

고속전차선로 자동전주설계 프로그램 개발 -H형강을 중심으로-

이기원 김주락 권삼영 장상훈
한국철도기술연구원

A Development of Automatic Design program for H-Beam in Catenary

Kiwon Lee Joorak Kim Samyoung Kwon Sang-Hoon Chang
Korea Railroad Research Institute

Abstract - In the aspect of economy and safety, it is essential to the decision of H-beam suitable for the condition of environment, installation, track etc. This paper presents a development of automatic design program to decide the size of H-beam according to the input condition.

1. 서 론

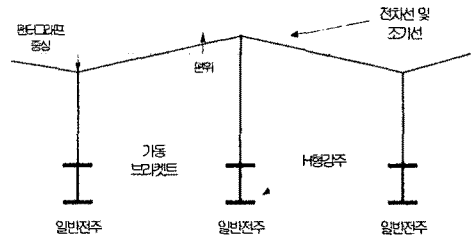
경부고속철도는 고속철도 선진국인 프랑스 TGV시스템을 도입하여 건설되며 그 중에서 전차선로분야는 차량 및 신호분야 등과 함께 코어시스템으로 분류되어 프랑스에서 기본적인 설계 내용을 제공하여 건설되고 있다. 우리나라에 처음 도입되는 고속철도 전차선로는 그 중요성과 함께 이미 핵심적인 설계기술을 분석하여 독자적인 설계기술을 확립하기 위한 연구를 수행하고 있다.

전차선로는 전기철도차량에 전기를 공급해주는 설비로서 전차선, 조가선, 급전선 등으로 구성되는 전선류 외에 직접 전선들을 현수하는 브라켓, 앵커링 장치 등의 설비를 현수하는 전주 등으로 구성되어 있다. 전주는 이러한 각 설비의 자중, 각 선의 편위 및 풍력 등에 의해 전주하단 즉, 기초 상단에 모멘트가 작용하고, 이러한 모멘트를 지지하게 설계하여야 한다. 본 논문에서는, 경부고속철도 전주결정방법을 기초로 지형적, 기후적(계절적) 여건에 따라 또한, 선로조건의 변화에 따라 변형이 가능하도록 자동적으로 전주하단에 작용하는 모멘트 계산하고 전주크기를 결정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

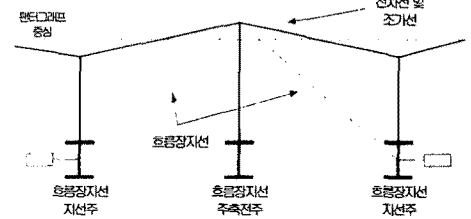
2. 전주결정 알고리즘

H-형강주의 전주크기는 전주하단 즉, 기초상단에 작용하는 최대모멘트에 의해 결정되고, 최대모멘트의 계산 방법은 전주조건 등에 따라 달라진다. 최대전주모멘트 계산 시 계산식이 달라지는 전주조건 및 고려사항은 크게 다음과 같이 나눌 수 있다.(그림 1,2,3)참조).

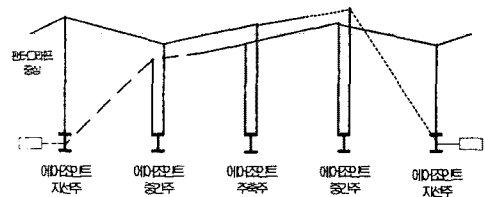
- 일반전주
- 흐름방지 지선주
- 흐름방지 주축전주
- 평행구간 지선주
- 평행구간 중간전주
- 평행구간 주축전주



