

지형여건을 고려한 철도 완화곡선 연장방법의 적용성에 관한 연구

A Study on the Application of Extension Method in Railway Transition Curved Zone Considering Field Status

정의환¹⁾

Jeong, Eui Hwan

Abstract

Railway curved zone have crucial effects on the speed of train. Length of transition curve is one of the important factor for alignment compatibility estimation in this sections, this value is decided by running speed and Cant. In this study, the extension method of transition curve is evaluated, based on the alignment of Jang Hang-Line, investigated field conditions of the sections in the curves exist. This research result show that changing of transition curve was proved by necessary to approximately two thirds of the curved sections, and method of fixing central point of track centerline and changing radius of curvature minimize the maximum shift in track centerline and deviation of radius, and also may be effective method for alignment suitability and speed up in case overall improvement is difficult.

Keywords : Speed up, Railway alignments, Transition curve, Lengthening method

요 지

철도 곡선부는 열차 운행속도에 중요한 영향을 미친다. 이 곡선부에서 완화곡선 길이는 곡선구간의 선형 적합성을 평가하는데 주요 요인 중 하나가 되며, 이 값은 주행속도와 캔트값에 의해 결정 되어진다. 본 연구에서는 장항선을 대상으로 완화곡선 길이를 확보하기 위한 평가를 실시한 결과 곡선구간의 약 2/3이 연장에 필요한 구간으로 밝혀졌으며, 완화곡선 연장방법을 적용함에 있어 곡선중점의 변경은 없고 곡선반경을 변화시켜 연장하는 방법이 선로중심선에서의 최대 이동량 및 곡선반경 편차를 최소화시킬 수 있으며, 또한 전면적인 선형개량이 어려운 경우 선형 적합성 및 속도향상에 효과적일 것이다.

핵심용어 : 속도향상, 철도선형, 완화곡선, 연장방법

1. 서 론

2004년 4월 1일 국가핵심 사업으로 추진되었던 경부고속철도 1단계 구간의 개통과 함께 호남선 전철화를 통한 고속전철이 완료되어 초고속 운행을 실시하게 되므로 생활패턴의 변화와 삶의 질 향상에 도움이 되게 되었다. 그러나 주요 간선의 운행속도는 개통시기가 거의 1세기를 넘었 으면서도 개통 당시와 비교해보면 속도 면에서 향상비율이 낮아 고속철도와의 연계성을 고려할 때 동반 상승 효과를 떨어뜨리는 요인으로 작용하고 있어 기존 노선에서의 속도향상은 절실한 실정이다.

그러나 기존 노선의 속도향상은 근본적인 선형개량과 아울러 전반적인 시스템의 개선으로 이루어질 수 있으나, 이를 위해서는 재정적인 여건과 시간적인 제약으로 인해 근본적인 속도향상의 목적을 달성하기 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 수단으로 추진하고 있는 방법이 틸팅차량 도입으로 기존선의 속도를 향상시키는 방안이다(엄기영 등, 2000; 최성규 등, 2000). 틸팅차량 도입 및 신규 틸팅차량 제작 운영 방법 또한 시행하는 시점과 속도별 그룹을 설정하여 타당성을 평가한 후 주요 간선에 제한적으로 적용하고자 추진하고 있는 내용으로 시행하는데 어느 정도 시간이 필요한 상황이다(최성규 등, 2000).

1) 정희원 · 세경대학 토목환경과 조교수(E-mail:euiwhan@naver.com)

이에 현 시점에서 적용할 수 있는 방법 중 비록 속도 향상 폭은 적을 수 있으나 현재의 궤도선형을 최소한으로 이동하여 속도향상을 도모함과 함께 철도선형의 불 균질을 완화할 수 있는 방법은 완화곡선 길이의 연장을 실시하는 것이다.

그러나 우리나라의 지형적인 여건을 고려할 경우 철도 선형의 많은 부분에서 개선의 여지가 필요한 것으로 판단되며 지금까지 이와 관련된 연구는 틸팅차량 도입을 위한 선형의 적합성 평가와 완화곡선 연장방법의 일반적인 소개(엄기영 등, 2003; 이남수, 1993; 金子慶尙, 1984) 및 가능성 여부와 이론적인 중심 이동량의 산출을 얻는데 불과하여 실질적으로 현장에 적용할 수 있는 상황은 아니었다. 이에 본 연구에서는 기존 노선중 대상구간을 선정하여 현장의 곡선 제원들을 조사(대전지방철도청, 1996)하고 분석하여 현장 상황을 고려한 완화곡선 연장방법의 적용성을 평가하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 철도 완화곡선 연장

2.1 완화곡선 길이 결정 기준

완화곡선의 길이는 차량이 곡선부를 주행할 때 3점지지 현상이 발생하는 경우 차륜 플랜지의 최소 높이 25mm까지 부상하여도 탈선하지 않는 기울기의 캔트 체감 거리가 어야 하고, 열차가 주행할 때 속도에 따라 1초에 1과 ¼"씩의 높이로 변화하기 때문에 이에 따라 충분한 완화곡선 길이가 정하여져야 한다. 또한, 캔트량의 급변화로 인하여 열차가 통과할 때 단위시간에 기울어지는 정도와 열차가 받는 원심가속도의 변화 등으로 승차감이 나쁘지 않는 정도의 길이로 정해지게 되며, 이러한 근거로 완화곡선 길이를 산출하게 된다(서사범, 2000; 엄기영 등, 2003).

$$L = \frac{V}{C_0} \cdot C \quad (1)$$

여기서, L : 완화곡선의 길이(m)

V : 열차의 속도(km/h)

C : 캔트량(mm)

C_0 : 캔트량 체감의 시간적 변화율

$$(1과 \frac{1}{4}'' = 3.175cm/sec = 0.1143km/h)$$

따라서, 식 (1)을 정리하면 완화곡선 길이는 다음 식으로 결정된다.

$$L = 8.75 V \cdot C \quad (2)$$

이렇게 하여 기존 노선에서의 완화곡선의 길이는 선로 등급에 따라 캔트량의 배수로 결정되며 표 1과 같다.

