

경제적 지중배전선로 구성에 관한 설계방안연구

이후영, 왕윤찬
한전 중앙교육원

A Study on Economical Ways to Design Underground Distribution Line

Hu-young, Lee / Yoon-chan, Wong
Korea Electric Power Corp. Central Education Institute

Abstract - 지중배전관로공사 설계시 고려할 사항은 지중배전관로 공수산정, 적정관로 선정, 매설위치 및 매설깊이, 관제의 선정, 관로의 경간, 관로배열 등이 고려되어야 한다. 관로공사비는 굴착깊이와 굴착폭에 의해 산정되고 이는 관로배열, 굴착지반의 토질에 따른 굴착구배, 용수 여부, 도로관리기관의 조례, 다짐정도, 작업환경, 작업시간 등에 의해 변화하게 된다. 이런 현장조건 들은 설계자가 바꿀 수 없는 요소이지만 관로배열을 어떤 형태로 하여 매설할지는 설계자가 정하여야 한다. 본 연구에서는 경제적인 관로배열을 선정하기 위해 관로공수별, 관로유형별 공사비를 산출하여 비교 검토하였고 현장에서 공사시공성, 케이블의 허용전류 등을 종합적으로 고려하여 최적의 관로배열을 제시하였다.

1. 서 론

최근 들어 지자체별로 도시가로환경을 개선하기위한 노력이 경쟁적으로 이뤄지고 있다. 그 노력의 일환으로 최우선적으로 고려되고 있는 것이 바로 가공배전설비에 대한 지중화이다. 지자체에서는 거미줄처럼 늘어져있는 전선을 땅속에 매설하면 눈에 띄는 가로환경 개선효과가 있기 때문에 많은 지역에서 가공배전설비에 대해 지중화 요청을 해오고 있다. 하지만, 지중화공사는 특성상 많은 예산을 수반하기 때문에 처음에 요청했던 지중화요청도 많은 예산에 대한 부담으로 취소가 되기도 한다. 지중배전방식은 가공배전방식에 비해 공사비가 10배 이상의 차이가 나기 때문에 투자비에 대한 신중한 고려가 필요하다. 지중배전공사비는 관로공사와 구조물공사, 케이블공사, 기기공사로 나눌 수 있는데 그중에 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것은 바로 관로공사 분야이다. 본고에서는 지중배전 관로공사에 있어 고려할 요소들을 살펴보고 관로유형별 경제성을 검토해 설계자가 최적의 관로를 설계할수 있도록 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 지중배전관로 설계시 고려사항

지중배전관로는 한번 지하에 매설하고 나면 변경하거나 추가로 매설하기가 쉽지 않기 때문에 처음 지중배전관로를 설계할 때 신중을 기하여야 한다. 도로굴착공사를 하고나면 자치단체의 조례에 따라 일정기간 재굴착을 할 수 없고 많은 예산이 소요되기 때문에 여러 가지 사항이 검토되고 고려되어야 한다.

2.1.1 지중배전관로 공수 산정

지중배전관로공수를 산정할 때는 관로가 설치될 주변환경과 지자체의 도시계획, 변전소의 위치, 부하의 변동, 대단위 택지개발 등 선로 회선수가 변할 수 있는 요소들을 면밀히 검토해서 결정해야 된다. 특히, 신규로 조성되는 택지조성의 경우는 사업주체의 건축계획내용과 전력수요를 예측해 최종규모의 부하를 고려하여 산정한다. 두 번째로는 경제성검토가 되어야 한다. 개폐기로 분기되는 선로의 경우 개폐기 단자가 수용할 수 있는 최대 공수를 감안 관로공수를 산정하여야 한다. 세 번째로는 설치될 케이블의 허용전류를 고려하여야 한다. 케이블의 허용전류는 매설 깊이에 따라 달라지는데 일반적으로 매설깊이가 깊을수록 허용전류가 감소하게 된다. 지중배전관로는 부하규모, 경제성, 허용전류 등을 고려하여 최대 8회선까지를 표준으로 하고 있다. 선정된 관로공수에 예비공 1공이상을 감안하여 설계한다.

2.1.2 적정관로 선정

적정규격의 관로를 선정하기 위해서는 케이블의 최대외경에 따른 케이블의 삼각배열과 요람배열을 고려해 케이블 포설시 jamming이 되지 않도록 선정해야하고, 장래의 용량증가, 경제성을 고려하여 적정관로를 선정한다. 한국전력에서는 저압선로용으로 100mm를 특고압선로에는 175mm의 합성수지 파형관을 원칙으로 사용하고 있다.

