

## 속도 상승에 따른 캔트조정 사례 분석

# A Study on Wearing of Rail and Adjustment of Cant in Accordance with Increase in Running Speed of Train

신길철\*                      양희성\*\*                      주봉규\*\*\*                      정성현\*\*\*\*  
Shin, Gil-Cheol      Yang Hoe-Seong      Joo, Bong-Gyu      Chung, Sung-Hyun

### ABSTRACT

Subway routes 1~4 were constructed in gravel roadbed track structure in consideration of the technological capabilities, construction cost and duration at the time of the initial construction. As such, 224.8km, approximately 81.2% of entire length, of total length of railway track at 276.9km was constructed on gravel roadbed. However, improvement of gravel roadbed to concreted roadbed began in 1998 due to problems including frequent repair works and limited time application for such works caused by occurrence of track distortion during operation as well as lowering of roadbed functions and generation of dust caused by frictional power, impact absorption capabilities, abrasion and crushing of gravel on roadbed. Currently, this improvement is continuing with target of converting entire route into concreted roadbed structure. Therefore, this Study modifies formula for setting cant, analyze the correlation between wearing of rail side of the curvature and cant insufficiency following increasing of the running speed of the train, and to present the directions for fundamental review for adjustment of cant insufficiencies at the time of improvement of gravel roadbed to concreted roadbed that is being implemented on the operational tracks of the railway trains.

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

서울메트로는 '04년 7월 개정된 운전취급규정에 의한 열차운행속도 상향조정 및 캔트공식 변경 후 적정캔트 확보를 위해 부단한 노력을 기울여 왔다. 이를 통해 자갈도상에서 콘크리트도상으로 개량 시 캔트를 현장조건에 적합하도록 조정하는 방안을 검토하게 되었으며, 실제 현장에서 캔트조정 시 건축한계 내에 타 시설물에 영향을 주지 않는 범위 내에서 적정 캔트를 확보함으로써 곡선부에서 급격히 발생하였던 레일마모를 일부분 저감하는 효과를 거두고 있다. 이에 본 논문에서는 열차운행속도와 캔트와의 상관관계에 있어 곡선과 속도의 이론적인 캔트적용에 국한하지 않고 실제 현장상태에 적합한 캔트로 조정하기 위하여 선로의 곡선, 운전속도 등을 고려한 적정 캔트로의 조정과 그 적용 결과로 얻어진 궤도 파괴 감소, 레일마모감소 등의 효과를 캔트 조정 전, 후의 변화를 통해 분석하고자 하였다.

### 1.2 연구범위 및 방법

궤도는 항상 직선인 것이 좋지만 실제 부설여건상 곡선부가 삽입되게 된다. 이에 따라 필연적으로 캔트를 두게 되는데 실제 현장에서 캔트부족이 레일마모와 승감감에 일부분 영향을 주고 있으므로 열차운행선상에서의 캔트 조정을 위한 검토내용과 자갈도상에서 콘크리트도상으로 개량 시 열차운행 속도를

\* 서울메트로 기술연구센터 대리, 정회원  
E-mail : shingc1@hanmail.net TEL : (02)6110-5832 FAX : (02)6110-5939  
\*\* 서울메트로 기술연구센터 대리, 정회원  
E-mail : hoesong@chol.com TEL : (02)6110-5845 FAX : (02)6110-5939  
\*\*\* 서울메트로 제2철도토목사무소 궤도차장, 비회원  
\*\*\*\* 서울메트로 기술연구센터 주임, 정회원

중심으로 한 균형 캔트량을 도출하고 적용한 사례를 통해 궤도파괴 감소, 궤도재료 수명 연장과 승차감 향상 등 캔트조정과 관련된 효과적인 유지관리 방향을 제시하고자 하였다.

