

통신전주 부착물 취부 안전성 검토 및 보강기술 개발

강왕규, 정성택, 한진우
KT 차세대통신망연구소 네트워크인프라연구팀

Safety Evaluation for Installation of Sticking object on the Utility Pole and Development of Strengthen Technique

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

Abstract - 통신전주는 케이블을 가공에 설치하거나 가입자 댁내로 인입시키기 위해 케이블을 지지하는 옥외 시설물로서 케이블을 쉽고 경제적으로 포설할 수 있는 장점이 있어 통신망 구축에 널리 사용되어 왔으며, 특히 최근에는 FTTH(유사 FTTH 포함) 구축이 활발히 진행됨에 따라 전주에 부착물을 취부하는 경우가 많아지고 있어 통신전주의 활용도가 한층 더 높아지고 있는 상황이다.

그러나 최근 태풍 "매미" 등 극심한 기상환경 변화로 인해 통신시설물의 피해를 초래하고 있어 통신시설물의 풍하중에 대한 규정을 강화하고 있는 추세에 전주에 추가 부착물 취부에 따른 풍하중에 대한 전주의 안전 문제가 제기됨에 따라 전주의 안전성 검토가 절실히 요구되어 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 부착물이 취부되는 통신전주의 풍하중에 대한 안전성 검토 방법을 제시하고 나아가 안전한 전주가 되도록 보강할 수 있는 전주 보강기술을 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 통신사업자의 FTTH(유사 FTTH 포함) 구축에 따라 통신전주에 VDSL장비, 단자반 및 광접속함체, 무선기지국(AP)등의 추가 부착물 설치를 요구하고 있으나 전주의 안전성 검토가 제대로 이루어지지 않고 취부되

는 경우가 발생하고 있다. 통신전주는 케이블 설치에 필요한 장력을 받도록 설계되어 있는데, 설치 이후 종방향으로는 전주의 양쪽에 케이블이 걸려 있어 힘의 평형을 이루고 있으므로 안전성 검토가 필요 없으나, 횡방향으로는 풍하중에 불안전해 질 수 있으므로 추가적인 부착물 취부로 인한 안전성 검토가 반드시 필요하다.

따라서 통신전주 부착물 취부에 따른 안전성 검토 방법을 살펴보고 나아가 부착물 취부로 인하여 모자라는 내하중을 보강할 수 있는 통신전주 보강공법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 통신전주 부착물 취부 안전성 검토

2.1.1 통신전주 규격

국내에서는 표 1에서와 같이 길이 7m, 설계하중 150kgf~250kgf의 콘크리트 전주와 강관 전주를 주로 사용하고 있는데, 설계하중 150kgf인 콘크리트 전주는 KS 규격에 있는 것으로 2000년 이전까지 주로 사용된 전주로서 PS 긴장선을 이용 외부 하중에 저항하도록 설계되었기 때문에 외부 하중에 의해 긴장선이 절단될 경우 갑작스러운 파괴가 일어나 인명 피해를 발생시키는 단점을 가지고 있었

다. 이에 KT에서는 급작스러운 파괴를 방지하기 위하여 PS 긴장선에 철근을 추가하여 연성파괴를 유도한 강도 200kgf 전주를 자체 규격으로 제정하여 사용하여 오고 있다. 또한 태풍 “매미”를 계기로 표 2의 기존 갑종 풍압하중 풍속을 40m/s에서 45m/s로 증가시킴으로써 250kgf의 전주를 새로이 추가 하였으며, 또한 200kgf의 강관전주를 추가 제정하여 사용하고 있다. 이는 기존 150kgf 전주를 사용하는 곳에는 200kgf의 전주를 200kgf를 사용하고 있는 곳에는 250kgf의 전주를 사용하도록 강화되게 되었다.

