

틸트업 (Tilt-Up) 工法

홍 성 목
〈서울大 建築學科 教授〉

1. 서 론

현재 工業化 建築에서 많이 이용되고 있는 프리캐스트 콘크리트 組立式 建築의 部材生産에서 틸트업 (Tilt-Up) 공법식 제작으로 알려져 있는 틸트업공법은 역사적으로는 매우 오래전에 현장에서 바닥 콘크리트를 타설하고 주위의 벽체를 콘크리트로 제작하여 세우기와 조립으로 완성한 후, 그 벽체를 내력벽으로 하여 각종 바닥과 지붕을 시공하는 공법을 뜻한 것이었다.

이 글에서는 이 틸트업공법이 갖는 새로운 발전, 실제적 고려사항, 접합부 그리고 설치장비등에 대하여 설명함으로써 우리나라의 틸트업공법에 도움이 될 수 있기를 바란다.

2. 새로운 발전

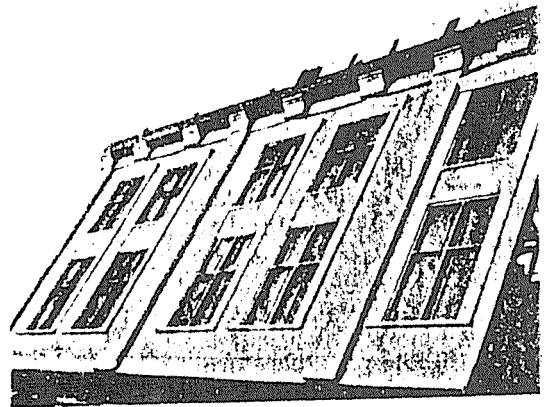
建築工事에서의 틸트업공법은 역사적으로는 1900년대로 소급할 수 있다. 그러나 이 工法이 많이 성장된 것은 최근 25년간이었다. 이 기간에 틸트업공법은 sandblasting, waterblasting 치장재활용의 다양성 (골재석재 부착, 스트립요철면의 다양화) 등을 이용한 입면효과의 다양화등을 들수 있으며 경제성의 향상등에서도 많은 진전이 있었다.

초기의 틸트업공법의 건물은 1909년 미국 오하이오 주의 camp perry에 건립된 2층 식당건물을 들수 있다.(그림1참조)

그 당시의 틸트업건물은 대부분 평범한 외모 (plain Jane)의 건물로서 이 식당건물도 크게 벗어나지 못하였다.

그러나 지난 25년간 외관에서 뛰어난 장식적 화려함과 특징을 지닌 틸트업공법건물이 등장한 기간이라고 볼 수 있다.

우선 외관에 골재표면마무리를 하는 공법으로 시공하는 방법을 들수 있다. 이는 3mm, 6mm 그리고 13mm 골재를 표면의 마감재로 하고 이



[그림 1] 1909년 미국 오하이오주에 건설된 틸트업 공법에 의한 식당건물

들을 두드러지게 하기 위하여 자연재를 사용하고 이를 모래브라스팅이나 물브라스팅등으로 마감하는 방법이다. 이 밖에도 석재마감으로 마무리하는 건물등에서 틸트업공법은 외관상 품위있고 미려한 건축물을 제공하고 이는 공사비 절감면에서도 경쟁될수 있는 단계에 이르렀다.

앞으로 우리나라도 인건비의 상승, 장비의 효율적사용증대, 또한 제반기술력의 향상등이 이 틸트업공법을 이용한 현장시공건물의 출현을 기대할 수 있다고 본다.

그러나 이들 틸트업공법을 원활히하기 위하여서는 몇가지 건축설계자나 시공자가 알아두어야 될 몇몇 내용이 있다.

3. 실제적 고려사항

여러면에서 실수없이 공사를 수행한다면 틸트업공법은 매우 효율적이며 성공적인 혁신 공법이다. 특별히 고려해야 할 점중 몇가지는 板의 형상(shape), 만입(indentation), 돌출(projection) 그리고 접합부(joint)등이 있다.

(1) 板의 모양 (shape)

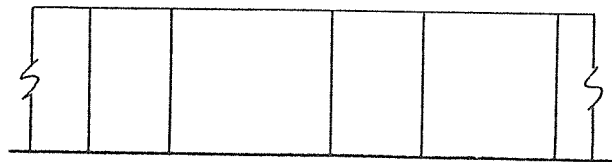
일반적으로 장방형이 설계, 시공, 올리기(lift) 하기에 가장 효율적이다. 그러나 다른 모양이나 각도도 성공적으로 사용할 수 있다. 板內의 개구부는 쉽게 형성할수 있으며 다양한 모양도 만들 수 있다. 다음에 몇가지 제안이 나타나 있다.

(i) 형상과 상세의 반복 사용이 가장 경제적이다. 특히 현장이나 바닥면적의 제한으로 여러장씩 제작될 때 이 원리는 매우 중요해진다.(그림 2참조)

(ii) 접합부는 개구부 측면의 板의 폭이 너무 좁은 곳에 위치해서는 안된다. 최소 폭을 정해야만 하며 일반적으로 60cm 보다 작은 폭의 板은 피한다.

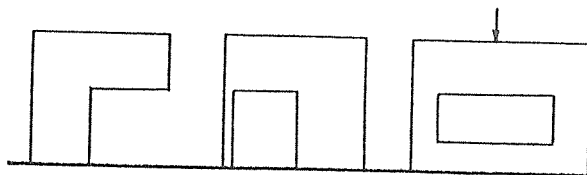
(iii) 板의 크기와 모양을 결정할 때 리프트 무게를 고려해야 한다. 가장 무거운 벽판이 크레인의 크기와 비용을 결정한다. 리프트 장비의 반복 사용이 경제적이다.

(iv) 개구부가 편중되어 지지판이 설계하중을 지지하지 못하거나 리프팅하는 도중 균열



다양한 폭에 따른 영향

- 타설공법
- 리깅설비
- 크레인의 크기



- 피할 조건
- 불안정한 부재
 - 좁은 폭의 부재
 - 큰하중을 받는 보부재

[그림 2] 틸트업부재의 모양에 따른 영향과 피하여야할 요인

의 발생을 피할 수 없다면 이러한 판의 설계는 피해야만 한다. Panel의 맨 밑부분까지 좁은폭의 판이 있다면 특히 리프팅중의 균열 발생에 약점이 있다.(그림2참조)

(v) 무거운 중량이나 축 하중을 지지하는 부재는 개구부에 의해 방해받지 않도록 설계해야 한다. 긴 스패의 인방보(lintel)은 때때로 큰 보를 지지하기 위해 板의 두께와 특수한 보강을 덧붙여야 한다.(그림2참조)

(2) 만입과 돌출(indentation and projection)

板의 외관을 만입하거나 돌출시킴으로써 시각적인 다양성을 얻을수 있다. 이런 요소를 가진 판의 설계시 몇가지 사항을 고려해야 한다.