### 1.2.1 대상구간 및 적용

대상구간은 서울메트로 열차운행속도 상향조정 및 캔트공식 변경 후 곡선부 R=200~249m 구간 중 자갈도상에서 콘크리트 도상으로 개량 시 캔트를 조정 적용한 개소로 하였으며, 여건 변경에 따른 이론 캔트와 최초 부설캔트와 열차속도에 맞는 균형 캔트량과의 상관관계를 분석하였다.

## 2. 캔트

### 2.1 캔트이론

열차가 곡선부를 통과 시 차량에 작용하는 원심력으로 외측레일에는 과도한 부하가 생기는 반면, 내측레일에는 하중이 감소되어 불안정하게 된다. 열차속도가 커지면 차량은 곡선 외방으로 탈출할 우려가 있으므로 이를 방지하기 위하여 외궤를 내궤보다 높게 하여 원심력(F)과 중력(W)과의 합력(P)이 궤간 중앙부에 작용하도록 하여 주행차량의 안전을 도모한다. 이와 같이 곡선에서 내측레일을 기준하여 외측레일을 높게 하는 것을 캔트라고 한다. 또한 캔트부족은 설정 캔트량보다 작을 경우에 생기는 것으로써, 국철 및 지하철의 경우 100mm로 규정하고 있다.

F : 원심력

W : 차량 중량

P : 합력

C : 캔트

G : 차륜 접촉점간 거리(1500mm)

θ : 차량의 기울기

위 그림에서  $\tan\theta = \frac{F}{W} = \frac{C}{G}$

$$\therefore C = \frac{FG}{W} = F \times \frac{G}{W} \quad \text{-----(1)}$$

원운동을 하고 있는 물체의 원심력(F)은

원심력 = 질량 ×  $\frac{\text{물체의원주운동속도}^2}{\text{원의반지름}}$ , 물체의중량 = 질량 × 중력가속도

$$F = M \times \frac{v^2}{R}, \quad W = Mg, \quad M = \frac{W}{g}$$

$$F = \frac{W}{g} \times \frac{v^2}{R} = \frac{Wv^2}{gR} \quad \text{-----(2)}$$

이때 차량의 중심과 원심력의 합력은 궤간의 중심을 지나야 한다.

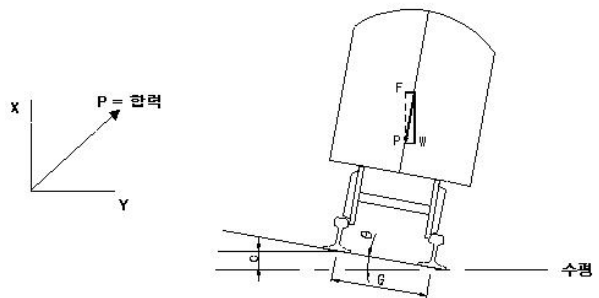
따라서 캔트를 기하학적으로 구하면 (1)식에서 캔트(C)는

$$C = F \times \frac{G}{W} = \frac{Wv^2}{gR} \times \frac{G}{W} = \frac{v^2 G}{gR} \quad \text{-----(3)}$$

(3)식에서 열차의 속도 V(시속)를 v(초속)으로 환산하면

$$v = \frac{V \times 1,000}{60 \times 60} (m/sec) = \frac{1}{3.6} V \quad 1시간 = 60분 = 3600초$$

$$C = \frac{(\frac{1,000}{60 \times 60} \times V)^2 \times G}{gR} = \frac{(1,000)^2}{(60 \times 60)^2} V^2 \times \frac{G}{gR} = 0.07716 \times \frac{v^2 G}{gR}$$



$$\text{단위검산} = \frac{\frac{m^2 \times m}{\text{sec}^2}}{\frac{m \times m}{\text{sec}^2}} = m \text{ 가 된다.}$$

여기서 중력 가속도  $g = 9.8\text{m/sec}^2$  을 대입하면

$$C = \frac{0.07716}{9.8} \times \frac{V^2 G}{R} = \frac{V^2 \times G}{127 \times R} \text{ -----(4)}$$

C는 단위가 m이므로 1,000을 곱하여 mm로 고치고, G는 양측차륜의 접촉점간 거리(캔트의 적용거리)이다.