표 1. 통신전주 규격

구분	길이 (m)	끝지름 (cm)	설계하중 (kgf)	파괴하중 (kgf)	비고
콘크리트	7.0	14	150	300	2000년 이전
	7.0	14	200	400	2000년 이후
	7.0	14	250	500	2004. 6월 신설
강관	7.0	10.16	120	240	현재 사용 X
	7.0	11.43	150	300	-
	7.0	11.43	200	400	2004. 7월 신설
	7.0	13.98	250	500	-

2.1.2 풍속 및 풍압하중

우리나라가 적용하고 있는 풍속은 갑종의 경우 40m/s, 병종의 경우 28m/s로서 10분간 평균풍속을 의미하므로 매우 빠른 풍속이라고 할 수 있으며, 풍속과 풍압과의 관계는 식(1)과 같다. 식(1)에서 알 수 있듯이 풍압은 풍속의 제곱에 비례하므로 풍속이 5m/s만 증가하여도 풍압은 25kgf/m²가 증가하게 되는 것이다. 또한 풍속 40m/s와 28m/s는 풍압하중으로 환산하면 1/2이 되는 속도 이므로 병종풍압하중은 갑종풍압하중의 1/2임을 알 수 있다. 그리고 여기서 C_d는 항력계수로 풍동실험을 통하여 구해지는데, 일반적으로 직사각형 형태의 부속물을 1.0으로 볼 때 원형 형태의 전주는 0.5가 된다. 표 2는 기존 풍압하중을 나타낸 것이고 표 3은 풍속을 5m/s를 증가시킨 풍압하중을 나타낸 것이다.

풍속과 풍압의 관계

$$p = C_d \frac{1}{2} \rho V^2$$

p = 풍압(kgf/m²)
 C_d = 항력계수
 ρ = 공기 밀도(0.125 kgf·s²/m³)
 V = 풍속(m/sec)

(1)

표 2. 기존 풍압 하중

시가지		시가지 이외
강풍지역	갑종	갑종
일반지역	병종	
적설지역	을종	을종

갑종아중에 의한 시설물의 수직 투영면적 1m²에 대한 풍압

- 전주: 80 kgf
- 전선: 100 kgf
- 부속물: 160 kgf

표 3. KT 적용 풍압하중

시가지		시가지 이외
강풍지역	갑종	갑종
일반지역	병종	
적설지역	을종	을종

갑종아중에 의한 시설물의 수직 투영면적 1m²에 대한 풍압

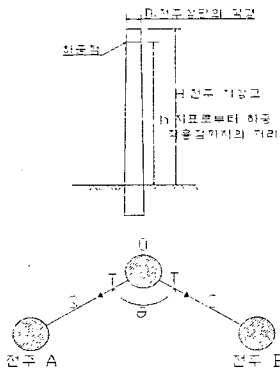
- 전주: 100 kgf
- 전선: 125 kgf
- 부속물: 200 kgf

2.1.3 안전성 검토

케이블이 연결되어 있는 전주는 케이블 설치 시 불 평형 장력을 받을 때만 주의를 요하면 양쪽으로 케이블이 설치되었을 경우에는 케이블 자체가 서로 당겨주어 안전한 상태가 되므로 케이블 직각방향의 풍압하중으로 인한 안전만 검토하면 된다.

전주에 작용하는 풍압하중으로는 그림 1과 같이 케이블 자체에 걸리는 풍압하중, 전주 자체에 걸리는 풍압하중, 부속물에 걸리는 풍압하중, 케이블 내각에 따른 풍압하중을 들 수 있는데, 모든 힘들은 전주 상단부의 케이블이 걸치는 부분에 모여 수평 등가하중으로 표시된다. 결과적으로 이 값이 전주의 강도 즉 전주 설계강도 이하가 될 경우 전주는 안전하다고 판정되며 전주 설계강도보다 크면 전주는 불안정하다고 판정되는 것이다.

