

철도 평면교차 지장을 산정 합리화 방안 연구

Study on reasonably estimating the rate on interfering for rail to rail level crossing

전찬석*, 정익수*, 박진영*, 안성배*

Chan-suk Jeon*, Ik-su Jung*, Jin-young Park*, Sung-bae Ahn*

초 록 평면교차가 발생하는 구간에 대한 열차운영계획이나 철도시설계획을 수립하기 위해서는 열차의 평면교차에 따른 지장을 평가할 필요가 있으며, 그 결과에 따라 열차운행을 조정하거나, 입체화시설 등을 반영한 계획을 하게된다. 그러나, 현재 설계기준에서 제시하고 있는 평면교차 지장을 평가방식은 선로용량 산정식에 근거한 평면교차 지장율식을 사용하고 있어 평면교차구간에 따른 지장정도를 고려하지 못하고 관련 운행횟수를 모두 지장시간으로 산정하게 되어 사업에 따라서는 과다 또는 과소하게 평가될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 선로용량에 기초한 방식이 아닌 평면교차에 따른 지장확률을 적용하여 평면교차 지장율을 산정하는 방식을 제시하고자 한다.

주요어 : 평면교차, 교차지장율, 철도교차입체화, 열차운영

1. 서 론

평면교차구간에 대한 열차운영 및 철도시설 계획을 위해서는 평면교차 지장율을 평가하여 열차운영조정 및 입체화 등의 계획을 하게 되는데 현재 설계기준은 선로용량 산정식에 근거한 지장율 산정식으로 평가하고 있다. 그러나, 이 식은 평면교차에 의한 지장 정도에 관계없이 관련 운행횟수를 모두 지장 시간으로 산정하기 때문에 사업에 따라서는 과다 또는 과소하게 평가될 수 있으므로 본 연구에서는 운행횟수를 지장으로 가정하는 것이 아닌 지장이 발생될 확률을 적용하여 지장율을 산정하는 방안을 제시하고자 한다.

지난 후 B열차가 평면교차에 진입가능한 지점까지의 소요시간 t_a , B열차가 다시 평면교차를 지나서 후속A열차가 평면교차에 진입가능한 지점까지 도달하는시간을 t_b 이라하면, $t_a + t_b$ 가 평면교차에 의해 발생하는 지장시분이 된다.

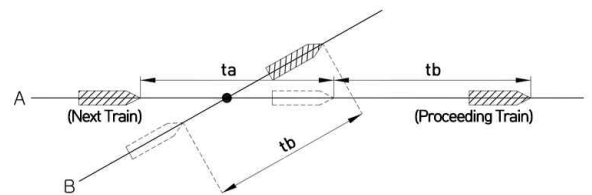


Fig. 1 Interfering on rail to rail level crossing

2. 본 론

2.1 평면교차지장 발생원인

Fig.1 과 같이 평면교차가 발생되면 A선의 열차는 B선의 열차가 교차구간을 운행하는 동안 운행하지 못하게 되어 운행 상 지장이 발생되는데 이것을 평면교차지장이라고 한다. 교차지장시분은 선행A열차가 교차구간을

2.2 현재 평면교차 지장율(산정식) 고찰

지장율은 평면교차지장 정도를 나타내는 방법으로 현재 설계기준에서는 평면교차구간에서의 관련횟수에 의한 지장시분에 피크율을 곱하여 피크 시 지장시분을 계산하고 이를 백분율하여 지장율을 산정하고 있다.

$$P = \frac{\text{피크시지장시분}(\sum T \times N')}{\text{피크시간대}(120\text{분})} \times 100[\%]$$

P : 평면교차지장율

T : 평면교차개소에 있어 지장시분

N' : N×피크율/12

(N : 1일 열차횟수, N' : 피크시간 열차수)

* (주)피토우컨설턴트

총 지장시분은 열차가 지장구간을 운전하는 데 소요되는 시분과 진로구성 소요시분(전철기 전환, 신호현시 변화시분 등)의 합계이며, 평면교차 지장율의 한계는 일반적으로 선로 용량과 같이 60%로 알려져 있으나, 실제로는 40~50% 정도에서도 열차설정이 대단히 곤란한 것으로 검토되어 40~50%이상을 입체교차를 위한 근거로 활용하고 있다.

