2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 최초적용

오창효*, **윤형희***, 이관성*, 백남열*, 김수환*
한국전력*

The first application of vertical snake in 345kV XLPE 2,500㎟

Chang-hyo OH, Hyung-hee YOON, Koan-seong LEE, Nam-yeol PAIK, Soo-hwan KIM
KEPCO(Korea Electric Power Corporation)*

Abstract - As an answer for need for minimizing the road excavation of a box type tunnel, a method of vertical snake was developed, which is very economical and easy to construct. The reason why it is good is, the road excavation width, steel accessories, the road occupation space decreases with the technology. The pros and cons of 345kV XLPE 2,500㎟ horizontal and vertical snake are listed below. In this study, topics such as 345kV XLPE 2,500㎟ vertical snake construction standard and the development process of steel accessories, vertical snake construction procedure will be covered.

1. 서 론

대관허가, 민원으로 개착식 전력구의 도로굴착 폭 최소화 요구에 따라 개발된 수직스네이크 공법은 도로굴착 폭, 케이블 소요 금구류, 도로점용 면적이 감소함으로써 경제성 및 시공성이 우수한 공법이다. 345kV XLPE 2,500㎟ 포설방식별 장단점은 아래의 표1과 같으며 본 논문에서는 345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 시공기준 및 금구류 개발과정, 수직스네이크 포설작업 절차에 대하여 기술하고자 한다.

<표 1> 345kV XLPE 2,500㎟ 포설방식별 비교표

구 분		수평 스네이크	수직 스네이크
시공사진			
기준	피치	9m	4.5m
	폭	1.5Ds	1.5Ds
지지간격		좁음(1.5m)	넓음(4.5m)
시공성	케이블	케이블지지간격이 좁아 취급용이	회선간 이격거리가 높고 케이블 지자간격이 넓어 다소 불리
	전력구	불리: 도로굴착 점용면적 과다	유리 : 도로굴착 점용면적 감소
경제성		불리	전력구 약 10%절감 케이블 약 5%절감

2. 본 론

2.1 345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 기준

345kV XLPE 케이블의 스네이크Pitch 및 폭을 검토하기 위해서는 Aluminium Sheath 허용왜, Snake 폭방향 이동량, Snake 발생 축력식을 검토하여 세가지 조건이 부합되는 스네이크 폭을 결정하였다.

2.1.1 345kV XLPE 케이블의 스네이크 Pitch 및 폭 검토

가. Aluminium Sheath 허용왜(歪) 검토

온도변화에 의한 AL Sheath의 최대변형 변화가 0.3%이하를 만족하는지 여부를 아래의 수식을 이용하여 검토하여 스네이크 기준 선정의 적정성 여부를 판단하였다. (수식은 한전설계기준 DS-6230 부록1 참조)

$$\epsilon = \frac{8\times Ds/2\times\alpha\times t}{\sqrt{[B^2+(4\times 2L^2\times\alpha\times t)/\pi^2]}+B}$$

나. 스네이크 폭방향 이동량(n) 검토

스네이크 폭방향 이동량은 아래의 수식을 이용하여 검토하였다.

$$n=\sqrt{[B^2+(2\times L\times m\times 0.8)]}-B$$

다. 스네이크 발생축력(F) 검토

아래의 발생 축력식을 이용하여 스네이크 간의 축력차 값을 계산하였다.

고온시(-부호 : 압축력, +부호 : 인장력)

$$F=-\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}-\frac{8EI}{(B+n)^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}+\frac{WL^2}{2(B+n)}\times 0.8$$

라. 검토결과

스네이크 Pitch 및 폭 검토는 첫째, Al Sheath 허용왜(歪)가 0.3%이내인지, 둘째, 크리트 전후간의 축력차 및 작업오차를 포함한 축력이 크리트 구속력 200kg을 초과하는지, 셋째, 폭방향 이동량을 고려하여 행거 유효길이 범위 이내인지를 검토하였으며 상기 3가지 조건을 만족하는 스네이크 허용치는 Pitch 4.5m, 폭1.25Ds이상이나 345kV XLPE 케이블의 수평스네이크 기준인 1.5Ds로 통일하여 적용하기로 하였다.

