

연약지반보강 팽이말뚝 기초공법 적용



김 수 권 대표이사
에스트건설

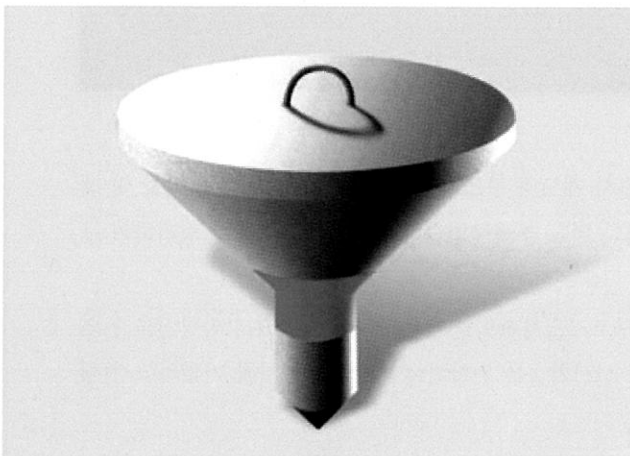


김 인 기 상무이사
에스트건설

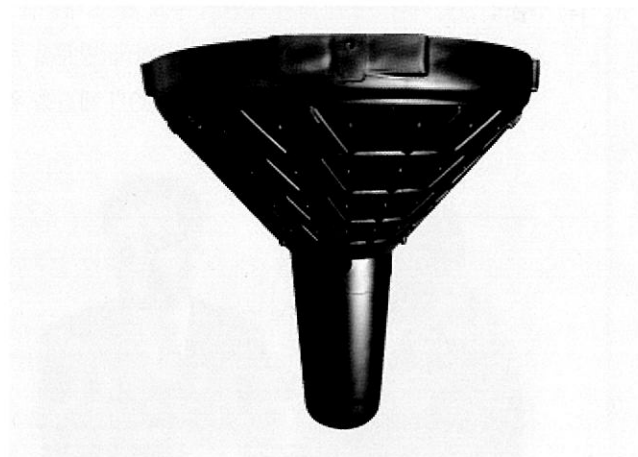
1. 공법의 개요

팽이기초공법은 옥석기초공법에서 유래된 공법으로 팽이파일
을 연약지반위에 부설하여 지반을 개량보강하는 공법이며
일명 톱-베이스 공법이라고도 한다.

팽이부 45도 경사면에 의한 응력분산, 파일부에 의한 측방
유동억제, 팽이파일과 쇄석의 상호작용에 따른 응력저감 등에
의한 지지력 상승, 침하량 억제, 부등침하 방지 등의 효과가
있으며 아래의 [그림1] 및 [그림2]의 공장제작형 및 현장타설
형의 두가지 공법으로 분류할 수 있다.



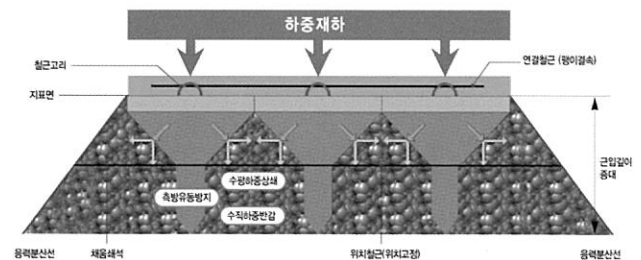
[그림 1] 공장제작형 팽이파일



[그림 2] 현장타설형 팽이파일

2. 공법의 구성

아래 [그림3]에서 보는 바와 같이 팽이형 콘크리트 말뚝을
철근 연결고리로 강결하여 상부의 강성매트(Rigid Mat)를



[그림 3] 팽이말뚝 설치 단면

형성하고 원추인 팽이부와 지반면의 사이에는 쇄석을 포설하여 구조적인 안정성을 확보하는 하나의 일체화된 전면기초를 얻을 수 있다.

3. 공법의 메카니즘 및 적용 특성

팽이기초공법(톱-베이스)에 대한 현장 및 실내시험과 수치 해석에 의한 증명은 1986년부터 1988년 사이에 일본 토목연구센터의 톱-베이스 공법 검토위원회를 비롯하여 여러기관에서 수행한 결과를 발표하였으며 다음과 같은 장점이 있음을 확인하였다.