표 1. 선로 등급별 완화곡선 길이

| 선로등급 | 열차최고속도(km/h) | 완화곡선길이 |
|------|--------------|-------------|
| 1 | 200 | 캔트량의 1,700배 |
| 2 | 150 | 캔트량의 1,300배 |
| 3 | 120 | 캔트량의 1,000배 |
| 4 | 70 | 캔트량의 600배 |

2.2 완화곡선의 연장조건

완화곡선의 길이는 길면 길수록 곡률의 변화율과 캔트의 변화율도 적어지게 되므로 열차주행조건이 좋아진다. 그러나 선형을 구성하는 요건에 있어서 완화곡선의 길이가 기준 값보다 적게 될 경우 주행조건이 저하로 속도향상에 제약을 받게 된다. 이 경우 완화곡선 연장을 시도하게 되는데 일반적으로 완화곡선을 연장시키고자 할 경우 종거도를 활용하여 가능여부를 결정하게 된다. 완화곡선을 연장했을 경우 종거도가 이루는 면적이 완화곡선 길이를 연장하기 전과 같아야 한다는 것과 종거 차이에 의한 모멘트의 합은 일정하여야 한다는 것이다.

2.3 완화곡선 길이의 연장방법

완화곡선의 길이를 연장하는 방법으로는 곡선부 전 구간에 걸쳐 시행하는 방법과 한쪽에서 시행하는 방법이 있는데 본 연구에서 완화곡선 연장방법의 적용성을 평가하고자 하는 방법은 곡선부 전 구간에 걸쳐 시행하고자 하는 방법으로서 이에 해당되는 연장방법의 특징을 살펴보면 다음과 같다(정세태, 1990; 정의환, 2004; 金子慶尙, 1984).

2.3.1 원곡선부 반경을 변경하지 않고 연장하는 방법(A 방법)

이 방법으로 완화곡선을 연장했을 경우 연장후 원곡선의 반경은 연장전의 반경과 같게 되며, 완화 곡선 길이를 늘어나게 함으로 원곡선은 평행 이동을 하기 때문에 중심선의 평면 이동량이 곡선 전체에 걸쳐 발생하게 되며, 이 방법에 의한 연장전·후의 종거 및 선로의 평면 이동 변화는 그림 1과 같다.

2.3.2 원곡선부 반경을 변경하여 연장하는 방법

(1) 대칭형으로 연장하는 경우(B-1-0방법)

이 방법은 직선부와 원곡선부에서 필요한 완화곡선 길이

를 연장시키는 방법으로 선로의 평면상태에 따라 곡선반경의 변화와 종거리의 변화가 다르게 변화한다. 이 방법에 의한 종거 및 선로의 평면 이동 변화는 그림 2~3과 같다.

(2) 곡선구간을 변경하지 않는 경우(B-1-1방법)

이 방법은 곡선부를 이루는 전체 구간에서 완화곡선을 연장하는 방법으로 곡선간 직선거리의 여유가 부족할 경우 사용할 수 있는 방법으로 완화곡선을 연장하게 되면 원곡선부의 반경이 줄어드는 특징을 갖고 있다. 이 방법으로 완화곡선을 연장할 경우 종거 및 선로 평면 상태의 변화는 그림 4와 같다.

(3) 원곡선 구간을 변경하지 않는 경우(B-1-2방법)

이 방법은 추가 완화곡선 길이를 직선부에서 연장 적용하기 때문에 곡선구간의 전체길이는 길어지게 되고 원곡선부의 반경이 늘어나게 되는 특징을 갖고 있으며, 연장 전·후의 종거 및 선로 평면 상태의 변화는 그림 5와 같다.

2.3.3 곡선중점의 이동 없이 곡선반경을 변경하여 연장하는 방법(C 방법)

이 방법은 위에서 설명한 방법과는 다른 것으로 곡선중점의 이동량은 발생시키지 않고 곡선 반경만을 변경하여 연장하는 경우로서 선로중심에서 이동량은 발생하지 않으나 원곡선 시·중점부근에서 이동량이 최대로 되며 종거 및 선로 평면 상태의 변화는 그림 6과 같다.