(구) G = 궤간(1,435mm)을 적용하였으나

(신) G = 궤간 + 레일두부 폭(50kgN, 60kg 레일 모두 65mm)

$$1435 + 65 = 1,500(\text{mm}) = 1.50\text{m}$$

$$\therefore C = \frac{V^2 \times 1.5 \times 1,000}{127 \times R} = \frac{1.5 \times 1,000}{127} \times \frac{V^2}{R} = 11.8 \times \frac{V^2}{R} \text{ 이다}$$

그러나 실제 필요한 현장 부설 캔트 공식은

$$C = 11.8 \times \frac{V^2}{R} - C_1 \text{ (0 ~ 100mm) 이를 이론캔트라 한다.}$$

F : 차량의 질량, W : 차량의 중량, P : F와 W의 합력, G : 차량접촉면 거리, C : 캔트,

g : 중력가속도(9.8m/sec), M : 물체의 질량, v : 열차속도(초속), R : 곡선반경,

V : 열차속도(시속), C<sub>1</sub> : 현장캔트 조정량(곡선 전후의 상황에 따른 조정치를 둔다)

### 2.1.1 캔트조정 필요성

서울메트로는 궤도도상 및 궤도재료 개량 등을 지속적으로 추진해 왔으며, 이러한 여러 가지 노력들에 의해 얻어진 안전율을 고려하여 캔트에 직접적인 영향을 주는 운전속도를 '04년부터 상향조정했다. 그 내용을 보면 곡선반경R=200m이상부터 곡선반경R=50m마다 곡선제한 속도를 시속 5km/h씩 상승시켰으며 제한 최고속도를 기존 80km/h에서 10km/h 상향조정하여 90km/h로 조정하였다. 다만 선로조건을 고려하여 곡선반경 R=450~549까지는 기존과 같이 적용하였다. 이를 통해 기존에는 곡선반경 R=549m 이상에서 적용되었던 곡선제한속도를 세분화하였다. 표1은 서울메트로 운전취급규정이며 본선에서의 곡선제한속도이다. 또한 도시철도건설규칙이 개정에 따라 캔트설정 공식 또한 기존  $11.3 \times V^2/R - C'$  ( $C'=0-40\text{mm}$ )에서  $11.8 \times V^2/R - C'$  ( $C'=0-100\text{mm}$ )로 변경되었다.

표1. 본선 곡선제한속도(운전취급규정)

선로조건 및 속도	곡선반경(m)														제한 최고 속도
	130 ~ 134	135 ~ 139	140 ~ 149	150 ~ 199	200 ~ 249	250 ~ 299	300 ~ 349	350 ~ 399	400 ~ 449	450 ~ 499	500 ~ 549	550 ~ 599	600 이상		
분기기에 접속하지 않는 곡선의 경우 (km/h)	개정전	35	35	35	40	50	55	60	65	70	75	80	-	-	80
	개정후	35	35	35	40	55	60	65	70	75	75	80	85	90	90

또한, 도시철도 특성상 정거장과의 거리가 짧고 곡선 선로의 속도제한 및 차량의 가감속 능력에 따른 일방향 패턴의 정형화된 운전선로를 보이고 있어, 유지보수장비 운행의 전복한도, 건축한계, 부족캔트를 고려하여 열차운행에 적절한 균형캔트로 조정해야 할 필요성이 대두되었다.

### 2.1.2 부족캔트를 두는 이유

곡선에서 부족캔트를 두는 이유는 통과 열차의 속도와 선로상태가 일정하지 않고 또한 고속 및 저속 열차에 대한 불균형과 승차감을 고려한 것이다. 또한 차량이 곡선상을 통과할 때 발생하는 과잉 원심력으로 인한 승차감 저하 등을 고려하기 위한 것이다. 그리고 최대 캔트량을 160mm둔 이유는 차량 전도에 대한 안전율로 차량전도 시 563mm에 캔트량 160mm를 계산하여 그 3.5배를 고려한 것이며, 부족캔트는 열차중심선과 차량 중심선과의 편기가 104mm이내에 있을 때 열차가 안전하고 승차감이 좋으므로 0~100mm로 두고 있다.