1) 지지력증가

기초하중이 팽이파일 축각부를 통하여 채움쇄석을 압축 구속하므로 쇄석과 일체로 강성구조가 되어 무처리지반에 비해 지지력이 1.5~2배 이상 증가한다.

2) 침하억제

연약지반에서의 재하시험시 팽이기초의 즉시침하는 무처리 지반에 비해 1단시공시 1/2, 2단시공시 1/4에 불과한데 이렇게 즉시침하가 작게 발생하는 것은 팽이기초가 측방유동을 억제하기 때문이다.

유사한 지반에서 장기압밀시험을 한 결과, 무처리 지반에 비해 팽이 1단 시공시 1/3, 팽이 2단 시공시 1/9에 불과한 것으로 확인되었으며, 팽이기초는 단부에서 강도증가가 클 뿐 아니라 강도증가가 연직방향으로 균등화되며 하부층으로의 응력전달을 감소시키기 때문이다.

3) 측방유동의 억제

팽이기초 공법의 가장 효과적인 메카니즘이 측방유동의 억

제이다. 점토시료를 사용한 실내 모형실험을 통해 팽이기초는 간극수압의 발생이 극히 작았으며 따라서 dilatancy가 거의 일어나지 않았음이 확인되었다. 이는 파일과 쇄석이 일체화되어 기초 하부의 측방변형을 구속하기 때문이다.

4) 공기단축

깊은기초(PHC Pile 등)에 비해 소요공기가 평균적으로 약 20~50% 이므로 공기단축에 유리하다.

5) 친환경적인 공법

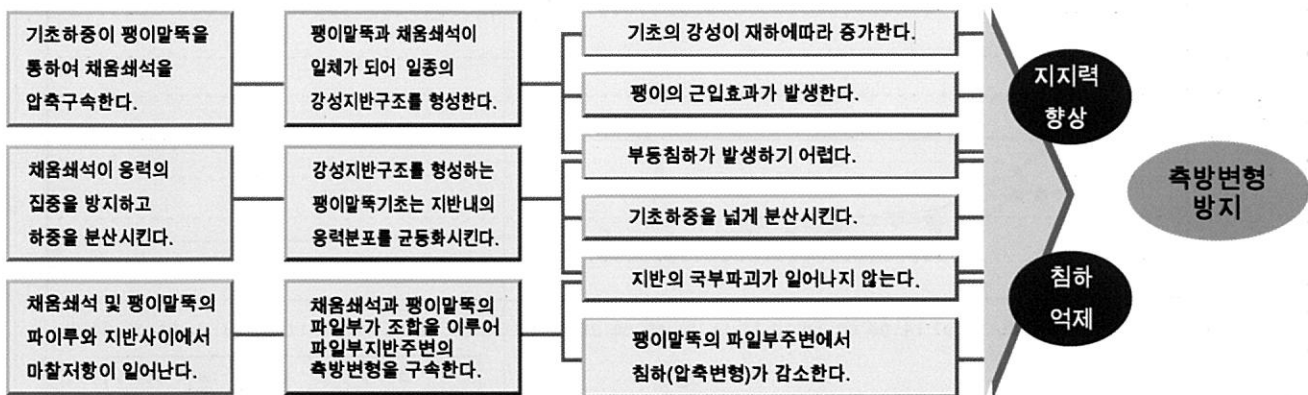
진동 및 소음의 영향이 거의 없기 때문에 도심지 및 협소한 장소에서도 시공이 가능하며 민원방지도 효과적이다.(그림 4 팽이기초의 특징 참조)

4. 적용대상

팽이기초공법은 아래에 나열한 바와 같이 건축 또는 토목구조물의 모든 기초에 적용이 가능하다. 현재까지는 연약지반에 구조물을 축조할 때 지반의 지지력이 부족한 경우 상재하중의 크기에 관계없이 말뚝기초를 사용하는 등 과잉설계의 소지가 많이 있었으나, 상재하중이 크지 않은 구조물의 기초로 팽이기초공법을 적용하게 되면, 경제성 및 시공성 측면에서 유리하여 효과적인 대안공법이 될 수 있을 것이다.

