

154kV 송전선로용 H형 Steel Pole 개발

변 강* 민병욱* 신태우* 최진성* 장문명** 송택상**
 *한국전력공사 송변전건설처 **보성파워텍(주)

Development of The H Type Steel Pole for 154kV Transmission Lines

Gang.Byun* Byeong-Wook.Min* Tai-Woo.Shin* Jin-sung.Choi* Moon-Myong.Jiang** Teak-Sang.Song**
 *KEPCO **Bosung Powertec

Abstract-As the nation's standard of living rises lately, the common interest in the environmental issue is raised and the environmental design of a transmission line is needed. When the environmental design is needed, KEPCO used a steel pole instead of a rectangular tower. A steel pole has many advantages such as simplification of a tower and less damage to the forest according to less demand of site. But the weak withstand weight of a mono type steel pole is a problem. This paper introduces an H type steel pole which improves its withstand weight, reduces a diameter of a pole from 2.6m to 1.3m and decreases joining points according to the increase of unit length of a pole from 6m to 9m.

- 가공지선 : ACSR 97mm², OPGW 100mm² 1조
- 풍압적용지역 : II 지역
- 최대사용장력 : 3,950kgf/mm²

1. 서 론

산업사회의 급속한 발전으로 인한 환경변화로 인하여 환경에 대한 국민의 인식도 높아지고 있으며, 이에 따라 송전선로의 건설도 환경 훼손을 최소화하고 주위 경관과 조화할 수 있는 환경 친화적인 설비로 건설하기 위하여 신소재·신공법의 개발에 주력하고 있다. 송전선로의 환경조화에 대해서는 보는 관점에 따라 많은 차이가 있어 일률적으로 규정하기는 곤란하지만 기본적으로 설비의 단순화와 미관이 중요하다고 할 수 있다. 최근 들어 환경성이 요구되는 평탄한 지역의 송전선로에는 산형강 부재로 조립되는 첩탑 대신 강관주(steel pole)를 설치하고 있다. 강관주는 구조물의 형태가 단순하고 부지면적이 적게 소요되는 등 많은 장점을 가지고 있으나 현재 사용되고 있는 단주형 강관주(mono-pole)는 강관의 설계하중이 제한되어 있어 중하중 개소에는 적용하기 곤란하다. 또한 전기설비기술기준의 개정으로 강관주의 사용경간(span)이 150m에서 300m로 확대됨에 따라 현재 사용 중인 단주형 강관주는 설계하중이 부족하여 154kV 복도체 송전선로에 적용하기 어렵고 강관의 직경이 대폭 커지고 단위중량이 증가하게 되어 제작과 운반 및 시공이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 154kV 복도체 송전선로와 중하중 개소에도 사용할 수 있도록 설계하중을 높이고 형상을 단순화한 H형 steel pole의 모델을 설계, 제작하고 이에 대한 하중시험을 시행하여 154kV 송전선로용 H형 steel pole의 개발 모델을 제시하였다.

2. H형 Steel Pole의 개발 모델

H형 steel pole의 개발모델은 아래와 같이 154kV용 0 제원은 표1과 같이 같은 형상은 그림1과 같다.[1]

- 사용전압 : 154kV
- 강관주 높이 : 22m
- 회선수 : 2회선 수직배열
- 강관주형 : B형(수평각 20도)
- 수평하중경간 : 300m
- 사용용선 : ACSR 330mm²