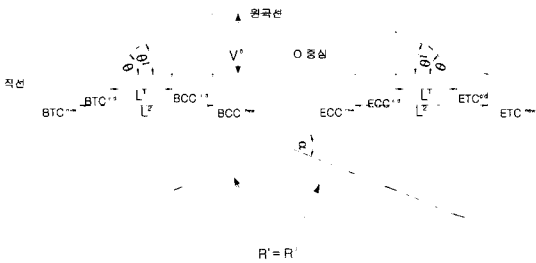


그림 1. A법에 의한 종거 및 선로중심 변화

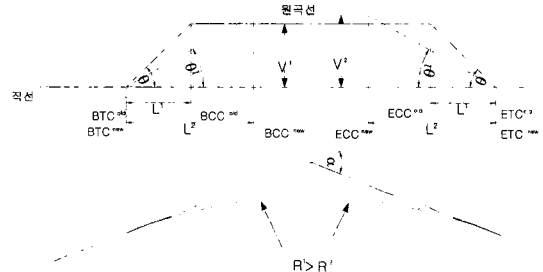


그림 4. B-1-1법에 의한 종거 및 선로중심 변화

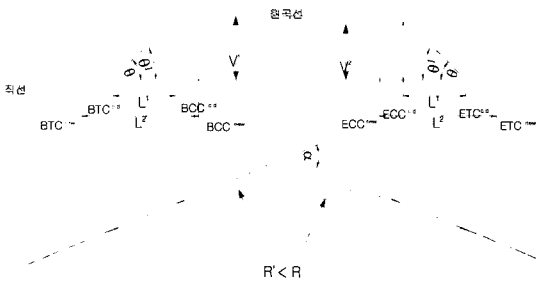


그림 2. B-1-0(a)법에 의한 종거 및 선로중심 변화

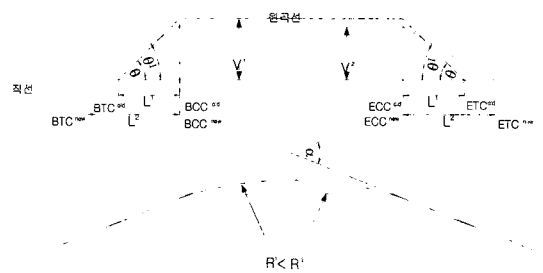


그림 5. B-1-2법에 의한 종거 및 선로중심 변화

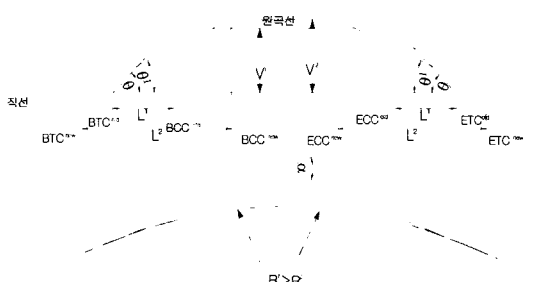


그림 3. B-1-0(b)법에 의한 종거 및 선로중심 변화

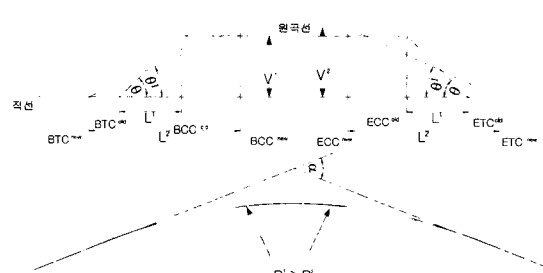


그림 6. C법에 의한 종거 및 선로중심 변화

3. 시험 및 분석

3.1 시험내용

국내의 기존선은 지형, 선로상의 지장물 및 선형 구성 등의 이유에서 국유철도건설규칙으로 정한 최고속도로 주행할 수 없는 구간이 비교적 많이 존재하고 있다. 따라서 기존선의 곡선부 최고속도는 이와 같은 현실적인 면을 고려하여 설정하는 것이 바람직하다. 그러므로 본 연구에서는 장항선을 대상으로 곡선부에서 열차의 속도가 제한을 받을 수 있는 지형적 장애 또는 선로상의 대형 구조물에 대한 현장 자료 조사를 실시하였으며, 또한 완화곡선의 길이를 결정하는 근거를 기준으로 필요한 완화곡선 길이를 결정 후 현재의 선형 제원들의 비교를 통해 완화곡선 연장에 필요한 추가 길이 및 연장가능 개소를 산출하였다.

또한 완화곡선 연장이 필요한 개소 중에서도 선형조건 및 대형 선로구축물로 인해 연장이 불가능한 요인들을 조사하였으며 연장가능 구간에 대한 선형 제원을 분석한 후 2.3절에서 살펴본 완화곡선 연장방법을 적용하여 곡선반경에 대한 중거도를 활용한 곡선부의 중거의 변화, 곡선반경의 변화 및 선로 중심선에서의 최대 이동량을 산출하였으며 연구의 진행은 그림 7과 같이 이루어졌다.

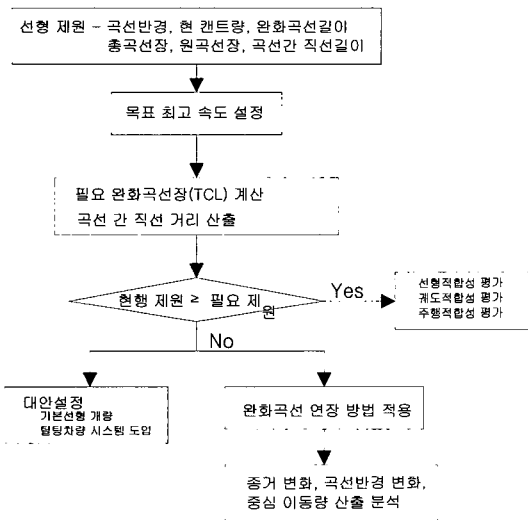


그림 7. 연구 수행 흐름도

3.2 연장방법 적용평가 분석

3.2.1 연장조건 분석

연구 대상지역의 현재 부설되어 있는 캔트량과 선로등급별 캔트 부족량, 그리고 곡선반경을 이용하여 2.1절에서

제시된 식 (2)을 적용하여 곡선반경별 소요 완화곡선길이를 계산한 후 현장에 설치되어 있는 완화곡선 길이와 비교 분석한 결과를 그림 8에 곡선반경별로 나타냈으며, 완화곡선 연장이 필요한 개소 중에서 현재의 선형구성상 곡선간 직선거리 부족이나 대형 선로구축물로 인해 완화곡선 연장이 불가능한 구간을 파악하여 그림 9에 나타냈다.

그림 8에 나타난 바와 같이 전체 곡선부에서 완화곡선 연장을 필요로 하는 구간이 72%인 점을 감안할 때 많은 부분에서 완화곡선 길이 조건을 만족시키지 못하고 있는 것을 알 수 있으며, 이는 곡선부 선로조건 적합성을 만족시키지 못하고 있다는 것을 보여주고 있는 것이다. 그림 9의 결과로부터 완화곡선 연장이 필요한 개소에서 기본선형조건(곡선간 직선거리 부족)이나 대형 선로구축물로 인해 연장이 불가능한 구간이 필요 구간 중 44%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 전체 곡선구간의 40%가 완화곡선 연장이 필요한 구간으로 나타났다.