(적용가능시설)

- 1) 관공서 및 공공시설물
- 2) 아파트 및 지하주차장
- 3) 근린생활시설
- 4) 공장 및 물류창고
- 5) 관로 및 암거구조물



[그림 4] 팽이기초의 특징

- 6) 공동구 및 옹벽구조물
- 7) 일반토목구조물

5. 공법의 시공순서

팽이기초의 시공순서는 다음과 같다.

| | |
|--------------|--------------|
| (공장제작형팽이기초) | (현장타설형팽이기초) |
| 1) 토목섬유설치 | 1) 토목섬유설치 |
| 2) 하부쇄석치환 | 2) 용기조립 및 설치 |
| 3) 위치철근배치 | 3) 레미콘타설 |
| 4) 팽이파일부설 | 4) 레미콘양생 |
| 5) 채움쇄석다짐 | 5) 채움쇄석다짐 |
| 6) 연결철근의 결속 | 6) 연결철근결속 |
| 7) 본 구조물의 설치 | 7) 본 구조물의 설치 |

6. 팽이기초 적용 및 계측

1) 적용 개요

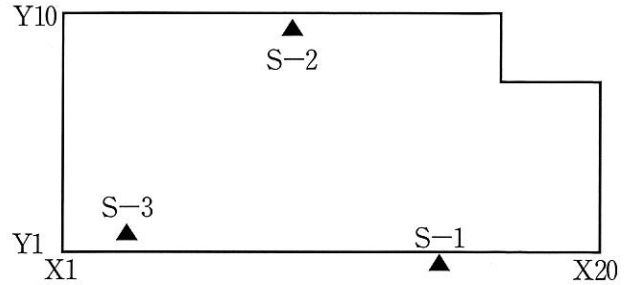
다음은 연약지반(해성퇴적층, N치=2~3)이 넓게 분포되어 있는 인천 신흥동 아암물류단지에 팽이기초를 적용한 사례로서 암반까지의 지지층 깊이가 약 25~30M 인 현장이다.

허용지내력은 $F_e = 100 \text{ kN/M}^2$, 팽이기초 시공 면적은 약 15,000M² 이며, 2007년 12월에 지표침하계와 건물경사계를 설치하여 장기침하와 기울기를 측정하였다.

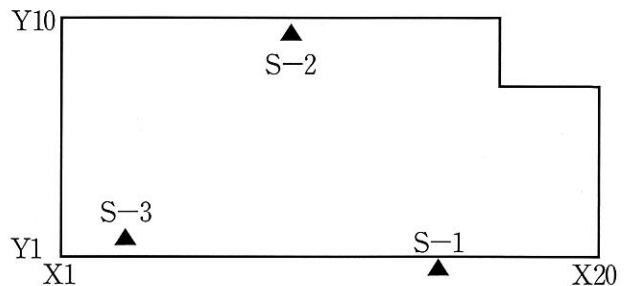
2) 계측기 설치위치

지표침하계와 건물경사계는 건물의 1층 바닥 슬라브에 아래

[그림5] 및 [그림6]과 같이 설치하여 측정하였다.



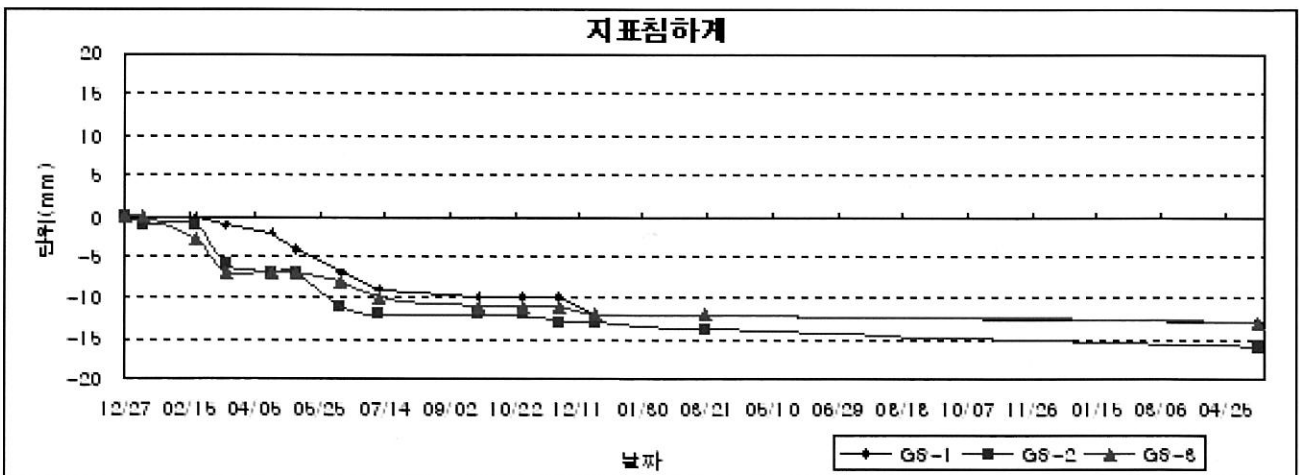
[그림 5] 지표침하계 위치(S-1, S-2, S-3)



