

54층건물 구조계산을 하면서 ②

李 昌 男

건축사사무소 센구조

기초란 무엇인가?

기초(foundation)라고 하면 건축물이나 각종 기계의 하중을 지반에 전달시키는 구조체를 말한다.

구조물의 공사는 기초로부터 시작되며 기초는 구조물의 바탕이 되므로 설계나 공사가 부실할 경우 상부 구조체가 아무리 완벽하다 해도 안전성이 보장되지 않는다. 따라서 건물의 기초는 그 건물의 규모에 관계 없이 어떤 경우라도 가장 기본이 되는 중요한 부재이다. 나무로 말하면 뿌리에 해당된다.

그러나 대개의 경우 기초는 눈에 보이지 않게 땅속에 숨겨지게 되므로 변형 상태가 표면에 나타나는 예는 드물며 기초의 변형으로 인하여 상부 구조체에까지 해로운 영향이 미친 후라야 감지된다. 그러므로 기초의 하자 발생은 건축물의 안전 및 사용도에 치명적인 영향을 준다. 기초는 그 보강이나 재시공이 어려울뿐 아니라 보강 하더라도 이미 구조체에까지 진행된 변형을 원상대로 환원한다는 것은 불가능한 일이다.

이러한 이유로 해서 모든 일의 근본을 “기초”에 비유하며 “기초가 튼튼해야 한다.”라는 말은 예로부터 널리 알려진 명언이 된 것이다.

연건평이 각각 1,000평인 두 건물이 있다. 하나는 단층이고 다른 하나는 20층이다. 이들 두 건물의 기둥 배열이 같다고 하면 어느 한 기둥 기초가 말썽을 일으켰을 때 20층 건물은 단층 건물의 20배의 피해를 받는다고 생각할 수 있다. 그러나 한편 단층건물의 기둥간격이 멀어서 기초 갯수가 20층 건물과 같다면 기초 1개의 중요성은 두 건물에서 다를 바가 없다. 그러므로 기초의 중요도 측정에는 택시요금의 시간 거리 병산제와 같이 기초가 부담하는 총수, 면적 병산제가 채택되어야 할 것이다.

기초가 튼튼하다고 하는것은 그 기초 자체만을 두고 하는 말은 아니다. 기초 단면이 아무리 튼튼해도 그 기초를 지탱하는 지정이 기초 하중을 받을 만한 능력이 없으면 아무 소용이 없다. (알미늄 판으로 만든 경비실처럼 운반 가능한 건물이라면 모르지만.) 그러나 이 지반은 사람의 힘으로 만드는 것이 아니며 하나님의 작품인데 다만 우리는 이를 분석 판단하여 적절한 개량 또는 보강하는 수 밖에 없다. 지반은 하나님의 작품이라고 했는데 그 작품을 완전히 파악하기란 쉬운 일이 아니며 지질 지반은 항상 일정하지만은 않는 것이 또한 우리를 당황하게 만든다.

비싼돈 주고 사놓은 땅, 집 지으려고 지반조사 해 보니 30m 밑까지 수렁이기도 하고 표토에서부터 경암이 노출되어 지하실 파는데 지장을 주는가 하면 건물 한쪽은 암반인데 다른 한쪽은 매운 땅일수도 있다.

기초를 지탱하는 지반이 단단하여 직접 기초로서의 설계가 가능할 때에는 가장 간단한 방법의 구조형태가 탄생된다. 독립기초나 연속기초 같은 것이 그 대표적인 예이다. 기둥 축력이 정해져 있을 때 지질 지반의 내력이 적으면 기초 크기가 커야 하며, 지질 지반의 내력이 크면 기초가 작아도 된다는 것은 상식적인 이야기이다. 지질 지반은 약한데도 기둥 축력이 크면 기초의 크기도 이에 따라 커져야 하며 그 크기가 어느 한계에 도달하면 인접기초가 차지한 지반까지 침범하기에 이른다. 이렇게 되면 건물 바닥 전체가 기초 면적으로 활용되는 것인데 이것을 우리는 총기초 또는 Mat 기초라고 한다.

Mat 기초는 바닥 전체를 콘크리트 덩어리로 설계할 수도 있고 널리 알려진 이중슬래브로의 설계도 가능하다. 그러나 여기서 한가지 밝혀야 할 사항은 이중슬래브로의 설계 모두가 Mat 기초는 아니라는 것이다. 기둥 밑에 독립기초나 연속기초가 있고 이중슬래브 구조는 단순히 내수부재로만 설계하는 경우가 허다하기 때문이다.

