

콘크리트 통신전주의 지반지지력에 대한 실험적 고찰

정성택, 강왕규, 한진우
KT 차세대통신망연구소 네트워크인프라연구팀

Experimental Consideration for Ground Supporting Force of Concrete Utility Pole

Seong Taek Jeong, Wang Kyu Kang, Jin Woo Han
Telecommunication Network Laboratory, KT

Abstract - 통신전주는 지반에 일정깊이로 매설되어 케이블 인장력 및 풍하중에 저항하도록 설계되어 있는 시설물로서 전주 자체가 보유한 강도를 발휘할 수 있도록 충분한 지반 지지력이 확보되어 있어야 한다.

따라서 전주를 건식하고자 할 때는 전주 자체의 설계강도뿐 아니라 지반지지력에 대한 안정을 함께 검토하여야 하는데, 우리가 사용하고 있는 전주의 기준과 공법은 일본의 것을 준용한 것으로 우리나라 환경에 적합하지 않는 부분이 있을 수 있다.

또한 일정수준 이상 기울어져 있는 전주를 종종 볼 수 있고, 태풍으로 인해 전주의 전도/경사 피해가 속출하고 있어 현 시점에서 매설깊이 및 지반의 특성에 따른 지반지지력 검증이 절실히 필요하게 되었다.

따라서 본 논문에서는 콘크리트 통신전주에 대하여 지반지지력에 대한 안정성을 현장 실험을 통하여 고찰하고자 한다.

주를 전력과 통신을 병행시켜 사용하고 있으며, 미국은 목주를 대부분 사용하고 있어, 국가마다 다른 규격의 전주를 사용하고 있는 실정이다.

국내에 사용되고 있는 통신전주의 규격, 기준 및 공법은 과거 일본의 것을 준용하였기 때문에 국내 환경에 적합하지 않는 측면이 있으며, 최근 태풍 "매미" 등 극심한 기상환경 변화로 인하여 설계당시 보다 하중이 높아지고 있는 추세로서 기존 통신전주의 안전성 검토가 필요한 상황이며, FTTH로의 망진화에 사용될 통신전주의 중요성을 감안할 때 국내 실정과 강화된 기준에 적합하도록 리모델링 되어야 할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 통신전주에 발생할 수 있는 피해의 원인과 유형을 분석하고, 국내 실정과 새로운 기준에 적합한 피해 방지 공법을 실험을 통해 검증하여 제시함으로써 안정적인 통신 시설물을 보유하고자 한다.

1. 서 론

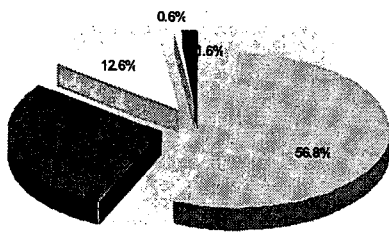
통신전주는 케이블을 가공에 설치하거나 가입자 댁내로 인입시키기 위해 케이블을 지지하는 구조물로서 소용량의 케이블을 쉽고 경제적으로 포설할 수 있어 통신 역사상 가장 오래 사용되고 있다. 이러한 통신전주는 국내의 경우 높이 7m 콘크리트전주와 강관전주를 사용하고 있으나 일본의 경우 높이 8m의 전

2. 본 론

2.1 통신전주 피해 유형

2003년 9월 발생한 태풍 "매미"로 인한 통신전주의 피해 유형은 그림 1에서 보는 바와 같이 전도/경사, 유실/매몰, 파손/절단의 순으로 나타나고 있다. 전도/경사는 폭우로 인해 지반이 연약한 상태에서 바람에 의한 추가

하중을 받아 지반지지력이 부족하여 발생한 것으로 보이며, 유실/매몰은 지반 전체가 휨 쓸려 나간 형태이고, 파손/절단은 과도한 풍 하중에 의해 전주 자체의 강도 부족으로 파괴된 것으로 보인다. 따라서 전주 피해를 줄이기 위해서는 피해의 상당 부분을 차지하고 있는 전도/경사의 지반지지력 검토가 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.



