

# 콘크리트 도상 분기 침목의 R.C 침목화

## Using the Turnout Reinforced Concrete Sleeper on Slab Track

이상진<sup>\*1</sup>, 김기훈<sup>\*\*2</sup>, 신순호<sup>\*3</sup>, 이인세<sup>\*4</sup>

Lee sang jin<sup>\*1</sup>, Kim gi hun<sup>\*\*2</sup>, Shin soon ho<sup>\*3</sup>, Lee in se<sup>\*4</sup>

**Keywords** : Turnout of Concrete Sleeper (콘크리트 침목의 분기기),

Turnout(분기기), Concrete Sleeper, R.C Block (콘크리트 침목)

### Abstract

Wooden-sleeper, which has been adopted as railway turnout in Korea, has created many problems such as short life span and increase of maintenance cost. Especially turnout on Maintenance Free slab track, which has been used in city metro, has been constructed with wooden sleeper buried in concrete roadbed due to complexity of structure. However, such problem as rapid erosion in subground makes it difficult to maintain the sleeper because of frequent replacement required. Therefore, the objective of this paper is to introduce design and construction of reinforced concrete(R.C) sleeper for turnout on the concrete roadbed to facilitate maintainability and economic construction of turnout.

### 1. 서론

현재 국내에서 적용되고 있는 철도 분기기의 경우 모두가 목침목을 사용하고 있으며, 이로 인한 침목 내구 수명단축 및 유지보수비의 증가 등 많은 문제를 안고 있다. 특히 최근 국내에서도 확산 부설되고 있는 도심 지하철의 Maintenance Free형 콘크리트도상 궤도에서 분기부 구간은 그 구조의 복잡성에 따라 기존 목침목을 도상콘크리트속에 매립하여 시공, 유지관리 되어 왔다. 그러나 지하라는 환경조건으로 인한 나무침목의 빠른 부식과 향후 침목교환등 유지 보수시 많은 문제점이 예상된다. 따라서 급변 논문에서는 국내 지하철 콘크리트 도상 궤도실시설계시 적용한바 있는 분기기용 철근콘크리트(이하 R.C) 침목의 설계 및 시공 방안을 소개함으로써 보다 경제적이며, 유지관리에 우수한 분기기를 확산 부설하는데 그 목적이 있다.

\*1. 정회원, (재)한국철도기술공사 전무

\*\*2. 정회원, (재)한국철도기술공사 이사

\*3. 비회원, (재)한국철도기술공사 과장

\*4. 비회원, (재)한국철도기술공사 과장

## 2. 개발 배경

분기기는 궤도상에 주행하는 열차를 2방향 이상의 타 궤도로 진입하게 하기 위하여 궤도상의 일정위치에 설치한 설비로서 Point부, Lead부, Crossing부로 구성된다.

현재 국내 지하철에서 적용되고 있는 개량형 분기기는 열차가 고속으로 분기기를 통과할 때 지금까지 지적되어 온 분기내 각부의 취약점을 보완한 시설이다. 여기서 기존의 목침목 대신 콘크리트 단 침목을 사용할 수 있도록 개발된 분기기는 내구성 향상은 물론 궤도의 균등한 탄성 확보와 진동저감 및 향후 유지관리에 편의를 기하도록 함으로서 철도의 기술발전에 획기적 전기를 마련하였다고 할 수 있다.

또한 분기기내의 상판을 비롯한 모든 체결은 완전탄성 체결과 분기 레일에 직각으로 배치하였으며, 본선의 체결조건과 동일한 방식을 채택하여 선로의 안정성과 부품의 단순화로 설치 및 보수에 더욱 편리함을 꾀하였다.

따라서 열차속도 향상 및 통과시 소음, 상하좌우 요동을 적게 개선함으로써 승차감을 향상시키는 한편, 분기기내 모든 레일(기본레일 포함)을 열처리 레일로 부설함으로써 분기 리드레일의 마모를 최대한 억제할 수 있도록 설계하여 초기 투자비는 상승되지만 향후 유지관리 및 보수비를 절감함으로써 전체적인 경비를 절감한 System이라 할 수 있다.

