

연약지반에서 콘크리트전주의 수평변위 특성

김동명, 권태호
한국전력공사

Displacement of Concrete Pole with Horizontal Force in the Soft Ground

Dong Myung Kim, Tae Ho Kwon
KEPCO, KEPRI

Abstract - 연약지반에 시공된 콘크리트전주가 풍하중에 의해 받는 용력-변형 특성을 파악하기 위해 전주 매설깊이, 버팀대의 위치 및 수량 등을 변수로 하중 파괴 시험을 실시한 결과, 전주가 깊이 묻혀질수록 재하하중에 따른 수평변위는 감소하였고 전주의 버팀대는 2개일 경우 가장 안정되는 것으로 조사되었다.

1. 서 론

국내 22.9kV 가공배전선로의 주 지지물로는 콘크리트 전주를 사용하고 있으며 2007년 12월 현재 콘크리트주가 전체 지지물의 96.8%인 7,638천기가 전국에 설치되어 있으며, 그 외 강관주, 철탑, 목주 등을 사용하고 있다.

콘크리트전주는 배전(가공)설계기준에 의해 시공되고 있어 기초강도 안전도는 확보되어 있지만 태풍, 폭우 등 자연재해로 인한 피해에 노출되어 있으며, 특히 연약지반(연약점토)에서 폭우와 태풍 등에 의해 전도피해가 종종 발생하고 있어 이에 대한 적절한 검토와 예방대책이 요구된다. 따라서 콘크리트전주 지반의 용력-변형 특성이 풍하중에 어떤 거동을 나타내는지 살펴 볼 필요가 있다.

2. 시 험

2.1 시험기준

수평 재하시험은 시험전주의 두부에 pulling plate(type: SS450)를 설치하고 크레인을 이용하여 인장선을 수평으로 끌어당겨 전주가 경험하는 용력과 변위를 측정하는 시험이다. 'ASTM D-3966-90 Standard test method for piles under lateral loads'의 재하시험방법을 준용하여, 케이블(인장선)을 이용한 인장시험을 기본 개념으로 하였다. 인장선은 가선이 되는 말구에서 250mm 아래지점에 설치하였다.

2.2 계측장치 설치

시험장치는 수평하중 인가장치, 측정장치로 구분되며 토압계는 하중 재하방향에 3개, 하중 재하 역방향에 2개를 설치하여 재하 방향에 따른 토압의 크기를 계측할 수 있도록 구성하였다. 변형률계는 전주가 상부로 갈수록 단면이 작아지므로 지상에 노출된 길이를 3등분하여 부착하였으며, 인장방향의 전, 후면에 센서를 부착하였다. 그리고 하중에 의한 전주의 변위 측정을 위해 수평변위 센서를 지표부에 설치하였다.

2.3 전주별 설치조건

시험에 사용된 전주는 KS F 4304(1997) 및 한전 표준 구매 사양서 ES 102-128-617(2001)에 준해 제작된 콘크리트전주를 사용하였으며, 한국전력공사 배전설계기준(3100, 전주)에 따라 고창 배전설증시험장에 전주 16M 10본을 설치하였다. 전주는 표 1과 같이 설치조건을 달리하여 변형특성을 살펴보았다.

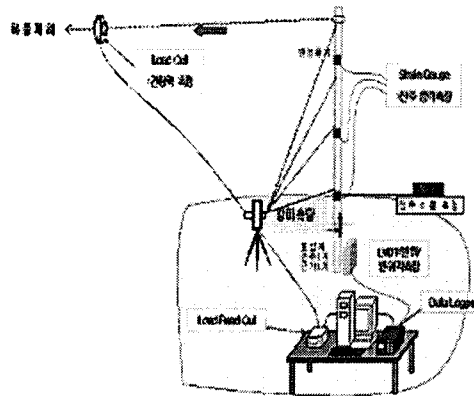


그림 1. 계측시스템 구성도

표 1. 전주의 설치조건

유형	설치조건			비고
	버팀대깊이	버팀대수량	전주깊이	
T-1	없음	없음	표준	정상상태
T-2	0.75m	표준	표준	버팀대 유무
T-3	1.5m	표준	표준	버팀대 깊이
T-4	2.25m	표준	표준	
T-5	표준	표준	표준	버팀대 방향
T-6	표준	2 EA	표준	
T-7	표준	4 EA	표준	버팀대 수량
T-8	표준	표준	1/6(2.7m)	
T-9	표준	표준	1/5(3.2m)	전주깊이
T-10	표준	표준	1/4(4.0m)	

2.4 지반특성

전북 고창군 상하면 용정리 산 27-9번지 일원의 지형 및 지층을 조사한 결과, 부지의 층서는 표토(점토), 모래층, 점토층, 풍화토층, 풍화암층으로 분포되어 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 광파측정에 의한 전주 수평변위

최대하중 1,000kg 로 재하 시 전주 최상부에서 측정된 수평변위 크기는 T-4, 1, 3, 2, 8, 6, 9, 10 순으로 큰 것으로 조사되었다.

