

송전선로 설계지원 프로그램의 활용에 대한 적용성 연구

- Optimal PowerLINE을 이용한 미얀마 500kV 송전선로 중단설계를 중심으로 -

운영순*, 김태영*, 박찬형*, 조수영*, 박병원**, 이희선**
한국전력공사*, 한국전력기술주식회사**

A Practical Application Study on the Transmission Line Design S/W using Optimal PowerLINE

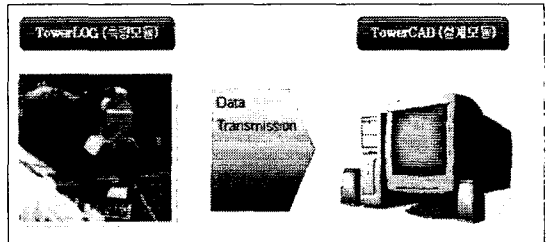
- A Case Study on the 500kV Transmission Line Design in Myanmar Project -

Young-Soon Yoon*, Tai-Young Kim*, Chan-Hyeong Park*, Su-Young Cho*, Byeong-Won Park**, Hee-Sun Lee**
Korea Electric Power Corporation*, Korea Power Engineering Company**

Abstract - Recently, the principal processes of T/L design tend to computerize and therefore integrated T/L design system has been developed. Since, it makes the automatic selection of T/L route, tower position and optimum design possible, computerized design method is applied all over the world.

KEPCO introduced Optimal PowerLINE for T/L design in Myanmar 500kV project that is as a part of overseas project. And as a result of that work, effective and economical design was carried out. This paper presents the comparative analysis between previous method and Optimal PowerLINE method for investigating practical application to Myanmar 500kV T/L design.

도면작성 등의 주요 설계업무를 통합적으로 지원할 수 있다.



[그림1] Optimal PowerLINE 시스템 구성도

1. 서 론

미얀마정부는 1999년 7월 자국의 열악한 국가송전망에 대한 전력시스템 계통분석을 대한민국정부에 요청하였다. 이에 우리 정부는 2000년 9월 타당성조사에 뒤이어 2001년부터 2002년까지 전력망 진단 및 개발조사에 대한 지원을 하였고, 현재 미얀마 500kV 격상사업 기본설계용역에 한국전력공사를 계약자로 선정하여 지원중이다. 이번 프로젝트의 송전선로 예상거리는 미얀마 남북부에 걸쳐 425km에 이르며, 예상철탄기수는 약 880기 이상 되는 대규모 장거리 선로로서 경제적이고 효율적인 선로 설계가 필수적으로 요구되는바 이러한 목적에 부합하기 위하여 한국전력공사는 송전선로 설계지원 프로그램인 Optimal PowerLINE을 사용하였다. 이에 본 논문에서는 미얀마 500kV 송전선로 경과지 중 일부구간을 선정하여 기술계산검토 방식 및 도면작성 방식 등에 대해 비교분석을 수행하여 송전선로 설계지원 프로그램의 적용성을 검토해 보았다.

2. 본 론

2.1 Optimal PowerLINE 프로그램 개요

기존의 송전선로 설계 과정에서는 경과지 측량, 중단설계, 기술계산 및 도면작성 등의 업무가 대부분 수작업으로 진행되고 별개의 프로그램을 이용함으로써 개별적으로 이루어졌다. 최근 이러한 업무를 전산화하여 자동화 및 통합적으로 지원할 수 있는 송전선로 설계 지원 프로그램들이 개발되어 적용되고 있다. 현재 널리 사용되는 송전선로 설계지원 프로그램으로는 PLS-CADD, TL-CADD, Optimal PowerLINE등이 있으며 본 프로젝트에서는 Optimal PowerLINE을 적용하여 설계한바 이에 대하여 기술하고자 한다.