## 2.2 캔트조정 분석

캔트 조정에 따른 변화량 분석을 위해 최초 건설시 부설 캔트량과 당시 캔트 공식에 의한 이론캔트(그림1)를 비교해 보면 아래 검토 구간인 곡선반경  $R=200\sim 249m$ 에서 대략 22~57mm까지 부족캔트가 발생하고 있다. 이처럼 캔트는 최초 건설당시부터 토목구조물의 설계 시 부족캔트량과 각종 현장 조건에 따라 조정치를 두고 있어 이에 따른 부족캔트가 발생하고 있다는 것이다. 또한 '04년 곡선부 열차 운행속도 상향조정과 변경된 캔트공식을 비교하면 그림2에서 보듯이 부족캔트량이 조금 더 증가했다는 것을 알 수가 있다. 이를 통해 과거보다 캔트공식 변경 후 부족캔트량이 대부분 더 나오고 있다는 것을 알 수가 있으나, 과거보다 부족 캔트량이 적게 나타나는 구간의 경우는 캔트 조정을 위해 곡선제한속도가 아닌 실제 현장 여건에 따른 실 운전속도를 계산하였기 때문이다. 그림1에서는 곡선제한속도 변경 전 55km/h를 기준으로 이론캔트를 구했으나, 그림2에서는 구간별 실 운전상태에 의한 추진, 제동, 타력 등의 조건에 의한 운전속도로 계산한 균형캔트이기 때문이다.

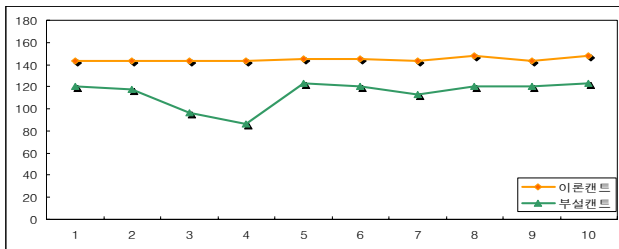


그림1. 변경전 캔트

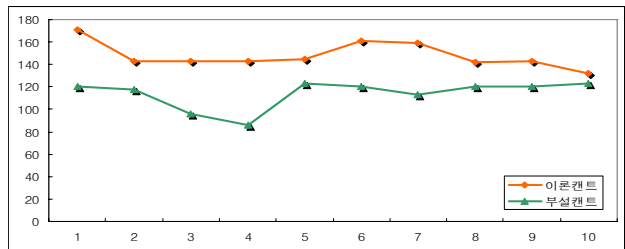


그림2. 변경후 캔트

이를 통해 그림3에서 보는 바와 같이 최초 부설당시 캔트를 보면 곡선별로 어떤 규칙성이 발견되지 않고 있다는 것을 알 수가 있다. 이는 부족 캔트량이 정해진 기준에 의해 설정되기 보다는 임의적으로 설정되어 있다는 것을 말하며 캔트 부족량의 발생요인을 살펴보면 현장상태 및 토목구조물 설계 시 부족 캔트량 적용이 한 요인일 것으로 사료된다. 이처럼 캔트공식 변경 및 곡선부 제한속도 5km/h 상승과는 별개로 애초부터 부족캔트가 발생하고 있다는 것이다. 이런 실정에서 캔트에 직접적인 연관성을 갖는 속도를 상승시킴으로써 부족 캔트량이 증가하게 되었으며, 그 결과로 곡선부에서는 레일 측마모 진행이 가속되는 사례가 발생하고 있다. 또한 캔트변경 전, 후의 곡선제한속도와 실제 현장운전속도를 보면 이와는 반대로 현재 조사 구간 외 구간에서 과다캔트가 나오는 구간도 일부 있으나 이는 정거장과의 인접곡선에서 발생한 것으로 통과열차, 유지보수 차량운행 등을 충분히 감안했기 때문으로 사료된다.