(i) 하중을 지지하는 틸트업은 일반적으로 수직방향으로 힘을 받는다. 따라서 수평힘은 최대 설계 모멘트를 받는 곳에 약한 면을 만든다. 이 감소된 콘크리트 두께가 전체 두께로 취급되며 따라서 비용이 추가된다. 수직 만입은 板의 지지점이나 기둥 사이에 수평적으로 걸치도록 설계되지 않는 한 板의 강도에 미치는 영향은 적다. 또한 건축적인 마감이나 골재 표면은 구조 해석에 필요한 두께에 포함시키지 않

는다. 이런 요소의 조합은 필요한 전체두께를 규정하므로 중요한 치수 오차를 피하여야한다. (그림3 참조)

(ii) 板의 생산 방법을 고려하여야 한다. 만일 틸트업 板이 외부쪽으로 내림표면(face down)로 만들어진다면 외벽의 돌출은 만들기 어렵다.

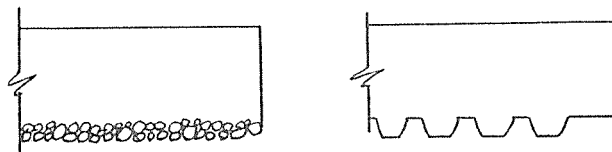
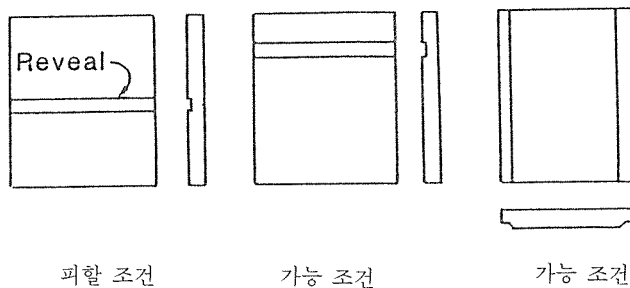
돌출이 필요하다면 세운 후 다른 재료로 만들 수 있다.(그림 4 참조)

(iii) 곡면판이나 원형기둥과 같은 어려운 평면 시공은 특별한 거푸집 공사와 세우기 기술이 필요하지만 가능하다. 그러나 설계, 제작, 세우기에 훨씬 비용이 많이 든다.

(3) 접합부

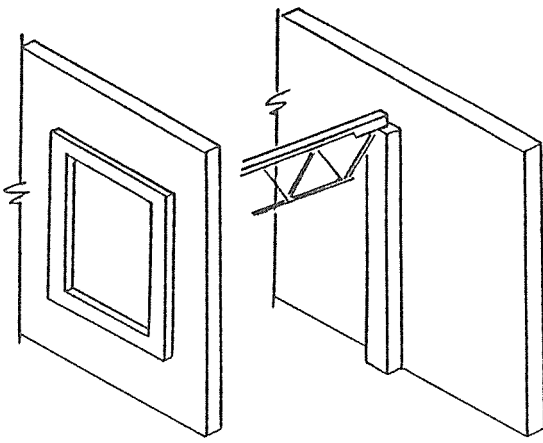
판접합부의 위치는 틸트업 공법의 경제성과 성공 여부에 큰 영향을 준다. 판 접합부에 대해 다음의 요소를 고려하라.

(i) 모서리는 주의깊게 고려해야 한다. 경사진 접합은 특히 골재 마감의 경우 고르게 만드는데 특별한 주의가 필요하다. 시각적으로 마음에 든다면 직각 모서리가 세공하기 쉽다. (그림 5 참조)



유효 두께에 고려할것

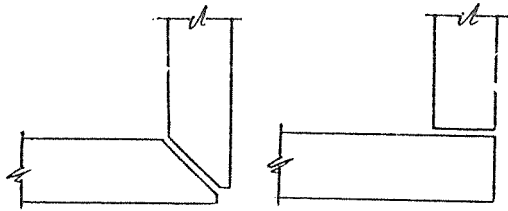
[그림 3] 틸트업 판넬에 입면효과에 고려할 사항



외부돌출 피할조건

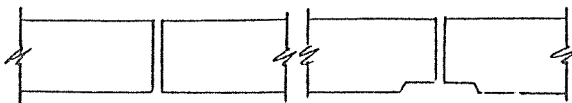
내부돌출 가능조건

[그림 4] 틸트업 공법의 돌출부 상황



경사접합

직각접합

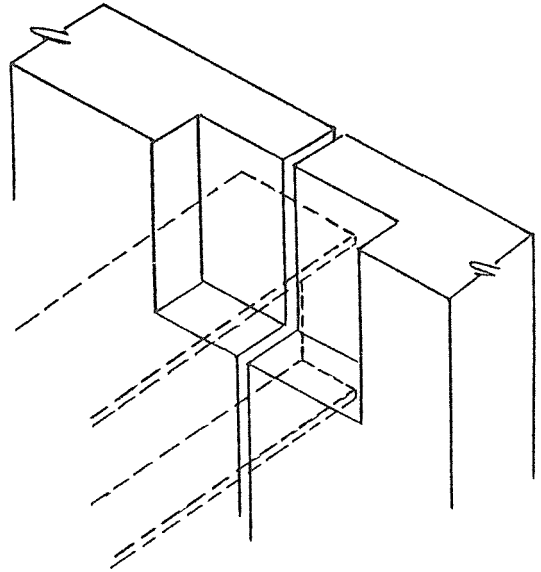


강조하지못함

강조

[그림 5] 접합부의 형태

(ii) 접합부의 상세에 주의하라. 정확한 접합부 폭은 채움재 (sealants) 의 역할을 증가시킨다. 수직 만입으로 접합부를 강조하는 것은 숨기기 위해서는 상당히 어려운 시공이 필요하기 때문에 노출하는 것이 훨씬 효과적일 수가 있다.(그림 5참조)



[그림 6] 부재 사이에 큰보를 보내는 것은 피하는 것이 좋음

(iii) 접합부가 판에 의해 지지되는 곳에 구조적 골조 부재와 만나는 것은 피해야 한다. 판은 대부분 열 팽창을 허용하기 위해 서로 분리되어 있다.

구조재가 판 접합부 위에서 지지될 때 각 판의 열 독립을 허용하도록 상세처리 하는 것은 많은 비용이 필요하다.(그림 6 참조)

(iv) 접합부가 창문의 개구부나 인방을 통과하지 못하게 한다. 접합부가 창이나 문에 있다면 판의 이동으로 창에 균열이 발생하거나 문이 움직이지 못하게 된다.

(v) 접합부가 있는 틸트업 콘크리트 벽체를 방화벽으로 사용하려면 접합부 보호를 위해 특수한 세공이 필요하다.