물에 떠다니는 배의 바닥은 기초다. 물이 기초 지정인 셈이다. 하늘을 나르는 비행기도 공중에 떠있을 때는 날개 밑과 동체 밑 모두가 기초다. 그때는 물론 공기가 기초 지정이며 비행장에 내렸을 때는 바퀴(Landing Gear)가 독립기초 역할을 하게 된다.

배는 승객의 무게에 따라 잠수량이 수시로 변한다. 짐을 한 쪽에만 실으면 배도 기울어지며 너무 많이 실으면 물에 빠져버리고 만다. 물에 들어간 배 바닥이 기초 역할을 하므로 하중이 크면 기초 면적이 커지는 유동기초이다. 해상구조물중 물에 띄우는 것은 이 원리를 이용한다.

지질지반 상태가 좋지 않을 때 사용되는 Mat 기초는 물에 띄우는 배와 다를바 없다. 배 대신 건물이며 물 대신 흙일 뿐이다. 배는 좀 흔들려도 흙이 안되며 어느 한쪽으로 기울어도 짐을 옮겨 실으면 정상대로 회복된다. 그러나 건물이 기울어지면 우선 용도에 지장을 주게된다. 또한 흙은 물에 비하여 하중 변동에 따르는 민감한 변형이 일어나지 않을뿐만 아니라 하중을 이리 저리 옮겨 가며 기울어진 집을 바로 잡을수는 없는 노릇이다.

넓은 의미에서의 기초는 구조물을 원하는 위치에 정착시키는 방편이라고 말해도 될 것이다. 풍선줄을 붙잡은 어린이의 손끝, 등산가가 매달린 밧줄의 Anchor, 바람둥이 건축사 놀아나지 못하게 붙들어 놓는데 종종 이용되는 아들놈을 기초라고 하면 너무 확대해석일까? 옛날에는 좋은 터를 골라 집을 짓는 것이 상식이었지만 오늘날에 와서는 어떠한 악조건에서도 집을 지어야 하는 형편이라서 이와 같은 억지 해석이 필요하게 된 것이다.

15년전만 해도 건물이 땅 위로 솟아 오를까 두려워 땅 속에 갈구리를 만들어 붙들어 매는 설계를 했을 때 이를 건축주는 물론 건축사에게 까지도 설명하는데 많은 시간이 필요했다. 집을 가라앉지 못하게 하는거나 솟아오르지 못하게 하는 행위의 산물은 다 같이 기초라고 불러도 될 것이다.

와우아파트는 기초가 옆으로 밀려나서 쓰러진 것이라고 들었다. 기초가 바람난 것이다. 산 중턱 경사 지반에 집을 지으려면 다음 사항을 유념해야 한다. 그림 1에서 A 부분 지반은 상대적으로 B 지반보다 약하다는 것이다. 게다가 건물 뒷벽 B-C에는 토압과 수압이 작용하고 아울러 A 지반은 빗물 등으로 인하여 유실될 가능성이 많다는 것이다. 그림 2에서 건물 중량 V와 B-C 구간의 토압+수압 H를 합성하면 D라는 합력이 되는데 이는 건물을 비탈면 아래로 밀어 내리는 작용을 하는 것이다.

따라서 A에는 건물 중량에 추가하여 더 많은 하중이 작용하며 B에는 건물 중량으로 인한 반력보다 오히려 적은 값으로 줄어든 하중이 걸리게 된다.

지내력이 상대적으로 적은 A에는 더 많은 짐이 실리고 지내력이 큰 B에는 더 적은 하중이 작용하는 불공평한 응력이 생기는 것이다.

사람은 설사 불공평한 대우를 받더라도 체면이나 정신력으로 어느 정도 참아 주는 장점이 있다. 그러나 자연계의 모든 재료는 받는만큼 반응한다. A가 10cm 주저 앉는데 B가 3cm밖에 내려 앉지 않는다면 7cm의 부동침하가 발생하는 것이다. 같은 각도의 수직 변위라도 건물 높이가 높으면 외관상 큰 변위로

눈에 띄게 된다. A와 B가 지중보로 잘 묶여 있으면 건물 전체가 수평력 H에 의해서 밀려나지 않는 한 수평 이동은 생기지 않는다. 그러나 A와 B가 따로 떨어져 있으면 A만 비탈면 방향으로 밀려나서 기둥이 부러지는 수가 있다. 이것이 와우아파트 사고의 직접적인 원인이라고 한다.

