

“P”빌딩 구조설계에 얽힌 이야기 (3)

Structural Designed Procedure of “P” Building

李昌男/센구조건축사사무소

by Lee, Chang-Nam

5. 임기응변(Base Plate 설계 과정에서)

교통법규를 배우고 기초적인 운전교육을 받아 면허를 따면 누구나 도로 위를 달릴 수 있다. 그럼에도 불구하고 때로는 별로 까다롭지 않은 상황에서도 큰 사고를 내는 운전자가 있는가 하면, 도저히 피하기 어려운 고비를 아슬아슬 넘기는 유능한 사람도 있다.

소질, 재능이라 해도 좋고 적성까지는 들먹여야 설명이 된다.

똑같은 제품을 수천, 수만대 제작하는 자동차와는 달리 건축구조는 대부분 1회용의 설계여서, 마치 맞춤형 주문 형식과도 같다.

즉, 대지(垠地)에서 사용자의 취향에 이르기까지 항상 다른 조건들의 조합에 대응해야 한다.

이제 구조상 가장 간단하면서도 중요한 부재인 Base Plate를 예로 들어 보자. 앞서 설명한대로 본 건물의 최하층 기둥축력 최대치는 약 6,000ton이다. 그런데 여러가지 여건상 Base Plate가 차지해도 되는 두께(공간)가 45cm에 불과했다. Base Plate의 기능상 필요성은 철골 기둥을 상대적으로 약한 이질재인 콘크리트 기초에 접합시키기 위한 매개체로서, 그의 구조상 구실은 매우 단순하다. 철골 기둥을 철근 콘크리트 기초 위에 직접 올려 놓았을 때 기초가 깨지지 않고 충분히 기둥하중을 지탱할 수 있다면 구태여 Base Plate가 끼어들지 않아도 된다. Base Plate는 기둥에서 내려오는 집중하중을 기초에 분산 완화시키는 역할을 한다.

만약 Base Plate의 크기가 충분히 크고 튼튼하다면 기초가 필요 없으며 그 자체가 기초 역할을 겸해도

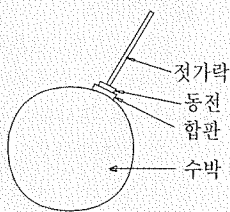
된다. 또한 반대로 기둥 뿌리의 크기가 Base Plate 소요면적만큼 크다면 당연히 Base Plate는 생략된다.

기둥과 벽에는 반드시 기초가 붙어 있어야 하는 것으로 알고 있는 분들이 의외로 많다. 하지만 원두막을 짓는데는 기초가 필요없으며 네개의 말뚝을 땅속에 묻거나 박아서 기둥으로 겸용하면 된다. 원두막이 집과 다른 점은 무엇인가? 다만 기둥하중의 크기이다. 오래전 일이지만 조선호텔 신축 당시 건물 주변 옹벽 도면을 본 적이 있다. 기초가 전혀 없이 판대기가 서있는 형상이다. 물론 사용중 넘어지지 않도록 가설 버팀대가 필요하다.

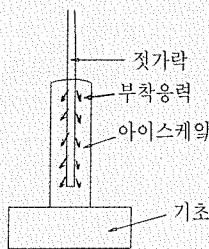
우리는 Sheet Pile을 박아 흙막이로 삼고 한 쪽의 흙을 파낸다. 이 때 Sheet Pile에는 분명히 기초가 없다. 축하중이 크지 않고 횡하중이 주된 설계하중일 때는 흙의 마찰력이 기초 역할을 하기도 하며, 지하실 바닥 일부가 기초 구실을 할 수도 있을 것이다. 이런 상황 즉 기초가 필요 없을 정도의 기둥에 Base Plate는 왜 필요하겠는가! 그래도 Base Plate의 개념이 파악되지 않는다면 그림 14와 같은 실험을 해보자.

나무 젓가락으로 수박을 눌러보자. 젓가락이 충분히 튼튼해서 부러지거나 구부러지지는 않는데 그만 수박이 구멍이 난다면 곤란하다. 그래서 수박 표면에다 1.5mm두께의 합판조각을 붙이고 눌렀더니 이번에는 그 합판조각이 구부러진다. 그래서 하는 수 없이 100원 짜리 동전을 젓가락 끝과 합판 사이에 끼워 넣었더니 괜찮더라! 뭐 그런 것이다.