(4) 기타 주의 사항

판에 스펀드럴 보 등, 미리 만들어진 다른 부재를 덧붙임으로써 특수한 효과가 나타난다. 이것들은 벽판과 같은 방법으로 제조되며 틸트업 된다.

그러나 철근의 노출과 부식을 방지하기 위해

연결부 세공에 특별한 주의가 필요하다. 또한 양쪽에 강점으로 연결된, 판접합부를 가로지르는 연결은 열 균열을 가져올 것이다.

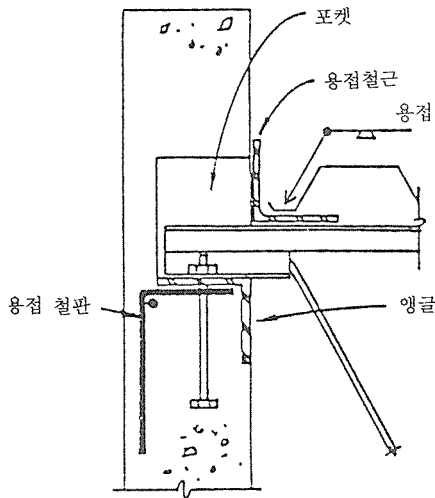
4. 틸트업 공법의 접합부

틸트업 공법의 벽판넬은 외부에 대한 보호부재이면서 또한 수직, 수평하중을 전달하는 구조재이다. 그러므로 지붕과 바닥에서 작용하는 여러가지 하중을 기초에 적절하게 전달하기 위해서는 접합부의 설계가 가장 중요하다. 접합부는 온도변화와 그에 따른 수축응력에 안전해야 하며, 지진하중에 의한 에너지흡수에도 충분한 연성도(ductility)를 지녀야 한다. 또한 접합부 주변에 생기기 쉬운 콘크리트의 표면균열을 최소화 할 수 있어야 한다.

접합부의 상세는 표준화되지 못하고 있는 데 이는 지붕과 바닥의 형태가 여러종류이며 또한 설계자나 도급자의 선호도가 추가되기 때문이다. 이 글에서는 접합부의 여러 형태중에서 몇가지 일반적인 방법을 그림과 함께 소개한다.

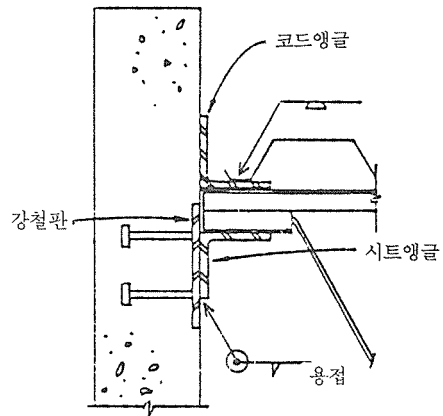
(1) 접합부의 종류

접합부는 대략 다음의 4가지로 분류할 수 있다.



[그림 7] 접합부(포켓형)

- (i) 현장 타설 방법
- (ii) 접합철물 용접방법
- (iii) 철물 매입 방법
- (iv) 철물 드릴 삽입법



[그림 8] 접합부 (시트앵글형)

(i) 현장타설방법은 연결되는 두판넬의 철근을 겹쳐이은후 여기에 콘크리트를 채우는 방법이다. 이 공법은 강도가 크다는 장점은 있으나 비용이 많아 최근에는 잘 사용되지 않고 있다. 강도가 큰만큼 온도변화로 인한 수축응력의 증가에 대한 주의가 필요하다.

(ii) 접합철물용접방법에 의한 접합은 틸트업 접합에서 가장 일반적으로 사용되는 것으로서 앵커핀 삽입철물앵글이나 판이 판넬속에 삽입되어 있는 형태이다. 접합은 현장에서 노출된 표면에 용접하는 방식이다. 이 방법의 특징은 강도가 좋고 빠르며 경제적이면서도 합리적인 연성도를 얻을 수 있다는 것이다.

(iii) 철물매입 방법에 의한 접합은 갈고리 모양의 삽입철물을 부착한 것이고, 철물드릴 삽입 방법은 앵커등을 부착하는 것으로, 두 방법은 모두 볼트접합을 통한 직접접합이 가능한 공법이다. 즉 현장용접이 필요하지 않으므로 계획이 간편하고 오차를 수정하기가 편리하다. 그러나 주기하중에 대한 저항력이 거의 없으므로

지진하중이나 강한 진동구역은 피해야 하며 적은 하중이나 비구조요소에 사용되어야 한다. 가장 저렴한 공법이지만 가장 약한 공법이다.

(2) 지붕 및 바닥 접합부

(i) 철골 앵글시트

벽판포켓은 그림7과 같이 판넬에 움푹 들어간 형태로서 앵커핀 앵글시트를 부착해 놓는다. 이것은 자중이나 바람, 지진의 횡하중을 전달하며 때로는 길이방향의 전단력을 전달하는 역할도 한다. 강제장선은 대개 시트에 현장 용접한다.

또다른 형태로 그림 8과 같이 콘크리트에 이미 정착해 놓은 스테드앵커에 평편한 강제플레이트를 붙여 놓은 접합이다. 앵글시트는 판넬이 세워진후 용접된다. 두경우 모두 시공편이상 판넬표면에 돌출부가 생기지 않도록 주의해야 한다.

(ii) 강제보의 받기

움푹들어간 포켓(pocket)은 때로는 보의 접합부로 쓰이기도 하는데 이 경우의 수직 반력은 5ton이하 이어야 한다. 더큰 하중에 대해서는 코벨이나 그림 9와 같은 전높이의 필라스터를 사용해야 타일을 댈 수 있는 충분한 콘크리트 깊이를 확보할 수 있다. 다른 방법으로는 대형 플래시 (flash) 플레이트를 사용하는 것이 있다.

(iii) 집성 목재 시트

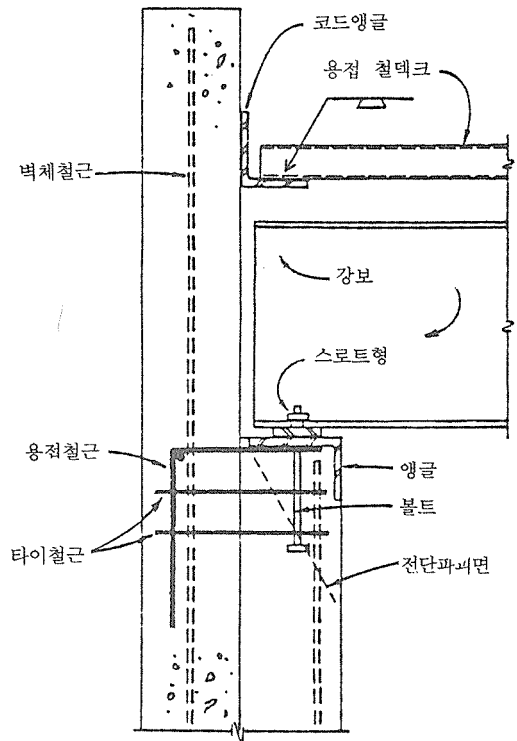
이 방법(그림 10)은 강제 보의 시트와 유사하며 보를 지지하기 위해 앵커드 플래시 플레이트가 많이 사용된다.