2.1.3 매설위치 및 깊이

매설위치는 도로를 따라서 설치할 경우에는 차후의 유지보수를 위해 가급적 지중전선로의 중심선과 도로의 중심선이 서로 교차하지 않도록 시설해야한다. 또한 도로의 중앙을 피하여 시설하고 지하매설물이 적은 지역을 선정하여 시설하여야 한다. 관로의 매설깊이는 일반적으로 차도 및 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 자동차의 바퀴로부터 전달되는 하중(윤압)과 매설도랑의 하중(토압)을 동시에 받게 되므로 윤압과 토압의 합이 가장 최소로 되는 1.2m이상의 깊이에 매설하는 것이 안전하고, 기타의 장소에는 0.6m이상의 깊이에 매설하여야 하고 부득이한 경우 강관, 콘크리트 등 적절한 방법으로 보강하여 관로를 매설하여야 한다.

2.2 관로공사비

관로공사비는 굴착깊이와 굴착폭에 의해 결정이 되는데 굴착깊이와 굴착폭은 관로배열, 굴착지반의 토질에 따른 굴착구배의 변화, 용수여부, 도로관리기관의 조례, 다짐정도, 작업환경, 작업시간 등에 의해 변화하게 된다. 일반적으로 도로굴착구배는 토질에 따라 1:0.1~0.5정도로 굴착을 하게 되고, 굴착깊이가 1m미만인 경우는 연약지반이나 특수토질을 제외하고 수직굴착을 해야한다. 용수지역이나 연약지반, 협소한 장소 등 구배굴착이 곤란한 지역에서는 흙막이 공법을 적용해야 하는데 이는 관로공사비 증가요인이 된다. 관로공사비의 변화요인에는 여러 가지가 있지만 같은 조건이라고 가정하면 관로공사비에 있어 가장 중요하다고 볼 수 있는 것은 관로배열이라고 할 수 있다.

2.3 관로배열시 고려사항

2.3.1 시공성을 고려한 관로배열

관로배열은 지하매설물유무에 따라 관로의 통과 단면에 맞게 선정해야한다. 일반적으로 장애물을 횡단 할 때는 관로의 허용곡률반경에 맞게 하여 수평배열과 같이 관로의 배열을 바꿔 상부교차나 하부교차를 하게 되는데 현장여건에 따라 적정 매설깊이가 나오지 않으면 보강관로를 시공하여 관로보호 대책을 세워야 한다. 또한 매설깊이가 깊어질 경우 장비의 이동성, 작업 효율성 등 시공성을 고려하여 관로배열을 선정하여야 한다.

2.3.2 경제성을 고려한 관로배열

관로공사비는 굴착비와 포장복구비를 감안하여 경제적인 배열이 되도록 선정해야 한다. 포장복구비는 관로공사비의 50%이상을 차지하고 있어 관로공사비에 많은 영향을 주고 있다. 도로굴착폭은 관로배열에 따라 변하게 되고 포장복구비는 도로굴착폭에 비례하여 증가하기 때문에 경제적인 관로배열이 되도록 면밀히 검토해야한다.

2.3.3 전력케이블 허용전류를 고려한 관로배열

전력케이블의 허용전류는 관로의 배열방법에 따라 크게 변화한다. 일반적으로 매설깊이가 깊을수록 허용전류가 감소하기 때문에 굴착깊이에 대한 검토가 필요하다.

2.4 관로배열별 공사비 비교

경제적인 최적의 관로배열을 찾기 위해 관로공수별 관로유형별 공사비를 산출 비교분석 하였다.

<공사비산출 조건>

- 사용관제 : 합성수지파형관 175mm
- 관로공장 : 100m
- 관상호간격 : 10cm
- 최상단관로 매설깊이 : 1.2m
- 포장종류 : AA (포장층 0.8m -아스콘0.2m)
- 굴착구배 : 0.1
- 토사종류 : 보통토

- 굴착장비 : 백호0.4m²
- 바켈계수 1.1, 작업각도 45도, 작업효율 0.75
- 되메우기 공간처리 0.8m(원토+모래되메우기), 기계다지기
- 맨홀없음
- 포장복구비 : 관리청복구공사비 적용

2.4.1 관공 2공시 관로유형별 공사비비교
<표 1> 관공 2공시 공사비비교

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
1단 2열		26,630	3,895	2,731	17,238	1,011
2단 1열		22,574	3,812	2,674	13,736	772

총공사비를 고려하면 1단2열에 비해 2단1열로 시공할 때 15%의 공사비가 절감이 됨을 알 수 있다. <표1>에서 보듯이 포장복구비에서 차이가 공사비의 차이로 연결됨을 알 수 있다. 굴착폭을 비교하면 1단2열이 1.116m이고 2단1열이 0.852m로 굴착폭이 0.264m 감소되기 때문이다.

2.4.2 관공 3공시 관로유형별 공사비비교
<표 2> 관공 3공시 공사비비교

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
1단 3열		34,169	5,229	3,757	21,617	1,310
3단 1열		28,405	5,485	3,828	15,938	922
2단 2열		30,742	5,487	3,812	18,114	1,071

총공사비로 보면 3단1열이 1단3열에 비해 16%의 공사비절감이 되지만 3단1열의 경우 굴착깊이가 2.14m로 깊은 반면 굴착저폭이 0.63m로 좁아 작업공간이 협소하고 관로이음과 다짐작업이 어려워 공사관리효율이 떨어지므로 공사비 11% 절감의 2단2열 3공형태의 관로배열이 바람직하다고 할 수 있다. 또 하나 고려할 사항은 <표3>에서의 2단2열 4공형태의 총공사비를 보면 3공 1단3열의 공사비보다 적고 3공 2단2열 공사비와 별 차이가 없는 것과 장래계획등을 고려할 때 특별한 사유가 없는 한 3공시공보다는 2단2열 4공시공이 효율적이라고 할 수 있다.