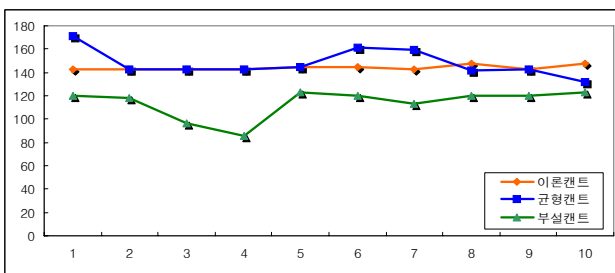


그림3. 부족캔트

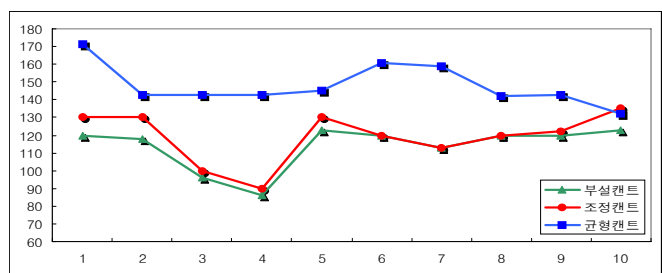


그림4. 캔트조정

위의 자료를 바탕으로 캔트 조정량을 분석해 보면 그림4에서 보는 것처럼 현재 부설된 캔트는 균형캔트와 많은 차이를 보이고 있는데, 현재 조사 구간의 캔트량 조정은 작게는 2mm에서 12mm까지 조정을 하였다. 이는 현장 여건을 충분히 고려한 것으로 균형캔트에 따르면 캔트조정을 이보다 높게 하는 것도 가능하나, 여러 가지 안전조건 즉, 현장 캔트 조정을 위한 구조물 내공치수, 차량 및 승강장 편기량, 캔트량 인상에 따른 전차선 편위 변화량, 승강장 인상 시 승강장 연단과 건축한계를 면밀히 살펴보고 구간별 현장여건을 충분히 고려했기 때문이다.

## 2.3 캔트 조정 시 검토 사항

캔트 과부족의 영향을 살펴보면 우선 캔트가 속도에 비해 부족하면 열차하중은 원심력에 의해 외측레일에 편기하여 외측레일 손상 및 탈선 우려가 있으며, 캔트가 과대할 경우 하중이 내측레일에 편기하며

내측레일을 손상시키고, 레일의 경사, 궤간확대 등을 가져온다. 이처럼 캔트의 과부족은 열차의 안전운행 위협, 승차감 불쾌 및 궤도틀림을 가져오는 중요한 사항으로 여기에서는 캔트조정 시 반드시 선행 검토되어야 할 내용을 검토해 보았다.

### 2.3.1 구조물 내공치수

캔트를 조정할 경우 캔트량을 과다하게 설정 시 전동차 편기로 인한 건축한계 침범 및 구조물에 접촉할 우려가 있다. 지하철의 경우 한정된 지하공간에 의한 구조물 시공오차 한계는 건축한계 보다 약 500mm폭을 확보하도록 하고 있다. 그러므로 구조물 내공치수를 확인하고 캔트량 조정시 증, 감 치수를 반드시 확인하고 시공전 캔트량을 조정하고자 할 경우 전동차 편기로 인한 구조물의 내공치수를 검토하여야 한다.