경사지반이 아닐 때에도 부동침하는 발생한다. 엄밀히 말하면 모든 기초는 침하한다. 또한 모든 건물의 기초는 부동침하한다. 다만 그 크기가 허용할 만한 값인가 아닌가 하는 차이가 있을 뿐이다. 물탱크와 같이 하중이 항상 균등하게 변하는 구조물을 제외하고는 어떤 건물도 모든 기둥이 같은 크기의 하중을 받게 설계할 수는 없다. 고정하중은 물론 적재 하중의 크기가 수시로 변하기 때문이다. 그러므로 지질지반 상태가 이상적으로 균등하다 할지라도 기초의 부동침하는 일어나는 것이다.

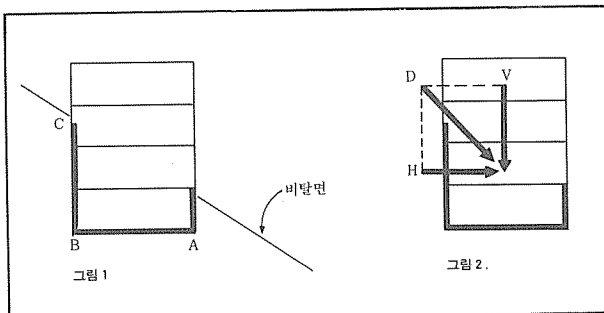
계산된 기둥 축력이 C_1 (500ton), C_2 (450ton), C_3 (350ton) 이라고 할 때 C_1 , C_2 의 기초는 같이 F_1 이라 하고 C_3 의 기초를 F_2 라 이름 붙여 크기를 달리 설계하는 예는 얼마든지 있다. 또한 같은 부호 C_1 이라 이름 지은 기둥들도 그 축력은 항상 같다는 보장이 없다. 같은 크기의 F_1 을 축력이 500ton, 450ton으로 각각 다른 C_1 , C_2 의 기초로 사용하면 지내력이 같을 때 침하량이 다른 것은 당연한 일이다. 그런데다 기초 지질 지반마저 균일하지 않다면 그 부동침하량은 정확히 알아낼 도리가 없다.

원래 경암반을 깎아내고 깨끗이 청소한 바탕 위에 기초를 설치하는 경우를 제외하고는 모든 기초가 초기 침하를 일으키게 된다. 흙을 파고 잘 청소한 기초 바닥면에도 흐트러진 흙먼지가 있게 마련이며 파 놓은 지반면은 풍화작용으로 인하여 급속히 약화된다. 게다가 빗물이라도 스며들면 제법 단단하던 흙도 죽처럼 흐늘거리게 된다. 물론 흐트러지지 않는 원지반도 하중을 받으면 침하가 일어나는데 우리는 이 모든 것을 어느 정도 해결된 허용치 아래에서 인정하며 제한할 따름이다.

어느 한 건물에서 여러 종류의 기초를 병용하는 것을 서투른 설계라고 판정하는 분이 의외로 많다. 건물의 한쪽은 직접기초, 다른 한쪽은 말뚝기초로 설계하면 큰일 나는 것으로 안다.

단단한 지층이 경사지게 발달해 있으면 기초는 그 단단한 지층까지 내리는 것이 가장 합리적이다. 그러기 위해서는 경사진 아래쪽에 지하실을 배치하는 건축계획상의 해결방법도 이용되거나 그것도 정도 문제이다. 기초를 내리기 위하여 상부 연약층을 파내고 "내림기둥"으로 기둥 길이를 연장하는 방법도 이용된다. 그러나 그것도 모든 여건이 맞아야 한다.

이럴 때 경질지반이 직접 노출되는 부위에는 직접기초, 그렇지 않은 부분은 말뚝기초나 피어기초로 설계하는 것은 부동침하를 줄이는 아주 좋은 방법이다. 가능하면 연약부위 지반을



환토 하거나 지반 개량공법으로 지내력을 증가시키기도 한다.
경사지반에 말뚝을 박아 기초지정으로 삼는 경우 조심해야 할 점은 다음과 같다.

경사지반에서 높은 부분의 흙을 깎아 낮은 부위를 메워 대지 조성을 했다면 메운흙의 입자는 시간이 흐름에 따라 경사면을 따라 이동하게 된다. 공사 기간이 정해져 있으니 메운 흙이 다 저지기를 무한정 기다릴수는 없고 해서 말뚝지정으로 설계하는 것을 자주 보게 된다. 말뚝은 대개 길이에 비해서 굵기가 가늘어서 휨에는 약한게 특징이다. 말뚝은 운반할 때 밧줄을 가운뎃다 묶거나 양 끝에 묶지 못하도록 제한할 정도로 휨에 약하다. 따라서 말뚝은 경사지반면을 따라 흘러내리는 흙의 입자가 부러뜨릴 수도 있다. 또한 메운 흙에 돌맹이라도 있어서 말뚝 끝에 걸리면 원지반으로 잘못 판단하여 박기를 중지하는 일이 생기지 않도록 주의하여야 한다.

