

154kV 양곡-강화 송전선로 조급차공법 가선설계

영인기술주식회사 이귀일

Cable stringing design for 154kV Yanggok-Kangwhoa Transmission Line by X-cradle

Youngin Engineering Co. LTD. Mr. kwy-il. Lee

1. 서론

154kV 양곡-강화 송전선로 No.38-39호간은 강화도 염화강을 횡단하는 해월구간으로서 송전선로 가선시에 지지철탄 높이 부족으로 가선작업시 저장력으로 전선이 해수에 침수되어 조류에 휩쓸리는 것을 방지하기 위하여 경간중간에 바지선을 띄우고 크레인으로 연선불력을 장착하여 가선 해야 한다.

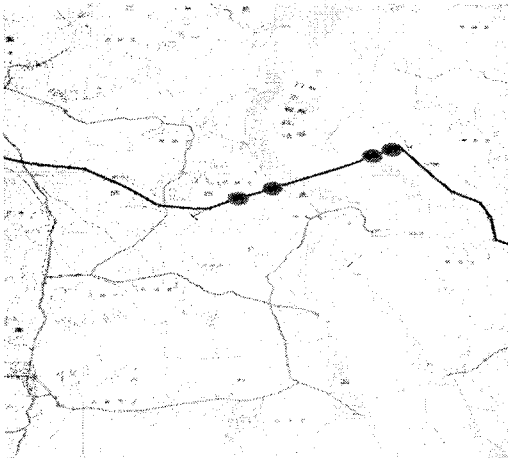
그러나 강화도 염화강은 장어 통발어망이 포설된 지역으로 바지선 통과 및 계류시에 통발어망에 막대한 피해로 인하여 어업피해보상 제기와 사회적 물의를 일으킬 우려가 예상된다.

따라서 본 해월구간의 가선작업에는 해수면을 교란시키는 대형 선박 및 해상활동에는 엄격한 제약이 따르며, 전선의 해수면 침수도 엄격하게 금지되어 있으므로 부득이 발발침이 필요 없는 조급차 가선공법이 적용되어야 한다.

조급차 가선공법은 일본에서 개발되어 1,000m 해월공사에 적용한 실적이 있으나 1,000m 이상의 가선구간에는 아직 실적이 보고되지 않고 있다.

본 가선설계에서는 1,216m 해월구간에 안전하게 가선작업이 이루어질수 있도록 조급차 연선작업시 전선 및 주삭 와이어에 걸리는 상세 하중분석 및 각 철탄 지지점에 미치는 하중과 전선 가선상황을 카테나리 전선실장, 이도 및 장력을 해석하는 program(congco.for : conductor geometric position & loading analysis program)을 사용하여 기별철탄, 전선 지지점별 하중분석자료를 사용한 다.

2. 송전선로 경과지도



3. 설계 개요

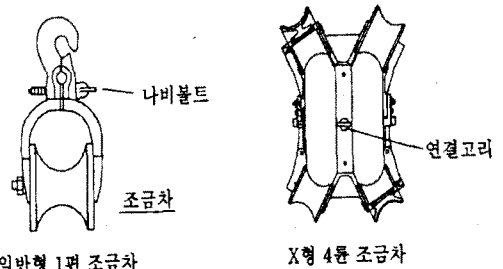
공사명 : 154kV 양곡-강화 송전선로 건설공사
 구간 : No.37 - No.40호간
 (강화도 염화강 횡단)
 선로 길이 : 2 cc't - 1,858m (3경간)
 지지물 : 2회선용 4각 철탄 4 기
 (현수철탄 2기, 내장(양카)철탄 2기)
 전력선 : HTACSR/AW 400mm² 1조
 가공지선 : AWS 240mm² + OPGW 120mm²

3.1 구간 기별명세

철탄 번호	형-높이	경 간	지반고	지지점 고저차	연선 구간	가선 구간	조급차 연선 구간	비고
엔진장			0 m	0 m	2,058 m	1,858 m	1,216 m	해월 구간
		90 m						
No.37	D2-26		-5 m	17.5 m				
		188 m						
No.38	SF2-99		-13 m	59.64 m				
		1,216 m						
No.39	SF2-99		-23.2 m	-23.2 m				
		454 m						
No.40	D2-35		0.05 m	-63.9 m				
		110 m						
드럼장				-31.5 m				