(iv) 코아슬래브 돌림대 (ledger)

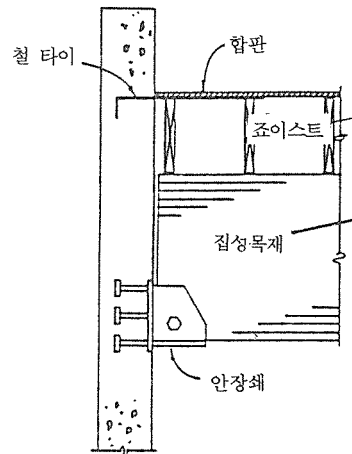
그림 11과 같이 hollow core 바닥이나 지붕이 판넬의 최상부나 연속 돌림대 위에 얹히는 방법이다. 슬래브는 네오프렌 스트립의 지지패드에 얹혀지게되며, 횡보강근은 core속에 집어넣거나 가능하면 topping속에 넣는다.

(v) P. C. 보의 지지돌림대

무거운 하중이 가해지면 더블티형 프리캐스트 보는 직접 틸트업 판넬에 얹힌다. 일반적인

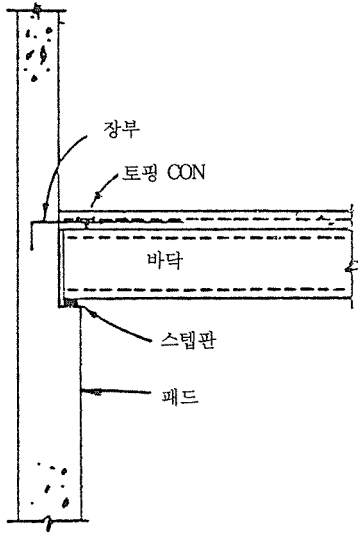


[그림 9] 접합부 (피라스터형)



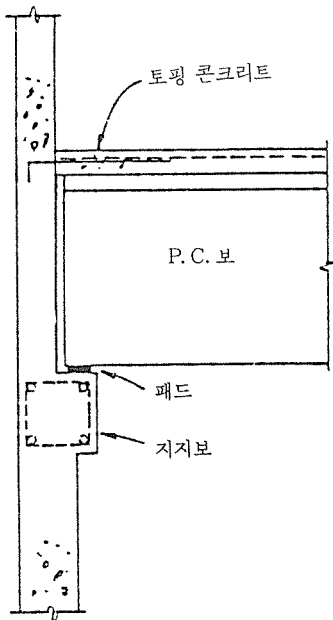
[그림 10] 접합부 (집성목재보)

로 이경우에 필요한 지지시트의 폭은 15cm정도 인데 연속 수평코벨을 사용하면 무난하다. (그림 12) 하중이 작용할때 약간의 회전이 가



[그림 11] 접합부 (속빈콘크리트 슬래브)

능하도록 보 밑에 네오프렌 패드에 얹혀 놓는다.



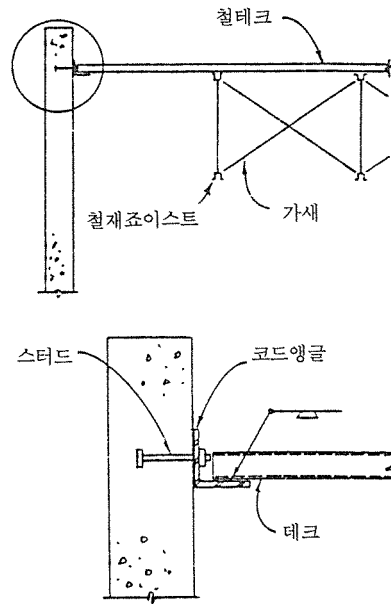
[그림 12] 접합부 (P.C. 보)

(3) 지붕 또는 바닥 격판 (diaphragm)의 접합부

바닥이나 지붕격판을 벽체와 지지함과 동시에 횡하중을 전단벽과 기초에 전달한다. 격판은 마치 대형 수평 deep-beam과 같은 역할을 하는데 이 경우 강재, 콘크리트의 데크는 웹부재이고, 주변 강재앵글이나 판넬보강근은 플랜지가 된다.

(i) 철골 앵글 접합

판넬 접합부는 주변 강재 앵글에 연결되어 평면내부의 전단력뿐만 아니라 외부하중에 대한 횡방향의 타이를 제공한다. 그림 13과 같이 철골앵글은 앵커철판에 용접하는데 빨리 연결을 하려면 콘크리트 속에 넣는 볼트를 사용하면 된다. 이 접합은 작은 수직하중을 전달한다.



[그림 13] 전단벽과 데크와의 접합

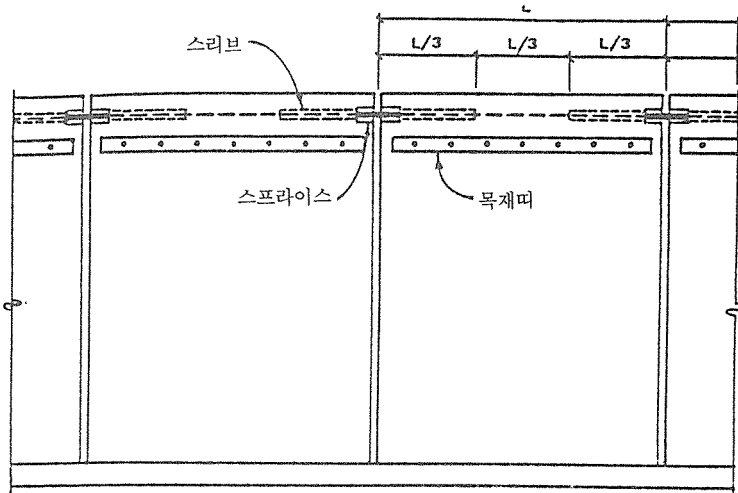
많은 설계자들이 최근에는 벽판넬과 강재앵글 사이에 여러개의 강접합부를 두지 않는다. 과거에는 이러한 구축이 벽판넬에 수축균열을 발생시켰다. 따라서 중앙부에 하나의 접합판을 두어 모든 전단력을 전달하도록 한다. 이판의

양쪽면에서 앵커볼트는 수평, 수직의 하중만을 지지하게 된다.