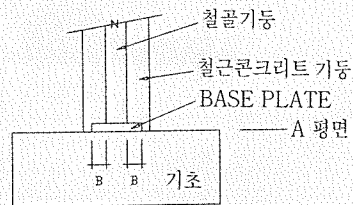
여기서 젓가락은 기둥이고 동전은 Base Plate, 합판은 기초, 마지막으로 수박은 지구(땅)라는 것을 눈치챘을



(그림 14)



(그림 15)



(그림 16)

“

“안해본 최초의 일을 책임지고 해결하여야 하는 외로움, 이를 증명하여야 하는 Engineering의 뒷받침이 어렵다. 혹시라도 알지 못하는 문제점은 없을까? 하는 주위 여러분들의 조언을 받아들여 톱날같이 생긴 Rib를 추가하여 마무리하였다. 도면상으로는 매우 복잡한 형상이었는데 막상 시공 현장에 가 본즉 그 나름대로 보기에 그럭저럭 해서 다행으로 생각한다.

구조도 일반적으로는 보기 좋은 것이 튼튼하다.

Base Plate에 작용하는 하중은 수십~수백톤/m²으로 외곽 크기가 1cm만 커져도 두께를 재확인하여야 한다. 크기가 조금만 커져도 두께가 모자라는 것, 그래서 성가신 구조이다.

”

것이다. 누르는 힘이 크면 짓가락도 굵어야 하고 동전도 500원짜리로, 합판두께도 3mm로 키우면서 크기도 더 늘어나야 한다.

짓가락을 누르는 힘의 크기와 수박 껍질의 단단한 정도(지내력)에 따라서 합판쪼가리의 크기를 결정하는데 그 두께 등의 계산은 위의 동전 크기와 상관관계가 있다.

누르는 힘은 커졌는데 500원짜리 동전이 없다. 그러면 3mm합판 대신 4.5mm합판 또는 철판 등 단단한 재료를 쓰면서 100원짜리 동전 2개를 겹쳐 놓아도 된다. 아니면 짓가락을 굵은 것으로 바꿔 써도 된다. 이와 같이 수박의 표면강도(지내력)에 알맞는 합판, 동전, 짓가락 등 3가지 함수의 조합이 구조장이가 씨름하는 현장이다.

지하 최하층이 기계실 등으로 사용되어서 기둥 크기가 좀 커진다 해도 사용상 지장이 없다면 기둥크기(짓가락 굵기)를 늘리고, 그 대신 Base Plate(동전)크기를 최소한으로 줄이는 것이 일 하기에 편하다.

즉 지하실 최하층 기둥 외곽 크기가 충분히 커서, 말하자면 철근 콘크리트 만으로도 설계가 가능한 정도라고 하자. 그러면 상부 철골기둥을 타고 내려오던 축하중을 해당 층 높이의 부착응력을 활용, 또는 Shear Connector 등을 겸용하여 철근 콘크리트 기둥에 전달시킬 수 있다. 마치 아이스케의 짓가락처럼 별도의 Base Plate가 필요하지 않게 된다.(그림 15)

이런 글을 쓸 때마다 당혹스러운 것은 장거리 전화로 짹짹 물어오는 팬들의 음성이다. “그렇다면 철골기둥

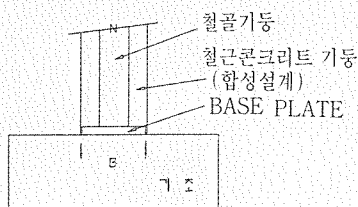
뿌리는 어디에 두어야 하느냐?”다. 일반적으로 기초 상단에 두되 철골 기둥 외곽 크기보다 약간 큰 최소두께의 Base Plate를 부착하여 철골 조립용으로 사용하면 된다. 다만 최하층 기둥 크기를 마음대로 크게 할 수 없는 조건에서는 어떻게 하느냐. 이런 때는 임기응변으로 다음과 같이 대처한다. 철근 콘크리트만으로 부담할 수 있는 축하중을 우선적으로 기초에 전달시키고 난 후 전체 축력에서 철골기둥이 지탱할 수 밖에 없는 나머지 부담용으로 Base Plate를 산정한다. 그러나 여기서 한, 두가지 문제에 봉착한다. “눈에 보이지도 않는 힘이 내 생각대로 이동해 줄 것인가?”라는 것과 그림 16에서 보는 바와 같은 철골기둥 외곽 크기를 벗어난 Base Plate부위(B)의 하중 전달 경로이다.