- 분기 침목의 내구성 증진.
- 궤도의 균등한 탄성 확보.
- 구조적 안전성 확보.
- 유지관리의 편의성 도모.

### □ 친환경적 분기시설 구축.

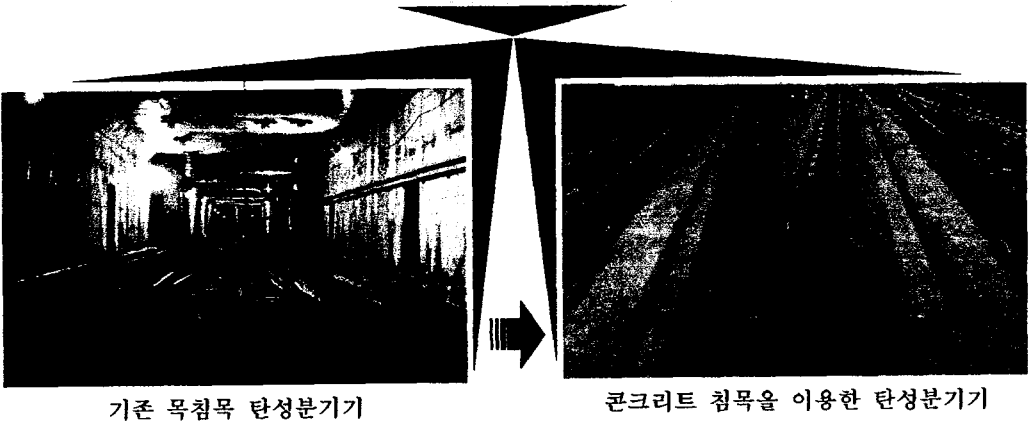
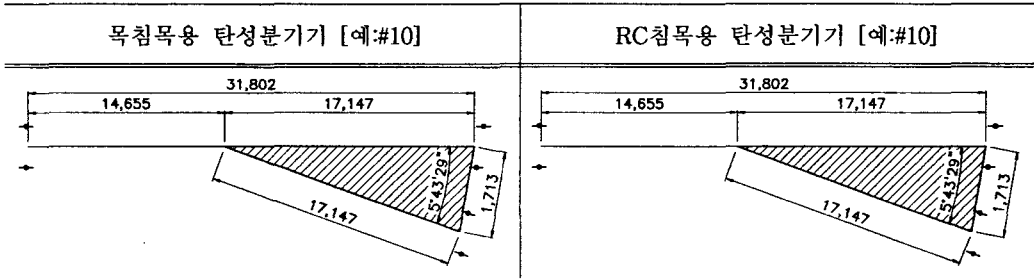


Fig 1. 개발 방향

## 3. 탄성 분기기 각 부분의 특징

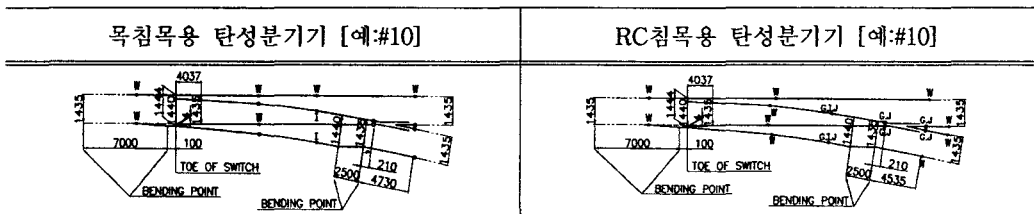
R·C블록(콘크리트 단침목)을 이용한 탄성분기기 각 부분에 대한 특징은 다음과 같으며, 특히 분기기의 갱환시 기존 분기기와의 호환성 확보를 위하여 분기기의 스킵톤을 동일하게 적용하여 설계하였다.

