

해월철탑 안전진단과 보강대책방안

박 원철, 이 재관
한국전력공사 전남지사

Safety Diagnosis & Rainforced Countermeasure in Steel Tower

Won Chul Park, Jae Kwan Lee
Chun-Nam Branch Office Korea Electric Power Cooperation

Abstract - 경제발전과 다른 국민 생활향상과 산업고도화에 의해 전력은 계속하여 수요가 증가하고 대용량화 되어가고 있으며 그와 함께 지속적이고 안정된 전력공급은 그 중요성이 더욱 대두된다. 서남해안 도서지역은 전력수요가 96년에는 13.5%증가하였으며 전선로의 설비는 가공해월철탑과 해저케이블, 공급방식은 수지상식의 취약선로이다.

폭풍이나 태풍에 의해 해월철탑의 도괴된 사례가 발생하여 가공송전선용 설계기준중 기준풍속을 지역별로 구분, 상향조정(87.6)되었으며 기존 해월철탑 설비에 대한 안정성 검토의 필요성이 대두되었다. 태풍 또는 폭풍에 의한 해월철탑 지지물의 도괴, 또는 파손 등의 피해를 방지기준철탑 및 기초안전도를 검토하고 보강필요시 우리 실정에 맞는 경제적이고 안정된 보강방법 및 공법을 연구 개발하여 이에 의한 설계 및 시공기준을 수립하고자 한다.

1. 서 론

정부의 도서개발사업의 추진과 자치단체의 적극적 해양자원에 대한 관심 등으로 최근 전력수요가 증가하고 있으며 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환하면서 설비의 대용량화로 안정적인 전력공급, 설비의 보강 등이 필수적이거나, 가공송전용 철탑의 설계기준 중 기준풍속을 지역별로 변경과 철탑의 기초부분과 주주재의 안전도 검토 등이 요하며 보강필요시 경제적이고 안정된 보강방법 및 공법을 연구개발하여 이에 의한 설계 및 시공기준을 수립하는데 있다.

2. 본 론

2.1 안전진단 검토 배경

서남해안 도서지역의 전력공급을 하고 있는 해월철탑(512기)은 160개도서와 91,700호를 공급하고 있는 곳으로 설계기준 강화이전(87.6)에 농어촌전화사업으로 건설된 철탑으로 현재 지선을 설치하여 지지하고있으나 장기적인 측면에서 보면 근본적인 해결방안이 되지 못하고 있으며 또한 우기철이 지난 후 태풍 통과지역으로 철탑도괴사고[표1 참조]가 주기적으로 발생되고 있다. 이 지역 선로는 수지상식으로써 사고발생에서 완전복구시까지는 장시간 소요로 정전으로 인한 피해는 계산할 수 없을 정도이다. 안전진단 대상철탑은 설계강화이전의 철탑으로 하였으며 진단결과에 따라 설계 및 시공기준과 보강방안을 강구코자 한다.

2.2 해월 철탑 피해자료수집

최근에 발생한 전남지역의 해월철탑 도괴등 피해 사례를 수집, 조사하였으며 이들 자료로부터 피해 상황 및 유형, 피해원인, 피해지역등을 수집하였다.

[표1] 철탑 도괴사고 현황

도괴년월	도괴철탑	형, 높이	원인	순간풍속	복구년월	비고
76.7	금산#2	SF 66	돌풍	-	76.12	강도부족
79.8	제원#2	SF 86	돌풍	-	80.9	"
81.7	금산#2	SF 66	태풍	32.3	82.1	"
81.7	금산#3	SF 85	"	32.3	82.1	"
81.8	충도#2	SF 95	"	30	82.7	"
86.8	금산#2	SF 66	"	44	86.12	"
86.8	금산#3	SF 105	"	44	87.1	"
86.8	금어#2	SF 60	"	44	87.1	"
95.7	횡간#2	SF 100	"	32.2	95.7	"

2.3 안전진단 검토 대상

가. 진단대상 : 설계강화 기준 이전(86.7)에 건설된 모든 해월철탑. [표 2 참조]

나. 대상 기수 : 301기(전체 기수의 58.8%)

다. 안전진단 조건

- (1) 기준풍속 : 34.6 m/sec ⇨ 54.0m/sec
- (2) 기초부분: 무근콘크리트 ⇨ 철근콘크리트
- (3) 철탑재 안전율

(가) 주주재 : 1.02 (나) 볼트 : 1.05

(다) 완금재 : 1.2 (라) 암 : 2.5 이하

[표 2] 해월철탑 건설 년도별 장척별 현황

구분	45년 이전	46년 ~83년	84년 ~85년	86년 ~90년	91년 ~95년	계	점유율 (%)
30M미만	3	173	21	71	39	314	61.3
50 "	2	56	6	16	16	96	18.7
60 "	1	21	2	5	1	30	5.9
70 "		13		7	8	28	5.5
80 "		8	3	3	1	15	2.9
90 "		4		3	1	8	1.6
100 "		2	2	4	1	7	1.4
100M이상		4		6	4	14	2.7
계	6	285	34	79	71	512	
점유율(%)	1.2	55.7	6.2	23.0	13.9		100

주1. 내륙지역 철탑, 32기 포함.