기초의 종류 탁상실험

횡설수설 장황한 잔소리의 핵심을 놓친 보조원은 다음 실험을 해 보기 바란다.

건축사지(건물에 해당함)를 책상(지반) 위에 얹어 놓으면 잡지가 책상과 닿는 면 전체가 책의 기초이다. 즉 Mat 기초이다.

잡지 밑에 지우개 몇개를 끼워 두면 이 고무는 독립기초의 역할을 한다. 다시 말하면 잡지의 무게를 지탱하여 책상면에 전달하는 매개체를 기초라고 할 수 있다.

잡지 위에다 이것 저것 무거운 물건을 올려 놓아 두면 잡지는 구부러지고 만다. 이것은 기초의 문제가 아닌 잡지(건물) 자체의 설계 Miss에 해당된다.

책상을 단단한 압반이라고 했을때는 위와 같이 기초 침하와 같은 문제가 없었다고 하자. 그러나 만약 책상 위에 모래를 쌓아 놓고 그 위에서 같은 실험을 한다면 어떻게 될까? 고무가 침하하면 모래의 지내력이 부족한 이유이며 이때 고무 밑에 성냥개피 몇개씩을 꽂아 놓아 침하를 방지하면 성냥개피는 말뚝 지정이고 성냥개피 보다 굵은 볼펜 뚜껑을 잘라서 꽂아 놓으면 Pier 지정이 된다.

성냥개피나 볼펜 뚜껑을 사용하지 않고 고무 대신 성냥갑을 끼워 두면 이것이 지내력 약한 지반에 시공하는 독립기초가 된다.

잡지 밑에 고무 몇개를 끼웠을때 고무가 모래 속으로 침하하면 모래의 지내력이 부족한 때문인데 고무를 나란히 이어서 여러개 배열하면 줄기초가 된다. 줄기초로 해도 가라 앉으면 줄기초와 줄기초 사이에 또 줄기초를 두면 되는데 이런 과정을 되풀이 하다 보면 잡지 밑바닥 전체에 고무가 깔리고 이것을

Mat 기초라 부르게 된다.

Mat 기초로도 잡지가 가라 앉을만큼 하중이 크다면 직접기초로의 설계가 불가능하다. 이 때에는 말뚝기초, Pier 기초로 설계하거나 기둥 길이를 연장하여 즉 고무를 책상위까지 내리고 모래 구간에 기둥을 연장하는 방식이 쓰인다. 또한 모래를 들어내고 더 단단한 재료로 바꾸는 환토나 모래에 시멘트물을 주입시켜 굳게 하는 지반개량, 또는 모래를 잘 다져서 내력을 증가시키는 Dynamic Compaction Method 등이 있다.

또 한가지 실험을 계속해보자. 모래 일부를 들어 내고 그 자리에 톱밥을 채워 넣고 같은 실험을 되풀이 해 보면 부동침하가 무엇인가를 실감하게 된다.

Mat 기초가 아무리 튼튼해도 톱밥과 모래 위에 놓인 잡지의 부분은 침하량이 다르다.

K. T. C. 기초방식 선정

이상 기초에 관한 기본 상식은 K. T. C.의 기초방식 선정 과정을 설명하는 다음 글을 이해하는데 도움이 될 것이다.

설계하고자 하는 기초의 하중은 아래 “건물의 규격 및 중량”에 기록되어 있으며 최종 선정된 기초방식은 구조적인 장점에서 서라기 보다는 시공 여건, 공기 및 실력자(?)의 입김이 크게 작용했음을 밝혀 둔다.

건물의 규격 및 중량

K. S. 783-8449(우연히 필자 전화번호와 일치한다) Miss Korea 제품 규격표에는 길이와 각부 둘레 치수를 mm로 표시하고 중량도 kg으로 표시하게 되어 있다.

그래서 앞으로 계속 거론할 K. T. C.의 규격을 적어 보면 그림 3, 4와 같다. 사무동 평면은 54m×41.7m 이고 건물의 최대 지상고는 227m이다.