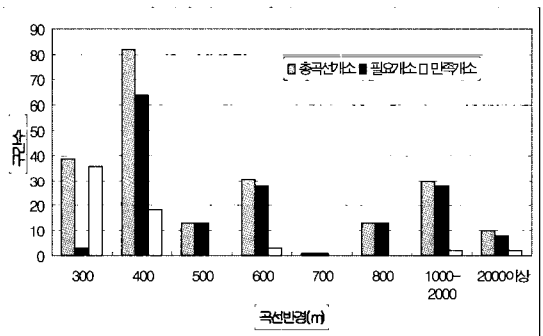


그림 8. 곡선반경별 연장 필요구간 분포도

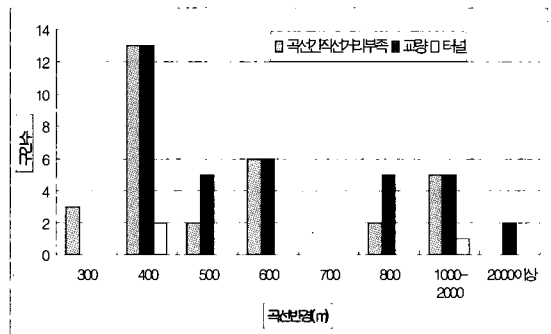


그림 9. 완화곡선 연장 불능 요인 분포도

또한 완화곡선 길이의 연장을 필요로 하는 구간에서 추가 길이를 구간 및 곡선반경별로 산정하여 그림 10~11에 나타냈다. 이 결과로부터 소요 완화곡선 길이는 곡선반경

에 따라 차이가 있지만 추가로 필요한 완화곡선 길이의 분포는 0.675m~44.805m을 이루고 있었다. 또한 추가로 필요한 길이가 20m이상인 구간이 전체구간의 27%를 차지하고 있는 점을 감안할 때 현재의 선형 상태의 적합성 평가 시 문제점이 발생할 수 있게 되는 것으로 판단된다.

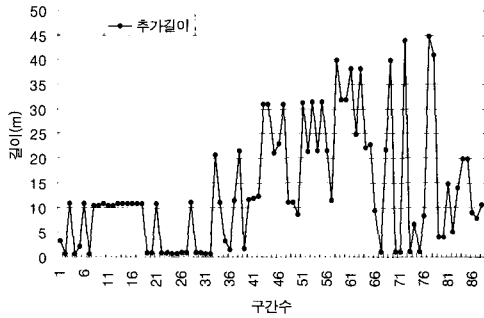


그림 10. 구간별 추가 길이 분포

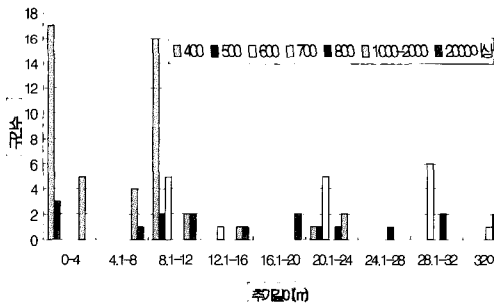


그림 11. 곡선반경별 추가 길이 분포

3.2.2 연장 적용성 평가 분석

(1) 방법별 최대 이동량 분석

완화곡선길이의 연장이 필요한 경우에 곡선 전체 구간 에 걸쳐 시행할 수 있는 방법 중에서 양쪽 대칭으로 연장하고자 할 경우 한쪽의 경우를 활용한 중거도의 모멘트를 구한 후 이 모멘트의 값이 곡선중심 방향으로 변화된 이동량의 1/2이 되는 조건을 적용하여 최대 이동량의 산출 결과를 그림 12~21에 나타냈다. 그림 12~13의 결과로부터 원곡선부의 반경을 변경시키지 않고 완화곡선을 연장했을 경우(A방법) 선로중점에서의 최대 이동량의 분포는 -5.738 ~ -475.505mm가 발생하였으며, 부호가 (-)인 것은 연장후의 궤도중심 선형이 곡선중심쪽으로 이동하는 것을 나타내고 있다. 현 궤도노반의 여유 폭을 고려했을 경우 최대

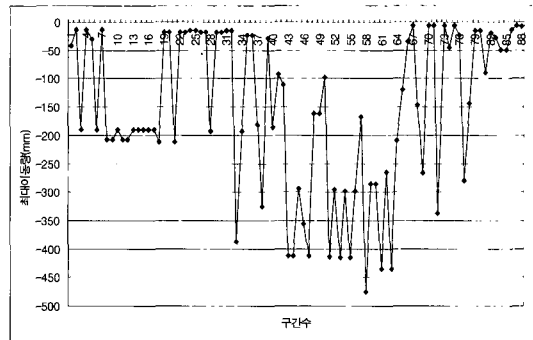


그림 12. 구간별 최대 이동량 분포(A방법)

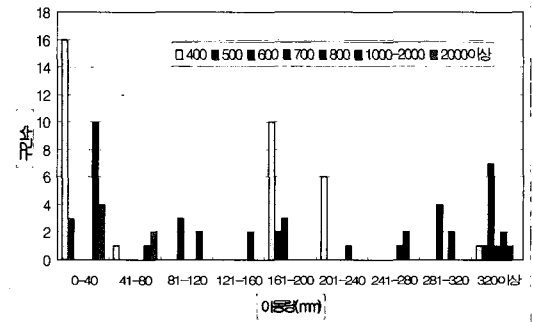


그림 13. 곡선반경별 최대 이동량 분포(A방법)

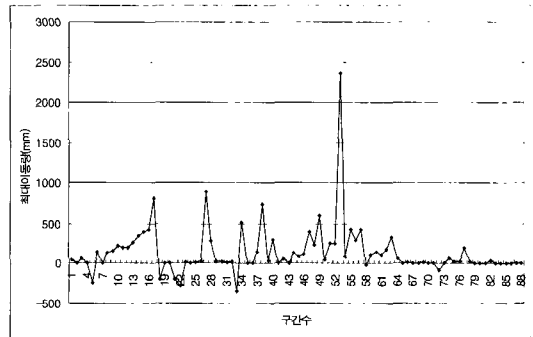


그림 14. 구간별 최대 이동량 분포(B-0방법)