2.1.2 345kV XLPE 2500㎟ 수직스네이크 배치방법

가. 경사직선부

경사지 전력구의 경우 스네이크 축력의 불평형분과 케이블 자중의 경사방향분을 더한 힘이 요구되므로 수직스네이크 포설이 가능한 경사각을 아래의 식과 같이 구하였다.

$$\theta=\sin^{-1}[\frac{(\text{케이블고정받침구속력}-\text{축력불평형분})}{(\text{단위중량}\times\text{스네이크1피치})}]$$

$$=\sin^{-1}[\frac{(200-107)}{(40.5\times 4.5)}]=29.5^\circ$$

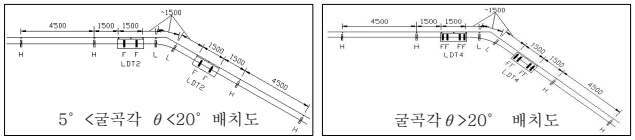
도출한 29.5°에 안전율 1.5를 적용하면 약 20°가 나온다. 따라서 경사지 전력구의 경우 각도 20°이내는 금구류의 별도 설계가 필요 없으며, 20°이상시는 금구류 증가 등의 별도 검토가 필요하다.

경사각 20°까지는 수직스네이크 포설이 가능하지만 경사부 길이가 짧아 스네이크 포설(1Pitch : 4.5m)이 불가한 경우 직선포설을 하고 크리트로 고정한다.

경사각이 20°이상인 구간에서 J/B사이 수평부에 스네이크가 있는 경우에는 수평구간 스네이크로 코어 활락을 방지할 수 있으므로 이 경우 경사구간을 직선 포설하고 1.5m 간격으로 단말고정형 Cleat로 고정한다.

나. 개착식 전력구 수평 굴곡부

스네이크 케이블과 굴곡점을 도면으로 비교하여 검토한 결과 수평각 5°까지 수직스네이크 포설이 가능함을 알 수 있다. 굴곡각이 5°를 넘는 구간은 직선부의 스네이크 축력(687kg)에 상당하는 굴곡각을 검토한 결과 5°이상 20°이하에서는 그림1과 같이 LDT2로 고정하고, 20°이상에서는 LDT4로 고정함이 바람직하다는 결론을 얻었다.



<그림 1> 5° < 굴곡각 θ < 20° 및 굴곡각 θ > 20° 케이블 배치도

나. 터널식 전력구 수평 굴곡부

스네이크 굴곡이 가능한 5°에 해당하는 60m이상의 터널 곡률반경을 갖는 전력구에 대해서는 수직스네이크 포설을 하며, 30m≤터널 곡률

반경<60m인 경우에는 원호포설하고, 구속형크리트를 1.5m 간격으로 설치하며, 원호부 양단에는 LDT2를 설치한다.
또한 터널 곡률반경<30m인 경우에도 원호포설하며, 진동방지형 크리트를 1.5m 간격으로 설치하고 원호부 양단에 LDT4를 설치한다.

2.2 345kV XLPE 2500㎟ 금구류 개발

국내 최초 적용되는 345kV 수직스네이크 포설공법 적용을 위하여 시공방안 및 금구류 개발에 대한 기술검토를 현장실증시험을 통하여 최적의 자재를 채택함과 동시에 최상의 품질을 확보하였다.

2.2.1 'ㅁ형 행거'

벽체에 조립되어 345kV XLPE 2,500㎟ 케이블을 받치는 ㅁ형행거는 아래 표2의 상시하중(W)과 단락전자력(F) 및 표3의 휨 모멘트 휨 응력을 통하여 '상시 휨 응력(σ_1)<허용응력'이 되는 값과 '이상시 휨 응력(σ_2)<항복응력'인 조건을 검토하여 표4와 같은 상시·이상시 모두를 만족하는 최소 규격인 125×75×4.5t 규격을 채택하게 되었다.

