

# 765kV 철탑기초 설계 및 기초재하시험

\* 김 정 부(한전 전력연구원)

○ 조 성 배(한전 전력연구원)

## The design and the full load test results of 765kV tower foundation

J. B. Kim S. B. Cho  
(Korea Electric Power Corporation)

### Abstracts

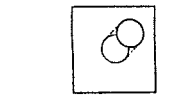
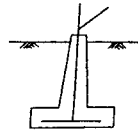
In terms of a new development on the foundation design of 765kV tower and its applications, a revolutionary turning point comes out through this study in approaching the new concept, what we call "Rock anchor" "Deep foundation" to tower foundation which was officially approved by the full load test. this contents is described of the foundation design and the results of full load test for two types foundation.

### 1. 서 론

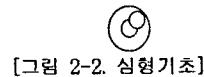
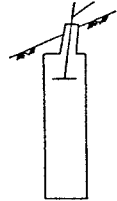
한전에서는 '96년부터 765kV 송전선로 건설사업이 착수될 예정이다. 한전의 765kV 건설사업을 간략히 기술하면 765kV 1차사업의 총 공장이 약 340km이고 철탑지지물 형태가 기존의 산형강에서 국내 처음으로 강관타입으로 적용되며 철탑의 설계하중이 대략 300ton~800ton정도로 매우 큰 규모의 송전철탑이다. 이에 따른 철탑의 평균 탑고가 100m 내외로 큰것은 150m 정도의 것도 있다. 이에따라 철탑 기초형태도 기존의 방식으로는 시공성 및 경제성등에서 그 한계가 있을것으로 예상되어 한전 에서는 각 지질에 적합한 다양한 기초형태를 적용할 예정으로 있으며 그 일환으로 전력연구원에서는 Rock Anchor 기초 및 심형타입의 기초에 대한 개발을 위해 시설계, 시공 및 실규모의 재하시험을 통해 그 안정성 및 적용 가능성에 대한 연구를 수행하여 성공적으로 완료됨에 따라 이에 대한 내용을 기술하고자 한다.

또한 시공의 장비화를 이룩하기 위한 장비의 국산화 개발도 아울러 꾸준히 추진하여 765kV 송전선로 건설공사에서는 다양한 장비를 선 보일수 있으며 이를 위해 국산화 장비개발이 '96년 초 까지는 대부분 완료시킬 예정으로 있다.

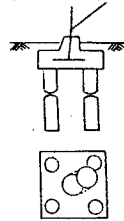
### 2. 철탑기초 방식



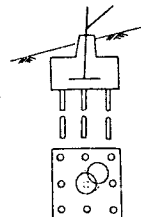
[그림 2-1. 역 T형]



[그림 2-2. 심형기초]



[그림 2-3. pile보강]



[그림 2-4. Rock Anchor]

지반이 사질토, 점성토, 퇴적암류등 양질의지반이며 지표면이 비교적 평평한 경우가 적합. 시공성은 비교적 양호하나 경사지등에 시공시 부지훼손 매우 크며 응벽등 별도시공 요함

지지층 비교적 깊고 급경사, 구릉지등에 적합. 주변 부지훼손 비교적 적음(역 T형대비), 지하수위 높고 지반이 암반일 경우 작업 능률 떨어짐. 지질에 따라 토류벽 흠막이실시 필요함

점성토, 연약매립토로써 지지층 깊고 지하수위 높은 경우 적합, 일반적으로 Well기초보다 시공성 양호, 소요작업부지는 다소 넓음. 현장타설말뚝 공법.

지반이 풍화암 이상의 암반이 지표면 가까이 분포, 암질에 따라 설계조건이 다르나 비교적 쉽게 안정된 지지력을 얻을수 있음. 시공성이 가장 우수하고 경제적임. 산악지 기초형태임.

### 3. 철탐기초 설계 및 재하시험

#### 가. 기초 계산

##### 심형기초

① 압축력  $Q_c = Q_b + Q_s - W_p$

- $Q_c$  : 극한지지력
- $Q_b$  : 선단의 극한저항력
- $Q_s$  : 주변의 " "
- $W$  : 자중

여기서  $Q_b = N_q \times P_o \times A_b$

$Q_s = 1/2 \times K_s \times P_o \times \tan \phi \times A_s$

따라서  $Q_{yc} = (Q_b + Q_s) / 1.5 - W_p$

$Q_{yc} >$  압축설계하중(안전율 포함) --OK

##### ② 인발력

① 항 조건과 동일

따라서  $Q_{yu} = Q_u / 1.5 + W_p$

$Q_{yu} >$  인발설계하중(안전율 포함) --OK

#### Rock Anchor

##### ○ 설계 고려사항

- ▷ Anchor Rod
- ▷ Grout - Anchor Rod
- ▷ Rock - Grout
- ▷ Rock Bond

##### ○ 설계조건

- ▷ Anchor rod yield stress
- ▷ Grout strength
- ▷ Grout - rock bond stress
- ▷ " - Anchor bond stress
- ▷ Allowable bearing pressure
- ▷ Rock shear strength
- ▷ 기타