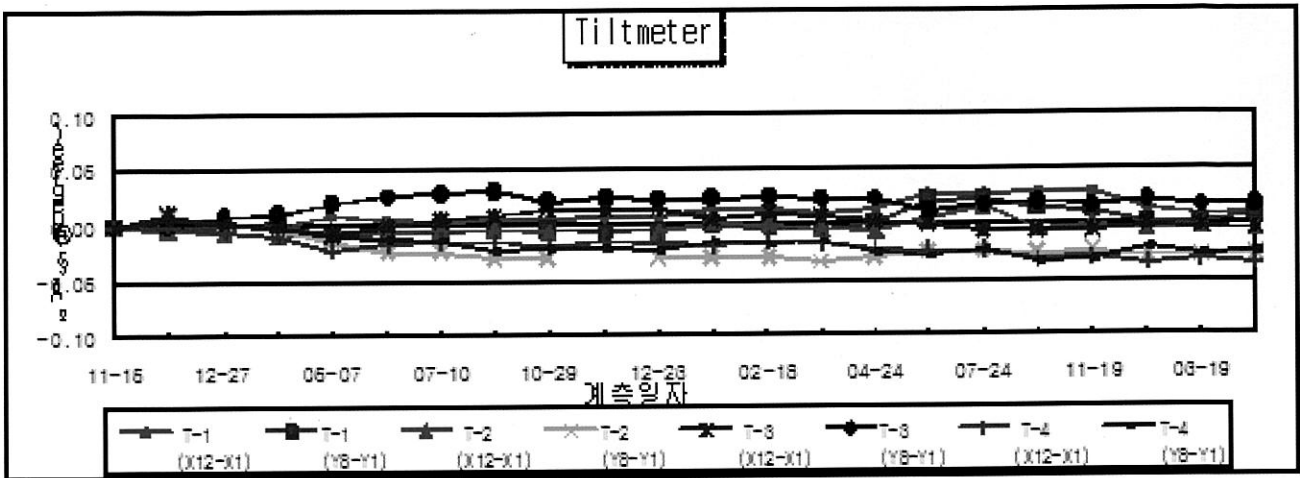
[그림 6] 건물경사계(T-1, T-2)

3) 침하량 계측결과

- ① 최초 측정일인 2007년 12월 27일 부터 계측 종료일인 2010년 5월 20일까지 875일 동안 계측을 하였다.
- ② 최종 침하량을 위치별로 보면 S-1번은 -13mm, S-2번은 -16mm, S-3번은 -13mm로 나타났다.
- ③ 침하계 설치는 건축구조물 마감 작업때 설치하여 초기치를 측정하였으며, 건축물 시공이 완료된 후 창고의 물건



[그래프 1] 지표침하계 위치별 침하 변화 추이



[그래프 2] 건물경사계 위치별 변위 변화 추이

이 반입되는 2008년 2월부터 침하속도가 전체적으로 빠르게 진행된 것으로 나타났으며, 2008년 7월 이후로는 미소한 침하가 되다가 점차 전체적으로 수렴되어 가는 거동 상태를 보였다.

- ④ 최종 침하량은 일반적인 철근콘크리트 구조물의 허용침하량인 -50mm를 기준하였을 때 안정적인 침하량만 발생한 것으로 나타났다.