표2. 지하복선구조물 캔트량 조정 전, 후 내공치수표

구분	반경	속도	캔트	완화 곡선장 (L=600×C)	확폭량 W =24,000/R	내측편기 (qc)	외측편기 (qe)	스랙 S=2,250/R	높이 중량 (h)	내측 총중량 (a=W+qc+S)	외측 총중량 (a=W-qe)	A	B	A'	B'	E	H
단위	R	km/h	C	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
캔트량 조정전	250	60	123	74	96	350	103	9	128	455	0	2,560	2,200	2,660	2,100	4,760	5,380
캔트량 조정후	250	60	143	86	96	407	120	9	149	512	0	2,610	2,200	2,712	2,100	4,760	5,399
증,감	-	-	+20	+12	-	+57	+17	-	+21	+57	-	+50	-	+52	-	-	+19

표2에서와 같이 터널구간(Box포함) 곡선반경 R=250m의 구조물 내공치수 검토내용을 살펴보면, 캔트 20mm인상 시 차량의 편기량은 내측 약57mm, 외측 약17mm가 기울어지나 캔트량 인상으로 인한 건축한계의 침범우려가 없는 것으로 나타났다.

### 2.3.2 승강장연단과 건축한계

승강장에서의 캔트량 조정시에는 특히 승강장 연단과 건축한계가 매우 중요하므로 반드시 이를 검토하여야 한다. 승강장 연단에서의 캔트량 변경 시 건축한계와 차량한계를 참고하여 전동차 편기로 인한 승강장 연단 접촉우려에 대해 캔트30mm, 슬랙4mm인 곡선반경 R=399m를 선정하여 캔트10mm 인상 시 차량이 홈 쪽으로 기울일 때와 홈 반대쪽으로 기울일 때의 증, 감량을 예로 살펴보면 표3과 같다.

표3. 전동차 편기로 인한 승강장 연단과 건축한계

차량이 홈쪽으로 기울일때의 건축한계	차량이 홈 반대쪽으로 기울일때의 건축한계
<p>■ 캔트인상 전(C=30mm)</p> $W=24,000/R=60 \quad S=4 \quad C \times h/g = 22$ $= 1,650 + 60 + 4 + 22 = 1,736\text{mm}$ <p>여기서, ① W : 확폭 (W=24,000/R) ② R : 곡선반경                      ③ C : 캔트 ④ S : 스택                      ⑤ h : 레일면에서 승강장 연단높이                      ⑥ g : 레일과 레일중심간의 거리(1,500mm)</p> <p>■ 캔트인상 후(C=40mm)</p> $W=24,000/R=60 \quad S=4 \quad C \times h/g = 29$ $= 1,650 + 60 + 4 + 29 = 1,743\text{mm}$ <p>여기서, ① W : 확폭 (W=24,000/R) ② R : 곡선반경                      ③ C : 캔트 ④ S : 스택                      ⑤ h : 레일면에서 승강장 연단높이                      ⑥ g : 레일과 레일중심간의 거리(1,500mm)</p> <p>∴ 캔트 30mm에서 40mm로 인상시</p> $= 1,736\text{mm} - 1,743\text{mm} = \text{증}7\text{mm}$	<p>■ 캔트인상 전(C=30mm)</p> $W=24,000/R=60 \quad C \times h/g = 22$ $= 1,650 + 60 - 22 = 1,688\text{mm}$ <p>여기서, ① W : 확폭 (W=24,000/R) ② R : 곡선반경                      ③ C : 캔트 ④ S : 스택                      ⑤ h : 레일면에서 승강장 연단높이                      ⑥ g : 레일과 레일중심간의 거리(1,500mm)</p> <p>■ 캔트인상 후(C=40mm)</p> $W=24,000/R=60 \quad C \times h/g = 29$ $= 1,650 + 60 - 29 = 1,681\text{mm}$ <p>여기서, ① W : 확폭 (W=24,000/R) ② R : 곡선반경                      ③ C : 캔트 ④ S : 스택                      ⑤ h : 레일면에서 승강장 연단높이                      ⑥ g : 레일과 레일중심간의 거리(1,500mm)</p> <p>∴ 캔트 30mm에서 40mm로 인상시</p> $= 1,688 - 1,681 = \text{감}7\text{mm}$