전도/경사 유실/매몰 파손/절단 침수 기타

그림 1. 전주 피해 유형

2.2 지반지지력 개요 및 이론적 고찰

전주의 안정은 전주 자체의 설계강도뿐 아니라 그 강도를 유지할 수 있는 지반지지력 즉 경사에 대한 기준을 함께 만족하여야 한다. 즉, 설계하중은 150kgf인데 지반지지력이 100kgf일 경우 설계하중에 도달하기도 전에 이 전주는 전도/경사 되어 제 기능을 수행하지 못하게 되는 것이다. 우리는 기울어져 있는 전주를 흔히 볼 수 있으며 태풍 피해 시 전도/경사가 상당 부분을 차지하고 있어 지반의 특성에 따른 지반지지력 영향을 검증할 필요가 있다고 판단하였다.

따라서 매설 깊이 및 근가개수에 따른 효과를 검증하였는데, 보통 흩 상태의 지반에서 전주의 매설깊이와 근가개수를 변화시키고 하중을 가했을 때 3도 경사되는 시점의 하중을 측정하고 이 하중에 안전율 1.5를 고려한 하중을 설계하중과 비교함으로써 설계하중 이하에서의 과도한 경사가 발생하는지를 검토하였

다. 그림 2는 원통형 굴착 시 근가가 없는 경우에 일반적으로 사용하는 지반 안정 검토 과정을 나타낸 것이다.

① 지반의 극한 저항 모멘트 : M_u

- 지반 특성에 따른 토질계수 (kg/m^3) $K_h = 1,000,000$ kg/m^3
- 수평하중이 가해지는 경사각의 \tan 값 (허용경사도 3°) $S = 0.05$
- 근입부분의 평균 직경 (m) $D_m = 0.225$ m
- 근입깊이 (m) $t = 1.20$ m

$M_u = 1/36 \cdot K_h \cdot S \cdot D_m \cdot t^2$ 이므로 $M_u = 648.0$ $kgf-m$

② 지반의 수평 지지력 : P

- 지표로부터 전주의 회전 중심점까지의 거리 = $2/3t$ (m) $t_o = 0.80$ m
- 지표로부터 하중 작용점까지의 거리 (m) $h = 5.55$ m

$P = M_u / (t_o + h)$ 이므로 $P = 102$ kgf

③ 지반의 수평 허용 지지력 : P_a

- 지반의 안전율 $F_s = 1.5$

$P_a = P / F_s$ 이므로 $P_a = 68$ kgf

<토질 분류에 따른 토질계수 K_h >

분류	토질	지역	토질계수 K_h (kg/m^3)
I	비교적 딱딱한 토지	도로, 운동장, 모래땅	3×10^6
II	보통의 토지	택지, 일반 밭, 평원	2×10^6
III	비교적 무른 토지	넓은 성토, 무른 밭	1×10^6
IV	연약성 토지	깊은 논, 수렁 논, 밭논	0.3×10^6

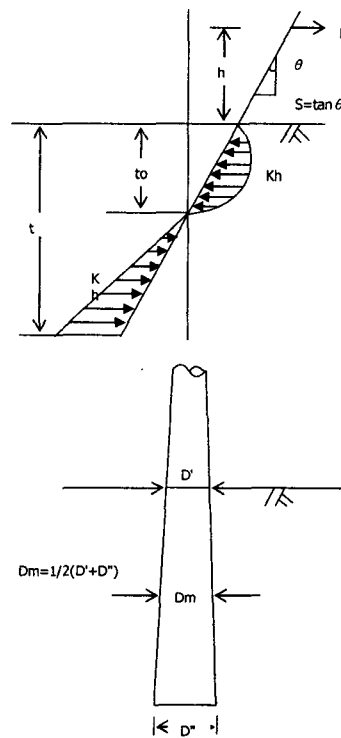


그림 2. 전주 지반 안정 해석

2.3 지반지지력 실험

실험은 그림 3과 같이 구성한 후 그림 4와 같이 전주 하부에 디지털 경사계를 부착한 후 윈치 중심부와 전주 상부 하중점에 인장선을 연결하고 그 사이에 로드 셀을 설치하였으며, 윈치를 서서히 돌리면서 경사 각도와 경사 하중을 측정하여 수평하중으로 환산하였다.