2. 검토대상 301기는, 85년까지 내륙철탑 24기 제외

2.4 안전 진단 결과

안전진단 검토의 조건에 따라 실시한 결과 대상 301기중 불량판정 230기(점유율 76.4%)이며 철탑형태별로는 SF형 70기, SD형 160기로 나타났다. 또한 철탑 구조분석결과 SF형 70기중 37기가 50M 이상의 장철탑이며 SD형철탑은 175기중 160기(92%)가 불량판정으로 되었음. [표3 참조]

양호한 철탑중 기초부문이 무근콘크리트로 시공이 되어 현행 설계기준에 미달이 되어 철근콘크리트로 보강이 필요하게 되었다.

[표 3] 안전진단 결과 분석표

구분	양호(23.6%)		불량(76.4%)		계	비고
	SF	SD	SF	SD		
철탑형						
기 수	56	15	70	160	301	양호:71기
점유율 (%)	18.6	5.0	23.2	53.2	100	불량: 230기

2.5 안전진단에 설비보강 방안 검토

가. 철탑 및 기초의 안전도 검토후 파악된 안전을 미달부재의 보강설계는 아래의 방안에 대해 고려될 수 있다.

- (1). 기초부문과 철탑재 안전율이 미달개소가 산재한 경우 철탑의 재건립.
- (2). 철탑재의 안전율이 일부분 미달되는 경우 주재별로 강도부족 부재의 교환 또는 취부.
- (3). 기초부문이 무근콘크리트인 경우 철근과 기초부문을 확대 포장 보강.
- (4). 지선에 의한 보강.
- (5). 보조적인 구조물의 건립.

공사비 및 용지구입 또는 시공성 등을 고려할 때 도서지역의 특성을 감안하여 1, 2, 3항의 보강방안을 채택하였다.

나. 철탑보강 시공법.

(1) 철탑의 재건립.

해월철탑 선로구성은 도서와 도서를 연결하는 것으로 장경간 구간을 4개 철탑(SF형 2기 SD형2기)으로 수평각 0°인 F형으로 기존철탑의 상하로 또는 철탑부지가 용이치 못한 경우는 기존선로와 Cross가 되는 경우도 있다. 시공방안중 공사비가 타방안에 비해 크고 장기간 소요된다.

(2) 주주재의 십자형 보강

안전도 검토 결과 안전을 미달부재에 대하여 직접보강과 주주재에 또하나의 Angle을 덧붙이는 방법이 있으며 사재에 대하여는 부재 덧붙이기 또는 보조재에 의한 좌굴강 감소방법을 병합하는 방법이 있다. 이 경우 볼트에 대한 보강여부도 동시에 검토하여 필요시 볼트교체를 실시한다.

(3) 철탑기초의 보강

철탑기초의 보강은 철탑의 보강방법에 따라 기초반력이 달라지므로 이와 관련되어 검토되며 각 방법에 의한 철탑 보강후 시공 가능한 기초보강

방안은 아래와 같다.

(가). 개별기초 보강 '가'방식

각 기초의 바닥판까지 굴착후 바닥판과 주체부를 확대하며 수평력에 대한 휨 철근을 배근하여 보강되며 인발력 압축력 수평력에 대한 안전도 보강이 된다.

(나). 개별기초 보강 '나'방식

기존 기초의 바닥판에 바로 위까지만 굴착하며 기존 바닥판위에 보다 더 넓은 또 하나의 바닥판을 설치함과 동시에 휨 철근 배근후 주체부를 확대보강하며 인발력 압축력 수평력에 대한 안전도 보강이 된다. (1),(2)의 시공에서 기존콘크리트와 새로 타설되는 콘크리트 연결은 기존콘크리트의 천공후 철근 또는 양카 및 접착제 삽입하여야 한다.

(다). 각 기초 상판에 콘크리트 말뚝 시공

기계화 시공에 의한 지반굴착없이 콘크리트 주입에 의한 말뚝 시공

(라). 각 기초 상판에 양카 시공

지반 굴착후 바닥판 밑의 지반 상태에 따라 Earth Anchor 또는 Rock Anchor 시공

다. 십자보강전 기초를 보강 할 때 설계나 시공시 고려하여야 할 사항.

(1) 시공중인 기초의 인발력에 대한 안정성이 극히 저하되므로 이를 보완 할 수 있는 대책 마련(지선 설계등).