##### ○ 지지력 검토

- 압축력  $Q_{max} = P/A < a. b. pr$

----- OK

##### - 인발력

o Anchor force  $FT_1 = P_o / N$

o Development Length

o Rock cone pull out

o cone 주변마찰력  $Q_{u1}$

o cone weight  $Q_{u2}$

o 자중  $W_p$

따라서  $Q_u = Q_{u1} + Q_{u2} + W_p$

$Q_u >$  설계하중 --- OK

#### 나. 기초 형상

- 오른쪽 그림 -

#### 다. 재하시험 방법 : QML

##### 라. Test Procedure(심형)

① 압축 : 매 하중단계마다 25ton씩 증가시켜 13단계 까지 재하, 한 하중단계에서 5분을 지속시킨후 다음 단계로 진행하였으며 단계하중을 가하기 시작한 후 1분, 2.5분, 5분에 대해 각각 침하를 측정하였다. 최대하중까지 재하한후 4단계로 나누어 제거하였다.

② 인발 : 매 하중단계마다 20ton씩 증가시켜 13단계 까지 재하, 기타는 압축과 동일 방법임

③ 수평 : 매 하중단계마다 5ton씩 증가시켜 12단계 까지 재하, 기타는 압축과 동일 방법임

[ Rock Anchor도 동일방법으로 실시 ]

##### 마. 결과해석 방법

본 시험은 다음의 3가지 방법을 사용하여 지지력을 분석하였으며 그방법은 생략함

- Mazurkiewicz's Method
- Vander Veen's Method
- Chin's Method

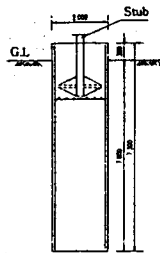
#### 바. 시험 결과

##### 심형기초

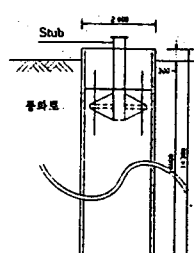
[단위 :ton]

종류	설계하중시		최대하중시		순변위 (mm)	적용 방법	계산 극한 지지력	허용 지지력	판정
	하중	변위	하중	변위					
압축	165.5	1.9 mm	325.7	15.55 mm	12.5	Maz...	(360)	(120)	OK
						Van...	(337)	(112.3)	
						Chin...	(383.1)	(127.7)	
인발	126	0.33 mm	260	0.99 mm	0.23	Maz...	375	125	OK
						Van...	650	216.7	
						Chin...	640	305.7	
평형	28.07 (14m)	0.65 mm	60	2.48 mm	0.56	Maz...	97	32.3	OK
						Van...	120	40	
						Chin...	109.1	36.4	
평형	28.07 (7m)	2.0 mm	60	8.38 mm	3.26	Maz...	80	26.7	OK
						Van...	90	30	
						Chin...	88.4	29.5	

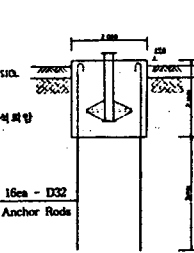
☞ : ( )내는 주변 마찰력만 고려시 지지력임



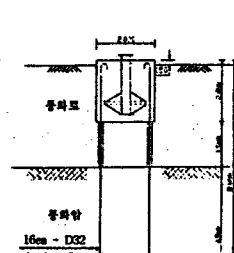
Compression & Lateral Test Pile(Dang-Jin)



Uplift Test Pile (Dang-Jin)



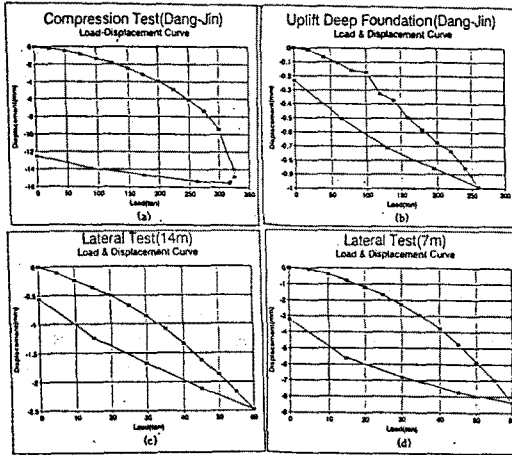
Uplift Test (Yong-woul)