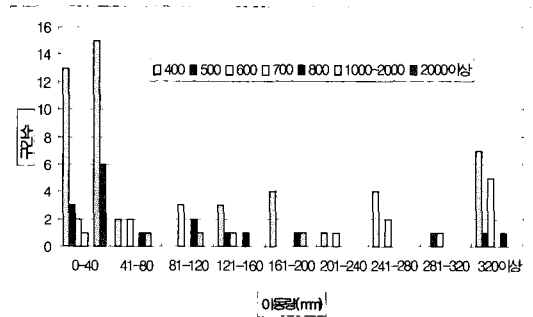


그림 15. 곡선반경별 최대 이동량 분포(B-0방법)

20cm까지 이동 가능하다고 보면 전체곡선구간의 67%는 연장할 수 있게 되는 것이다.

그림 14~15는 곡선반경의 변화가 발생하면서 추가로 필요한 완화곡선길이를 직선부와 원곡선부의 양쪽에서 1/2씩 연장했을 경우(B-1-0방법) 최대 이동량을 나타낸 결과이다. 이 방법으로 연장했을 경우 이동량의 분포는 -347.921~2368.762mm로 나타났으며, 현 궤도 노반의 폭을 고려했을 경우 최대 20cm까지 이동 가능하다고 보면 전체 곡선 구간의 73%는 연장할 수 있게 될 것이며, 이동량이 40mm이내인 경우도 전체의 45%에 해당된다.

그림 16~17의 결과는 곡선 전구간을 변경하지 않고 완화곡선을 연장했을 경우(B-1-1방법)에 선로 중심에서의 최대 이동량을 나타낸 것이다. 이 결과로부터 연장방법의 특성상 일반적으로 연장후의 원곡선부 종저량은 연장후의 곡선장이가 클수록 작아지게되므로 원곡선장이 길 경우 곡선반경의 축소량은 작아지게 되는 유리한 점을 갖고 있으며, 최대 이동량의 분포가 -179.215~1994.926mm를 이루고 있다. 또한 현 궤도노반의 폭을 고려했을 경우 최대 20cm까지 이동 가능하다고 보면 전체 곡선 구간의 57%는

연장 가능하게 된다.

그림 18~19의 결과는 원곡선 구간을 변경하지 않고 연장하는 경우(B-1-2방법) 선로 중심에서의 최대 이동량을 나타낸 것이다. 이 결과에서 나타난 특징으로는 필요한 완화곡선길이를 직선부에서 연장하기 때문에 곡선내측으로 이동량이 발생하게 되며 이동량은 분포는 -16.529~-2776.34mm로 나타났으며, 현 궤도노반의 폭을 고려했을 경우 최대 20cm까지 이동 가능하다고 보면 전체 곡선 구간의 41%는 연장 가능하게 될 것이다.

그림 20~21은 선로 중심선의 중점 이동량은 발생하지 않고 원곡선부의 반경과 원곡선장의 길이가 줄어들게 하여 완화곡선을 연장시켰을 경우(C방법) 최대 이동량 결과이다. 이 경우에 있어서 최대 이동량은 원곡선 시·중점부근에서 발생하게 되며 이동량의 분포는 -51.876~239.111mm로 나타났다.

또한 현 궤도 노반의 폭을 고려했을 경우 최대 20cm까지 이동 가능하다고 보면 곡선 구간의 97%는 연장할 수 있게 될 것이며, 이동량이 40mm이내인 경우도 56%에 해당된다.

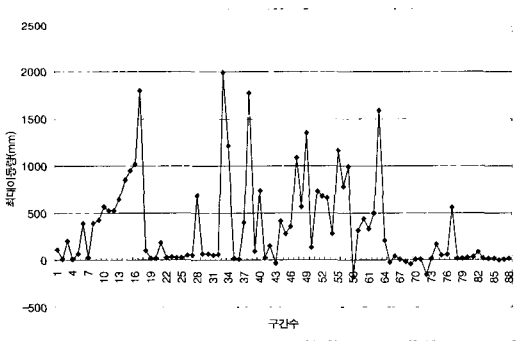


그림 16. 구간별 최대 이동량 분포(B-1-1방법)

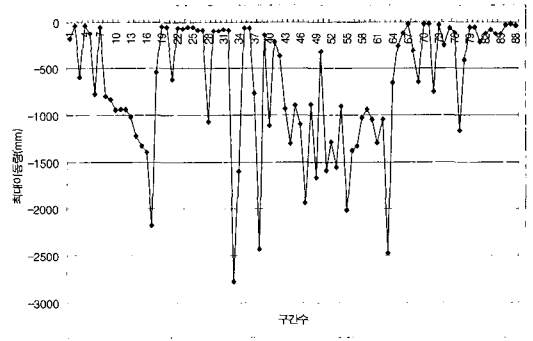


그림 18. 구간별 최대 이동량 분포(B-1-2방법)

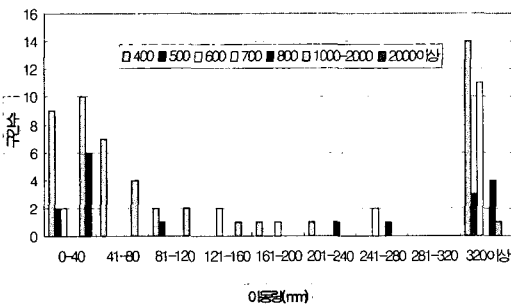


그림 17. 곡선반경별 최대 이동량 분포(B-1-1방법)