Optimal PowerLINE은 [그림1]에서 보는 바와 같이 측량모듈인 TowerLOG와 설계모듈인 TowerCAD로 구성되어 있으며, 송전선로의 경과지 측량 및 최적중단설계,

측량 모듈인 TowerLOG는 데이터레코더에 탑재되어 측량결과가 전자야장으로 직접 저장되며, 송전선로 경과지 측량을 지원하는 기능이 포함되어 있다. 또한 측량 데이터를 TowerCAD가 탑재된 PC에 다운로드하여 중단설계를 수행할 수 있다. TowerCAD에서는 철탄의 위치, 형, 높이를 선정하기 위하여 각종 기술계산이나 도면작성, 보고서 작성을 할 수 있다. 이 프로그램은 기존의 TEXT 기반의 이도 장력 프로그램과는 달리 CAD환경에서 운용되는 프로그램으로 기술계산과 그래픽이 연계되어 있어 사용자는 도면작성과 기술검토를 함께 수행할 수 있으며, 이 두 가지 업무의 Feedback을 통해 최적의 중단설계를 할 수 있다. 이번 미얀마 500kV 프로젝트에서는 송전선로 선로경과지 선정과 및 현지 측량 업무를 미얀마전력청(MEPE)에서 종래의 방식대로 직접 수행하고 그 측량 데이터만 우리 회사에 제시하였기에 우리 회사는 경과지 측량을 지원하는 TowerLINE을 사용하지 않았으며, 경과지 선정을 제외한 모든 중단설계 업무를 TowerCAD를 이용하여 수행하였다.

2.2 기존 방식과의 비교

미얀마 500kV 송전선로 건설공사의 경우 1km당 약 3억원, 총 예상사업비 1300억원이 소요되는 대형 프로젝트로서 송전선로 중단설계 시 철탄위치, 형, 높이를 최적화하여 중단설계를 하면 철탄중량 및 기수를 최대한 낮춤으로써 공사비를 절감할 수 있다. 이러한 점에 착안하여 본 미얀마 500kV 송전선로의 중단설계에 Optimal PowerLINE을 적용하여 경제적인 성과를 거두었다. 경제적 성과분석을 위한 실제 송전선로 건설 공사비 추정에는 여러 항목과 지역여건 등이 종합적으로 고려되어 평가되어야 하나, Optimal PowerLINE의 편리성과 효과를 검토하기 위해 중단설계단계에서 철탄위치, 형, 높이 조정으로 인한 효과와 도면작성 등 전산화로 인한 효과로 개선될 수 있는 부분에 한정하여 검토하였다.

이번 미얀마 500kV 송전선로 설계에 적용된 설계조건 및 설계사양은 미얀마 현지 기후 및 환경을 고려하여 반영하였으며 아래 [표1]과 같다.

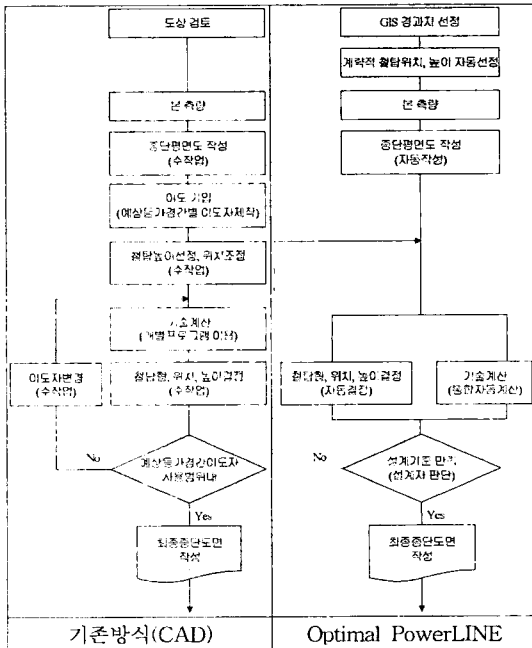
[표1] 미안마 500kV 송전선로 설계조건

구 간	Meikhtila S/S - Taungoo S/S	Taungoo S/S - Kamanat S/S
선로길이	234.917km	188.273km