(그림 1) 일반전주 구성



(그림 2) 흐름방지선 구성

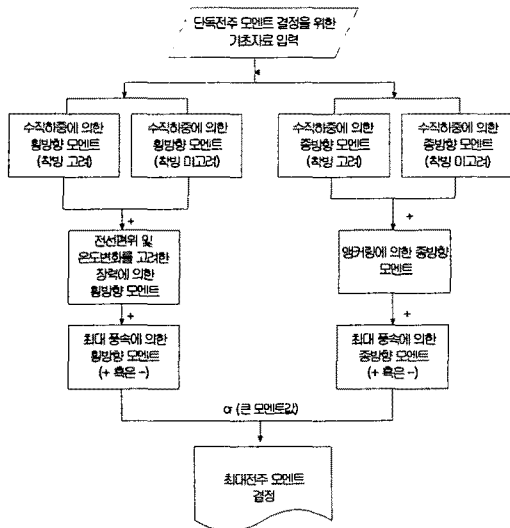


(그림 3) 평행구간 구성

그리고, 여기서 사용된 계산기법은 프랑스 CM66 시방서를 따르고 있으며, 계산의 단순화를 위하여 전주에 설치되는 설비 및 작용하중에 대하여 표준화된 간략수식을 사용하고 있다. 또한, 정적상태의 영향만을 고려대상으로 적용하고 있고, 문형법이나 스펀선법의 계산에는 적용되지 않고, 단독전주 중에서도 본 계산기법이 적용되지 않는 예외적인 전주도 있다.

2.1 최대전주모멘트 계산 알고리즘

위와 같이 전주 조건에 따라 최대전주모멘트 계산 시 수직하중, 지선, 전선편위 등 고려해야 할 사항이 달라진다. 일반적인 최대전주모멘트 계산 알고리즘은 다음(그림 4)와 같다.



[그림 4] 최대전주모멘트 계산 알고리즘

기본전주에 대한 최대전주 모멘트 계산을 간단히 정리하면 다음과 같다.

■ 수직하중 및 착빙하중에 의한 모멘트

- 착빙하중(전선에만 적용)
 - 전차선, 조가선, 급전선 및 보호선 착빙 중량
 - = (착빙하중) × $\frac{\text{앞경간} + \text{뒷경간}}{2}$
- 수직하중(착빙하중 미고려)
 - 전차선, 조가선, 급전선 및 보호선 중량
 - = (선중량) × $\frac{\text{앞경간} + \text{뒷경간}}{2}$
 - 가동 브라켓트, 급전선 현수부품 중량
 - 전주 자중
 - 착빙하중에 의한 모멘트
 - 수직하중에 의한 모멘트(착빙하중 미고려)

■ 선로에 직각인 방향으로의 모멘트(전선편위, 곡선반경 및 온도변화에 의한 장력변화)

- 전차선 및 조가선의 편위와 곡선반경에 의한 하중으로 인한 모멘트
- = $\left\{ \frac{\text{앞경간} + \text{뒷경간}}{2 \times \text{곡선반경}} + \frac{\text{앞편위차}}{\text{앞경간}} + \frac{\text{뒷편위차}}{\text{뒷경간}} \right\} \times \text{장력} \times (\text{기초} \sim \text{선거리})$
- 온도에 변화에 의한 급전선, 보호선 장력으로 인한 모멘트

■ 바람에 의한 모멘트

- 선로횡풍
 - 전차선, 조가선, 보호선, 급전선에 대한 모멘트
 - = (지역에 따른 선횡풍압) × $\frac{\text{앞경간} + \text{뒷경간}}{2}$
 - × (지형계수) × (기초상단 ~ 전차선거리)
 - 급전선 현수부품에 대한 모멘트
 - H형강주에 대한 모멘트
- 선로종풍
 - 가동브라켓트, 급전선 현수부품 및 H형강주에 대한 모멘트