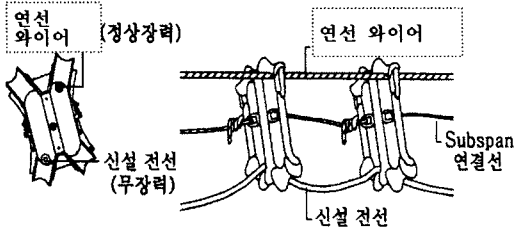
3.2 조급차 가선 원리

3.2.1 조급차 구조

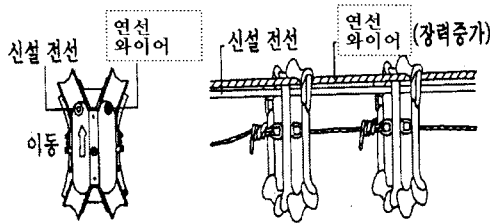


X형 4륜 조급차는 150kg 수직하중의 강도이며 장경간용으로 제작되어 800mm2 전선도 사용 가능함.

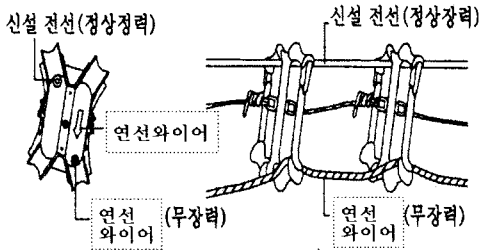
3.2.2 조급차 가선 원리



조급차 하단롤러에 신설전선을 무장력으로 연선하여 정상장력으로 가선된 메신저 와이어를 상단 롤러에 태워서 30 - 50m 간격으로 연선 한다.



하단의 신설전선에 장력을 서서히 주어서 하단에서 상단으로 이동 시킨다. X형 조급차는 자세를 약간 회전하여 수직상태가 된다.



신설전선의 장력을 유지한채 연선와이어 장력을 감소시키면 이도가 증가되어 하단롤러로 이동 된다. 연선와이어는 무장력으로 하고 서서히 당겨서 조급차와 함께 회수 한다.

4. 지지점장력 및 이도 설계

4.1 전선 및 연선 메신저와이어 하중계산

Cable 종류	가선시 기상조건		Cable에 걸리는 단위하중(kg/m)		
	온도	풍속	합성하중	수직하중	수하중
전력선HTAC SR 400	15℃	5 ㎞	2.329	2.3289	0.06489
가공지선 AWS 240			1.643	1.6428	0.04445
무연회와이어 18mm			1.334	1.3330	0.03942
18mm rope			0.155	0.154	0.0180
조급차			0.1140	0.1140	0.004

가공지선 조급차 가선시 18mm 무연회 메신저 와이어에 걸리는 하중

부담 Cable 종류	온도	풍속	합성하중	수직하중	수평하중
무연회와이어 18mm	15℃	5 ㎞		1.333	0.03942
18mm rope				0.154	0.0180
가공지선 AWS 240				1.6428	0.04445
조급차				0.114	0.004
계				3.246	3.2438

전선 조급차 가선시 18mm 무연회 메신저와이어에 걸리는 하중

부담 Cable 종류	온도	풍속	합성하중	수직하중	수평하중
무연회와이어 18mm	15℃	5 ㎞		1.333	0.03942
18mm rope				0.154	0.0180
전력선 HTACSR 400				2.3289	0.06489
조 급 차				0.114	0.004
계				3.932	3.9299

4.2 연선 Rulling Span

$$R_s = [(90^3 + 188^3 + 1216^3 + 454^3 + 110^3) / (90 + 188 + 1216 + 454 + 110)]^{1/2} = 960.93 \text{ m}$$