- P1 : 전주에 작용하는 풍압력[kgf/m²]
- P2 : 전선에 작용하는 풍압력[kgf/m²]
- P3 : 부속물에 작용하는 풍압력[kgf/m²]
- H : 전주 지상고[m]
- h : 지표로부터 하중작용점까지의 거리[m]
- h' : 지표로부터 전선가설 위치까지의 거리[m]
- h'' : 지표로부터 부속물 중심까지의 거리[m]
- D : 전주 상단의 직경[m]
- α : 전주의 직경 증가율 - 1/75
- d : 가설된 전선의 직경의 합[m]
- θ : 전선사이의 각도[°]
- A : 부속물의 투영면적[m²]
- T : 강연선의 인장력[kgf]
- S : 전선로의 길이(주간)[m]



구 분	양형지선이 없을 때
전주에 작용하는 수평등가 하중 Ppe (kg)	$(1/2h) \cdot P_1 \cdot (1/3 \cdot \alpha \cdot h + D + f)$
전선에 작용하는 수평등가 하중 Pce (kg)	$P_2 \cdot S \cdot \sum d \cdot \sin \theta / 2 \cdot h' / h$
부속물에 작용하는 수평등가 하중 Pae (kg)	$P_3 \cdot A \cdot h'' / h$
전선장력의 수평등가 하중 Pte (kg)	$2T \cos \theta / 2 \cdot h' / h$

$$\sum \leq \text{전주강도} \quad \text{OK}$$

$$\sum > \text{전주강도} \quad \text{NG}$$

그림 1. 콘크리트 전주 안전성 검토

위 식에서와 같이 부속물에는 투영 면적이, 케이블은 횡방향으로의 총 외경이 입력 값으로 들어가므로 부속물의 방향을 바꾸어 투영면적을 최소화 하고, 케이블 총 외경이 작아질 수 있도록 케이블을 설치한다면 같은 조건하에서 더 많은 부속물을 취부할 수 있을 것이다.

2.1.4 안전성 검토 Tool

앞서 검토한 식은 실제 현장에서 적용하기에는 무리가 따르므로 그림 2와 같이 Excel을 이용한 검토 Tool을 개발하였으며, 이를 PDA에 프로그램화 하여 현장에서 직접 검토에 필요한 데이터를 입력하여 사용 가능 여부를 알 수 있도록 제시하였는데, 이 Tool은 중간주에 해당하는 것으로서 한쪽으로만 케이블이 존재하는 경우에는 케이블 주간거리를 반으로 입력하도록 설계되어 있다.

콘크리트전주 통산장비 추가 부력 가능 검토

전주 지상고	(m)	5.8
지표로부터 통산장비 중심까지의 거리	(m)	4
지표로부터 케이블가설 위치까지의 거리	(m)	5.55
케이블사이의 각도	(도)	180
케이블의 길이(주간 거리)	(m)	40
가설된 케이블의 총외경	(mm)	20
통산장비의 투영면적(가로*세로)	(cm ²)	1500

강동지역 콘크리트전주	7-14-150	7-14-200	7-14-250
전주 작용 하중(kgf)	174	174	174
전주 설계 하중(kgf)	150	200	250
판 정	X	O	O
설치 가능 면적(cm ²)	-160	3257	6675

시가지역 콘크리트전주	7-14-150	7-14-200	7-14-250
전주 작용 하중(kgf)	87	87	87
전주 설계 하중(kgf)	150	200	250
판 정	O	O	O
설치 가능 면적(cm ²)	10092	16927	23762

그림 2. 콘크리트전주 부속물 취부 안전성 검토 Tool

2.2 강도 보강

2.2.1 개요

전주의 하부에(지면 아래로 0.5m, 지면 위로 2m) 보강재를 부착시켜 설계기준 강도를 증가시켜 과도한 풍하중 또는 기타 외력에 의해 발생하는 균열 및 절단사고를 미연에 방지하고자 강도 보강 방법을 제시하였으며, 보강성능을 발휘할 수 있는 최적의 재료와 최소 두께를 도출하고자 강도 보강 성능 실험을 수행하였다.