기본전주는 위에서 서술한 모든 모멘트를 고려하여 최

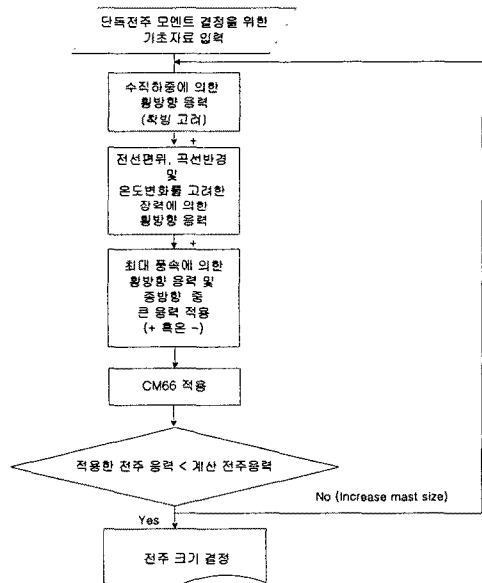
대모멘트를 계산한다. 그리고, 그 외의 전주는 해당하는 하중을 아래 표와 같이 추가 고려하여 최대모멘트를 계산하여야 한다.

[표 1] 전주타입에 따른 추가고려 하중

전주타입	추가 고려 모멘트
흐름방지 지선주	흐름방지선 중량, 착빙, 편위, 곡선반경, 횡풍에 의한 하중
흐름방지 주축주	"
에어조인트 지선주	지선 중량, 발란스 중량, 편위, 곡선반경, 횡풍 등에 의한 하중
에어조인트 중간주	오버랩되는 전차선 및 조가선의 중량, 편위, 곡선반경, 횡풍 등에 의한 하중
에어조인트 주축주	"

2.2 전주결정(크기) 알고리즘

최대전주모멘트를 계산한 후 [그림 5]와 같이 안전율(CM66)을 적용하여 전주에 작용하는 응력을 계산한다. 계산된 응력이 선정된 전주 응력보다 크면, 전주크기를 올려서 다시 응력을 계산하고 이를 반복하여 위 조건에 부합하면 전주크기가 결정된다.



[그림 5] 전주결정 알고리즘

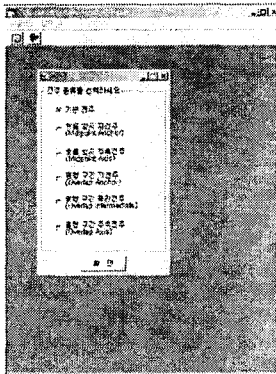
그러나, 평행구간의 중간전주의 경우 앵커링 되는 선에 의해 비틀림(twisting) 현상이 최대로 발생한다. 따라서, 중간전주 크기를 결정하기 위하여 전주모멘트를 계산하기 전에 비틀림을 계산하여 전주크기를 먼저 결정한 후 최대모멘트를 계산하여 크기를 다시 결정하는 과정을 수행한다.

3. 자동전주설계(전주크기결정) 프로그램

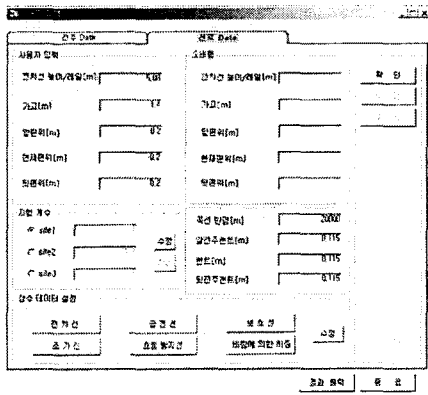
3.1 프로그램 구성

전차선로 자동전주설계 프로그램을 실행하면 [그림 6]과 같이 전주크기 결정을 원하는 전주타입을 선택할 수 있게 하였고, 전주타입을 결정하면 전차선 조가선, 지형, 곡선반경, 쉐드 등 선로데이터를 조건에 적합하게