### 3.1. 분기 스킴톤



- 기존(목침목) 분기기의 선형 및 스킴톤을 동일하게 적용.
- 기존 설계 시공된 분기 구간의 호환성 확보

### 3.2. 슬릭설정 및 이음매



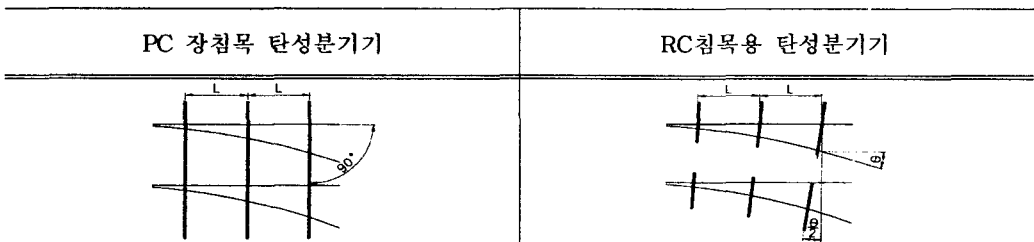
- 절연 접착레일은 직각 Type에서 45° 경사식으로 적용.



(G.I.J)

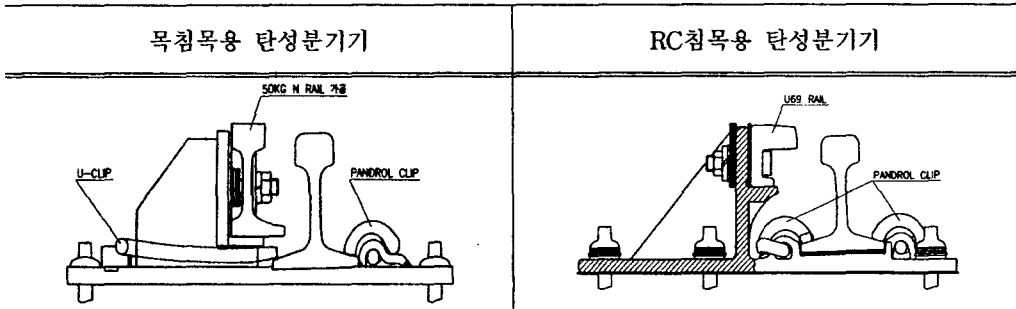
- 차량진동 및 소음감소, 절연재 마모 감소
- 망간크로싱 전/후단을 플래시버트 용접(G.J)형으로 사용.
- 이음매부 결점 해소 및 수명연장.

### 3.3. 분기침목 배치



- 콘크리트 침목을 분기각에 직각되게 배열하여 체결부품의 좌우 분기기 적용시 호환성 확보.

### 3.4. 가드레일 및 체결구 상판의 형상



- 레일체결구조를 2중 탄성체결구조로 하여 소음·진동의 감소 및 수명연장 효과
- 가드레일을 50kgN 레일의 가공형상에서 U69레일가공 형상으로 변경

## 4. R·C블록(콘크리트 침목) 및 방진계 검토

### 4.1. R·C 블록(콘크리트 침목) 검토

R·C 단블럭 침목은 기존 LVT 궤도System에 적용된 침목을 개량한 단블럭 침목으로 그 특성 및 재질은 아래와 같다.

특히 분기기 구간은 분기기 각에 의한 다양한 형태(길이, 높이)의 침목이 필요한 구간으로, 분기침목의 크기를 결정함에 있어 많은 어려움이 있다. 이는 침목의 종류가 많아지면 침목가격 상승의 요인이 되며, 자재 수급 및 유지관리에 문제가 발생하게 되고, 침목의 크기를 크게 만들면 현장 시공 및 침목간의 간섭이라는 2중적인 문제가 발생하기 때문이다.

따라서 분기기구간 적용 콘크리트 단 블럭의 치수는 침목간 간섭이 발생되지 않으며, 체결 나사스파이크의 삽입 Hole이 침목 끝단에서 횡압을 받았을 경우 전단에 대한 안전율은 2.0이상 확보될 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 적용한 열차하중은 지하철 차량의 하중으로서 그 하중조건과 충격 계수 및 하중 분배율은 다음과 같이 적용하였다.