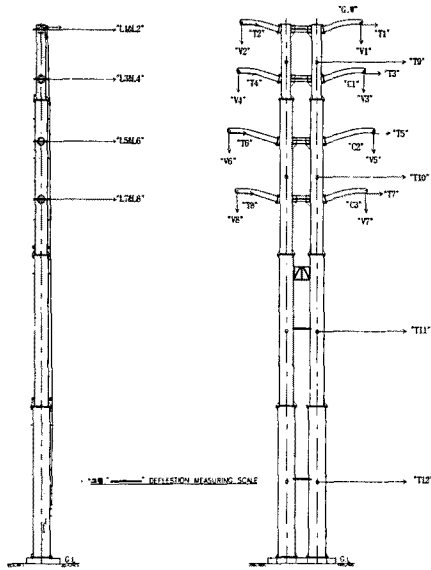


그림 1 H형 Steel pole의 개발 모델
 Fig. 1 Development model of H-type steel pole

표 1 H형 강관주의 제원
 Table 1 Specimen's scale of H-type steel pole

구분	Type	높이(m)		암길이			
		첩탑높이	탑정고	G/W	C1	C2	C3
내장형	B ₂	22	31.8	3.9	4.1	4.7	4.2

3. H형 Steel Pole의 하중시험

3.1 하중시험의 종류

H형 steel pole(twin-pole)의 개발 모델에 대한 하중시험을 위하여 그림1과 같이 H형 steel pole를 제작하고 구조물의 안정도 확인을 위한 내하중시험과 설계하중 이상의 하중이 작용하였을 경우 구조물에 미치는 영향을 확인하기 위하여 파괴하중시험을 실시하였다. 내하중시험과 파괴하중시험은 하중을 단계적으로 인가하면서 강관주 각 부위의 변위를 측정하였다. 내하중시험은 전선의 단선조건과 풍압하중의 변화를 감안하여 설계조건 10개 case에 대하여 시행하였으며, 파괴하중시험은 가장 취약조건인 Case1(고온계 상시조건)에서 부재가 변형 파괴될 때까지 하중을 증가시켜 시행하였다.[2]

3.2 시험설비 및 하중시험방법

하중시험은 (주)효성 조차원공장에서 시행하였으며 시험설비의 제원은 표2와 같고, 그림2 및 그림3과 같이 시험설비의 기초 위에 시험용 H형 Steel pole을 조립한 후 하중시험을 시행하였다.

표 2 하중시험설비

Table 2 Outline of the test facility

구 분	L1 Tower	L2 Tower	H Tower
최대하중	7,952 Ton	7,952 Ton	18,850 Ton
철탑높이	85m	85m	85m

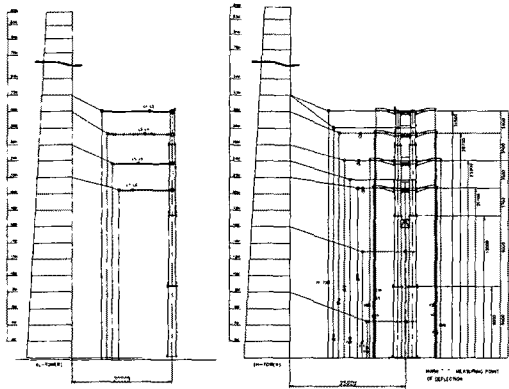


그림 2 시험설비 정면 및 측면도

Fig. 2 Front and side view of the test facility

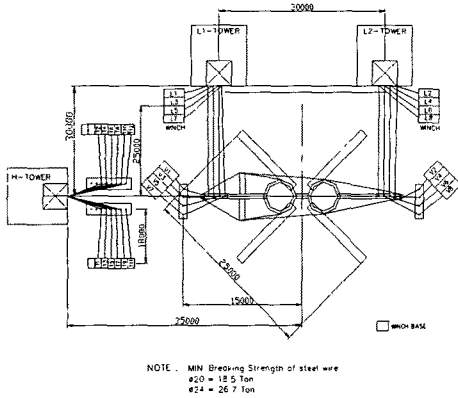


그림 3 시험설비 평면도

Fig. 3 Bird view of the test facility

시험하중은 전선 및 강관주 자체의 수직하중이 작용하는 수직하중점 8 Point와 전선이 단선되었을 경우 발생하는 작용하중점인 수평중하중점 8 Point, 그리고 강관주 및 전선의 풍압하중이 작용하는 수평횡하중점 12 Point, 총 28 Point에 대하여 동시에 인가하고 하중점에 하중변환기(load cell)를 설치하여 중앙제어실에서 하중을 제어하며 시행하였다. 시험하중을 단계적으로 증가하여 인가함에 따라 발생하는 변위(deflection)는 강관주의 선로방향(수평중하중) 4개소와 선로의 직각방향(수평횡하중) 6개소에 측정자를 부착하고 측량기를 이용하여 변위량을 측정하였다. 하중 인가점은 그림1과 같으며, 가공지선 암(arm)을 포함한 각 전력선의 암에 수직

하중과 수평 중·횡하중을 인가하였다. 풍압하중은 구조물 전체에 발생하는 분포하중이므로 상정 풍압하중과 같이 동일한 모멘트(moment)가 작용하도록 각 절간별로 그림1의 T9~T12 지점에 4개의 집중하중으로 등가시켜 시험하중을 인가하였다. {3}{4}