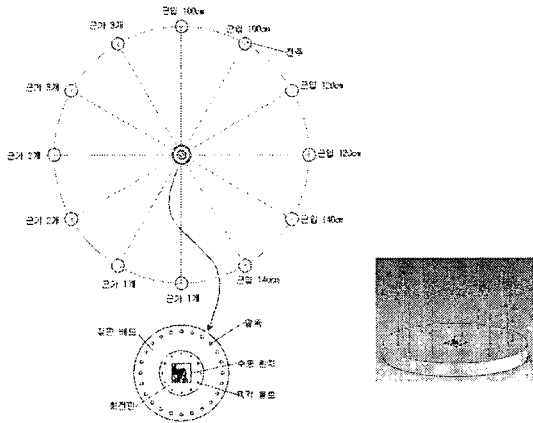


그림 3. 전주 지반지지력 실험 구성도

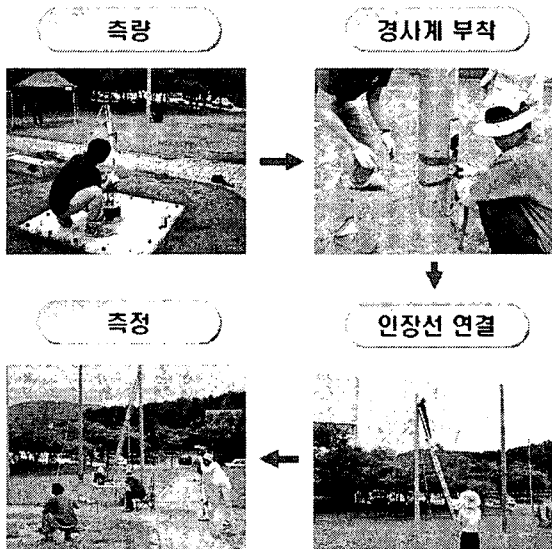


그림 4. 전주 지반지지력 실험 Flow

1차로 근가 없이 근입 깊이를 1.0m 부터 20cm씩 증가시켜 1.4m 깊이까지 2분씩 6분을 기존건식 방법대로 직경 35cm인 오거를 사용

하여 기계화 건식하였으며, 근입깊이 1.2m에서 근가개수(1, 2, 3)별로 2분씩 6분을 기계화 건식과 인력건식을 병행하여 건식한 후 주변 지반을 해머로 다졌다.

1차 실험 결과 직경 35cm인 오거로 굴착하여 주변 흙을 다지는 방법으로는 실험결과가 일관성 없게 나타나 추가로 2차 실험을 시행하였다. 2차 실험에는 KT 전주에 적합하도록 직경이 23cm인 오거를 제작하여 근가 시공 없이 근입 깊이별(1.2m, 1.4m, 1.6m, 1.8m)로 굴착하여 기계화건식 (2분씩 * 4종류 = 8분) 하였으며, 추가로 쇄석 효과 검증용을 위해 직경 35cm의 오거로 1.2m를 굴착하고 일반적인 쇄석을 넣어 다짐(2분) 하였다.

1차 건식			
오거 35cm	근가 무	근가 1개	근가 2,3개
2차 건식			
오거 23cm	근가 무	오거 35cm	쇄석 다짐

그림 5. 전주 건식

2.4 실험결과

1차 실험결과 표 5에서처럼 안전율(1.5)이 고려된 수평하중이 현재 사용하고 있는 150kgf 전주의 설계강도에 미치지 못하고 있음을 알 수 있다. 근가 없이 1.0m 깊이에서 3도 경사 시 최소 39kgf, 최대 61kgf의 하중을 받고 있어 이론적으로 비교적 무른 토지에 해당되었으며, 근가 없이 1.2m 깊이에서 최소 97kgf, 최대 129kgf 의 하중을 받고 있었다. 이는 또한 이론적으로 비교적 무른 토지보다는 약간 단단한 토지에 해당된다. 그리고 근가 없이 1.4m 깊이에서 최소 72kgf, 최대 73kgf 의 하중을 받고 있는 것으로 볼 때 이론상으로는 깊이가 증가함에 따라 하중이 증가하여야 하나 1.2m 깊이보다 하중이 작으므로 흙의

다짐 상태에 따라 하중이 많이 좌우되는 것을 알 수 있다.