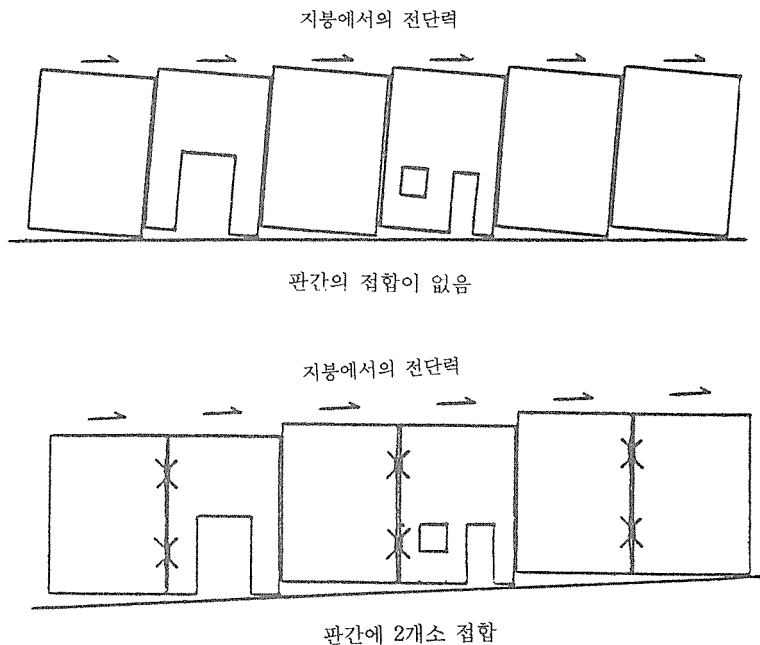
앵글의 길이방향으로 스포트홀을 설치하여 볼트로 부터의 구속력이 없이 수축할 수 있도록 한다.

(ii) 테두리 철근 코드 접합

그림 14와 같이 이 상세는 목조지붕과 바닥 시스템에서 많이 사용되는 형태이다. 목재 돌림대는 수직, 수평의 하중을 판넬에 전달한다. 보강 강재 코드는 판넬속에 삽입하는데 1/2만큼을



[그림 14] 틸트업 판부재간의 접합



[그림 15] 틸트업 판의 전단 거동

슬리브로 외부에 두어 판넬의 팽창, 수축을 사용할 수 있게 한다.

(4) 板과板의 접합부

板과 板사이의 접합부가 필요한지에 대한 두 가지 견해가 있다. 즉, 판넬을 두개 내지 세개로 연결하는 것이 특히 지진지역에서 바람직하다는 것과, 접합부를 두지 않는 것이 팽창과 수축에 대해 자유롭기 때문에 수축응력을 줄일 수 있다는 것이다. 어떤 이유에서건 접합이 없는 것은 뎀핑효과를 주므로 큰지진지역에서는 알맞다고 할 수 있다.

결국 판넬과 판넬사이의 접합부의 필요성에 대한 확실한 증거는 없으므로 설계자가 구조물의 안전성을 고려하여 판단하는 수밖에 없다.

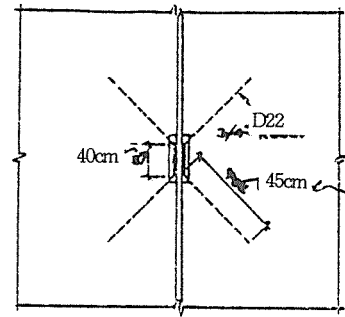
높고 좁은 폭의 판넬이 사용될 건물인 경우에는 그 지역이 지진구역이라면 전도모멘트에 대한 저항력을 고려해야하므로 판넬을 두개 내지 세개씩 접합하는 것이 바람직하다. 이때, 접합에서 오는 구속때문에 발생하는 수축응력을 줄이기 위한 추가적인 수평보강근이 필요하다. (그림 15)

사용되는 접합부는 높은 강도와 주기하중에 대한 적절한 연성도를 지녀야 한다. 그러므로 전단력을 전달하는 기능으로서의 사용이 우선적이어야 한다. 그러므로 판넬의 표면에서 파인 형태로 해야하며 이형철근은 그림 16과 같이 부채꼴모양으로 휘어서 정착해야 한다.

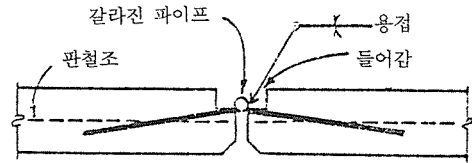
스터드앵커와 함께 삽입된 앵글은 (그림 17) 정적강도는 높으나 주기하중에는 매우약하다. 이것이 사용되면 접합부 주변에는 수축으로 인한 균열은 발생하지 않는다. 강한 전단력에 대해서는 그림 18과 같이 현장치기 피라스타를 사용한다

(5) 기초 접합부

일반적으로 벽판넬과 기초사이에는 일정한 접합부를 두어야 한다. 특히 지진구역에서도 매우 중요하지만 일반지역에서도 그 역할이 크다. 가끔 판넬이 정착물의 충격으로 인해 변위가 생기기도 하기 때문이다.

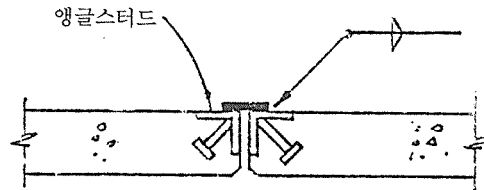


입면

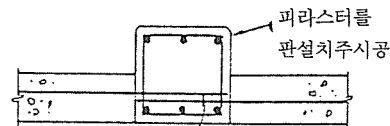


단면

[그림 16] 판간의 접합 상세

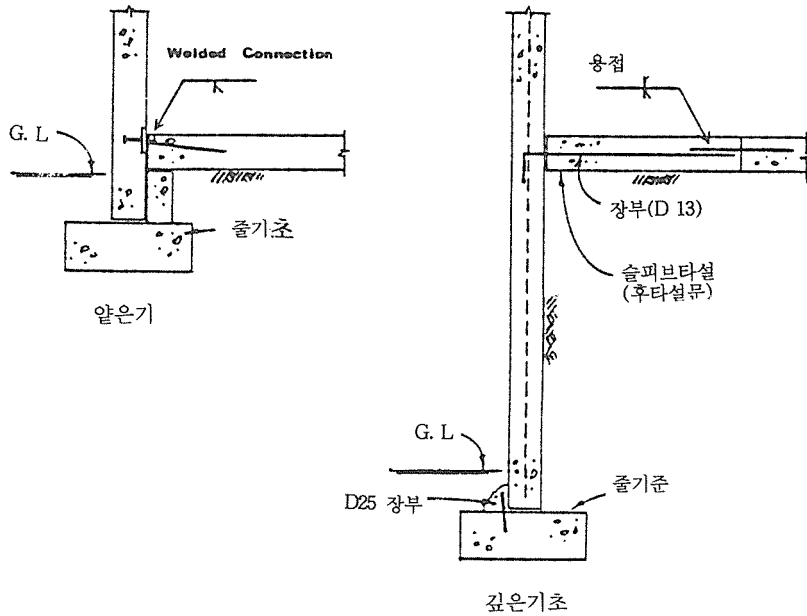


[그림 17] 판간의 접합



[그림 18] 판간의 피라스타접합 방법

내진설계가 필요한 건물에서는 지진력이 지반에서 바닥슬래브와 기초에 전달된다. 적절한 접합이 없다면 수직, 수평의 변위가 판넬과 기초사이에서 발생할 것이다. 여기서는 연성도의