같은 평면 A에 Base Plate도 앉아있고 철근콘크리트 기둥도 놓여있으니 그 응력의 자리다툼(중복)을 어떻게 처리할 것이냐는 것이다.(그림16)

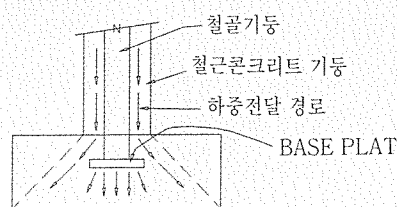
유명한 설계사무소의 도면에도 그림 17과 같은 Base Plate가 있다.

R.C. 피복이 다만 내화피복용이라면 모르되, 철골기둥과 힘을 분담하도록 합성설계한 것이라면 Base Plate가 타고 앉은 기초자리(B)가 2중 부담을 해야한다. 즉 기초의 B부분을 동시에 고속도로로도 사용하고 철도로도 사용하겠다는 위험한 착상이다. (기초 콘크리트 강도를 기둥의 그것보다 엄청나게 크도록 설계 시공한다면 예외임)

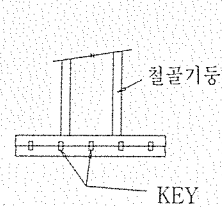
이렇게 하려면 터널을 뚫어 밑에는 지하철이 지나가게하고 그 위는 고속도로를 만드는 것과도 같은



(그림 17)



(그림 18)



(그림 19)

공사가 필요하다. (그림18)

꼭 필요한데는 인색하면서도 Anchor Bolt 인심은 의외로 후하다. 담배처럼 기다랗게 생겨서 그런가?

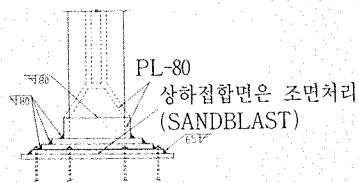
축하증이 큰 대부분의 다층건물 기둥, 특히 지하실 층수가 많은 건물의 최하층 기둥 뿌리에는 횡력이 작용할 겨를이 없고 위 보에서 전달되는 Moment 값은 그야말로 새발의 피다. 또한 얼마간의 횡력이 작용한다 해도 Base Plate가 옆으로 미끄러질 정도, 그래서 Anchor Bolt로 꽂꽂 붙들어 매야 할만큼 심각하지는 않다.

책상에 네개의 다리가 있다. 위에 아무것도 올려놓지 않았을때는 옆으로 밀어서 운반할 수 있다. 그러나 책상 위에 책을 잔뜩 쌓아 놓거나 사람이 올라앉아 있을 때에는 웬만한 힘으로 밀려가지 않는다. (다리가 부서질지언정) 마찰력 때문이다. 그래서 책상 다리에는 Anchor Bolt를 채우지 않아도 된다. 대부분의 경우 조립용으로 배열한다. 더구나 철근 콘크리트 기둥으로 피복되는 철골 기둥일때에는 말할 필요도 없는 것이다. 이제 본론으로 돌아가서 "P"빌딩 Base Plate의 단면산정 과정을 살펴보기로 한다. AISC에서는 통상적으로 사용하는 H형 기둥 단면마다 이에 적합한 규격의 Base Plate를 표준형으로 제시하고 있다. (그냥 평판이다)