3.3 내하중 및 파괴하중 시험

내하중시험은 전선의 단선조건과 풍압하중의 변화를 감안하여 설계조건 10개 case에 대해 하중을 50%→75%→90%→95%→100% step으로 증가시키며 각 Step별로 하중값과 변위량을 측정하였다. 각 시험 Case 별로 최대하중(100%) 인가시에는 인가하중을 1분간 유지시킨 후 하중을 제거하여 눈에 보이는 국부적인 변형(bowing, buckling)을 관찰하여 합격 여부를 판정하였다. 내하중시험에 합격한 후에는 계속하여 100% 하중에서 5%씩 하중을 증가시켜 파괴될 때까지 시험을 진행시키면서 파괴하중시험을 시행하였다. {3}{5} 시험 결과 이번에 개발된 H형 steel pole은 내하중시험에 합격하였으며, 가장 최악조건 시험인 Case1(고온계 상시조건)에서 파괴하중시험을 진행한 결과 165% 하중에서 그림4와 같이 H-beam의 연결부재 3곳에서 볼트가 절단되고 연결 플레이트(plate)가 변형되어 파괴하중시험을 성공적으로 종료하였다. {6}

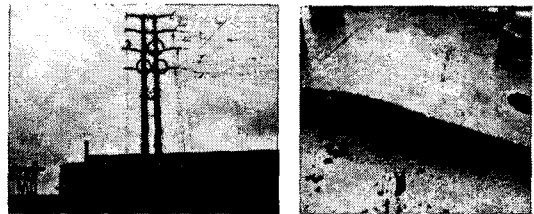


그림 4 파괴시험시 파괴발생 부위

Fig. 4 Buckling Point

파괴 당시의 강관주 상단에서 측정된 변위량은 수평중하중(전선단선-그림2,3의 L)에서 106cm, 수평횡하중(풍압하중-그림2,3의 T)에서 130cm가 발생하였다. 내하중시험 Case의 하중조건 및 최대하중(100%)별로 강관주 상단에서 측정된 변위량은 표3과 같으며, 개발된 H형 steel pole의 내하중시험 및 파괴하중시험 결과 일반 산형강에 비해 강도가 우수한 것으로 확인 되었다. {6}

표 3 내하중시험 결과 최대 변위량

Table 3 Outline of the test facility

Case	하중조건	변위 (cm)		Case	하중조건	변위 (cm)	
		T	L			T	L
1	고온 상시	22	5	6	저온 상시	14	6
2	고온 G/W단선	16	35	7	저온GW단선	10	27
3	고온 C1단선	16	30	8	저온 C1단선	12	26
4	고온 C2단선	16	34	9	저온 C2단선	11	29
5	고온 C3단선	16	32	10	저온 C3단선	12	28

4. 부재 및 부속설비의 모형 개발

H형 steel pole의 개발 모델을 결정하기 위하여 2개의 pole을 연결하기 위한 H주 연결재와 부속설비인 승탑용 안전장치, 프렌치 연결개소의 작업용 발판과 암(arm) 작업용 보조발판에 대하여 각기 다른 모형의 부속자재를 실물과 동일하게 제작, 검토하여 표4와 같이 H주 연결부재와 부속자재에 대한 개발 모델을 결정하였다.

표 4 모형결정을 위한 실물 비교

Table 4 Outline of the test facility

구 분	H주연결재	사다리	작업용 발판	암 발판
H1	강 관	사다리	Ring Bar	Ring Bar
H2	H Beam	Cabloc	산형강	EX. 망
결 정	H Beam	사다리	산형강	EX. 망

4.1 H-Pole의 연결재

2개의 Pole을 연결하는 가공지선 암(Arm)과 각 전력선의 암간을 연결하는 부재는 강관과 H-beam 2종류를 실물 비교 하였다. 풍압하중은 강관이 H-beam 보다 적게 작용하지만 작업자의 pole간 이동과 탑상작업시의 안전성을 고려하여 그림5와 같이 H-beam으로 결정하였다.