<표 2> 상시하중(W) 및 단락전자력(F)식

구 분	식
상시하중(W)	$(W_{CC}\times L\times 3상)+C_w=(42\times 4.5\times 3)+12=579.0kgf$
단락전자력(F)	$2.04\times 10^{-8}\times k\times \frac{i_s^2}{S}\times L=1912.3kgf$

※ i_s : 단락전류(63kA), S:케이블중심간격(0.165m), k:0.866, L:지지간격(4.5m)

<표 3> 휨 모멘트 및 휨 응력식

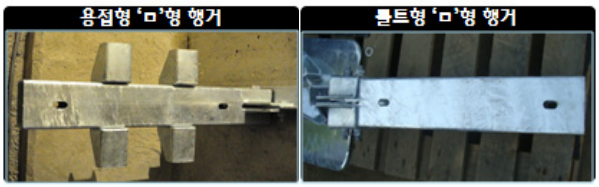
구 분	휨 모멘트($kgf\cdot cm$)	휨 응력(kgf/㎠)
상 시	$M_1=W_1\times$길이(㎝)	$\sigma_1=M_1/$단면계수(㎤)
이상시	$M_2=(W_1+F)\times$길이(㎝)	$\sigma_2=M_2/$단면계수(㎤)

※ 길이(㎝) : 크리트 중심에 집중하중 작용 상정(33.5㎝)
※ 행거(SS400) 재질 응력 : 허용응력(1,650kfg/cm^2), 항복강도(2500kfg/cm^2)

<표 4> 규격 검토결과

행거규격	상시하중			이상시(단락시)하중			단면계수
	M_1	σ_1	허용응력	M_2	σ_2	항복응력	
150×75×6.0		418.1			1798.0		47.5
125×75×4.5	1,9859.7	526.8	1,650	85451.8	2266.4	2,500	37.7
125×75×4.0		582.4			2502.6		34.1
100×50×4.5		1141.4			4912.2		17.4

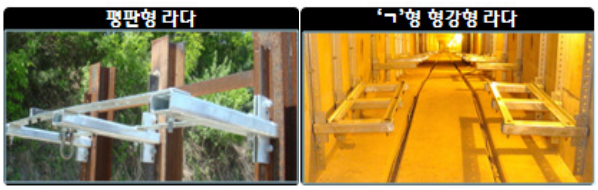
'볼트형 ㅁ형행거'와 '용접형 ㅁ형행거'를 현장실증시험하여 비교한 결과 수직하중시험에서 처짐량이 상대적으로 크고 수직하중파괴시험 도중 헤드벌어짐이 발생하는 '볼트형 ㅁ형행거'보다 상기시험에서 양호한 상태를 보여준 '용접형 ㅁ형행거' 채택하였다.



<그림 2> 용접형 및 볼트형 'ㅁ'형 행거

2.2.2 라다

기존 방식의 경우 크리트 거치용 플레이트 설치로 인해 행거 길이가 증가하여 순시폭이 줄어드는 문제점이 있었으나 크리트 거치용 플레이트를 제거함으로써 시공 편의성 및 전력구 순시폭을 확보하였다.