근가 1개의 경우에는 1.2m 깊이에서 최소 69kgf, 최대 98kgf의 하중값을 나타내고 있으며, 이는 근가가 없는 경우보다 적은 수치이다. 따라서 상부에 근가를 설치하기 위하여 지반을 교란시킨 것이 하중을 적게 나오게 한 것으로 판단된다.

근가 2개, 3개의 경우는 1.2m 깊이에서 최소 175kgf, 최대 244kgf의 하중을 받고 있는 것으로 나타났는데, 최대 244kgf 하중의 경우 안전율을 고려할 때 지반이 받는 하중(163kgf)이 전주의 설계하중(150kgf)보다 크게 나타난다. 따라서 근가를 시공하여 지반지지력을 보강하고자 할 경우에는 적어도 근가 2개 이상으로 보강하여야 지반지지력을 확보할 수 있다는 것을 알 수 있다.

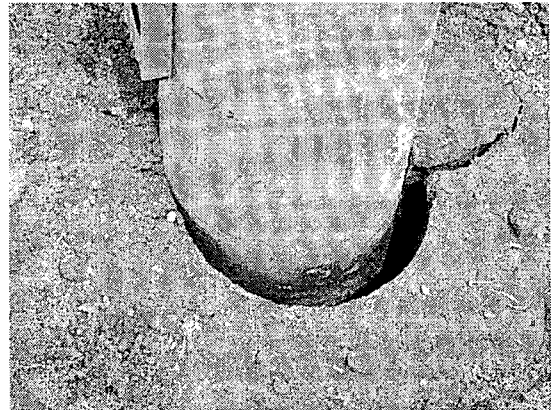


그림 7. 지반의 밀림 현상

2차 실험결과 그림 8에서 알 수 있듯이 전주 근입 깊이별로 수평하중이 증가하는 양상을 보이고 있어 이론과 비교해 볼 때 실험결과 데이터에 일관성을 가지고 있는 것으로 나타났다.(실제파괴는 실내 실험결과 보다 50~100kgf 감소되어 나타남)

이론적으로는 깊이 20cm 증가 시 수평하중이 약 1.8 배 정도 증가하는 것으로 나타나나 깊이 1.2m 기준의 오거를 제작함에 따라 깊이가 깊을수록 전주가 테이퍼져 있어 상부에 공극이 많이 생기고 흙을 다지지 못하여 수평하중이 크게 증대되지 않은 것으로 판단된다.

현장의 흙을 보통 흙으로 보고, 깊이 1.2m 매설, 3도 경사 시 교란된 흙에서는 113kgf 정도의 수평하중을 받는 것으로 나타났으나, 쇄석 채움의 경우 259kgf, 교란시키지 않은 경우 342kgf로 이 수치는 1차 실험에서 근가 2개 이상을 부착해서 나타난 최대값(244kgf) 보다 큰 수치임을 알 수 있어, 지반을 교란시키고 쇄석을 채워 다지는 것 보다는 지반을 교란시키지 않고 전주를 매설하는 것이 지반에 대한 전도/경사 안정성이 더 큰 것으로 나타났다.

3도 경사를 기준으로 안전율 1.5를 고려해 볼 때 보통 흙에서의 하중은 150kgf 강도의 전주가 225kgf, 200kgf 강도의 전주가 300kgf, 250kgf 강도의 전주가 375kgf 이므로 200kgf 강도 이하의 전주는 직경 23cm의 오거를 적용하여 깊이 1.2m를 매설하는 것으로 하고, 250kgf강도 전주는 지반보강을 실시하여야 하

표 1. 지반지지력 실험 결과 (1차 실험)