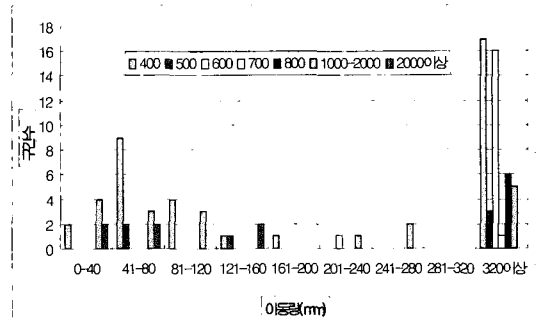


그림 19. 곡선반경별 최대 이동량 분포(B-1-2방법)

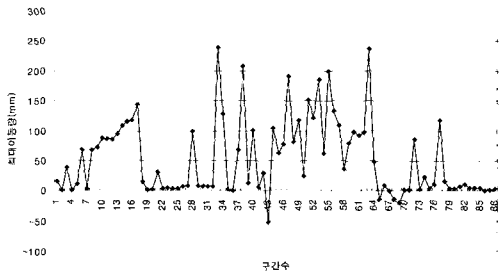


그림 20. 구간별 최대 이동량 분포(C방법)

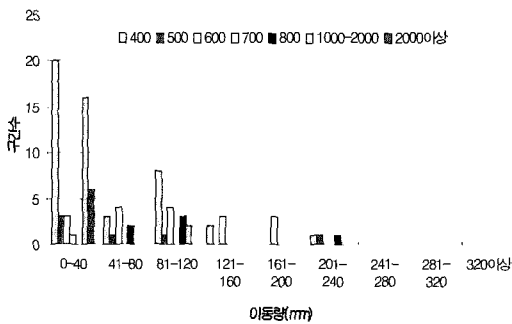


그림 21. 곡선반경별 최대 이동량 분포(C방법)

(2) 곡선반경별 이동량 분석

원화곡선 길이를 연장하고자 할 경우 연장방법의 특성에서 살펴본 바와 같이 궤도수정을 필요로 하기 때문에 곡선반경별 최대 이동량의 분포 변화를 고찰해볼 필요가 있고, 또한 전체적인 변화경향을 분석하는 것은 곡선반경별 차이가 심해 곡선반경별로 분류하여 방법들간의 분포를 분석하여 보았다. 이 분포 값들에 대한 결과가 그림 22~26과 같이 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 연장방법에 따라 부호가 (-)로 나타나는 구간은 이동량이 곡선중심쪽으로 향하는 것을 의미하고, (+)로 나타나는 구간은 이동량이 외측방향으로 발생하는 것을 의미한다.

그림 22에서 보는 바와 같이 곡선반경 R=400m인 경우에 변화 경향을 분석할 때 원곡선부의 반경을 변화하지 않고 연장하는 방법(A)과 곡선중점의 이동량은 발생하지 않고 곡선반경의 변화와 원곡선부 시·종점에서 이동량이 발생하는 방법 즉, C방법이 이동량을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 그림 23은 곡선반경 R=500m에서의 이동량 변화를 나타내고 있는 것으로 이 경우 또한 C방법이 궤도 이동량을 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

그림 24는 곡선반경 R=600~800m인 경우 이동량의 경

향을 나타낸 결과로 이 경우에도 이동량을 최소화 할 수 있는 연장방법으로 C방법임을 알 수 있었으며, C방법인 경우 전체적으로 이동량이 (+)를 나타내는 것을 볼 때 곡선중심의 외측으로 이동하게 되는 것을 나타낸다. 그림 25는 R=1000~2000m의 경우 연장방법에 따른 이동량의 변화를 보인 것이다. 이동량을 가장 작게 발생시키는 방법으로는 B-1-0방법과 C방법이 거의 유사하게 나타났다. 그림 26은 R=2000m이상인 구간에서의 연장방법별 최대 이동

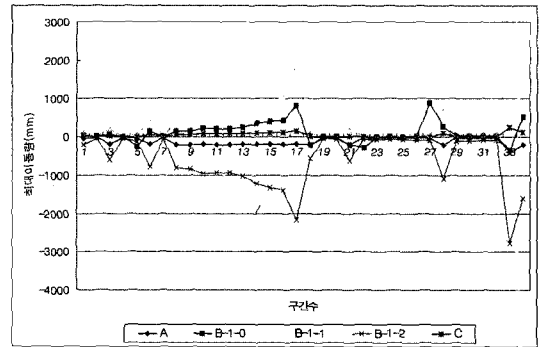


그림 22. R=400m에서 최대 이동량 변화

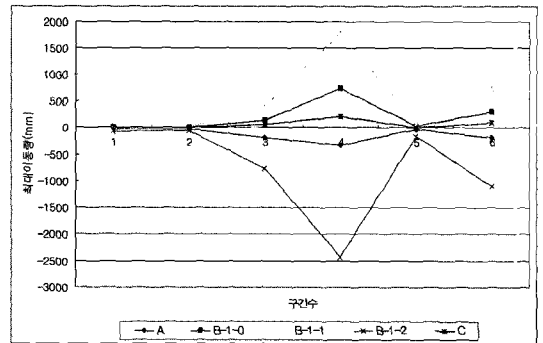


그림 23. R=500m에서 최대 이동량 변화

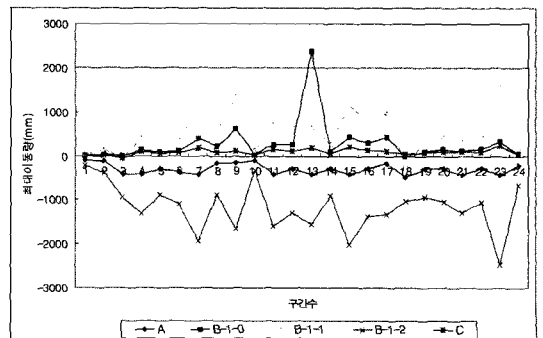


그림 24. R=600~800m에서 최대 이동량 변화

량 경향을 나타낸 것으로 이 경우에도 이동량을 최소화할 수 있는 방법은 B-1-0방법과 C방법으로 나타났다.