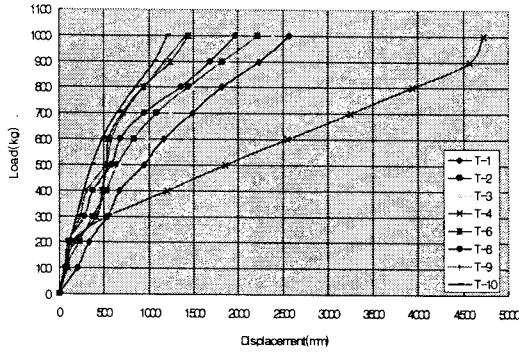


그림 2. 전주 수평변위(최상부)

수평재하중은 전체적으로 1,000kg까지 총 14단계로 나누어 점증적으로 실시하였으며 그림 3은 설계하중 700kg 하중 재하시 전주 각 위치별 수평변위를 보여 주고 있으며 변위량은 T-4, 1, 3, 2, 8, 6, 9, 10 순으로 큰 것으로 조사되었다.

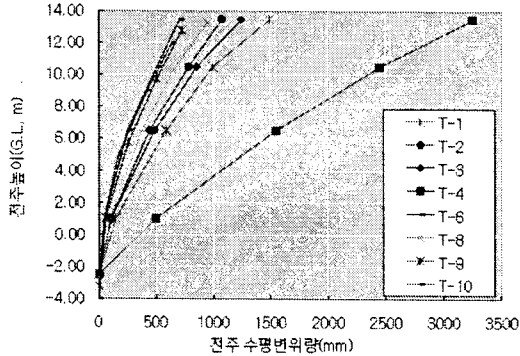


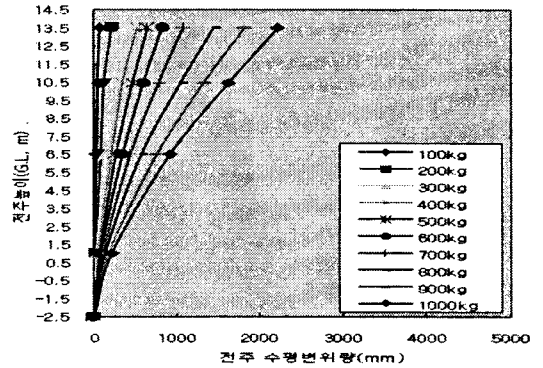
그림 3. 설계하중(700kg) 재하시 전주 횡변위량

3.2 버팀대 깊이별 전주 수평변위

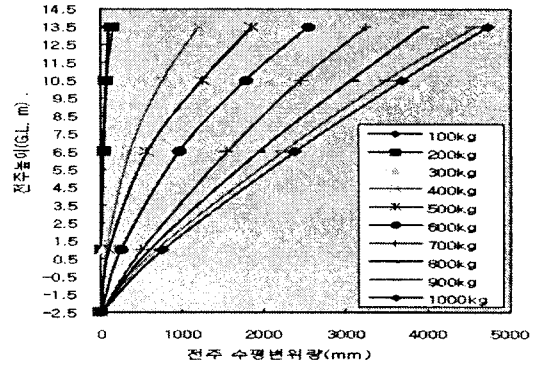
전주의 버팀대 깊이를 지표면하 0.75m(T-2), 1.5m(T-3), 2.25m(T-4)로 고정시킨 후 걸리는 하중을 점차적으로 크게 하면서 전주의 변위량을 측정하였다. 전주의 최대 수평변위는 최상부에서 각각 222cm(T-2), 239cm(T-3), 472cm(T-4)로 측정되었고 지표부에서는 21.7cm(T-2), 22.3cm(T-3), 75.6cm(T-4)로 측정되었다. 버팀대의 깊이가 2.25m일 경우 0.75m의 버팀대와 비교하여 변위량이 상부에서는 2.13배, 지표면에서는 3.48배의 증가를 보여주고 있어 버팀대 위치가 하부로 갈수록 취약한 것으로 조사되었다. 그러나 버팀대가 상대적으로 더 깊이 묻힘은 작업시 장비의 터파기 흙의 규모가 커져 지반의 전단강도가 저하된 것도 변위에 영향을 준 것으로 사료된다.