하중 조건

- 축중(Q) = 16tf - 윤중(Q/2) = 8tf
- 축거 = 2.10m

충격계수

$$- 1 + 0.513 \times \frac{V}{100} = 1.513$$

횡하중

- L/V 비 = 0.5 (L/V 비율은 궤도에 작용하는 모든 횡하중과 안전율을 포함.)

상기 하중 조건에 따른 각 침목 Type별 횡방

향 및 수직방향의 구조해석 결과에 따른 안전성을 검토하여 침목 형상을 결정하였으며, 이때 검토된 각 침목별 구조해석 결과는 아래와 같다.

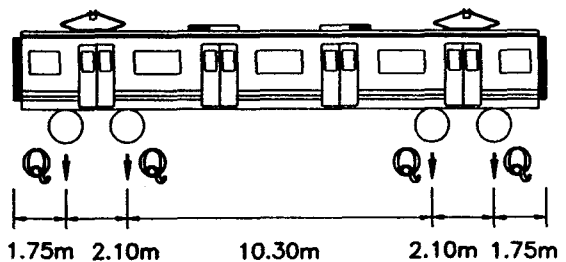


Fig 2. 하중 분포 및 축거

□ 횡방향 전단에 대한 안전성 검토.

침목 Type별	C	D	E	F	G	H
$P_a$ (kgf) 허용 최대 횡방향력	1,182	1,182	1,182	1,182	2,150	671
$P_{max}$ (kgf) 발생 횡방향력	399	498	498	498	498	332
SF(안전율)	2.96	2.37	2.37	2.37	4.31	2.02

□ 횡방향 지압에 대한 안전성 검토.

침목 Type별	C	D	E	F	G	H
$f_{ba}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) 허용 최대 지압응력	208	208	208	208	208	198
$f_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) 발생 지압응력	9.975	12.45	12.45	12.45	12.45	8.30
SF(안전율)	20.8	16.7	16.7	16.7	16.7	23.8

□ 수직방향 압축응력에 대한 안전성 검토

시방서기준 kgf/cm <sup>2</sup>	C		D		E		F		G		H		
	응력	SF	응력	SF	응력	SF	응력	SF	응력	SF	응력	SF	
콘크리트	180	15.46	11.6	18.49	9.73	20.76	8.67	13.10	13.7	26.08	6.9	26.08	6.9
철 근	1,800	68	26.4	72	25.0	92	20.0	49	36.7	106	17.0	106	17.0

이상의 검토 결과에 따라 아래의 물성치 산정 및 최소한의 침목Type(크기)을 결정함으로써 효율적인 침목 형상을 설계 하였다.

□ 침목의 물성치

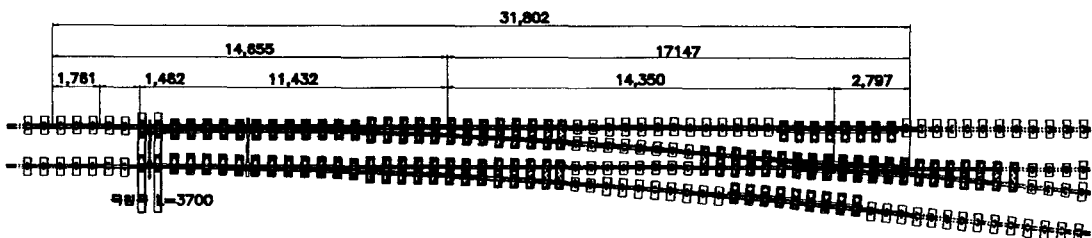
침목의 물성치는 아래와 같으며, 이는 LVT System의 침목 물성치와 동일한 재질을 사용함으로써 제품의 제조과정 및 기존 LVT 침목을 분기부구간의 침목으로 일부 사용할 수 있도록 설계하였다.