그림 3에서 사무동의 주요 외곽기둥을 연결하는 선으로 둘러 쌓인 평면내의 면적은 약 2,000m² 이고 건물의 중량이 약 93,000ton이니 건물의 평균 단위면적당 중량은 46.5t/m² 라는 계산이다.

사무동의 주요 기둥은 54개인데 지하 2개층을 제외한 지상 층수는 최고 54층, 최저 13층의 계단 같은 형태여서 그 기둥 축력은 2,800ton에서 650ton까지 다양하다.

사무동은 전체 대지 약300m×450m의 일부를 차지하며 전시동 약200m×220m와 더불어 본론에서 주로 다루는 대상이다. 사무동과 전시동은 현재 설계중인 City Air Terminal, 호텔, 쇼핑센터와 더불어 지하실이 연결되어 있어 하나의 거대한

전물군을 이룬다.

전시동의 최대 기둥 Span은 54m로 우연히도 사무동 층수, 주요 기둥갯수와 수치가 같다. 전시동 54m Span Truss를 지지하는 기둥은 지하 2층, 지상 2개층에 불과한데도 층고가 높고 적재하중이 커서 최대 축력이 1,100ton이나 되며 일부 사무동의 기둥축력보다 오히려 크다.

다시 사무동으로 돌아가서 54층 Tower의 총중량 93,000ton (적재하중 포함)은 4ton트럭 23,250대로 실어 날아야 하는 무게인데 이 무게를 앞으로 영구히 떠 받들고 있을 기초를 설계하여야 한다.

앞에 설명한 단위면적 중량 46.5t/m²는 높이 46.5m의 물탱크나 높이 20m의 콘크리트 덩어리 또는 5.9m 높이의 셋덩어리에 해당된다. 이 무게를 다시 흙으로 환산하면 약 27m 두께인데 지하 2층을 파낸 흙 두께 약 13m를 빼면 K.T.C. 대지에 지상높이 14m 즉 4층 높이의 흙을 쌓아 놓은것과 비슷한 하중이다.

그러나 그림 4와 같이 계단식으로 설계된 것을 감안하면 최대 50t/m², 최소 30t/m²로 단위중량이 변화한다. 이를 물 높이로 환산하면 "A"선과 같고 흙으로 계산하면 "B" 셋덩어리라면 "C" 선에 해당된다.

Pier 기초

건물도 유행에 따라 설계하는 경향이 있다. 대한생명의 기초가 Pier인것을 보고 고층건물의 기초는 의례히 Pier러니 하고 다른 방식에는 눈을 돌리려고 하지 않았다. 그러나 도중에 문제가 생겼다. 우리나라에서 처음 사용한 직경 3m의 Pier는 대한생명 63빌딩이었는데 그 장비는 빌려 쓸 여건이 못될 뿐 아니라 고장이 잦아서 공기내에 완공할 보장이 없다는 것이다. 새로 장비를 주문하면 도입 시기가 길어서 또한 불가능했다. 우여곡절 끝에 최종 결정된 기초방식은 3m Pier 1.5m Pier를 겸용하는 것인데 그 배분은 이용 가능한 장비(Reverse Circulation Drill)의 능력을 감안하여 공사 기간이 가장 적게 드는 것을 택했다. 결국 구조상 합리적인 공법을 채택하는 것이 아니라 구할 수 있는 장비에 맞추어 구조방식이 결정된 것이다. 옛날 군대에서 배급받은 신발에 발을 맞추는 그런 식의 설계였다.

Pier란 현장 콘크리트 말뚝인데 준비된 장비가 3m, 1.5m 직경 두종류이고 기둥 축하중이 계산 되었으니 나머지 결정할 사항은 Pier의 깊이 즉 어느 지층까지 파고 내릴 것인가 하는 것과 배열 방법이다.