3.3 버팀대 수량별 전주 수평변위

버팀대가 없는 전주와 버팀대의 수량이 2개인 전주에 대해 하중을 증가시키면서 수평변위를 측정하였다. 전주의 높이가 10.5m 부근에서 굴절된 양상을 나타내며 버팀대 2개는 없을 경우보다 하중이 700kg시 전주의 최상부에서는 222.1cm 감소, 지표면에서 144.8cm 감소한 것으로 측정되어 약 48% 수평변위 감소효과가 있는 것으로 나타났다.

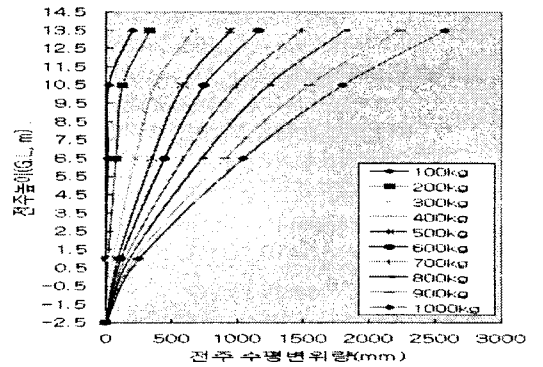


(a) 버팀대의 깊이 0.75m

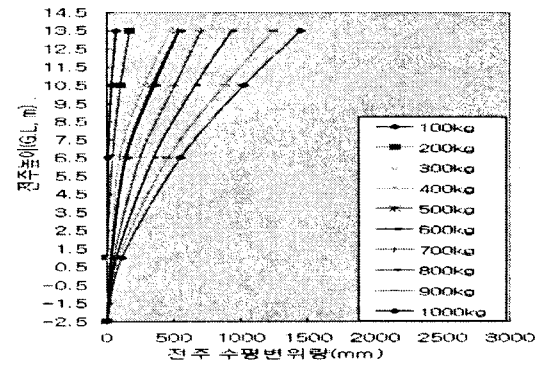


(b) 버팀대의 깊이 2.25m

그림 4. 전주 수평변위



(a) 버팀대 없음



(b) 버팀대 2개

그림 5. 전주 수평변위

3.4 전주 매설깊이별 수평변위

버팀대 위치를 지표면 아래 0.5m로 고정시키고 전주의 매설깊이를 2.7m(T-8), 3.2m(T-9), 4.0m(T-10)의 경우에 대해서 하중을 점차적 증가시키면서 수평변위를 측정하였다. 매설깊이가 깊어질수록 수평변위는 감소하였으며 표준깊이보다 1.3m를 더 깊게 매설할 경우(T-10) 수평변위는 700kg 하중시 24%의 감소효과를 보였다.

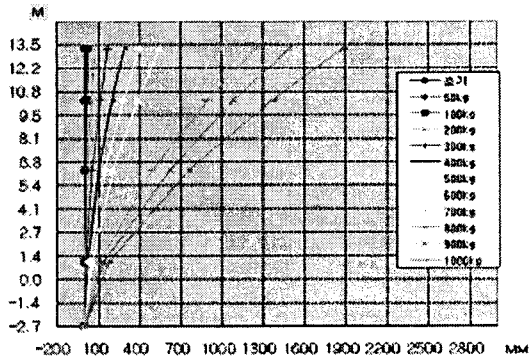


그림 6. 전주 길이 2.7m의 수평변위

4. 결 론

연약지반에 시공된 콘크리트전주가 풍하중에 의해 받는 응력-변형 특성을 파악하기 위해 전주 매설깊이, 버팀대의 위치 및 수량 등을 변수로 하중 파괴시험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 가. 전주가 매설되는 깊이가 깊을수록 재하하중에 따른 수평변위는 감소하는 특징을 나타냈으며 표준깊이보다 1.3 m 더 깊은 경우 하중이 700kg에서는 24%의 감소효과가 있었다.
- 나. 연약지반에서 버팀대의 깊이가 지표면에 가까울수록 전주의 수평변위는 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 지표면 부근에 설치하는 것이 가장 효과가 있을 것으로 판단되나, 빗물에 의한 토사 유실로 버팀대 노출의 우려가 있어 현재 시공방법인 지표면 아래 0.5 m가 적절한 것으로 판단된다.
- 다. 연약지반에서 지지력을 증가시키기 위해 버팀대 수량을 추가할 경우 전주의 수평변위가 감소되나 토압은 버팀대 2개를 초과하면 오히려 감소되는 경향이 있어 버팀대 수량은 2개가 적절할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "배전실무교육교재", p 4, 2004
- [2] Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04
- [3] Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.08
- [4] Reece, L. C., "Design and Evaluation of Load Tests on Deep Foundations", Behavior of Deep Foundations, ASTM STP 670, Am. Soc. Testing Mats., 1979