설계전압	500kV			
전력선	ACSR 330mm ² SCOTER			
도체방식	1회선 4복도체			
풍속	최대 25m/s			
지상고	최소 14m			
온도	최고온도	45℃, 무풍		
	최저온도	10℃, 유풍, 무설		
	EDS	25℃, 무풍		
	Final Sag 온도	75℃, 무풍		
풍압	철탑	100kg/m ² × 1.5		
	전선	66kg/m ² × 0.9		
	애자런	66kg/m ² × 0.9		
철탑	형	수평각도	Wind Span(m)	Weight Span(m)
	A	3°	500	700
	B	20°	500	700
	C	40°	500	700
	D	50°	500	700
T	30°	500	700	

2.2.1 업무처리방식 비교 및 분석

설계방식비교를 위해 기존방식과 Optimal PowerLINE을 이용한 방식의 주요 업무과정을 아래 [그림2]와 같이 업무처리 흐름도로서 비교하였다.



[그림2] 업무처리흐름도 비교

[그림2]에서 볼 수 있듯이, 기존의 방식에서 수작업으로 처리하던 것이 Optimal PowerLINE을 활용하면 설계과정이 자동화 및 단순화됨을 알 수 있다.

아래 [표2]에서는 각 주요업무 단계별로 설계과정에서의 차이를 비교하였다.

[표2] 단계별 업무처리 비교

	기존방식(CAD)	Optimal PowerLINE
중단면도 작성	- 측량데이터를 이용한 수작업 또는 CAD로 작성	- 지형 중단면도 자동작성 그래픽 영상처리 가능
철탑 형 위치 높이 결정	- 수동선정 - 이도, Wind, Weight Span, 장력등 별도의 계산프로그램을 이용하여 설계자 주관과 경험에 의해 단계별로 결정	- 자동선정 - 이도, Wind, Weight Span, 전선장력계산등 내제된 기술 계산 프로그램이 통합 되어 철탑위치, 자동 결정 - 설계DB가 한번 구축되면 재설계 시간은 획기적으로 단축됨 - 프로그램 실행 시 중량, 높이, 경간, 공사비등 설계자가 중점을 두고 있는 부분에 따라 설계가 가능
도면 작성	- CAD를 이용한 도면작성 - 평면도: 지형도Digitalizing - 중단면: 측량성과와 지형도를 참고하여 수작업 후 CAD로 작성 - 등가경간별 이도자를 이용한 개략적 Parabola Curve 작성 - 철탑, Ground Profile, 지장물 등 단순한 CAD drawing에 불과	- Optimal PowerLINE이 직접 도면 작성 - 평면도: GIS DB를 이용 - 중단면: 전자자상을 이용, 자동 작성 후 필요한 주석추가 - 정확한 Catenary Curve 적용 - 철탑, Ground Profile, 지장물 등을 Object로 제공 - 3D 도면작성가능 - 산복자동 검토가능
보고서 작성	- 이도, Wind, Weight Span, 장력등 별도의 계산 프로그램을 활용한 결과를 설계자가 종합하여 보고서 작성	- Optimal PowerLINE에서 도면작성 및 기술계산이 통합적으로 생성

위 [표2]에서 보듯이 철탑 형, 높이, 위치선정에 있어서 기술계산과 설계가 통합되어 이루어지므로 판단오류에 따른 과다설계방지를 기대할 수 있으며, 설계자가 관심을 가지고 있는 부분 즉, 철탑중량, 최소높이, 경간 및 최소 공사비중 하나의 항목을 기준으로 설계를 시도해 볼 수 있다. 1차 설계 완료 후에도 최종적으로 설계전문가가 판단하여 철탑위치 등을 조정할 수 있으며 중단면도 작성 수치입력 후 적용 설계기준이 구축되면, 언제든지 재설계는 단시간에 해를 수 있다. 도면 작성 시에는 GIS DB를 직접 이용함으로써 작업 효율성이 증가하며 시간절감이 가능하며, 이도 계산 시에는 Catenary Curve를 이용하여 정확한 이도설계가 가능하다. 철탑 및 지장물이 단순한 CAD drawing이 아닌 Object로 제공되기 때문에 선로중단, 철탑형, 높이, 지장물에 대한 수정이 용이하고 보고서 작성 시에도 철탑위치, 형, 높이 등의 변경이 있을 때 자동으로 보고서 내용이 변경되므로 효율적이다.