- 압축강도  $f_{ck28}$  : 450kgf/cm<sup>2</sup>
- 인장강도  $f_{tk28}$  : 28 kgf/cm<sup>2</sup>
- 물시멘트비 : 38% 이하
- 슬럼프 : 1cm 미만

□ 침목의 크기

이상의 검토 결과에 따라 분기구간 적용 침목은 아래 Fig 3. 각 침목 Type 및 상세도면과 같다.

60kg #10 탄성분기기 예(RC침목용)



Type A(간섭부)	Type B(분기일반)	Type C(가드레일부)	Type D(포인트부)
Type E(리드맞크로스부)	Type F(크로스부)	Type G(리드부)	Type H(리드부)

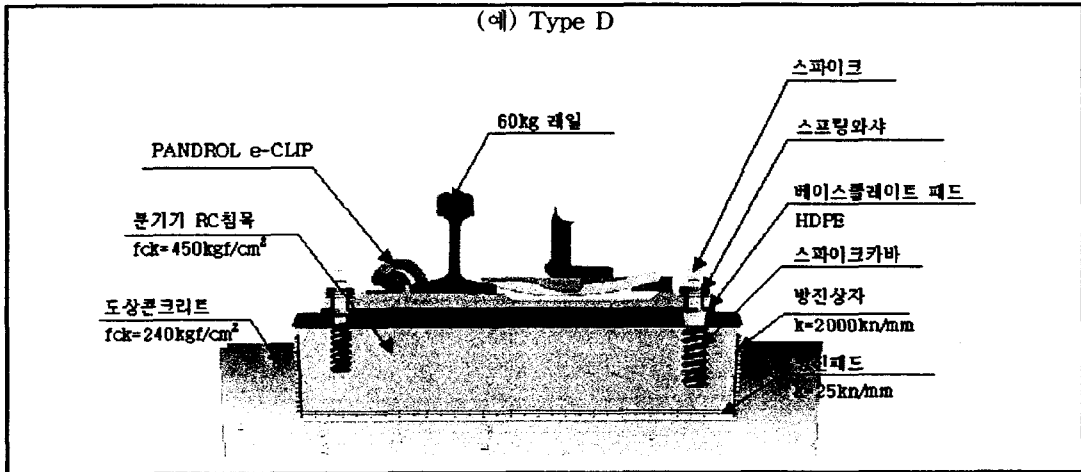


Fig 3. 각부 침목의 형상 및 상세도면

#### 4.2. 적용 방진재 검토

R·C블록형 분기 침목의 방진재는 일반 콘크리트 도상의 RC 침목 하부에 설치되는 방진 System (탄성패드와 방진상자)과 동일한 System으로 적용하였다. 이 적용 탄성패드에 대한 스프링정수는 상기 적용한 침목 하부 면적에 따라 조정 변경함으로서 일반 본선구간과 균등한 탄성을 확보할 수 있도록 설계하였다.

이를 좀더 상세히 설명하면 분기구간 적용 탄성패드는 분기 침목의 Type별 크기에 따라 그 스프링정수를 본선구간의 방진패드의 스프링정수에 대하여 최대 20%이내에 들 수 있도록 면적비에 따라 계산하였으며, 열차의 하중이 주어졌을 경우 본선구간과 분기구간에 있어 동일 처짐이 발생할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로서 분기 구간에 있어 소음 및 진동과 열차 흔들림을 최소화 하였다.

Fig. 4는 분기침목 각 Type별 레일의 처짐을 나타낸 그래프이다. 이 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 각 Type별 분기침목에 대한 레일의 처짐이 일반구간 레일 처짐의 20%(±0.2 mm) 이내의 레일 처짐이 발생함을 알 수 있다.

분기구간 침목 Type별 크기에 따라 탄성패드의 스프링 정수 범위를 20% 이내로 제한 적용한 것은 분기제작상의 구조적인 오차를 감안한 부설 후 레일 처짐 변형이 본선과 최대한 동일할 수 있도록 하기 위함이다.