4) 기울기 계측결과

- ① 최초 측정일인 2007년 12월 27일 부터 계측종료일인 2010년 5월 20일까지 875일 동안 계측을 하였다.
- ② 최종 측정결과를 보면 X20-X1 방향의 변화는 -0.040 ~ 0.028 degree, Y10-Y1 방향 변화는 -0.002~0.001 degree로 측정되었다.
- ③ 측정 기간 동안 변화 추이를 보면 미소한 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였으며, 일반적인 관리기준치인 0.114 degree 이내의 미소한 변화만 있었을 뿐 전체적으로 안정적인 거동 상태를 보였다.

5) 계측 검토 의견

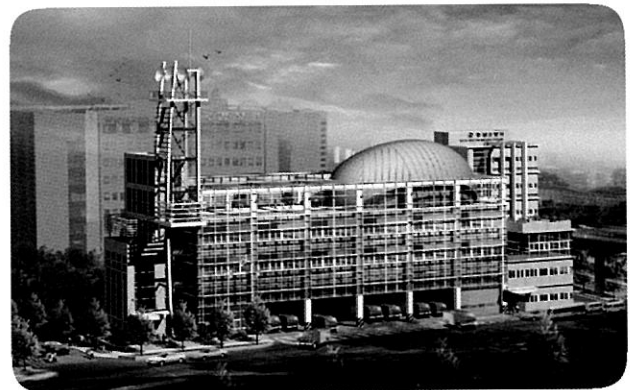
- ① 사전에 검토되어 예상된 이론적인 침하보다 실제 발생하는 침하량이 다소 작게 나타났으며, 장기적인 계측결과 값을 분석해 보면 지반 거동이 상당히 안정적으로 나타났음을 알 수 있다. 이는 팽이말뚝의 특징을 잘 나타내고 있다고 할 수 있으며, 특히 부등침하 방지에 상당한 효과가 있는 것으로 볼 수 있다.

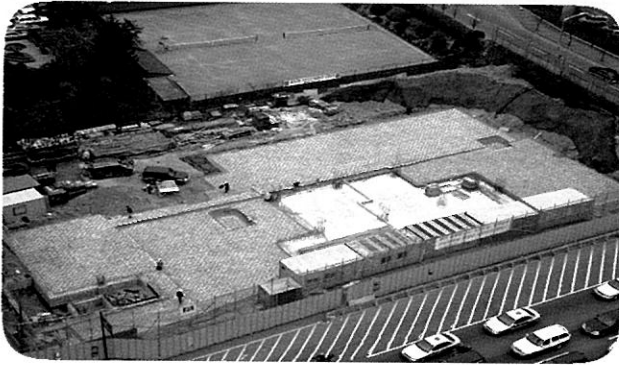
- ② 결과적으로 연약심도가 깊은 지반에서는 팽이말뚝공법이 하나의 대안이 될 수 있으며, 이는 공사비 절감뿐 아니라 공기단축에도 효과적이다.

7. 팽이말뚝 적용 사례

1) 강남소방서 신축공사

공사명 : 강남소방서 신축공사
 발주처 : 서울시 건설안전본부
 시공사 : 에이큐건설
 위 치 : 서울시 강남구 삼성동 171-3
 규 모 : 지하1층, 지상5층
 허용지내력 : Fe=150 kN/m²
 기 초 : MAT기초
 토질상태 : 세립질 모래층 (N치 = 8~10)





2) 한국체육대학교 파워플랜트 신축공사

공사명 : 한국체육대학교 파워플랜트 신축공사
 발주처 : 한국체육대학교
 시공사 : 삼성물산
 위 치 : 서울시 송파구 오륜동 88-15
 규 모 : 지하2층, 지상4층
 허용지내력 : $Fe = 15 \text{ t/m}^2$
 기 초 : MAT기초
 토질상태 : 매립층, 모래층 (N치 = 7~8)



3) 세정건설 사옥

공사명 : 세정건설 사옥 신축공사
 시공사 : 세정건설
 규 모 : 지상10층, 지하3층
 허용지내력 : $Fe=300 \text{ kN/m}^2$



4) 신수동 세양아파트

공사명 : 신수동 세양아파트 신축공사
 시공사 : 세정건설
 규 모 : 지상15층
 허용지내력 : $Fe=300 \text{ kN/m}^2$



5) 한국전력 고양지점

공사명 : 한국전력 고양지점 신축공사
 시공사 : 평림건설
 규 모 : 지상5층, 지하2층
 허용지내력 : $Fe=140 \text{ kN/m}^2$