이처럼 캔트량 10mm인상 시 홈쪽으로 기울일때의 건축한계는 증7mm로 나타났으며, 차량이 홈 반대쪽으로 기울일때의 건축한계는 감 7mm로 나타났다. 이는 서울메트로 3, 4호선의 승강장과 차량한계 거리기준이 50mm인 점을 감안할 때 승강장구간 캔트10mm인상 시 증, 감 7mm로 승강장에서의 캔트 인상 시 문제가 없는 것으로 나타났다. 이처럼 승강장에서의 캔트인상 시에는 안전을 충분히 고려해야 한다.

### 2.3.3 전차선 편위

캔트량 변경 시 전동차 판타그래프가 전차선 이탈우려가 있으므로 전차선 편위량을 반드시 검토하여야 한다. 편위량 공식에 의해 10mm 인상을 가산하여 검토한 결과를 보면, 캔트 10mm 인상 시 전차선 편위량 약32mm 편위 변화가 생기며, 캔트20mm인상 시 약64mm 편위 변화가 있는 것으로 나타났다. 이처럼 전차선 편위량은 캔트량의 약3.2배가 된다는 것을 알 수가 있다. 이를 통해 현재 서울도시철도 건설기준에 관한 규칙 제4장 전기설비 제18조(전차선로) 제3항 전차선의 편차(편위)를 보면 궤도중심으로부터 좌우로 각각 250mm 이내로 규정되어 있어 캔트 인상에 따른 전차선 편위 문제점은 없다고 판단되나, 시공 시에는 반드시 관련부서와 협의 후 시행하는 것이 바람직하리라 사료된다.

## 3. 캔트 조정 효과

### 3.1 레일마모

전술한 바와 같이 현재 부설된 곡선반경별 부족 캔트량을 살펴보면, 각 곡선별로 어떤 규칙성이 발견되지 않고 있다는 것을 알 수가 있다. 이는 부족 캔트량이 정해진 기준에 의해 설정되기 보다는 임의적으로 설정되어 있다는 것을 말한다. 그림5.6에서 보면 레일마모는 곡선반경과 캔트량에 따라 마모량 차이가 발생하는 것을 볼 수가 있는데, 곡선부의 캔트부족이 마모발생에 적지 않은 영향을 주고 있다는 것으로 유추된다. 곡선반경이 399m인 곡선구간에서 마모가 가장 심하게 발생하고 있는 것을 보면, 마모는 곡선반경과 캔트부족량과 관련이 있는 것으로 사료되며, 반경 300m미만 급곡선인 경우 마모율이 적은 것은 캔트부족량이 많지 않고 이 구간에 사용된 레일이 열처리레일이기 때문으로 보인다.

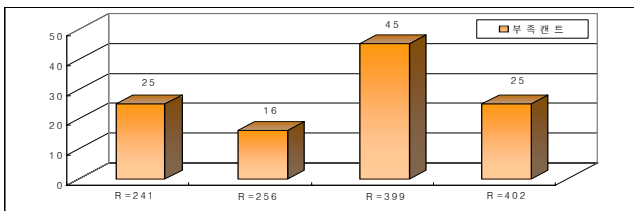


그림5. 곡선부 부족캔트량

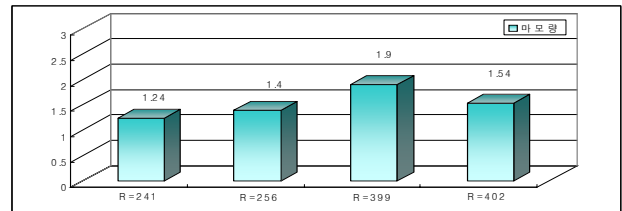


그림6. 곡선부 레일마모량

이를 통해 부족 캔트량은 가급적 현장상태에 적합하도록 구간별 적정속도에 따른 균형캔트로 설정되어야 할 것으로 판단되며 부족캔트를 조정하므로써 레일측마모 저감 등 유지관리상 유리할 것으로 사료된다.