분기기 구간 적용 방진재(탄성패드) 물성치의 예는 Table 1.과 같이 적용하였다.

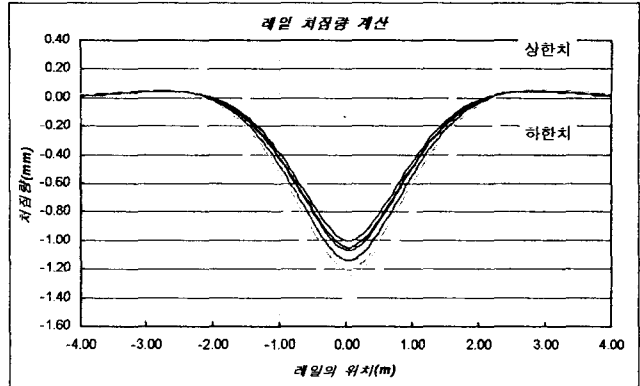


Fig 4. 각 침목 Type별 레일 처짐량

Table 1. 각 Type별 탄성패드 물성치

침목 Type	패드 크기		단 위 스프링정수 N/mm/mm2	분기구간 침목당 스프링정수 kN/mm	본선 일반구간 소 요 스프링정수 kN/mm	대 비
	길이 (mm)	폭 (mm)				
A-Type	459	260	0.209	24.94	25	100%
B-Type	635	260	0.151	24.93	25	100%
C-Type	739	260	0.106	20.37	25	81%
D-Type	739	260	0.106	20.37	25	81%
E-Type	939	260	0.106	25.88	25	104%
F-Type	939	260	0.106	25.88	25	104%
G-Type	1069	260	0.106	29.46	25	118%
H-Type	1069	260	0.106	29.46	25	118%

## 5. 품질 확보 방안

### 5.1. 정비 기준

일반구간의 궤도공사보다 더욱 더 엄격한 품질관리가 요구되는 분기구간에서는 보다 정밀시공을 하여야 한다. 특히 기존의 목침목 대신 새로 개발된 RC 단블럭을 부설함으로써 궤도시공에 철저한 준비와 검측이 요구되며 분기구간의 궤도부설 허용오차는 일반구간의 품질기준을 포함하여 추가로 분기의 특성에 맞는 검측이 필요하다.

분기부의 정비기준은 아래 Table 2. 분기기의 정비 기준과 같다

Table 2. 분기기의 정비기준

종 별	정비한도	비 고
크로스부의 케간	+3 -2	
백게이지	1390 ~ 1396	백게이지 측정시 노스레일의 후로우는 제외함
CTC구간의 텅레일 부분의 케간	+3 -2	백게이지 1390mm일때 45mm
분가드레일 후렌지 웨이폭	42±3	1396mm일때 39mm

### 5.2. 분기기 궤광 조립장치

분기구간의 작업방법은 기존의 목침목 탄성분기기 설치와 비슷하며 단지 장침목(목침목) 대신 R·C단블럭(8개 타입)의 구조인 점이 다르다.

따라서 R·C단블럭을 이용한 분기 레일 체결시 케간 유지를 위한 특수 궤광조립대를 사용하여 정밀시공이 이루어질 수 있도록 설계하였다.

#### □ 궤광 조립 장치의 조건

분기기는 각 철차별 일정한 분기 각에 따라 점점 벌어지는 구조로서 일반 본선 구간에서 사용되고 있는 궤광 조립장치와는 다른 아래의 기능이 추가적으로 요구되었다.

- 각 위치별 변하는 좌/우 레일의 간격을 정확하게 유지.
- 콘크리트 침목 체결상태의 분기기 하중에서 변형이 발생하지 않는 구조.
- 궤광 조립시 신속한 체결이 가능한 구조.
- 도상 타설 후 철거 및 재활용이 가능한 구조.