철탑 No.	철탑 형	철탑 높이 (a)	경간	볼록 길이 (b)	철중지반고 (c)	지지점 d = a-b	누계 높이 e = d+c	지지점고 저차 e(n) - d(n-1)	비고
연선장	Puller	2			0	2	2	0	기준점
			90						
37	D2	26		1.5	-5	24.5	19.5	17.5	
			188						
38	SF ₂	99		1.5	-13.36	97.5	84.14	59.6	
			1216						해상
39	SF ₂	99		1.5	-23.22	97.5	74.28	-23.22	
			454						
40	D2	35		1.5	0.05	33.5	33.55	-63.95	
			110						
드림장	텐션너	2			0	2	2	-31.5	전선장

4.3 전선 지지점(하단암) 고저차 계산

4.4 해월구간의 하단암 전선의 해상고

$$\text{해상고} = 39\text{호 지지점}(97.5\text{m}) - 38-39\text{호간 고저차}(-23.22\text{m}) + 39\text{호 해상지반고}(3\text{m}) = 123.72\text{m}$$

4.5 하단암 가선시 해상고 10m를 유지하기 위한

가선장력 계산

$$\text{가선이도} = \text{해상고} - \text{여유} = 123.72\text{m} - 10\text{m} = 113.72\text{m}$$

가선작업시 선박방향에 이장이 없도록 10m정도의 지상고를 유지 하도록 전선최저 처짐점(Vertex Point)을 113m 이내가 되도록 이도를 결정해야 한다.

15t 15m/s 바람을 고려하여 Vertex Point의 Y좌표가 -113m 되는 이도를 유지하기 위한 장력계산을 전산 program을 사용하여 해석하면 약 7,200kg의 장력이 계산된다.

4.6 전선 지지점장력 계산

가선구간에 7,000kg의 수평장력이 전선 내부에 균일하게 걸리게 되므로 전선 지지점 고저차, 경간차이 및 지지점 카타나리 각도에 의하여 지지점에는 실제로 각기 다른 하중이 걸리게 된다.

각 철탑 전선 지지점에서의 정역학적인 힘의균형이 이루어 질때의 전선 카타나리 곡선 해석과 같다.

< Vertex Point 계산 결과 >

철탑번호	경간	지지점 고저차	수평장력 (kg)	전선실장 (m)	이도 (m)	Vertex Point	
						X 좌표	Y 좌표
E/G -37	90	17.50	7,200	91.543	0.33	-552.37	-49.48
37 -38	188	59.64	"	196.947	1.50	-870.82	-123.46
38 -39	1,216	-23.22	"	1238.688	101.83	642.35	-113.76
39 -40	454	-63.95	"	458.155	8.42	660.64	-70.86
40 -D/M	110	-31.50	"	114.245	0.51	928.56	-140.50

< 하담암(C3) 전선지지점 장력 계산결과 >

철탑번호	좌측 전선지지점 응력(kg)			우측 전선지지점 응력(kg)			카타나리 각도(도)	
	수평하중	수직하중	합성하중	수평하중	수직하중	합성하중	좌측	우측
엔진장	0	0	0	7,200	-1,293	7,315	0	-10.18
37	7,200	1,506	7,355	7,200	-2,055	7,487	11.82	-15.93
38	7,200	2,514	7,626	7,200	2,576	7,647	19.25	19.69
39	7,200	2,291	7,555	7,200	1,550	7,365	17.65	12.15
40	7,200	-481	7,216	7,200	2,195	7,527	-3.83	16.96
드럼장	7,200	-1,928	7,453	0	0	0	-15.00	0

5. 연선 최대하중 분포

지지점 하중계산 결과를 이용하여 가선작업시 걸리는 최대하중과 연선작업시 발생하는 충격하중을 산출하여 조금차 연선작업의 안전을 확보 한다.