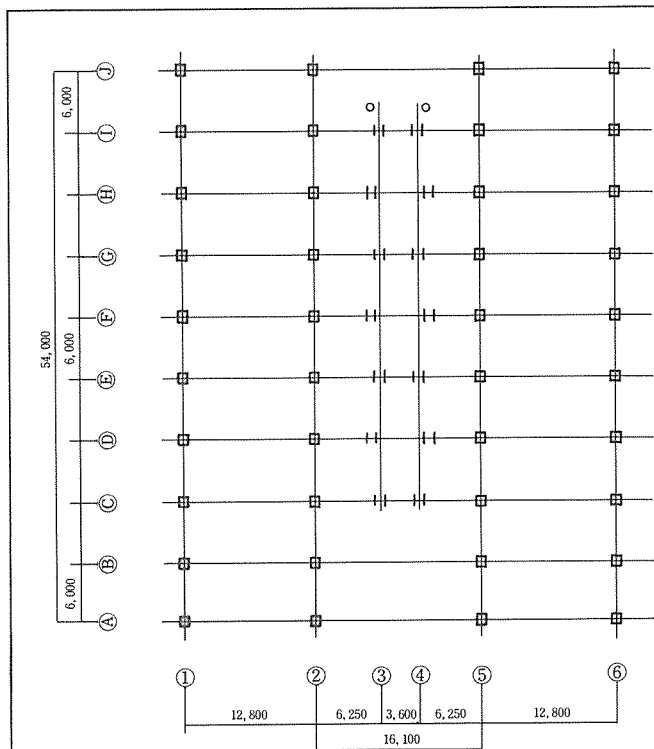


그림 3. K.T.C. 사무동 평면도

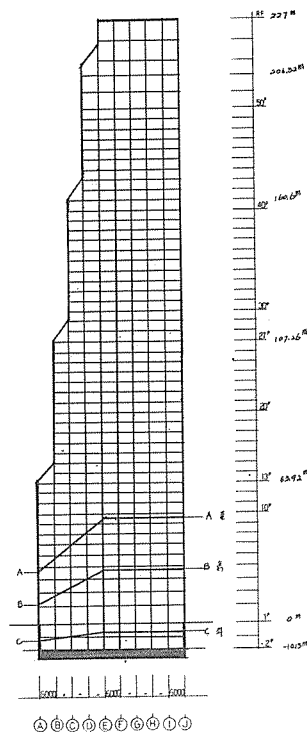


그림 4. K.T.C. 사무동 단면도

Pier의 허용 내력은 Pier 자체의 내력과 Pier를 지지하는 지층의 내력중 적은 값으로 결정된다. Pier 자체가 아무리 튼튼해도 이를 지지하는 지층이 약하면 Pier가 지층을 뚫고 내려가서 침하하는 것은 당연한 일이다 또한 지층이 아무리 단단해도 Pier 자체의 내력이 부족하여 파괴되면 이 또한 불안정한 기초 지점이다.

Pier 단면이 위 아래 균일한 경우 Pier 단면적 전체가 Pier 선단의 지질지반과 동등 이상의 내력을 갖고 있으면 된다. 암반까지 파고 내려간 Pier는 암반을 위로 향하여 기초 밑까지 연장한 것이라고 생각하면 된다. 그러나 Pier가 선단지지에 부가하여 주위 마찰반력까지 이용한 것이라면 선단 지지내력보다 더 강한 재료이어야 함은 물론이다.

이제 Pier 자체의 강도를 검토해 보기로 한다. 이에 앞서 콘크리트와 암반과의 강도를 비교해 봄으로써 독자의 이해를 돕기로 한다.

일반적으로 경암이라고 하면 장기 허용 지내력이 $400\text{t}/\text{m}^2$ 이상이다. 이것은 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 에 해당하는데 28일 압축강도 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 콘크리트의 허용압축 응력도는 $70\text{kg}/\text{cm}^2$ 이므로 경암반보다 훨씬 크다.

즉 $400\text{t}/\text{m}^2$ 내력의 경암반은 28일 압축강도 $120\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 콘크리트라고 보아도 될 것이다. 그러나 우리는 $120\text{kg}/\text{cm}^2$ 짜리 콘크리트를 구조재로 인정하지 않으므로 사실상 Pier의 콘크리트 자체 강도는 Pier의 내력 결정요소로 고려하지 않아도 될 듯하다.

지내력이 $400\text{t}/\text{m}^2$ 나 되는 경암반까지 내려가는 Pier가 이 정도이니 지내력이 불과 $100\text{t}/\text{m}^2$ 정도 되는 연암반에 지지시키는 Pier는 더구나 콘크리트 강도가 문제되지 않는다. 이렇게 재료를 낭비하는 설계를 보완하는 방법이 이른바 Pier 선단의 Belling out 방법이다. 전시동에서는 이 공법이 채택되었는데 Pier 몸체 직경 1.5m로는 1.5m, 2.2m, 2.4m의 바탕을 만들고 몸체 직경 2.4m로는 2.6m, 2.8m, 3m, 3.2m로 바탕 직경을 늘여 공사비를 줄이도록 하였다. 외국에는 이렇게 Belling out 시키는 특수 장비를 사용한 공사가 많은데 바탕 직경이 몸체 직경의 2배가 되면 단면적은 4배가 되므로 지내력이 $100\text{t}/\text{m}^2$ 인 지반에 지지될 경우 몸체는 $400\text{t}/\text{m}^2$ 경암반에 지지되는 Pier와 동등한 내력을 갖도록 시공해야 한다.