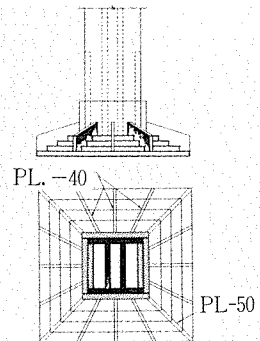
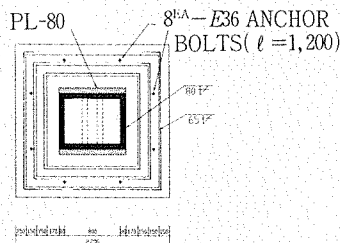
구두방에 가서 자기 발에 맞는 신발을 사 신는 것과도 같다. 그러나 발이 엄청나게 큰 사람이면 특별 주문을 해야 하는 것처럼 "P"빌딩의 Base Plate는 어려운 절차를 거쳐 설계되었다.

30층 주 골조의 응력해석에 소요된 Computer 사용시간과 맞먹는 많은 시간을 Base Plate계산에 소비했다면 믿어줄 지 모르겠다.

Base Plate중에서 가장 간단한 모양은 4각형 단일 강판이다. 마치 Flat Slab에서의 Drop Panel과 같다. 그러나 이번 경우 하나의 4각형 판대기로 Base Plate를 설계한다면 특수 대장간에서 단조해야 하는데 그런대가 없다. 현재 POSCO에서 생산 보증하는 강판의 두께는 80mm가 최대인데 필요한 단일강판두께는 약 300mm이다. 얇은 Base Plate에다 Rib를 붙여서 보강하는 일반적인 방법은 Rib 높이 450mm제한 때문에 어렵도 없다. 따라서 임기응변격으로 제시한 안이 적층식(積層式) Base



(그림 20)



(그림 21)

Plate였다.

물론 이런 모양의 Base Plate는 본적이 없으며 아마도 세상에서 처음일지도 모른다. (세상이 하도 넓어서 처음이란 말는 조심성이 있어야 한다. 맹세코 1968년도의 Rock Anchoring과 1975년경 De-watering공법 개발이 당시 내 판에는 세상에서 처음인 줄 알았는데 외국에서 남들도 쓰고 있었다는 것을 후에 알았기 때문)

한장 한장 쌓아놓은 철판 위를 눌렀을 때 베니야 합판처럼 한 덩어리로 작용하게 하는 방법이 없을까? 철판 상하를 Sand Blasting하면 마찰저항이 미끄럼 방지에 얼마나 도움을 줄것인가?

오래전(1960년대)에는 지금 남대문시장 E동(일명 지하 도깨비시장 건물)이 20층 인가로 증축 고려한 철골건물이다. 당시 Base Plate로 두께 200mm가 필요했는데 일본에서 수입한 100mm강판 2개를 겹쳐놓되 맞닿는 면에 구멍을 뚫고 Key를 끼워 넣었다. (그림 19)

그러나 이번 경우는 강판을 무려 4장이나 겹쳐야하므로 번거로울 뿐만 아니라 Key를 삽입하기 위한 강판의 단면손상이 바람직하지 않았다. 하는 수 없이 강판들의 크기를 서로 다르게 절단하여 각추대(角錐臺)가 되게하는 대신 계단처럼 층지는 곳을 용접하게 하였다. 필요한 부위에 필요한만큼 두께를 확보하게 하여 강재량을 줄이는 효과도 있었다.

안해본 최초의 일을 책임지고 해결하여야 하는 외로움, 이를 증명하여야 하는 Engineering의 뒤받침이 어렵다. 혹시라도 알지 못하는 문제점은 없을까? 하는 주위 여러분들의 조언을 받아들여 똑같이 생긴 Rib를 추가하여 마무리하였다. 도면상으로는 매우 복잡한 형상이었는데 막상 시공 현장에 가 본즉 그 나름대로 보기에다 그럴듯 해서 다행으로 생각한다(그림 20, 21).

구조도 일반적으로는 보기 좋은 것이 튼튼하다.

Base Plate에 작용하는 하중은 수십~수백톤/m²으로 크므로 외곽 크기가 1cm만 커져도 두께를 재확인하여야 한다. 크기가 조금만 커져도 두께가 모자라는 것, 그래서 성가신 구조이다.