(2) 기존콘크리트와 새로 타설되는 콘크리트의 연결부위에서 확실히 접착이 보장되는 공법 마련

(3) 주체부에 배근되는 휨 철근은 바닥판에 천공하여 특수접착제와 함께 바닥판에 정착

(4) 가급적 주체부의 단면확대로 기초보강을 완료하고 터파기를 줄임과 동시에 시공중 구조적 불안정성을 최소화

(5) 암반위에 놓인 바닥판 확대시 암반의 인력 개기후 바닥판 보강방법과 바닥판 확대 없이 기계화 시공에 대한 경제성,시공성 등이 비교 검토

(6) 시공중 발생하는 문제점을 고려한 기후 조건, 지형 등에 관한 기준 마련

2.6 보강방안 결정

해월철탑의 특성상 수평각도가 3°이하로 보강 철탑은 공사의 일관성과 원활한 보강공사를 위해 +형 보강방안이 유리하다. 또한 이 경우 적용될 수 있는 기초보강방안으로서는 '가'방식이 적합하기 때문에 보강방안은

가. 철탑보강 :

- 주주재 : +형 보강

- 사 재 : C형 보강

나. 기초보강 : '가'방식으로 결정하였다.

2.7 보강방안 수립

가. 철탑교체 및 보강공사의 결정
공사별 장단점 비교

구 분	장 점	단 점
보강공사	- 교체공사비의 70% 정도 소요	- 풍압에 의한 외형 변화로 사제, 복 재 교체시 어려 움 - 기초보강시 철탑 도괴 우려 - 안전사고 위험 - 유지보수비 과다 - 공사기간 기다 - 현장가공으로 철 탑이음부분 부식 우려(특히 염해)
교체공사	- 현장 작업성 양호 - 공사기간 단축 - 주위환경 조화 - 유지보수비 절감	- 공사비 과다 - 작업정전이 장시 간 소요 (수지상식 선로)

나. 공사방법의 결정

공사별 장단점을 비교하여 도서지역의 특성과 염해에 의한 부식 등을 고려하여 아래와 같이 공사방법을 결정하였다.

보 강 공 사	교 체 공 사
- 용지교섭이 가능한 곳	- 각입 불량개소
- 수지상식선로로써 정 전수용이 많은 곳	- 연계가 된 선로
- 현장여건상 경과지 선 경이 어려운 곳	- 향후 부하증가로 회선 증설이 예상되는 선로
	- 용지확보가 용이 한곳
	- 안전도 검토결과 장력 이 많이 걸리는 곳

3. 결 론

서남해안 도서지역 해양자원개발과 소득증대 사업의 필수적 요체인 전력사업은 고객에게 안정적 공급 즉 설비의 안정, 전압의 안정, 정전이 없는 것으로한 전기품질을 요구하고 있다. 이를 위해서 현 설비의 취약부분의 보강과 설비의 증설, 그리고 재해에 의한 설비의 사고시 최단시간내 복구가 항상 현안으로 대두된다.

도서지역의 공급설비는 가공 해월철탑과 해저케이블로 이루어진 수지상식 선로가 대부분이다. [표 1]에서 보면 설비의 도괴시 완전복구를 위해 수개월에서 짧게는 1주일정도가 소요되고 있다. 이에 따라 기존설비의 보강방안과 새로운 기술을 개발 등이 요하게 된다.

보강대책은 설계기준의 상향조정과 자연재해에 대한 기록을 면밀히 분석하여 현실에 맞는 새로운

기술개발을 해야 하겠다. 또한 수지상식의 선로를 연계화하기 위한 설비보강으로는 지역상 장경간과 조류에 대한 문제점 등을 검토하여 해저케이블공사에 대한 신 자재의 기술개발과 설계, 시공, 감리에 대한 검토와 협력체제가 필요하다고 본다.

해저케이블화를 해야하는 것은 철탑용지에 대한 외지인의 땅의 사전확보로 용지교섭의 어려움과 과다한 보상비 요구로 인한 공사비가 비경제적인 것으로 시현되고 있으며 대형선박의 항해와 도서개발에 따른 관광사업의 환경친화에 미관저해와 지장물(철탑의 장척화와 장경간 등)로 되고 있으며 염진해에 의한 설비사고(애자류 및 피뢰기 등)의 순간사고의 발생 그리고 자연재해에 의한 설비사고시 복구시간의 장기화 등으로 도서지역 주민에 대한 안정적 전력공급 미흡 등을 고려하여 향후 설비의 보강과 증설시는 해저케이블의 신 기술 개발이 증대되고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 “가공 송전용 철탑설계기준(설계 기준 - 11110)” 1987.6,
- [2] 한국전력기술주식회사 “송전철탑 및 기초보강설계에 관한 용역보고서, 1989.12
- [3] 한국전력 전남지사 “배전철탑 관리방안” 1996.6