### 3.2 궤도틀림 및 승차감 향상

캔트는 열차운행 속도와 직접적인 관계가 있으며 앞에서 검토한 바와 같이 서울메트로는 건설 당시부터 곡선부 대부분이 부족캔트인 실정이었다. 그러한 상황에서 열차운행속도 상승 및 곡선제한속도 상승에 따른 균형캔트량 증가로 부족캔트량이 더 증가하므로써 급곡선부에 있어 레일 측마모가 가속되는 상황에 놓여지게 되었다. 즉 부족캔트량 증가로 인한 레일마모, 궤도파괴, 승차감 저하 등이 더 심화되는 계기가 됐었다는 것이다. 이에 서울메트로는 자갈도상을 콘크리트 도상으로 개량하는 공사를 시행함에 있어 효과적으로 현장 여건을 고려하여 캔트조정을 진행하므로써 궤도파괴 감소와 레일마모 저감, 그리고 곡선부 승차감 향상 등 유지보수에 효율을 기울이고 있다. 이처럼 캔트량과 레일마모량과의 관

계에서 나타났듯이 부족캔트가 궤도틀림과 레일마모에 연관성이 있다는 것이 일반적이라고 보면 현장 상태에 맞게 부족캔트를 조정하는 것이 궤도상태와 승차감을 향상시킨다고 할 수 있을 것이다. 이처럼 캔트는 열차가 곡선을 통과 시 원활하게 진행시키기 위한 것으로 열차운전 선도와 적절한 균형캔트 확보야말로 안전하고 쾌적한 열차운행을 위한 기본적인 요구라 할 수 있겠다.

#### 4. 결 론

1. 캔트는 곡선부 열차운행에 있어 필연적인 요소이며, 캔트과부족에 따른 영향에서 보듯 궤도파괴, 레일마모 등 열차안전운행에 직접적인 영향을 미친다는 것을 알 수가 있었다. 그러므로 현재 부설되는 신설선의 경우 대부분 캔트기준을 제로화 하고 있으며, 서울메트로의 경우는 과거 자갈도상을 콘크리트도상으로 개량하면서 이러한 궤도파괴나 레일마모 등의 문제를 최소화하기 위해 부족 캔트량을 조정하고 있다. 그러나 최초 부설 당시 구조물 캔트의 영향 등 여러 요인들에 의해 캔트를 일률적으로 조정하지는 못하고 있는 실정이다. 이는 같은 곡선일지라도 현장 여건에 따라 조정량을 달리할 필요가 있기 때문이다. 이처럼 서울메트로는 현장 여건을 최대한 고려한 적정캔트 확보를 위해 부단한 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력의 결과로 현재 레일마모 저감 등의 효과를 보고 있으나 아직 정량적인 결과로는 도출하지 못하고 있다. 그러나 이러한 노력이 향후 궤도 유지관리에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 홍철기, 양신추, 김연태 (2001년)“부족캔트량과 레일마모의 상관관계 고찰” 한국철도학회 ‘01 추계학술대회 논문집
2. 이남진, 김정하, 남학기 “곡선 선로에서의 차륜답면과 레일 접촉에 대한 개념적 연구” 한국철도학회 ‘06추계학술대회 논문집 pp.1128-1133
3. 서울메트로 “선로정비규정”, “도시철도 기술자료 및 현황 PartⅡ”
4. 주봉규, 신길철, 정성현 (2007년) “열차운행속도 상승에 따른 레일마모 및 캔트조정연구“ ‘07 추계학술대회 논문집
5. 허현무, 서정원, 권석진, 김남포 “국내철도 차륜/레일 형상 조합에 따른 차량 동특성 분석 연구” 한국철도학회 논문집 제8권 제5호 pp.483-489