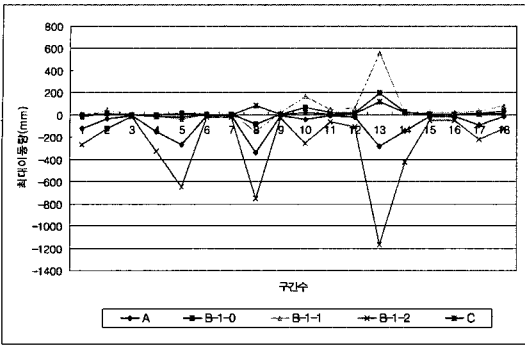


그림 25. R=1000~2000m에서 최대 이동량 변화

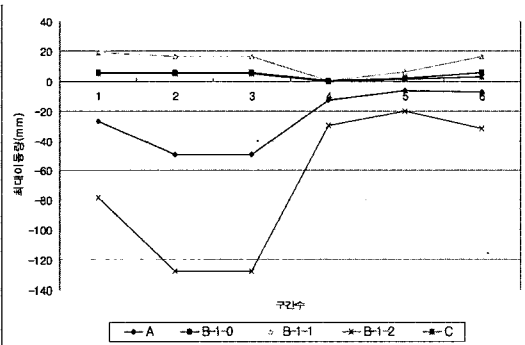


그림 26. R=2000m 이상에서 최대 이동량 변화

(3) 방법별 곡선반경 변화 분석

완화곡선 연장 전·후 곡선반경 편차 값들에 대한 결과를 그림 27~31에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 A방법은 곡선반경의 변화가 없는 것으로 나타났지만, 연장방법의 특징을 설명할 때 원곡선부의 반경이 변화하지 않는다고 하였기에 분석에서는 제외시켰다. 또한 연장방법에 따라 부호가 (+)로 나타나는 구간은 연장전의 값보다 연장후의 곡선반경이 작은 것을 의미하고, (-)로 나타나는 구간은 반대의 경우이다.

그림 27에서 보는 바와 같이 곡선반경 R=400m인 경우에 곡선반경 변화가 적은 방법으로는 B-1-0과 C방법으로 나타났으며, B-1-0방법인 경우 편차분포는 0.365~16.159m를 나타냈으며, C방법인 경우 0.156~25.308m를 나타내고 있다.

그림 28은 곡선반경 R=500m에서의 곡선반경 편차를 나타내고 있는 것으로 이 경우 역시 C방법의 곡선반경 변화 폭이 가장 적게 나타났다. 그림 29~31은 곡선반경 R=600

~800m, R=1000~2000m, R=2000m 이상인 경우 반경 편차를 나타낸 결과로 그림 27~28에서의 결과와 달리 곡선반경 편차의 폭이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 편차 값이 적은 방법으로는 B-1-0방법과 C방법이 유사하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 그림 27~31의 결과로부터 알 수 있는 것은 연장방법 B-1-1과 B-1-2의 반경 편차변화가 상하 대칭으로 나타나는 것을 고려할 때 연장방법의 특징을 잘 나타낸 결과라 할 수 있다.