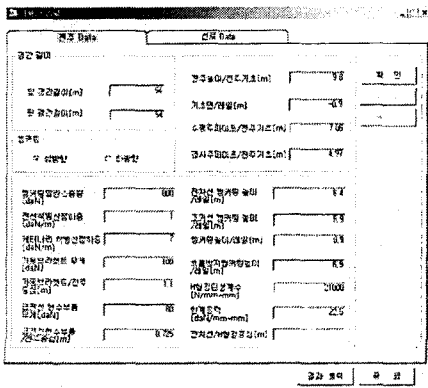
입력할 수 있게 구현하였다. 또한, 선로데이터 중 각 선 및 부품에 적용하는 풍압([그림 9]참조) 뿐 만 아니라 [그림 10]와 같이 전차선, 보호선, 급전선 등 각 선의 장력 및 단중을 임의로 수정할 수 있게 구현하여 환경조건, 선로조건 등의 변화에 따라 적용이 가능하게 하였다. 그리고, 경간길이, 기초상단에서 각 하중까지의 거리 등 전주관련 조건을 [그림 8]과 같이 입력할 수 있게 하여 고속철도뿐 만 아니라 기존선에도 적용 가능하게 하였다.



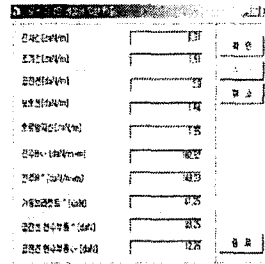
[그림 6] 전주타입 선정



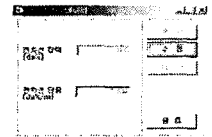
[그림 7] 선로데이터 입력



[그림 8] 전주데이터 입력



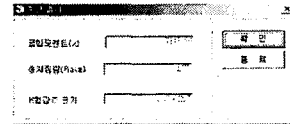
[그림 9] 풍압 입력



[그림 10] 전차선 물성치 입력

3.2 결과출력

앞 절에서 서술한 바와 같이 조건에 적합한 데이터를 입력하면 최대전주모멘트 및 전주가 [그림 11]과 같이 출력된다. 또한, 이 때 전주 상단에서의 총차집량도 함께 계산되어 시공시 Rake 적용시 활용할 수 있다.



[그림 11] 계산결과

본 프로그램에서 계산된 최대모멘트를 프랑스에서 개발한 실시설계 프로그램인 "LEXCAT"의 결과와 동일한 입력조건에서 비교한 결과 본 프로그램의 계산결과와 거의 일치하거나 작게 계산되었다. 이는 "LEXCAT" 프로그램 특성상 최악의 선로 조건에서 만든 테이블에서 최대모멘트 값을 출력하기 때문이므로 본 프로그램의 결과가 신뢰성이 있다고 생각된다

4. 결 론

본 프로그램은 경부고속철도 전주결정방법을 기초로 지형적, 기후적(계절적) 여건에 따라 또한, 선로조건에 변화에 따라 변형이 가능하도록 자동적으로 전주하단에 작용하는 모멘트 계산하고 전주크기를 결정할 수 있게 개발하였다. 고속철도뿐 만 아니라 기존선 전철화 설계에도 활용할 수 있도록 설계하였으므로 기존선 전차선로 설계 시 설계의 정확도 향상, 설계 기간의 단축 및 최적 설계로 인한 설계예산의 절감 등을 기대할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- (1) 한국고속철도건설공단, "고속 전차선로 상세설계 S/W 개발(I)", 2000. 12
- (2) 한국고속철도건설공단, "고속 전차선로 상세설계 S/W 개발(II)", 2001. 12
- (3) 한국고속철도건설공단, "고속철도 전차선로 설계 요소기술 분석 및 성능시험기술 연구", 1998. 12
- (4) "CM66(Regulations for the calculation of steel structures with appendices", BSI Standards, 1966.
- (5) "Basic environment data for catenary design", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1995.
- (6) "Structural forces and moment charts", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1996.
- (7) "Catenary basic design criteria", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1995.
- (8) 한국고속철도건설공단, "고속철도용 전차선로 기본설계", 김학환 외, 1995.