5.1 연선 최대하중 계산



철탑번호	엔진장	No.37	No.38	No.39	No.40	드럼장
경 간	90 m	188 m	1,216 m	454 m	110 m	
고 저 차	17.50	59.64	-23.22	-63.95	-31.50	
연선장력	1,800	1,896	2,086	2,563	2,885	2,878
주삭장력	7,627	7,577	7,200	6,668	6,424	6,274
수직하중	-1,293	-548	5,090	3,841	1,713	-1,928
수직충격	-3,879	-1,644	15,270	11,523	5,139	-5,784

5.2 조금차 연선하중 적용

조금차 연선공법의 장점은 작은 연선장력으로도 선하지 지상고의 영향을 받지 않으므로 해월구간 등의 가선공법으로는 장전이 많다.정지상태에서의 메신저 와이어의 주삭 장력을 증가시켜서 선하지 지상고를 유지 한 상태에서 조금차를 이용하여 신설 전선을 저장력으로 가선하는 공법이다.

최대 주삭장력 : 7,627 kgf

최대 연선장력 : 2,885 kgf

5.3 철탑 가지선 및 암보강

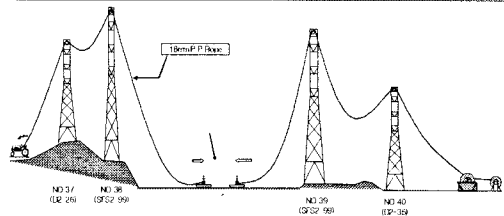
장경간 일 경우 주삭장력이 크고, 수직 충격하중이 크므로 철탑 가지선 및 암 보강은 안전율 3이상을 적용하여 충분하게 보호하여야 한다.

최대 충격하중 : 15,270 kgf

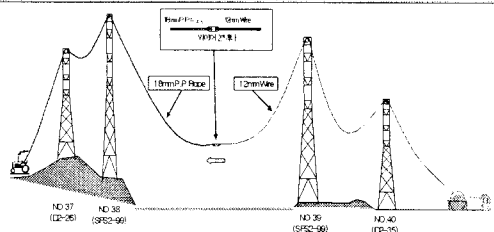
최대 가지선하중 : 7,627 kgf

6. 조금차 연선 작업공정

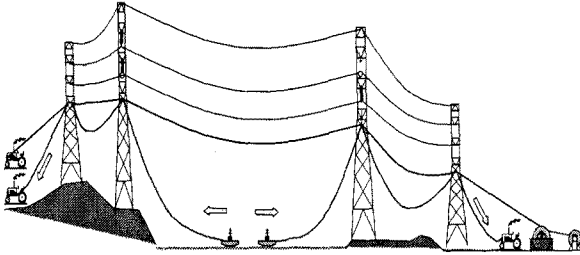
○제1공정 : 선박이용 18mm P.P Rope 포설 (화선별 각선)



○제2공정 : 18mm P.P Rope → 12mm Wc 산배기 (화선별 각선)



※ C3 : 10mm 연선로프 화수공정



7. 결 론

송전선로 설계에서 철탑높이와 경간은 반비례하는 특성이 있으며 경제적인 표준철탑과 경간이 규정되어있으나 경과지의 사정에 따라서 표준 사양 적용이 어려운 도심지 통과, 선하지의 장애물 통과, 하천, 철도 횡단 및 장경간 해월 구간을 통과하게 됨으로서 가선시에 어려움이 발생 된다.

종래에는 크레인에 의한 가선공법, 바지선 공법, 헬기 공법이 있으나 안전성과 경제적인 면에서 만족하기가 어려웠다.

또한 OPGW 가공선 교체 공사에 소형의 조급차가 사용되고 있으나, 154kV급 이상의 장경간 송전 선로 가선공사에는 조급차의 하중이 부족하여 사용이 일반화 되지 못하였다.

150kg 의 대형 X형 4륜 조급차 도입에 따라 1000m 이상의 장경간에도 가선공사를 발발침없이 안전하고 경제적으로 시공이 가능하도록 가선작업에 따른 하중분석 기법을 개발하여 보다 정확한 작업하중 분포, 이상하중 및 최대 예상하중을 도출하여 보호 가지선 및 압보강, Puller와 Tension-er 적정 용량상정 등을 효과적으로 할 수 있다.