2001년 일본 NTT에서는 그림 3과 같이 아라미드 섬유 시트를 부착시켜 강도를 증진시키는 방법을 적용하였는데, 새로 건설 시 소요

되는 공사기간 1주일을 반나절의 시공으로 대체할 수 있는 효과를 보이며, 약 1/2의 비용이 드는 것으로 알려지고 있다. 여기에서는 아라미드섬유 시트를 쉽게 구하지 못하므로 물성이 비슷한 FRP와 철판을 이용하여 보강하는 것으로 하였다.

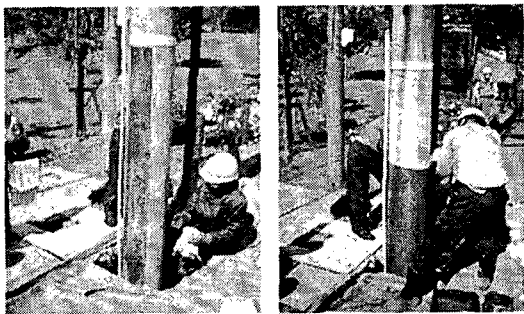
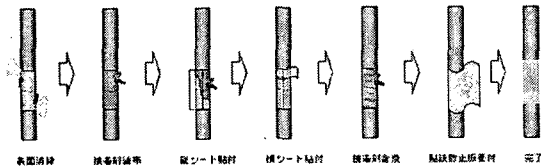


그림 3. 일본 NTT 전주 보강 공법

2.2.2 실험내용

FRP 및 철판 보강에 따라 구조해석을 실시하여 개략적인 길이와 두께를 산정하였으며, 150kgf 강도의 전주를 한 단계 높은 규격인 200kgf 강도 이상이 되도록 설계하였다. 구조 해석 결과 전주 하부에서 0.8m 떨어진 거리에서부터 2.5m를 보강하는 것으로 하고 해석된 두께를 기준으로 두께를 변경하면서 파괴하중 실험을 실시하였다.

그림 4, 5와 같이 전주에 보강재를 부착한 후 그림 6에서와 같이 하부를 지지하고 그림 7과 같이 인장 시험기를 통해 상부 끝에서 25cm 떨어진 위치에서 인장선으로 당겨 파괴시의 하중을 측정하였다. 또한 보강효과를 검증하기 위해 보강전 전주 자체의 강도 실험도 병행하였다.

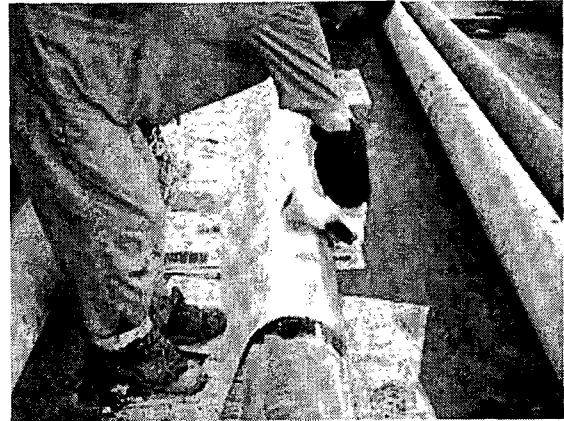


그림 4. FRP 부착 보강

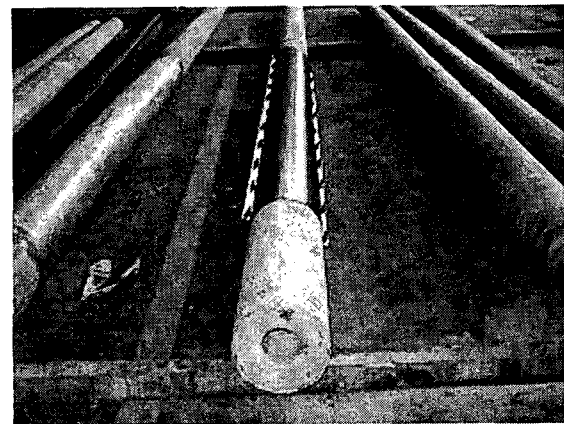


그림 5. 철판 부착 보강(2t)