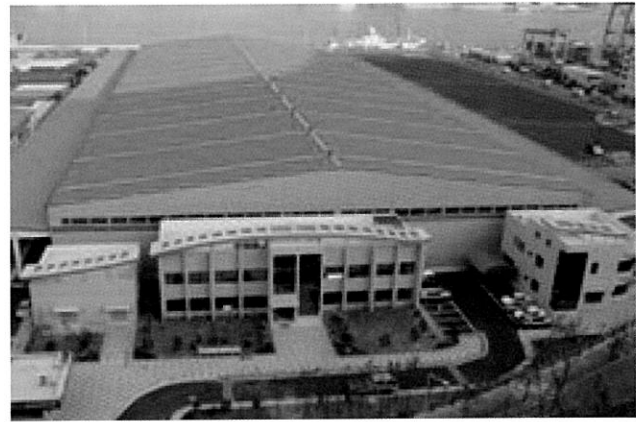
6) 김포 사우지구 시청앞 국도 지하차도

공사명 : 김포 사우지구 시청앞 국도 지하차도 신축공사
 설계 : 현대엔지니어링
 시공사 : 상우건설
 규모 : RC, B20 4차선
 허용지내력 : $F_e=120 \text{ kN/m}^2$



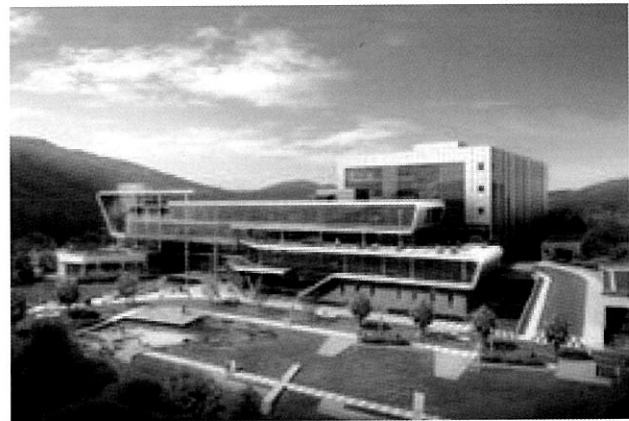
7) 부산 감천항 물류센터

공사명 : 부산 감천항 물류센터 신축공사
 시행 : 한국MCC 로지스틱스
 규모 : 지상3층
 허용지내력 : $F_e=100 \text{ kN/m}^2$



8) 제2정부 통합 전산센터

공사명 : 제2정부 통합 전산센터 신축공사
 공사 : 금호산업
 규모 : 지상5층, 지하2층
 허용지내력 : $F_e=200 \text{ kN/m}^2$



9) 용산 소방서

공사명 : 용산소방서 청사 신축공사
 시행 : 서울건설안전본부
 규모 : 지상4층, 지하1층
 허용지내력 : $F_e=150 \text{ kN/m}^2$

8. 맺음말

- 1) 침하와 구조물에 대한 지지력의 부족이 우려되는 지반에서 하중이 대단히 크지 않은 중소구조물에 팽이기초는 매우 경제적인 기초처리 방법입니다.
- 2) 팽이기초공법은 일본에서도 이미 설계기준 등이 확립되

어 있고 우리나라에서도 공법이 도입된 1991년 이후에 3,000 여건 이상의 설계시공실적을 담고 있습니다.

- 3) 현재의 추세는 공사비 절감을 위해 팽이말뚝기초를 적용하는 현장도 많지만 진동, 소음으로 인한 민원방지를 위해 팽이말뚝기초를 적용하는 사례가 증가되고 있다. 이는 인접 구조물, 특히 노후한 구조물의 균열, 침하 방지를 위해서도 효과적인 기초공법이기 때문입니다.
- 4) 또한 시공성 측면(협소한 장소 시공가능, 소형장비사용)에서 유리하며, 품질관리가 용이하여 내구성이 영구적일 뿐만 아니라 팽이말뚝기초 공법의 기능과 자재의 특성상 내진과 방진에도 지대한 효과를 나타내는 장점을 갖고 있는 공법인 만큼 더 연구되고 이용되길 기대합니다.

※※※ 자료제공 ※※※

에스트건설(주) 기술부

Tel : 02) 2232-6300

Fax : 02) 2237-7387

H.P : www.top-base.co.kr