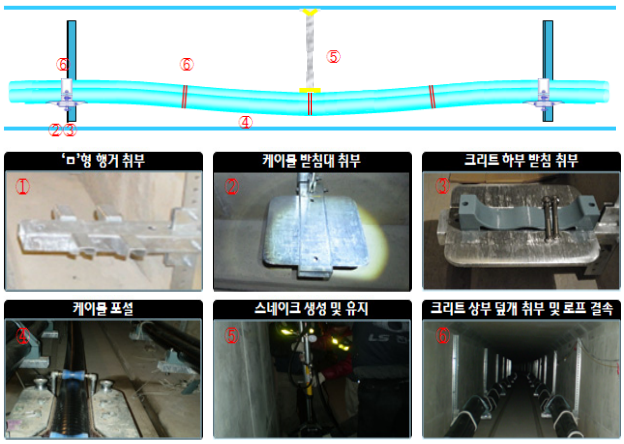


<그림 3> 평판형 라다, 'ㄱ'형 라다 및 ㅁ형 행거

'평판형 라다'와 'ㄱ형 형강형 라다'의 수직하중시험 결과 두 개의 라다 모두 상시하중 130.5kgf보다 높은 140kgf에서 양호한 특성을 보였으나 제조, 운반을 고려하고 특히 ㅁ형 행거(3개) 간 단차 발생시 휨현상 발생이 우려되는 '평판형 라다'보다는 보다 안전한 구조인 'ㄱ형 형강형 라다'를 채택하였으며 시공편의성 및 자재단가 절감을 위하여 충분한 실증시험을 통하여 80×40×6t 규격으로 결정하였다. '평판형 라다'와 'ㄱ형 형강형 라다'는 그림3과 같다.

2.3 345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 시공절차

345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 시공절차는 아래 그림4의 번호 ①~⑥의 순서대로 시공한다.



<그림 4> 수직스네이크 시공절차

가. B상 포설 및 스네이크 형성

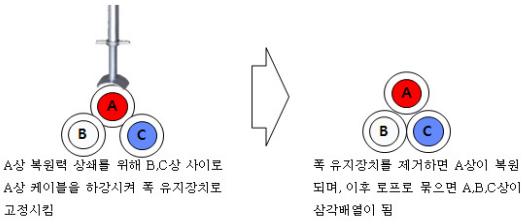
케이블 포설이 완료되면 4~5경간 정도의 케이블을 크리트 위에 올려 놓고 케이블 복원력을 고려하여 수직스네이크 폭 길이에 여유길이를 합산하여 수직스네이크 폭 형성용 유압장치로 지지대 경간 중앙지점의 케이블을 누른다. 케이블을 유압장치로 누를 경우 유압장치의 작동하는 힘은 Φ40짜리 유압장치의 단면적과 케이블 측압 기준인 300kg이하를 고려하여 압력 20kg/㎠이하로 가하여 케이블 방식층이 손상이 없도록 하여야 한다. 수직스네이크를 형성한 뒤 유압장치를 제거 후 폭 유지장치를 바닥과 수직을 이루게 경간 중앙지점에 설치하여야 하며, 수직스네이크 형태를 유지하기 위하여 통상 1일정도 유지장치를 유지한다.

나. C상 포설 및 스네이크 형성

B상과 동일한 방법으로 케이블 포설을 실시하며 A상 수직스네이크 형성을 위해 B상과 C상 사이에 각목 등을 이용하여 경간 중앙지점을 약 70㎜~100㎜가량 벌려 놓는다.

다. A상 포설 및 스네이크 형성

A상도 B, C상과 동일한 방법으로 케이블 포설을 실시하며 A상 케이블 복원력을 감안하여 여유길이 만큼 하단으로 내려야 하기 때문에 B, C상 케이블 사이의 각목을 제거한 뒤 벌어진 사이로 A상 케이블을 하강시켜 폭 유지장치로 고정시킨다. A상 수직스네이크 형성은 그림 5와 같다.



<그림 5> 수직스네이크 형성방법

3. 결 론

본 논문에서는 소개한 345kV XLPE 2,500㎟ 수직스네이크 기준 및개발된 금구류, 수직스네이크 포설작업 절차를 적용하여 현재 345kV 고양삼송지구 지장송전선로 지중화공사를 건설중에 있다. 기준 및 작업절차에 따라 건설 완료 후 운영측면을 고려하여 문제점을 보완할 예정이며 수직스네이크 기술을 더욱 향상 시킬수 있도록 관련분야를 지속적으로 연구할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사, "지중송전 설계기준" 2009
[2] 한국전력공사, "전력구내 수직스네이크 포설공법 도입", 2007
[3] 전기협동연구회, "전기협동연구 제61권 1호", 2005