[그림 19] 벽판과 줄기준의 접합

의미가 중요하지 않는데 그것은 연성도보다는 강도를 크게 해서 지진하중으로 인한 에너지가 지붕과 바닥에서 흡수되도록 하중을 전달해 주어야 하기 때문이다.

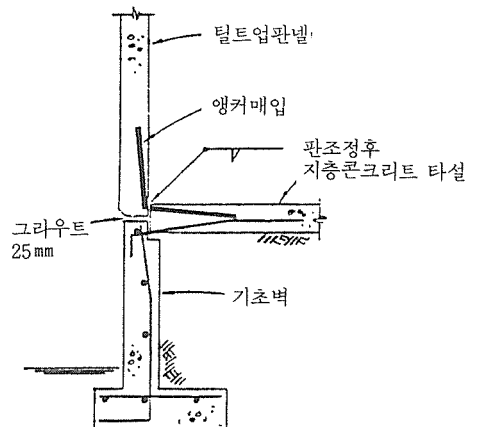
바닥과 기초사이에도 접합을 두는 것이 필요하다. 슬래브의 접합부는 수평, 수직의 하중을 전달하기도 하며 판넬이나 용접된 삼입앵커로부터 돌출한 장부 역할도 한다. 장부 용접판 또는 연속길이 방향의 홈은 (strip 기초 上部) 2층에서 수평의 구속역할을 한다. (그림 19, 20)

5. 설치장비

불필요한 공기지연을 배제하면서 최대한의 안전을 확보할 수 있는 적절한 공정 계획에 의하여 성공적인 틸트-업(Tilt-Up) 공사가 수행될 수 있다. 먼저 타설 슬래브 위의 판넬 배열, 여러 장비의 배치, 크레인의 행동 반경, 크레인의 장비(rigging)등을 주의깊게 구성하여야 하

며, 일단 리프팅(lifting)이 시작되면 크레인 판넬과 판넬 사이를 가장 신속하게 움직일 수 있도록 계획되어야 한다.

시공 도급자와 크레인 감독자, 장비 감독자는 크레인이 판넬에 접근하는 방법, 슬래브의 두께, 리프팅 연결부(picks)의 형태, 판넬의 크기와 무게등에 대한 면밀한 검토가 있어야 한다.



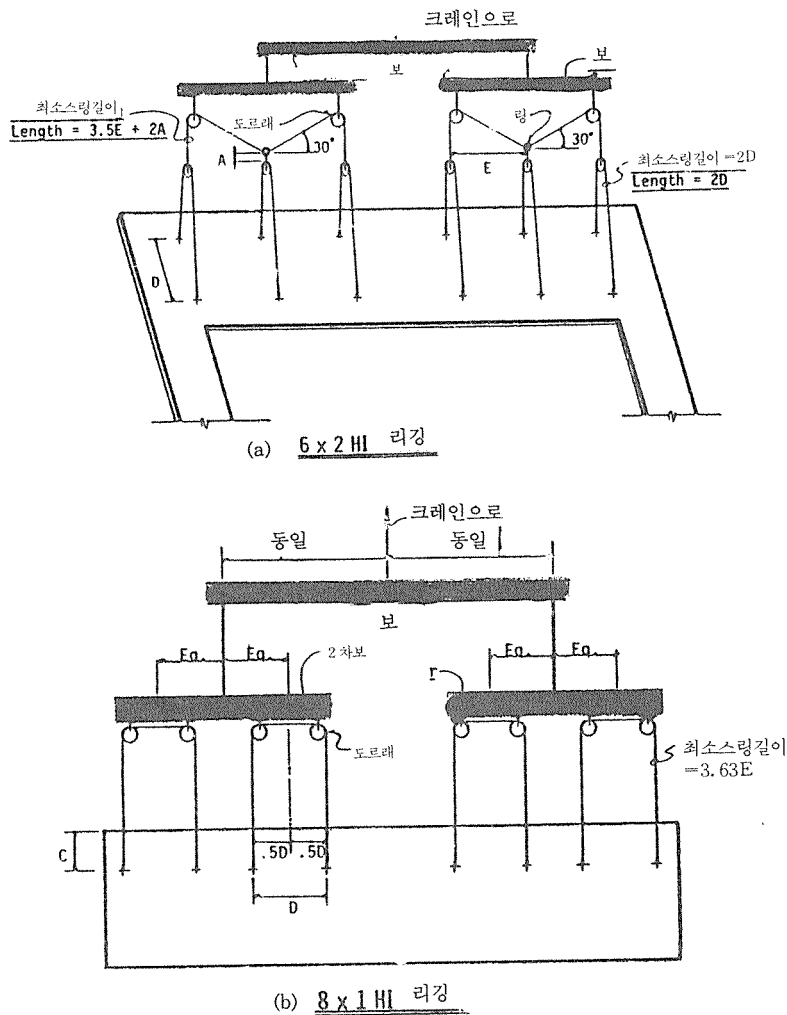
[그림 20] 기초벽과 벽판의 접합

연결 철물 위치 선택은 무척 중요한 요소로서 리프팅중에 板의 균형이 잘유지되고, 板의 응력이 잘 분포되도록 갯수와 위치가 적절히 결정되어야 한다. 판넬의 크기와 무게, 모양등을 고려한 컴퓨터 해석에 의해 리프팅중에 발생하는 응력이 최소가 되도록 하는 위치를 선택해 낼수 있다. 또한 필요한 경우에는 추가의 보강물을 계획하여야 할 것이다.