2.2.2 시범구간 선정 및 설계결과 비교 및 분석

적용결과를 비교하기 위해 실제 미안마 선로 중 일부를

시범구간으로 선정하였다. 시범구간은 Taungoo S/S - Kamanat S/S 구간 중 각도철탑 No.15, 16구간으로 거리는 약 22.39km이다.

[표3] 시범구간 적용결과 비교

		기존방식(CAD)	Optimal PowerLINE
선로공장(km)		22.390	22.390
철탑기수 (기)	내장	5	5
	현수	43	41
평균높이(m)		35.83	35.93
평균경간(m)		476	498
최대경간(m)		528	528
최소경간(m)		402	406
철탑 총중량(ton)		1157	1114

[표3]의 시범구간 적용 결과에서 볼 수 있듯이 Optimal PowerLINE을 사용하였을 때, 이 구간에서만 철탑 2기가 감소하였음을 알 수 있다. 철탑1기를 감소시킬 경우 공사비가 약 1억 5천여만원 절감됨을 고려할 때 경제성 측면에서 우수한 결과를 보여준다. 그리고 평균경간이 476m에서 498m로 증가하였지만, 500kV송전선로의 등가 경간을 500m임을 고려하였을 때 Optimal PowerLINE으로 설계한 선로가 좀 더 균형 잡힌 결과라 판단된다.

평균경간이 증가함에 따라 평균높이는 약간 증가한 경향을 보여준다. 하지만 결과적으로 철탑의 총중량이 약 43ton가량 감소하여 최종공사금액은 감소한다. 이상의 결과를 바탕으로 공사비 감소내역을 아래 표와 같이 산출해 보았다. [표4]에서 보여주듯이 철탑기수 감소로 인한 효과로 철탑 총 중량 감소로 이 구간에서만 약 3억 5천만 원의 공사비 절감효과를 기대할 수 있고 전체 425km에 적용하면 약 68억 원의 총사업비 절감이 예상된다. 이는 단순히 공사비등만을 고려한 것으로 운송비 및 기타 공사비용을 고려하면 철탑기수 감소로 인한 경제적 효과는 더욱 클 것이라 예상된다.

[표4] 공사금액 감소내역 (22.39km 적용)

내역	감소량	금액
철탑중량 감소	43(ton)	51,600,000(원)
철탑기수 감소	2(기)	302,000,000(원)
합계		353,600,000(원)

다음으로 검토해야 할 부분은 기술적 항목검토 및 도면 작성 등 결과물 작성에 관련한 업무의 효율성이다. 아래 [표5]에서 볼 수 있듯이 Optimal PowerLINE으로 설계를 진행한 경우 종단도 작성과 철탑 검토표 작성 등에서 업무효율이 크게 향상된 것을 알 수 있다. 하지만 도면작성 및 철탑 검토표 작성 등을 포함한 송전선로 설계는 일회성 작업이 아니라 설계조건변화나 철탑형, 높이, 위치 등의 변경이 필요할 때마다 수시로 수정하여야 하는 작업임을 고려할 때, 전산화를 통한 송전선로 설계업무의 효율성은 더욱 커진다고 할 수 있다.

[표5] 결과물 작성 소요 M/H 비교 (unit : M/H)

역무	기존방식(CAD)	Optimal PowerLINE
종단도 작성	3	0.5
철탑검토표 작성	5	0.43
기타 주석 표기	3	1
기술 항목 검토	6	1