2.4.3 관공 4공시 관로유형별 공사비비교
<표 3> 관공 4공시 공사비비교

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
2단 2열		32,383	6,121	4,528	18,114	1,071
1단 4열		42,647	7,315	4,798	25,995	1,609
2단 3열		38,886	7,141	4,951	22,492	1,370
4단 1열		32,595	6,983	4,877	16,814	982

관공4공의 경우는 2단2열시공이 1단4열 보다 25%의 공사비절감이 되고 공사시공에도 문제가 없어 2단2열 시공을 원칙으로 설계하여야 한다. 1단4열은 장애물 통과시 상단통과나 하월시 일시적 적용이 바람직하다. 4단1열의 경우는 굴착깊이가 2.47m, 굴착저폭 0.63m로 관로시공에 부적합하다.

2.4.4 관공 6공시 관로유형별 공사비비교
<표 4> 관공 6공시 공사비비교

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
2단 3열		41,197	8,408	5,641	22,492	1,370
3단 2열		39,406	8,747	5,770	20,316	1,222
1단 6열		56,927	9,987	6,110	34,752	2,208

단순히 총공사비를 비교하면 3단2열 배열이 2단3열 배열에 비해 공사비 4%가 절감되지만 이 두배열의 경우 모래량을 살펴보면

3단2열이 115.84m²이고 2단3열의 경우 88.84m²로(24%) 모래량에서 현저하게 차이가 나기 때문에 현지 모래단가를 고려해 볼 필요가 있다.

2.4.5 관공 8공시 관로유형별 공사비비교
<표 5> 관공 8공시 공사비비교

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
3단 3열		48,740	11,354	6,994	24,695	1,521
2단 4열		50,866	11,447	6,769	26,871	1,669
4단 2열		44,638	11,198	6,904	21,192	1,281

총공사비로 보면 4단2열이 2단4열에 비해 13%의 공사비절감이 되지만 4단2열의 경우 굴착깊이가 2.47m로 깊어 공사관리의 어려움이 있고 조립식맨홀과의 접속시 하부블럭에는 관로연결용 조립식 관로구 어댑터가 설치되어 있고(3단3열형태) 상부블럭에는 어댑터가 설치되어 있지 않아 벽체를 추가로 파쇄하여야 하기 때문에 3단3열 8공시공이 공사비 측면과 유지보수 측면에서 바람직하다고 할 수 있다. 하지만 <표6>에서의 3단3열 9공형태의 총공사비가 3단3열 8공의 공사비에 비해 별 차이가 없는 것을 고려할 때 특별한 사유가 없는 한 8공시공 보다는 3단3열 9공시공이 효율적이라고 할 수 있다.

<표 6> 관공 9공시 공사비

<천원>

관로유형	형태	총공사비	재료비	노무비	도로포장 복구비	폐기물처리비
3단 3열		50,861	12,631	7,339	24,695	1,521

2.4.6 관로공수별 경제적 관로유형 종합

관로공수	관로유형	형태	검토내용
2공	2단 1열		○ 1단2열과 비교 15% 공사비절감
3공	2단 2열		○ 1단3열과 비교 11%공사비절감 ○ 2단2열 4공 시공이 바람직
4공	2단 2열		○ 1단4열과 비교 25% 공사비절감
6공	3단 2열		○ 2단3열과 비교 4% 공사비절감 ○ 모래단가적용 검토요
8공	3단 3열		○ 2단4열과 비교 4% 공사비절감 ○ 3단3열 9공 시공이 바람직
9공	3단 3열		○ 맨홀접속 및 공사비고려 최적

3. 결 론

지중배전선로 공사비는 관로배열형태에 따라 변하기 때문에 경제적인 지중배전선로를 구성하기 위해서는 적절한 관로배열을 선택하여야 한다. 본고에서는 아스팔트 포장도로 굴착의 경우 관공별 관로유형별 공사비를 검토하여 경제적인 관로배열 형태를 도출하였다. 본 연구를 참고하여 지중배전 관로공사시 적용한다면 경제적인 지중배전선로를 구성할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김병승· 조성수, 한국전력 전력연구원, "지중배전 설계편람", 1999
- [2] 이후영, NDIS 배전설계시스템, "관공공사 유형별 설계서", 2007
- [3] 한국전력 경영정보처, "설계기준", 2003
- [4] 한국전력 배전처, "배전설비 시공실무", 2002
- [5] 한국전력 배전처, "배전시공기준(지중편)", 2000