그러나, 현재 지장율식은 선로용량 산정식에 근거하고 있어 평면교차구간 통과에 따른 실질적 지장정도에 관계없이 관련 운행횟수를 모두 지장시간으로 가정하기 때문에 사업에 따라서는 지장율이 과다 또는 과소평가될 수 있다. 또한, 노선에 따라서는 침두시간대 교차지장 발생이 적거나 없을 수 있는데 일괄적으로 일평균 운행횟수에 피크율을 적용하는 것도 적정하지 않을 수 있어 보다 합리적으로 지장율을 평가할 수 있는 방안의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

2.3 지장확률을 활용한 지장율 산정방안

합리적으로 평면교차 지장율을 평가하기 위해 확률론적 방식으로 산정하여 보면, Fig.1에서와 같이 A, B노선이 평면 교차하여 A선에 운행하는 열차가 A선을 지나가려고 하는 B선의 열차를 고려시 t_a+t_b 의 시간이 필요하다. 따라서, 평면교차에서 A선 열차운행상태가 포아송 확률 분포를 따른다고 가정하면, 단위시간의 평균 열차횟수를 λ_a 하고, t시간에 통과하는 열차수를 확률 변수 X라고 하면 $X=k$ 가 된다. A선 열차가 t시간에 1회도 오지 않을 확률을 P_a 로 하면, t시에 1회 이상 올 확률은 p_a 는 $1-P_a$ 이며 B선 열차에 대해서도 동일한 방법으로 t시간에 1회도 오지 않을 확률을 P_b 라고 하면 t시간에 1번 이상 통과할 확률은 p_b 가 된다. t시간에 1회 이상 A선에 열차가 통과할 확률과, B선에 1회이상 열차가 통과할 확률은 서로 독립적 변수이므로 t시간 동안 A, B 두선의 열차가 동시에 올 확률은 $q_a \times q_b$ 가 되며 이를 지장율로 산정하는 방식이다.

- 지장발생 확률(포아송 확률분포) :

$$P_k(t) = \frac{(\lambda_a t)^k}{k!} e^{-\lambda_a t} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, \infty)$$

- A선과 B선의 교차지장이 발생될 확률

$$I = q_a q_b = (1 - e^{-\lambda_a t})(1 - e^{-\lambda_b t})$$

2.4 지장율산정식과 지장확률 고찰

$t_a=2.5, t_b=2.5, f=0.6$, 피크율을 미고려한 경우에 대해 지장확률과 산정식(보정)을 비교해 보면, 지장율 산정식이 지장확률에 비해 운영횟수가 중간이하에서는 과다하게 산출되는 것으로 분석되었으며, 운영횟수가 많아지면 유사하나 다소 적게 산정되는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다. 설계기준에 따라 피크율 1.74를 적용할 경우 50%를 넘어 평면교차 횟수가 적어도 입체교차가 필요한 것으로 검토되나, 지장확률을 활용하면 운영횟수에 대한 지장확률을 반영할 수 있으므로 보다 합리적으로 평면교차 지장을 평가할 수 있을 것으로 보인다.

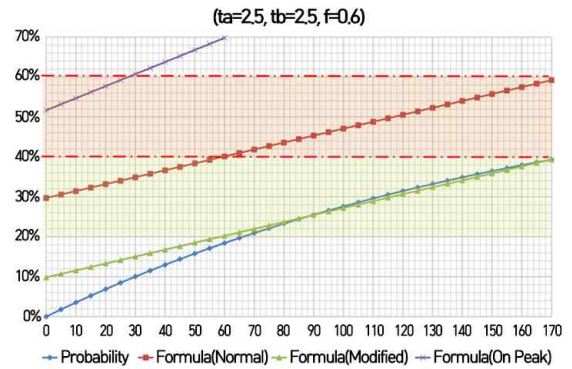


Fig. 2 Comparison of the probability and formula on the rate on interfering for rail to rail crossing

3. 결론

평면교차가 발생하는 구간에 대한 운행 및 시설 계획시 향후 다양한 변동요인들을 고려하면 선로용량에 기초한 지장율 산정식을 적용하는 것보다 지장확률을 활용하여 평면교차에 따른 지장율을 평가하고 이를 근거로 운행계획이나 입체화 등 시설계획을 검토 방안이 보다 적정할 것으로 보인다.

참고문헌

[1] Sotaro Morishima Location of marshalling yard and determination of its capacity pp.17~pp18
 [2] 정거장배선(KR C-13020, 2014, 2017), Korea Railway Network Authority