Uplift Test (Dang-Jin)

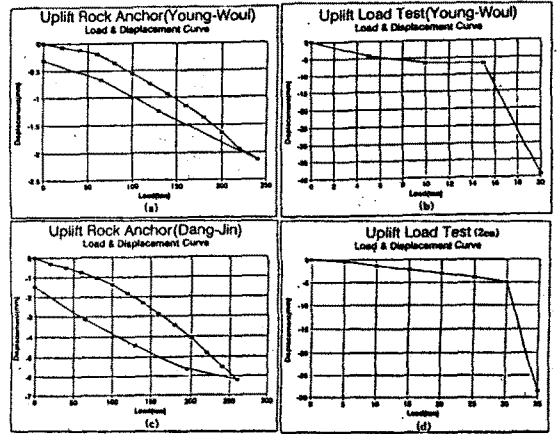
[그림 3-1. 심형기초 설계도]

[그림 3-2. Rock Anchor설계도]



[그림 3-3. 심형기초 하중 및 변위곡선]

- 시험결과에 대한 하중 및 변위곡선은 그림 2-4와 같다. (a)는 압축재하시의 곡선으로 최대하중재하후 하중을 제거하였을 경우 잔류변위(순변위)는 최대하중시와 큰 차이가 없으나 인발재하시(b)에는 다시 원위치로 복원하려는 상태(순변위가 작음)임을 알 수 있다. (c)와 (d)는 횡 재하시로서 7m의 말뚝과 14m의 말뚝을 서로 반력 Pile로 이용하여 재하하였을 경우로써 당연히 긴 말뚝(c)의 순변위가 작다.



[그림 3-4. Rock Anchor의 하중 및 변위곡선]

- 석회암지대의 인발재하시(a) 잔류변위가 0.31mm로 극히 작으며 풍화암 지대의 인발시험 결과(c)도 매우 안정된 변위를 보이고 있다. (b)(d)(e)는 단본 파괴 시험으로써 각 지질에 따라 파괴하중이 다소 차이를 알 수 있다. 여기서 (b)(e)는 시공조건이 비슷하며 (d)는 Anchor길이를 본시험(c)의 Anchor조건과 같이 시공하여 시험한 결과임.

#### 4. 결 론

○ 일반적으로 철탐의 허용변위 기준을 1인치로 두는 것을 감안할때 재하시험의 결과에서 나타나듯 설계 하중 재하시 2mm 이하의 변위가 얻어진 것은 기초가 대단히 만족스럽게 설계 시공되었음을 나타낸다.

또한 허용변위를 고려하지 않은 개략적인 방법으로도 허용지지력은 설계하중을 초과하므로 안전율은 3.0이상을 확보하고 있음을 알 수 있다. 또 설계하중의 2배에 가까운 하중을 받은후에도 잔류변위가 2mm내외인 것은 이 기초가 대단히 안정하다는 것을 나타낸다.

○ 고압 송전선로에 있어서 심형기초가 세계적으로 많이 쓰이고 있으며 일반적인 지형에서 시공성이 좋은 공법으로 확립되어 있으므로 하중이 큰 철탐의 경우 대표적 기초형식으로 생각된다. 또한 Rock Anchor 기초도 Anchor hole의 길이를 늘임에 따라 현장에서 지지 지반 조건에 맞춰 쉽게 지지력을 증가시킬 수 있으며 타공법에 비해 사용재료의 품질이 균일한 특성이 있어 최소의 비용과 단기간의 시공으로 큰 안전율을 얻을 수 있으므로 우리나라와 같은 산악지역에서는 가장 적절한 형태라고 생각된다. ■

#### Rock Anchor

	종 류	설계하중시 변위(mm)	최대하중시 변위(mm)	순변위 (mm)
영 월	Uplift	0.77	2.13	0.31
	단본(2ea)	-	46.8(☞)	-
당 진	Uplift	2.00	6.22	1.47
	단본(2ea)	-	28.64	-
	단본(1ea)	-	52.02	-

#### ○ 허용지지력 값 (단위 : 톤)

	종류	설계 하중	최대 하중	적용 방법	계산극한 지지력	허 용 지지력	판정
영 월	인발	126	240	Maz...	425	141.7	OK
				Van...	400	133.3	
				Chin...	492	164.0	
당 진	인발	126	260	Maz...	425	141.7	OK
				Van...	425	141.7	
				Chin...	503.7	167.9	