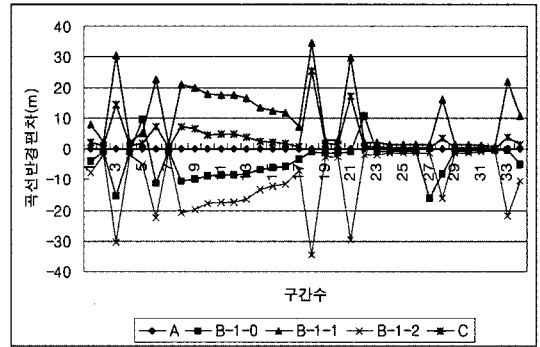


그림 27. R=400m에서 곡선반경 편차

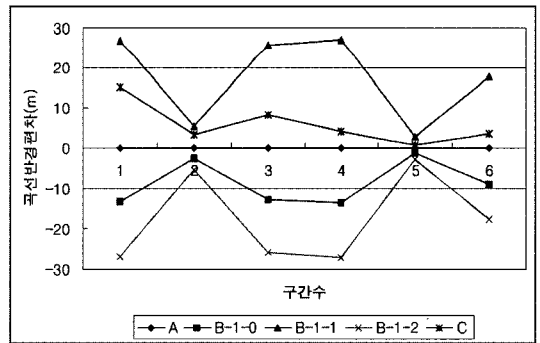


그림 28. R=500m에서 곡선반경 편차

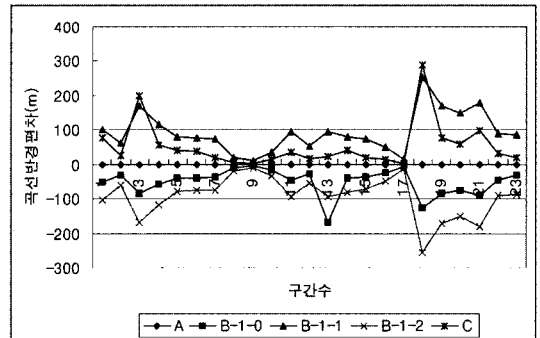


그림 29. R=600~800m에서 곡선반경 편차

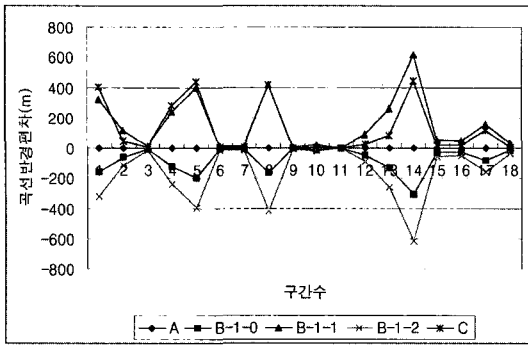


그림 30. R=1000~2000m에서 곡선반경 편차

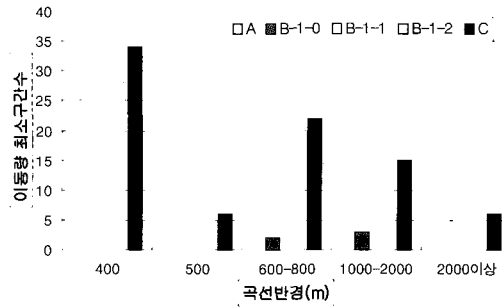


그림 32. 이동량 최소구간 분포도

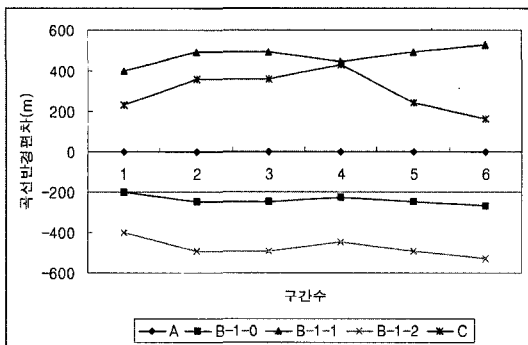


그림 31. R=2000m 이상에서 곡선반경 편차

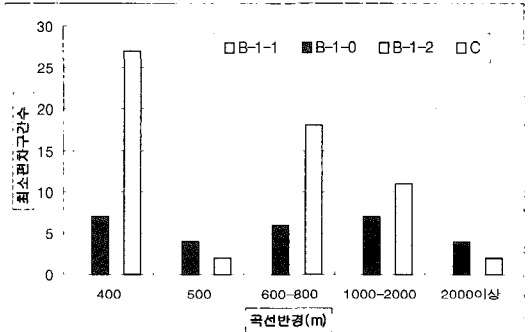


그림 33. 곡선반경 최소편차 구간 분포도

(4) 연장방법 적용성 분석

지형적인 여건을 고려했을 경우 선형 제원들의 분석을 통해 평면 이동량을 최소화시킬 수 있는 방법을 도출하고자 연장 방법들을 적용하여 각 구간에서 이동량이 가장 적게 발생시키는 구간을 곡선반경별로 나타낸 결과가 그림 32와 같다. 이 결과로부터 원곡선부의 반경을 변경시키며 선로중점에서의 이동량은 발생하지 않으나 원곡선 시·중점 부근에서 최대 이동량을 발생시키는 연장방법(C방법)이 전 구간의 94%를 차지하고 있으며, 원곡선부의 반경 변화를 발생시키는 동시에 중심 이동량을 최소로 발생시키는 방법(B-1-0방법)이 6%를 나타내고 있다. 이상의 결과로부터 원곡선부의 반경변화가 가능한 구간에서는 C방법으로 연장하는 것이 이동량을 최소화시킬 수 있는 방법으로 판단된다.

원곡선부의 곡선반경 변화를 시도하여 완화곡선길이의 연장을 실시했을 경우 곡선반경의 연장 전·후 편차가 최소로 되는 구간을 곡선반경별로 산출한 결과가 그림 33과 같다. 이 결과로부터 선로중점에서 이동이 발생되며 원곡선부 반경의 변화를 최소화시키는 방법으로는 B-1-0으로

전체구간의 32%를 차지하는 것으로 나타났으며, 선로 중점부에서 이동을 발생시키지 않고 원곡선부의 반경 편차를 적게 하는 방법으로는 C법으로 전체구간의 68%에 해당한다. 이 방법은 궤도중점에서의 선로이동을 발생시키지 않으므로 현장여건이 허락되지 않는 구간에서의 완화곡선 연장을 시도할 수 있는 방법으로 효과적일 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서 실시한 내용은 기존 노선 속도향상을 위해 검토되고 있는 방법 중에서 철도선형의 일부조정으로 시행 가능한 완화곡선 길이의 연장방법 적용성이 있는가에 대한 분석 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 현장자료조사와 관련 규정을 적용하여 소요 완화곡선 길이를 산출한 결과 완화곡선 연장이 필요한 부분이 곡선구간의 약 2/3을 차지하고 있었으며, 선형조건과 대형구조물로 인해 궤도 수정이 불가능한 구간이 약 반으로 나타났다.
2. 완화곡선길이를 연장할 경우 추가로 소요되는 연장길이의 분포는 0.675~44.805m으로 나타났으며, 이는 선형

적합성을 평가할 때 불리한 요인으로 작용된다.

3. 선로중심선에서 평면 최대 이동량 및 곡선반경 편차를 줄일 수 있는 방법으로는 곡선의 증점은 고정되어 있고 곡선반경을 변경시키며, 원곡선 시·종점 부근에서 최대 이동량이 발생하는 연장방법으로 나타났다.

4. 현장 여건에 따라 연장 방법을 적용한다면 궤도수정을 줄이는 동시에 선형의 적합성 및 속도 향상효과도 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 대전지방철도청 (1996), 선로제표.
서사범 (2000), 선로공학, 삼과꿈, pp. 201-247.
엄기영 등 (2003), 기존선 속도향상을 위한 선로시스템 개선기술 개발, 한국철도기술연구원, pp. 111-121.
이남수 (1993), 철도곡선부의 캔트설정과 틸팅장치에 의한 주행성 연구, 박사학위논문, 경기대학교.
정세태 (1990), 철도시설, 한국철도기술협회, No. 36, pp. 20-31.
정의환 (2004), 철도곡선부 개량을 위한 완화곡선 연장방법의 적용성 평가, 한국측량학회 추계학술대회.
최성규 등 (2000), 기존선 시스템 개선에 관한 연구, 한국철도기술연구원, pp. 335-367.
C. Esveld (2001), Morden Railway Track, MRT-Productions, pp. 35-43.
金子慶尙 (1984), 緩和曲線の延伸, 計測工業株式會社.

(접수일 2004. 12. 13, 심사일 2004. 12. 17, 심사완료일 2004. 12. 17)