소공기량 6 %이상의 콘크리트를 사용하여 동결융해에 대한 저항성도 가져야 되며 최소시멘트양은 425 kg/m<sup>3</sup> 이상이 필요하며 작은 슬럼프의 콘크리트가 좋다. 적어도 3일 이상의 습윤양생이 필요하다.
3. 철근은 구조물의 내화성을 위하여 6cm이상의 피복두께가 필요하며, 적당한 실링재의 적용을 함으로서 연결부위의 누수문제를 해결하여야 한다.
4. 9.2m 이상의 건물길이를 가진 주차장은 신축이

음(Expansion Joint)을 고려하여야 한다. 건물 평면을 대칭으로 고려하는 것도 균열제어를 위하여 유효한 것으로 생각된다.

5. 시공 단가 역시 철골구조와 비교하여 5~15%까지 절약될 수 있다. 시공 단가 절약은 주로 공기단축과 인건비절약에 기인한다.

6. 더블티 주차장은 철골의 앙상한 골조모양보다 훨씬 미관적이며 다양한 건축적 설계도 가능하다.

상기의 이유로 인하여, 구미의 PC업체에서는 주차장 또는 대구모 물류센터의 구조시스템으로서, 더블티 PS 슬래브를 최상의 선택으로 인식하고 있다.

더블티 PS 슬래브의 적용을 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

1. 배수를 위하여 1~2%의 슬래브경사가 요구되며 지름 20cm이상의 배수구가 필요하다. 그리고 모든 배수는 연결부위에서 누수 되지 않도록 고려되어야 한다.

2. 토핑콘크리트를 위한 현장타설콘크리트는 물시멘트비 45%이하의 투수성이 적은 콘크리트를 사용하여 하고 최소공기량 6%이상의 콘크리트를 사용하여 동결융해에 대한 저항성도 가져야 되며 최소 시멘트양은 425kg/m<sup>3</sup> 이상이 필요하며 작은 슬럼프의 콘크리트가 좋다. 적어도 3일 이상의 습윤양생이 필요하다.

3. 철근은 구조물의 내화성을 위하여 6cm이상의 피복두께가 필요하며, 적당한 실링재의 적용을 함으로서 연결부위의 누수문제를 해결하여야 한다.

4. 92cm이상의 건물길이를 가진 주차장은 신축이음(Expansion Joint)을 고려하여야 한다. 건물 평면을 대칭으로 고려하는 것도 균열제어를 위하여 유효한 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

1. Dimensions of Parking, National Parking Association and the Urban Land Institute, Washington DC, 1983.
2. Public Parking Structures-Design and Construction, Seymour Gage Associates, Armonk, NY, 1982.
3. Analysis of Composite Double Tee Decks Subjected to Fire and Utility Truck Loadings, Colorado Prestresses Association, Lakewood, CO, 1985
4. NPA Parking Consultants Council, Building Code Provisions for Open Parking Structures, National Parking Association, Washington, DC, 1984.
5. PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete, Third Edition, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1985.
6. Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-83), American Concrete, Detroit, MI, 1983.
7. Inversion, J.K. and Pfeifer, D.W., Criteria for Design of Bearing Pads, Technical Report No.4, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1985.
8. Manual for Quality Control for Plants and Production of Architectural Precast Concrete Products, MNL-117-77, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1977.
9. PCI Committee on Quality Control Performance Criteria, "Fabrication and Shipment Cracks in Prestressed Hollow-Core Slabs and Double Tees", PCI Journal, v28, no.1, Jan-Feb 1983.
10. PCI Committee on Tolerances, "Tolerances for Precast and Prestressed Concrete", PCI Journal, v.30, no. 1, Jan-Feb 1985.
11. LeClaire, Phillip J., "Effective Maintenance for Corrosion Protection of Concrete Parking Structures, "The Parking Professional, July 1985.
12. Beeby, A.W., "Cover to Reinforcement and Corrosion Protection," FIP Notes 89, Nov-Dec 1980.
13. Concrete Seals for Protection of Bridge Structures, NCHRP 244, Transportation Research Board, Washington, D.C.
14. Guide to the Use of Waterproofing, Damproofing, Protective, and Decorative Barrier Systems for Concrete(ACI 515.1 R-19-Part 5), American Concrete Institute, Detroit, MI.
15. Parking Garage Maintenance Manual, National Parking Association, Washington, D.C.

16. State-of-the-Art Report on Parking Structures, ACI 362R-85, American Concrete Institute, Detroit, MI.
17. Recommended Practice for Erection of Precast Concrete, MNL-127-85, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1985.
18. Design and Typical Details of Connections for Precast Prestressed Concrete, MNL-123-88, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1988.
19. Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service, ACI 201.1.R-68, American Concrete Institute, Detroit, MI.
20. Control of Cracking in Concrete Structures, ACI 224R-80, American Concrete Institute, Detroit, MI.
21. Standard Practice for Curing Concrete, ACI 308-81, American Concrete Institute, Detroit, MI.
22. Survey of Precast Prestressed Concrete Parking Structures, Research Project No.7, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1986.
23. Strength of Members with Dapped Ends, Research Project No.6, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1986.
24. Design of Spandrel Beams, Research Project No.5, Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1986.
25. "Recommendations on Responsibility for Design and Construction of Precast Concrete Structures," PCI Journal, v.33, no.4, July-August 1988. 