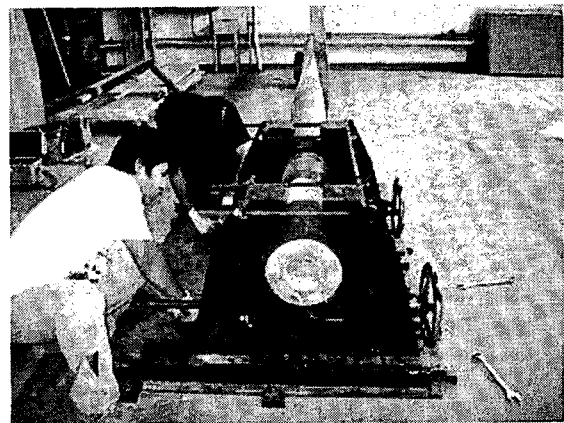


그림 6. 통신전주 하부 지지



그림 7. 통신전주 상부 인장선 견인

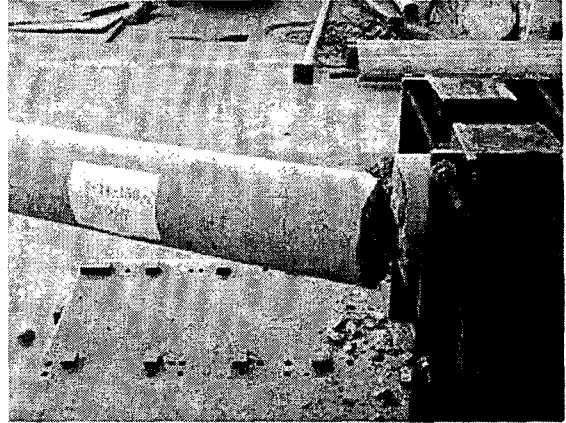


그림 8. 보강전 콘크리트 전주 파괴

2.2.3 실험결과

철판으로 보강된 전주는 모든 철판 두께에서 한 단계 높은 규격의 강도로 보강되는 것을 볼 수 있었으나, 0.5mm 이상 보강된 전주는 보강 끝부분에서 취성 파괴되었으며, 0.4mm로 철판 보강된 전주는 지점에서 연성 파괴가 유도됨을 알 수 있었다.

철판 보강과 마찬가지로 FRP 보강을 실시한 전주에서도 한 단계 높은 강도의 보강효과는 나타났으나, 3겹의 경우 보강 끝부분에서 취성파괴 되었으며, 1겹의 경우는 지점 부분에서 취성파괴 되었다. 따라서 0.4mm 철판보강과 1겹의 FRP를 전주에 부착하는 것을 보강 공법으로 채택할 수 있다. 그러나 FRP 보강의 경우는 취성파괴 되므로 사용에 주의를 요하여야 할 것이며, 철판의 부식에 대한 내구성, FRP의 시간에 따른 콘크리트와의 이격 및 시공성은 추후 연구되어야 할 것으로 판단된다.