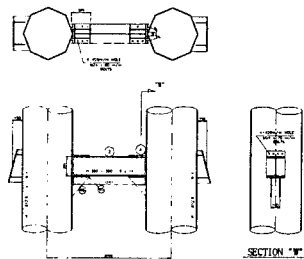


그림 5 H-beam형 H주 연결재
Fig. 5 H-beam type bridging material

4.2 암(arm)의 작업용 보조 발판

암의 작업용 보조발판은 그림 6과 같이 ring bar type 과 expended metal type의 2종류를 실물 비교하였다. Expanded metal type은 평평하여 안전성은 있으나 작업용 손잡이가 없어 이동시 안전성이 저하되므로 손잡이 부분은 ring bar를 설치하고 발판은 expended metal로 설치하는 복합형 모델로 결정하였다.



(a) Expended Metal type (b) Ring Bar type

그림 6 암의 작업용 발판
Fig. 6 Workers' step for an arm part(Left)

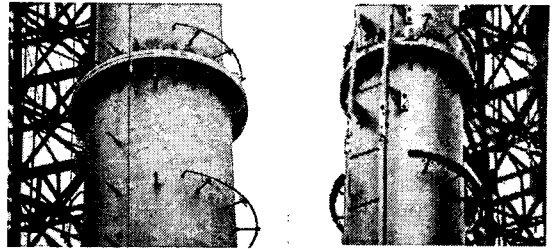
4.3 프렌지 연결부의 작업용 발판

프렌지 연결부의 작업용 발판은 그림7과 같이 발판면적이 넓은 산형강과 ring bar를 비교하였으나 프렌지 하부는 산형강을 사용하여 발판의 기능을 확보하고 프렌지 상부는 ring bar를 사용하여 작업자가 쉽게 잡을 수 있도록 하여 작업시 안전성이 확보되도록 하였다.

4.4 승·하탑용 안전장치

강관주를 승·하탑할 경우 작업자의 안전을 위하여 그림8과 같이 사다리형과 추락방지장치를 결합한 발판볼트형(cabloc type)에 대하여 검토한 결과 승·하탑시의 편리성과 작업자의 심리적 안정감을 고려하여 승탑용 안

전장치는 사다리 모델로 결정하였다.



(a) Ring bar type (b) Angle type

그림 7 프렌지 연결부 발판.
Fig. 7 Workers' step for a flange part



(a) 사다리형 (b) Cabloc type

그림 8 승탑용 안전장치
Fig. 8 Safety equipment for workers

3. 결 론

송전선로의 환경 친화를 위하여 지금까지는 단주형 강관주(mono-pole)를 사용하여 왔으나 단주형 강관주는 설계하중이 제한되어 복도체 송전선로나 중각도 개소에 는 사용이 불가능할 뿐 만 아니라 강관부재의 직경이 2.6m이상으로 대형화되어 아연도금이 불가능함에 따라 메탈라이징(metalizing) 방식을 채택함으로써 제조원가의 상승과 더불어 도금품질의 확보가 곤란한 단점이 있다. 따라서 단주형 강관주의 단점을 보완하여 개발한 H형 Steel pole은 강관의 재질을 STK 490에서 STK 540으로 변경하여 강도를 높이고 하중을 양쪽으로 분산시켜 강관 직경이 2.6m에서 1.3m이하로 축소하므로써 일반 도금이 가능하게 되었고 단위부재의 중량 감소로 인하여 운반과 시공능률을 향상시켰다. 또한 pole의 단위길이도 6m에서 9m로 증가시킬 수 있어 프렌지(flange)의 접속 개수도 30% 정도 감소하였으며, 소요부지면적이 축소되고 구조물의 형태가 단순화되어 환경과 조화된 설비를 구축할 수 있게 되었다.

본 논문에서는 H형 steel pole을 개발에 대하여 연구 하였으나 현재 강관주의 조립은 크레인이 필요하여 평지에만 설치되고 있으므로 향후 야산이나 산악지역에도 적용하기 위해서는 조립공법에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 가공송전용 철탑설계기준, 한국전력, pp.5~16, 2003.2
- [2] Loading Test on Overhead Line Towers, IEC-60652, 2002
- [3] Steel Pole 시험절차서, 보성파워텍, pp.3~26, 2003.5
- [4] 環境調和鐵塔の強度試験, 日本中部電力, pp.7~22, 1976
- [5] 日本電氣學會, 送電用支持物設計標準(JEC-127), 電氣書院, pp.19~21, 1979
- [6] 154kV H형 Steel Pole 하중시험 보고서, 보성파워텍, pp.4~43, 2003.5