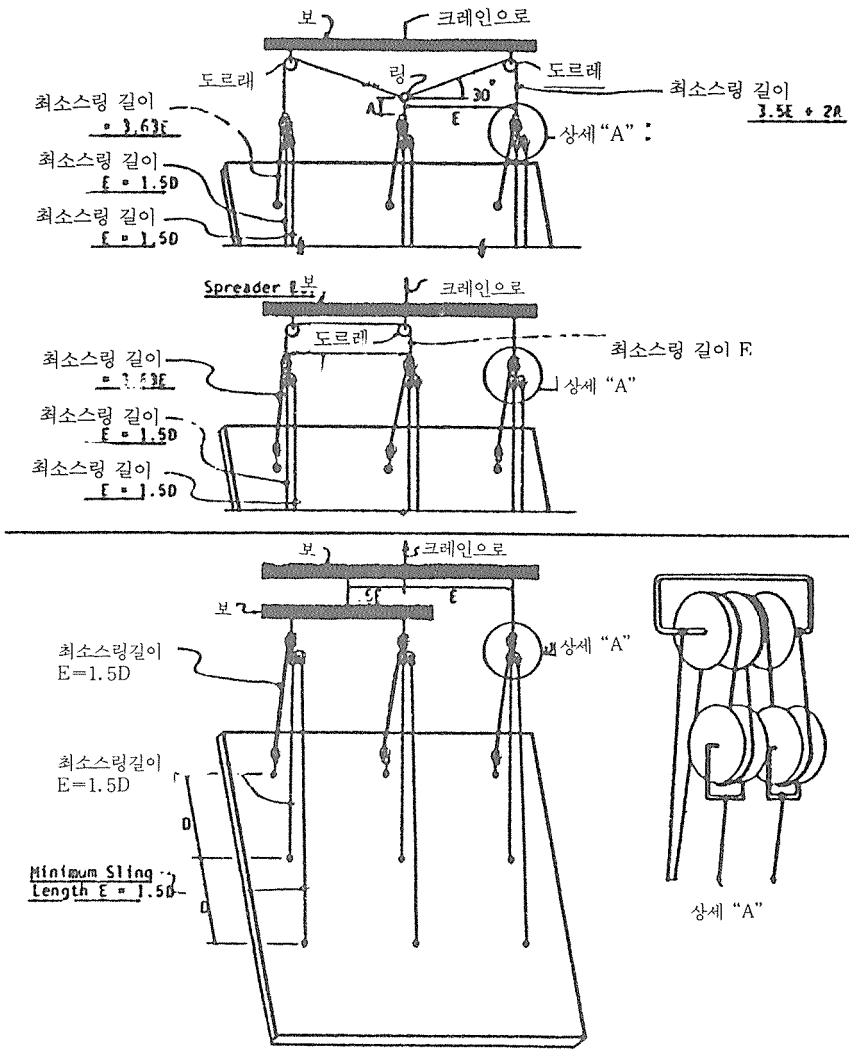
적절한 크레인 리깅에 대한 계획도 필수적 요소이다. 리깅의 형상은 판넬 연결 철물의 위치와 수에 의해 제한을 받게 되지만 안전을 최

우선 과제로 고려하여야 한다. 전문 엔지니어의 의견에 순응하여야 하며, 어떠한 이유에서 변경이 필요할 때는 반드시 전문 엔지니어의 자문을 거치는 것이 바람직하다.

슬링(Sling)의 최소 길이 제한도 신중히 고려해야할 요소이다. 즉 슬링의 길이가 지나치게 짧을 경우에는 판넬 연결 철물에 힘을 유발시켜 철물의 파괴 또는 판넬의 균열을 발생시키게 된다. 슬링의 최소 길이는 연결 철물 사이의 거리 함수로 표현되곤 한다. 그림 16과 그림 17에서 최소 슬링 길이에 대한 예를 볼 수 있



[그림 21] 판의 규모에 따른 리깅(rigging)배치 형태



[그림 22] 복잡한 리깅 (rigging) 형태

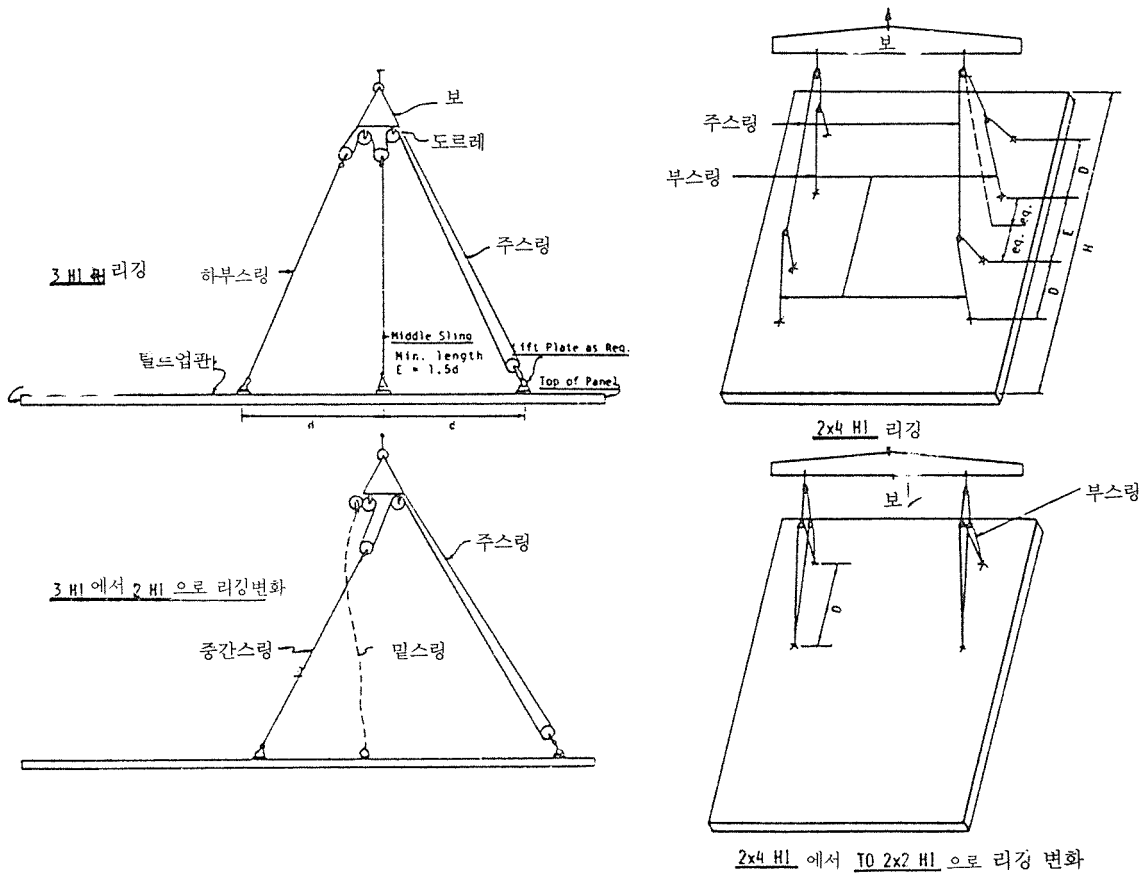
다. (그림 21, 그림 22)

공사 전체를 통하여 리깅의 형상은 가능한한 일정하게 유지함이 경제적이다. 판넬이 가벼워 필요없을 경우라도, 리깅의 형상을 변경시키지 않기 위한 추가의 연결철물을 판넬에 설치하는 것이 리깅의 형상을 변경시키기 위해 필요한 노력과 시간을 고려하면 훨씬 경제적이다.