그림 5는 전시동 Belling out 방법을 적용한 Pier의 예이다. 이상과 같이 Pier는 콘크리트 강도가 별 문제 되지 않는데도 불구하고 콘크리트의 품질관리에 각별한 정성을 쏟는다면 콘크리트의 배합강도를 어느 이하로 설계하는 것을 규제하는 기준도 있다. 또한 어떤 엔지니어는 콘크리트의 허용 내력을 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로 제한하기도 한다. (사실 지내력 $500\text{t}/\text{m}^2$ 에

해당되므로 그 이상 필요하지도 않다.)

그 이유는 Pier의 콘크리트가 수중콘크리트로 시공되는 경우가 많아서 제대로 시공될 수 없으며 일단 콘크리트를 붓고 나면 검사가 어려울뿐 아니라 수정하는 것도 쉽지 않기 때문이다.

이러한 이유로 Pier 콘크리트의 허용압축 응력도는 $0.2F_c$ 로 계산하였고 28일 압축강도 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 허용응력도로 $42\text{kg}/\text{cm}^2$ 를 채택하였다. 이 값은 앞에 기술한 경암반 $400\text{t}/\text{m}^2$ 보다 5% 더 큰 값이다.

Pier는 중요한 것이니 콘크리트 강도가 적어도 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 는 되어야 한다는 주장을 되풀이 하는 실력가들을 설득하여 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 결정하게 한 설명이다.

Pier에 배근하는 철근만 해도 그렇다. 콘크리트만으로도 기둥 축력을 지탱할 수 있으니 철근은 당연히 최소 철근비로 배근하면 된다. 건설부에서 제정한 철근콘크리트 구조계산규준 4.3.5에 의하면 기둥의 최소 철근비는 $h/D \leq 1$ 일 때 0.4%, $h/D > 1$ 이면 0.8%로 규정하고 있다. Pier는 땅속에 시공하는 제자리 말뚝이므로 본 구조물의 경우 h/D 값은 무의미하나 참

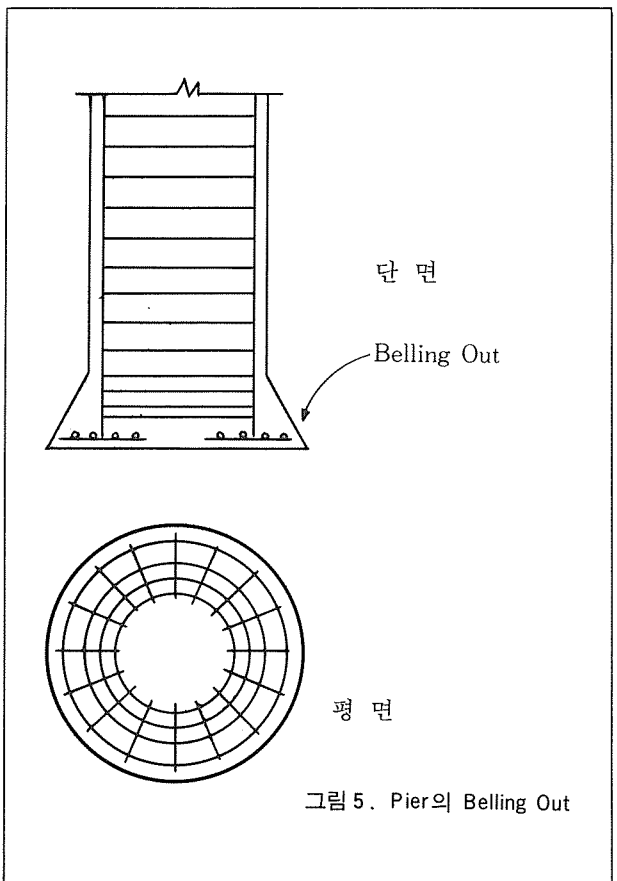


그림 5. Pier의 Belling Out

고로 이를 검토하면 3mφ는 h=15일때 h/D=5, 1.5mφ는 h/D=10이 된다.

또한 미국계 엔지니어들은 최소철근비를 1%로 주장하고 있는데 그 이유는 Pier의 수중콘크리트 타설시의 불확실요소에 대비한 것이고 A·C·I에서도 1%로 규정하고 있다.