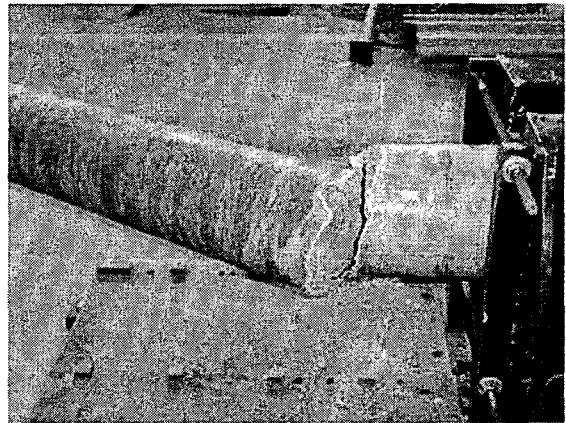


그림 9. FRP 1겹 보강 전주 파괴

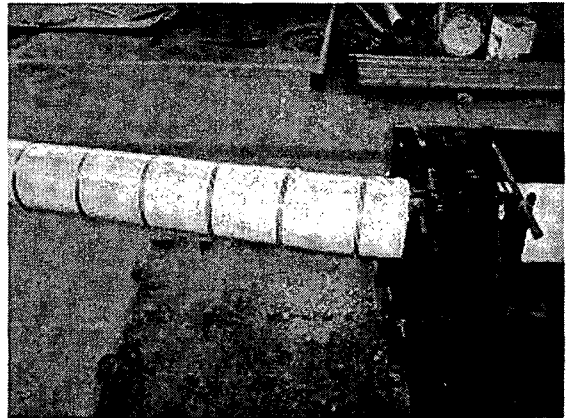


그림 10. 철판 0.4mm 보강 전주 파괴

표 3. 강도 보강 실험 결과

보강 유무	구분		보강 두께 (mm)	파괴 하중 (kgf)	비고 (파괴양상)
	번호	특징			
X	1	150강도	-	434	지점 파괴 (취성) (300kgf 이상이면 O.K)
	2	200강도	-	551	지점 파괴 (연성) (400kgf 이상이면 O.K)
	3	250강도	-	691	지점 파괴 (연성) (500kgf 이상이면 O.K)
O	4	철판보강	2	563	보강 끝부분 파괴 (취성)
	5	철판보강	0.5	543	보강 끝부분 파괴 (취성)
	6	철판보강	0.4	568	지점 파괴 (연성)
	7	FRP (3겹)	2	610	보강 끝부분 파괴 (취성)
	8	FRP (1겹)	1	569	지점 파괴 (취성)

〈통신전주 보강공법(안)〉

- 길이 2.5m 보강재를 지하 0.5m에서부터 지상 2m까지 밀착 부착하여 강도 보강
- FRP Spec
 - 두께 : 1겹 (1mm) (내화 및 콘크리트와 잘 붙는 성질의 것)
 - 인장강도 : 30kgf/mm²
- 철판 Spec
 - 두께 : 0.4mm (Coating Metal)
 - 항복강도 : 2,260kgf/cm²

[참고 문헌]

- [1] 정보통신부 고시 제 2003-3호 “접지설비·구내통신설비·선로설비 및 통신공동구 등에 대한 기술기준 제 9조(풍압하중)”, 2003.1
- [2] KT, “전주 설계기준”, 2005. 5
- [3] KT, “전주 표준공법”, 2005. 5
- [4] NTT, “전주 설계기준”, 1989

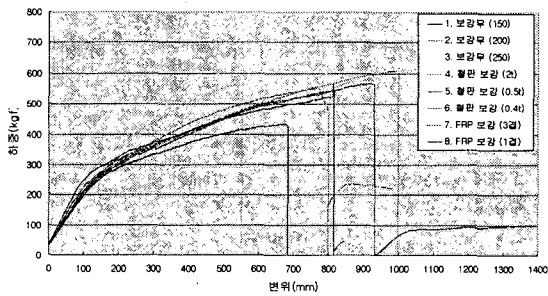


그림 11. 강도 보강 실험 결과 그래프

3. 결 론

이상으로 통신전주에 추가 부착물 취부 시 풍하중에 따른 안전성 검토 및 강도 보강 방법에 관한 내용을 고찰하였는데, 안전성 검토 방법을 활용하면 통신전주 부착물 취부에 관한 기준을 제시할 수 있으며, 과다하게 설치되는 케이블을 제한하거나 지상고가 나오지 않아 전주 높이를 인상한 전주의 안전성 검토에도 유용할 것으로 기대된다.

또한 안전성 검토 결과 안전성이 결여된 통신전주에 대하여 다음과 같은 보강방법을 이용하여 전주 자체의 강도를 보강한다면 교체로 인한 인력과 비용을 줄일 수 있으므로 보다 경제적이고 안전한 통신전주를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.