근가개수	근입깊이 (m)	수평하중 (kgf)		
		범위	평균	안전율 고려
0	1.0	39	50	33
		61		
	1.2	97	113	
		129		
1.4	72	73	49	
	73			
1	1.2	69	84	56
		98		
2	1.2	190	217	145
		244		
3	1.2	175	187	125
		199		

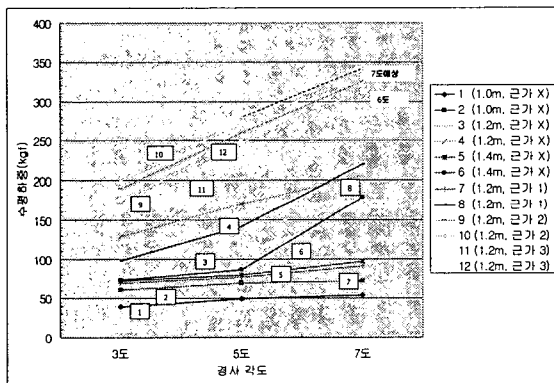


그림 6. 전주 하중-경사 그래프(1차 실험)

여야 하나, 허용경사를 4도로 할 경우 1.4m 깊이로도 매설 가능한 것으로 나타났다.

표 2. 전주 2차 지반지지력 실험 결과 (2차 실험)

오거직경 (cm)	다짐방법	근입깊이 (m)	수평하중 (kgf)		
			범위	평균	안전율 고려
23	-	1.2	315	342	228
			369		
	-	1.4	313	350	233
			386		
-	1.6	403	416	277	
		429			
-	-	1.8	552	552	368
35	쇄석다짐	1.2	240	259	173
			278		

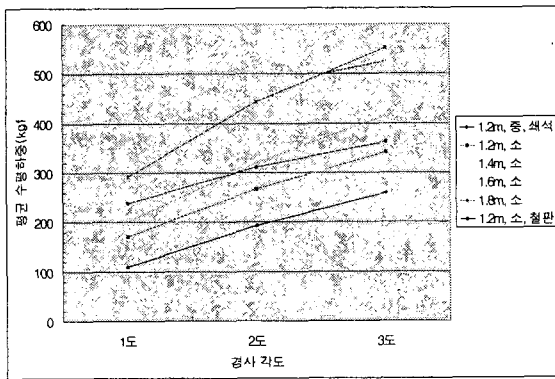


그림 8. 전주 하중-경사 그래프 (2차 실험)



그림 9. 전주 지점 파괴 형상

3. 결 론

이상의 실험결과에서 알 수 있듯이 지반을

교란시킨 상태에서는 인력에 의한 다짐은 한계가 있으므로 우리가 원하는 소요의 지반지지력을 확보할 수 없는 것으로 판단되었다. 따라서 최대한 지반을 교란시키지 않고 원지반 상태에서 전주를 건식할 수 있는 방법이 필요하며, 인력에 의해 전주를 건식할 경우에는 소요의 지반지지력이 확보될 수 있도록 하는 방법이 강구되어야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 아래와 같이 지금까지의 실험결과를 바탕으로 국내 실정에 적합한 통신전주 지반지지력을 확보 기준 및 공법(안)을 제시하고자 한다.

그리고 콘크리트 전주뿐 아니라 강관전주의 지반지지력에 대한 검토가 필요할 것으로 판단되며, 재시공 하지 않고 현재 건식된 전주의 지반지지력을 높여줄 수 있는 공법의 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

<통신전주 지반지지력 확보 기준 및 공법(안)>

- 기계화 전주 건식 시
 - 200kgf 강도 이하의 콘크리트 전주는 직경 24cm의 오거를 사용하여 깊이 1.2m를 굴착한 후 건식하는 것으로 함
 - 250kgf 강도의 콘크리트 전주는 직경 24cm이 오거를 사용해서 깊이 1.4m를 묻거나, 특별한 지반보강을 실시해서 1.2m로 묻는 것으로 함
- 인력에 의한 전주 건식 시
 - 최소 근가 2개 이상 설치하는 것을 원칙으로 함

[참 고 문 헌]

[1] KT, "전주 설계기준", 2005. 5
 [2] KT, "전주 표준공법", 2005. 5
 [3] NTT, "전주 설계기준", 1989