#### □ 시험제작 및 하중 재하 실험 결과

상기 요구 조건에 따라 이를 만족할 수 있는 궤광 조립장치를 제작하여 하중 재하 실험을 시행 하였다.

- 하중 조건을  $P=0.425tf, 0.675tf, 1.525tf$ 로 변화하면서 하중을 재하하여 케간의 변화 및 지점 처짐량을 측정하였다. 그 결과 케간 및 고저의 변화가 허용범위 3mm이내의 안전한 구조임을 확인하였다.

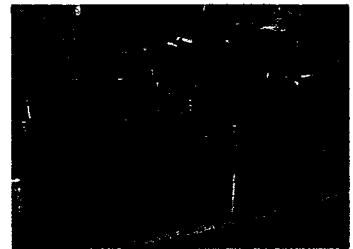


Fig. 5 분기구간 궤광조립장치 하중 재하 실험

### 5.3. 분기기의 정밀 시공방안

분기기 구간의 궤도부설 공정은 일반 본선구간의 궤도부설 공정과 유사하다. 그러나 그 구조가 복잡한 분기기의 경우 정교한 조립과 콘크리트 타설시 완벽한 품질이 확보될 수 있도록 시공상 주의가 요구된다. 그러므로 분기기는 제조공장에서 사전 조립검사를 시행토록 하였으며, 조립검사에 합격된 분기기는 다시 해체, 분류 포장하여 현장에 반입토록 계획하였다.

공장에서 반입된 분기부품은 현장 궤도부설 공사시 재조립, 검사를 거쳐 최종적으로 도상 콘크리트를 타설 함으로서 현장부설을 완료하게 된다. 이에 대한 공정흐름은 아래 Fig 6 분기부 궤도부설 공정흐름과 같다.



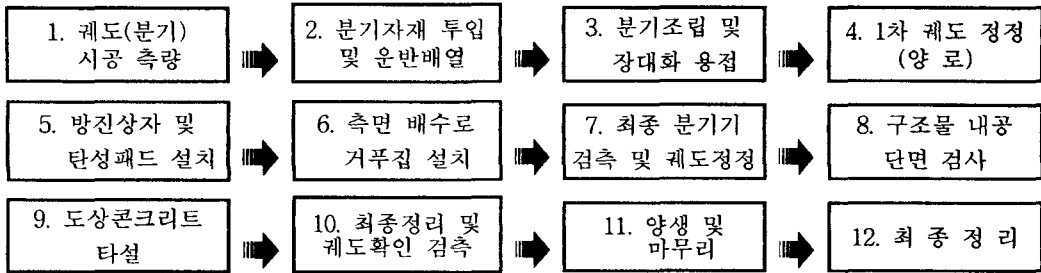


Fig 6. 분기부 궤도 부설 공정흐름

## 6. 결론

하나의 System을 개발함에 있어서는 설계기준, 사용성(활용성), 제조사의 기술적 뒷받침 등 많은 현실적인 문제에 접하게 된다. 콘크리트 단침목을 활용한 탄성분기기는 국내 적용 사례가 없는 신 구조로서 이에 대한 부설 실적이나, 기술적인 know-how가 현재까지는 없는 실정으로 개발에 있어 어려운 점이 많았다.

각 제조사의 적극적인 협조와 연구 검토 결과로 미흡하나마 본 제품을 개발하게 되었다. 그러나 SCO 분기기의 경우 중앙철자 부분은 침목의 간섭 및 침목 Type의 다양화에 따른 분기 가격상승 요인으로 현 목적목에 방진상자를 씌운 침목을 적용하는 것으로 설계하였으나 향후 개선 사항으로 남아 있다.

## 참고문헌

1. 대구지하철 2호선 실시설계 보고서 pp. VII-33~VII-51, 2002.
2. 分岐器 定規圖 [鐵道廳],
3. 보선관계규정집 線路整備規則 [鐵道廳] pp. 15~16, 2000.
4. 線路工學 [日本鐵道施設協會] pp. 459~482, 1987.
5. Sonnevile letter 2002.