K. T. C.에서는 Pier 시공기계수배 관계로 3mφ, 1.5mφ 두 종류만을 사용하였으므로 같은 규격의 Pier도 각각 다른 하중을 지지해야 하는 입장에 놓이게 되었다.

따라서 본 건물에서는 위의 여러가지 사정을 감안하여 1.5mφ Pier에는 0.8%, 3mφ Pier에는 그 지지하는 하중의 크기에 따라 1%, 0.8%, 0.7%, 0.5%등 4종류로 배근하여 전 평균 철근량이 0.8%를 넘지 않게 하였다.

400t/m² 경암반에 지지된 3mφ Pier의 허용지지력은 약 2,800ton, 1.5mφ Pier는 700ton인데 이렇게 4배나 차가 나는 두가지의 Pier로 설계하다 보니 어떤 Pier는 거의 100% 내력이 소요된 반면 내력의 반밖에 이용되지 않은 Pier도 있게 되었다.

이 경우 탁상에서는 Pier의 길이를 조정하여 기초마다 과부족이 없는 설계도 가능하겠으나 땅 속의 상태를 정확히 판단하는 조사비와 능력, 시공방법의 어려움이 있어서 같은 지지력 조건 이상이 확보되는 지층까지, 그것도 또 여유를 두어 1m를 더 깊이 파고 내려가는 안전측의 공사가 되도록 배려하였다.

사실상 Pier는 암반에 밀착되게 콘크리트를 부어 넣는 방법이 쉽지는 않다. 수중콘크리트 또는 Bentonite Slurry 내에 부어 넣는 콘크리트이기 때문이다. 따라서 Pier의 콘크리트 부어 넣기를 완료한 다음에는 Check Boring을 하게 되는데 Pier 밑과 암반 사이에 Bentonite Slurry나 퍼내다 만 토사가 남아 있는 경우가 흔히 있는 일이다.

한편 Pier의 내력중 무시 못할 보너스는 Pier 주위의 마찰

력이다. 실제로 실험한 보고서에 의하면 선단이 암반과 Slurry로 완전히 격리된 Pier를 하중시험한 결과 그 마찰내력이 대단히 큰것으로 나타났다.

이런것을 근거로 하여 Pier는 선단지지(End Bearing)와 마찰반력(Soil Friction)의 복합내력을 감안하면 부식암까지만 내려가도 500t/m²의 내력을 갖는 Pier가 된다고 하는 업체가 우리나라에도 진출해 있다.

그들의 설명은 충분히 타당성이 있고 또한 많은 실적도 있으나 외국업체이기 때문에 Engineering Fee의 과다 등으로 공사비가 별로 절약되지 않았다.

Pier 선단과 지지암반과의 사이가 비어있는 것이 Check Boring으로 확인되거나 Pier하부 암반에 균열이 있는것이 발견되면 미리 준비해둔 구멍을 통하여 Grouting을 한다. 즉 주사를 놓아 빈 틈을 메운다. 이러한 모든 작업은 토질전문가의 영역이며 건축인들에게는 다소 생소한 분야이므로 각 절차마다 담당할 마음 금할길 없었다. 같은 토질의 지내력을 판정하는데 있어서도 그 범위가 너무 큰 차이가 나서 도무지 납득할수가 없었다. 한마디로 표현하면 토질분야는 아직 황무지라고나 할까?

지내력을 판정하는 방법도 가지가지이며 판정하는 사람의 경험과 개성에 따라 의견이 구구하다. 토질 그 자체만을 시험하여 지내력을 판정하는 것도 실제 지내력과 일치하지는 않는다. 암반 자체의 시험치가 1,000t/m² 내력을 갖는다 해도 암에는 균열이 있고 그 균열의 크기와 배열, 각도에 따라 상부 하중을 변위 없이 안전하게 지탱할 수 있는 내력은 100t/m²정도로 떨어지기도 한다. 같은 질의 벽돌도 쌓는 사람의 솜씨와 쌓기 방법에 따라 지지력이 다른것과 마찬가지로이다.

암반은 또한 자연물이므로 그 분포가 책상면과 같이 균일하게 깔려 있는것이 아니라 울퉁불퉁 제멋대로이며 암반이 층을 이루어 그 사이에는 연약토질이 끼어 있기도 하다.

建築學會40年史 發刊

建築學會는 創立40周年을 맞아 그간 산재해 있던

學會 및 建築에 關한 各種 資料를 수집, 정리하여 大韓建築學會 40年史를

發刊하여 建築界 人士에게 普及中에 있습니다.

普及價格 : 10,000원

問議電話 大韓建築學會 : 553-4715·4716 大韓建築士協會 : 581-5711~4