리깅 형상의 변경이 불가피할 경우에는 기존의 리깅으로부터 가장 쉽게 변경할 수 있는 방법을 고안하여야 한다. 그림 23에서 "3HI" 리깅

이 "2HI" 리깅으로 신속하게 변경될 수 있는 예를 볼 수 있다. 또 하나의 그림은 "2×4HI" 리깅으로부터 "2×2HI" 리깅으로의 변경 가능성을 보여 준다. 이러한 예에서 볼수 있듯 리깅의 변경이 불가피할 경우라도 기존의 형상을 최대한 이용함으로써 변경 시간을 최소화하여 비싼 크레인이 노는 시간을 최소화함이 경제적이다.

잘 짜여진 계획도 리깅 변경 시간을 최소화함에 도움을 주는데, 즉 같은 형태의 리깅을 필요로 하는 판넬들을 모두 작업한 후 리깅을 변



[그림 23] 리깅의 변화 가능성

경함으로써 같은 리깅 형상을 여러번 설치해야 하는 번거로움을 피할 수 있을 것이다.

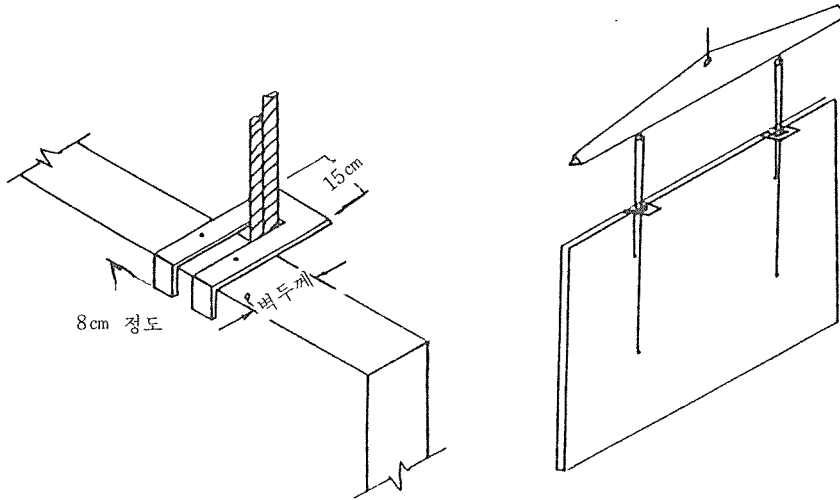
판넬의 연직설치 (plump setting)도 리깅의 영향을 받는다. 판넬 면에 설치된 연결철물은 판넬이 세워진 후 판넬이 수직을 유지하도록 하는데 어려움이 있다. 판넬 상부모서리에 연결철물을 설치하고 그것들이 추가의 크레인 라인을 형성하도록 하여 면의 철물이 판넬을 세울 때 힘을 받고 마지막으로 수직을 맞출 때는 모서리의 철물과 리깅으로 힘이 전달되도록 함으로써 판넬을 수직으로 맞출 수 있다.

그림 24는 판넬이 수직으로부터 벗어나려는 경향을 막아주는 플럼블럭(plumb blocks)을 보여준다. 먼저 판넬을 일으켜세워 판넬이 슬링에

접하도록 한 후 플럼블럭의 홈으로 슬링을 감싸 그림과 같이 판넬 상부에 걸어줌으로써 슬링이 판넬로부터 벗어나는 것을 막아줌으로써 판넬을 수직으로 세울 수 있다.

크레인 케이블을 판넬에 연결하는 방법도 틸트-업 공사의 속도와 효율에 영향을 준다. 리프트 플레이트 (lift plate)는 신속하게 크레인 후크와 연결될 수 있도록 판넬에 볼트로 고정시킨다. 신속한 공사 진행을 위하여 각각의 판넬이 리프트 플레이트 세트를 갖고 있는 것이 유리하다.

크레인과 판넬의 상대적 위치도 중요한 요소인데 건물 안쪽에서 판넬의 안쪽면을 들어올리는 방법이 효율적이다. 이 경우 판넬을 고정시



[그림 24] 판을 수직으로 하는 장치

키기 위한 브레이스를 미리 설치할 수 있어 크레인으로 판을 세우면서 바로 브레이스로 판넬을 받칠 수 있으므로 크레인 사용 시간을 줄일 수 있다.

가능하다면 리깅된 면이 크레인을 향하도록 크레인의 위치를 잡는 것이 필요하다. 이 경우 크레인 운전자가 판넬이 세워지는 과정과 리깅의 변화를 관찰하며 조정할 수 있으며 또한 사고가 발생하여 판넬이 떨어지는 경우 크레인 반대쪽으로 떨어지게 되어 크레인에 손상을 줄 염려가 적다.

결론적으로 잘 짜여진 계획과 공정에 의하여 틸트-업 공법은 효율적이고 안전성을 갖춘 벽식구조 공법이 될 수 있으며, 크레인을 최대한 활용하여 공기를 단축시킬 수 있는 열쇠를 쥐고 있다. 어떤 경우에는 하루에 백여개의 板까지도 세우는 경우가 있다. 현재는 5층 건물을 틸트-업 공법에 의해 세우는 기술까지 발전되어 있다. 틸트-업 공법은 계획이 잘 짜여질 경우 도급자와 건물주 모두에게 시간적, 경제적 이익을 돌려 줄 수 있을 것이다.

6. 결 론

우리나라의 경우는 가장 단순한 틸트업 공법

을 도입함을 시작으로하여 좀더 고도화된 대형 틸트업공법으로 발전시키는 도입방법을 통하여 틸트업공법의 발전을 기대한다.

이를 위하여 그동안 조립식건물에 많이 활용하는 설계 시공 및 조립장비의 효율적인 이용과 더 많은 설치 장비등의 활용에 대한 실제적인 연구개발에 박차를 가할수 있게되기 바란다.

참고문헌

1. P. D. Courtois: Architectural Esthetics of Tilt-Up Panels, ACI Concrete International, June 1986. V.8 No. 6 89.16~10
2. Joseph Varon: Some practical tips in the architectural design of Tilt-Up, ACI Concrete International June 1986. V. 8 No. 6 P.21~23
3. Gerry Weiler: Connections for Tilt-Up construction, ACI Concrete International June 1986. V.8 No. 6 P.24~28
4. D. L. Kelly: Rigging the Tilt-Up, ACI Concrete International June 1986. V. 8 No.6 P.36~40