2.3 설계 적용성 검토

미얀마의 경우 남북부에 걸친 송전선로 대부분이 고저차가 거의 없는 광활한 평야지대를 직선으로 통과함을

감안하여 이번 설계에서는 각 구간별로 직선철탑을 가급적 동일한 높이로 설계하였다. 같은 구간내의 철탑을 동일한 높이로 설계하였을 때의 장점은 철탑제작과 수송효율이 크게 높아지고 현장 분류 작업이 용이해지며 특히 기초규격이 단일화되어 시공이 편리해지며 시공오류를 방지할 수 있어 미얀마의 열악한 건설관리체제를 고려할 때 공사기간 단축 및 현장관리에 크게 유리하게 된다. Optimal PowerLINE을 이용한 설계에 있어 주요한 점은 초기에 종단평면도, 설계기준에 대한 데이터베이스만 구축이 되면, 그 이후에는 설계자의 필요에 따라 수많은 설계를 짧은 기간 내에 수행해 볼 수 있다는 것이다. 이것은 초기 설계결과에 불만족스러운 부분이 있다면 그 즉시 Feedback하여 재검토 할 수 있다는 점에서 설계의 완성도가 더욱 더 높아질 수 있음을 의미한다. 기존 설계방식에서 수행되었던 많은 수작업 및 장기간의 설계공정과 일단 설계가 완료되면 수정이 힘들었던 점에 비해 가장 두드러지는 기능이라고 할 수 있겠다. 그리고 부가적으로 설계결과물로서 제공되는 데이터들이 일괄적이고 가공하기 쉬운 형태로 제공되는 점 역시 Optimal PowerLINE의 주된 사용목적으로 반영될 수 있는 부분이다. 또한 중량, 높이, 경간, 공사비중 하나의 기준에 따라 설계를 할 수 있다는 점도 전산화된 방식을 이용함으로써 가능하다.

아직은 설계에 필요한 국내의 데이터, 특히 공사비 관련 자료가 많이 축적이 된 상태가 아니므로, 현재로서는 세부적이고 완벽한 비교 설계측면에서 부족한 면이 있다. 또한, 설계결과에 대해 Feedback을 할 수 있으려면 설계자가 송전설계에 대한 전문적인 능력을 갖추어야 함은 물론이고 현장에서의 경험을 겸비한 사람이어야 한다. 이는 점에서 일반인이 접근하기에는 제약이 있다. 따라서 차후 국내나 해외설계에 적용 시 각 지역의 설계조건에 맞추어 철탑 및 공사비등에 관한 정확한 데이터를 지속적으로 축적하여야 하며, 그와 병행하여 설계전문가의 양성도 역시 요구된다.

3. 결 론

설계공기단축과 그에 따른 비용, 인력절감 및 설계결과물의 우수성은 기존의 설계방식에서 분명 진일보한 설계방식이라고 판단된다. 또한 해외시장 개척 시 선진화된 설계방식의 적용사례로 유리한 고지를 선점할 수 있다는 점에서도 이 프로그램이 가지는 의미를 찾을 수 있다. 현재는 프로그램적용 초기단계로서 국내의 설계데이터가 축적되지 않았지만, 이번 미얀마 프로젝트와 같은 설계를 진행함으로써 데이터가 축적될수록 차후 설계 시 최적의 설계가 가능하리라 생각된다. 그러므로 향후 송전선로 설계 시에는 각 국가 및 지역의 실정에 적합하게 적용할 방안에 대해서 체계적인 인프라를 구성해야 할 것이다. 현 국내 실정으로는 프로그램에 대한 비용성 인식도가 낮다는 점과 설계 전문기술자의 부족이 가장 큰 아쉬운 점이지만, 프로그램의 기능 및 효과 등에 대한 다양한 측면을 고려해 보았을 때 이와 같은 프로그램의 활용가치는 더욱 확대될 것이라 기대한다.

[참 고 문 헌]

- [1] KEPCO, KOICA, "미얀마 전력망 진전개발조사사업", 2002
- [2] 한국전력공사, 송전설계기준
- [3] 한국전력공사, 계통사업단, 가공송전선로 이도계산 요령, 1998
- [4] 이희선, 노재덕, 박병원, 최정범, "송전선로 최적종단설계 S/W 활용 국내적용 연구", 전력기술 동년 제 39호, 2001
- [5] Optimal System, Optimal PowerLINE User Manual, 2000
- [6] Optimal System, Rapid Overhead Line Design for Microstation, Microstation User Europe, 1995
- [7] Optimal System, Optimal PowerLINE Configuration Manual, 2000