

고속철도 운행선구간에서의 분기기 설치 기법

The Installation of Turnout on High Speed Operating Line

최유복†
You-Bok Choi

김인재*
In-Jae Kim

하복수**
Bok-Su Ha

신순호***
Soon-Ho Shin

ABSTRACT

To install turnout on the main line of high speed railway running 300km/h, measures of rail destressing of existing line, speed-up plan, shortening the installation time and other important technical measures should be considered to reduce the inconvenience of passenger.

In particular, for the newly constructing Ohsong and Kimcheon-Gumi station in KyongBu high speed line, it must be difficult to install divided turnout part because it should be done within short night block out hours (6 hours per day) and KTX trains are safely serviced just in time, which is not only the first time in the domestic and but also very rare practical experience in the world.

This thesis is covered with experienced work conditions, required equipments and various safety measures, etc.

국문요약

300km/h의 고속으로 운행중인 선로구간에 중간역 설치에 따라 분기기 부설시 기존선로의 레일응력 해소방안이 필요하며 또한 속도제한을 높게 하고 기간을 단축시킬 수 있는 방안을 통해 열차 이용객의 불편을 최소화하여야 한다.

경부고속철도 중간역사 오송, 김천구미역 신설에 따른 분기기 설치하는 짧은 야간 차단작업시간(1일 6시간)에 여러 부분으로 나누어 시행하여야 하고 곧바로 고속열차를 운행시켜야 하는 매우 어려운 조건으로서 국내에서는 처음이고 세계적으로도 매우 드문 사례이다. 본 논문에서는 작업조건, 장비, 안전조치 등에 관한 사항을 제시하였다.

1. 서론

본 논문은 300km/h로 고속운행중인 경부고속선에 중간역사인 오송역과 김천구미역을 신설하기 위한 구내 분기기 설치작업에 대한 실무경험에 관한 내용으로서 작업의 특징은 고속운행선상에 F46번 2틀과 F26번 4틀을 짧은 야간 차단시간(6시간)에 안전하게 시공하고, 열차이용객의 불편을 최소화함과 동시에 최대한 열차운용에 지장이 없도록 개통 초기 열차서행속도를 90km/h로 하는 것을 목표로 진행되었다.

본 공사 시행을 위하여 서행계획을 수립하는 과정에서 현재 “철도건설사업시행지침” 기준인 초기 40km/h 서행속도로는 정상적인 고속열차 운영에 큰 지장을 주는 것으로 확인되어 초기 서행속도를 90km/h로 상향 조정하였으며, 이 과정에서 초기 서행속도 향상에 따른 열차주행안정성을 보장하기 위한 여러 대책을 고안하게 되었다.

† 비회원, 한국철도시설공단, 고속철도 궤도차 차장
E-mail : bchoitj@hanmail.net

TEL : (042)607-3943 FAX : (042)607-3939

* 정회원, 한국철도시설공단, 고속철도 궤도차장

** 비회원, 한국철도시설공단, 고속철도 궤도차 궤도1팀장

*** 정회원, (주)케이알티씨, 궤도사업본부 이사

또한, 단계별 열차서행계획도 기존의 서행계획 대신 원활한 열차운행과 안전을 보장하는 방향으로 수정하여 서행기간을 최소화 하는 것으로 검토하여 시공을 완료하였다.

본 논문에서는 이러한 과업수행계획 수립에서부터 시공준비단계, 본작업 시행단계, 후속작업단계에 이르기까지의 상세 내용과 더불어 서행속도 기준 수립에 관한 내용을 제시하고자 한다.

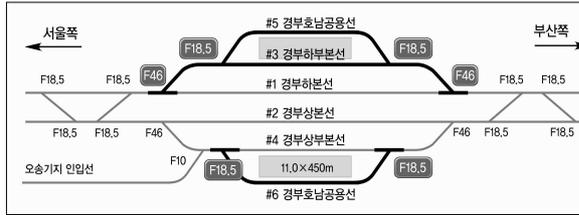


그림1. 오송역 배선 현황



그림2. 김천구미역 배선 현황

2. 본론

2.1 기존선에서의 부설경험

운행선상에서의 고속분기기의 설치는 2002~2003년 기간 동안 경부고속철도 개통을 위하여 기존 경부선 구간에 접속하는 개소에서 약 16틀의 부설경험을 가지고 있으며 이러한 경험은 운행선상에서의 분기기 부설에 관한 많은 유용한 경험과 자료를 축적하는 계기가 되었다.

본 공사를 시행하기에 앞서 작업계획과 서행계획을 수립하는데 있어서는 이러한 부설경험을 가진 기술자의 의견과 관련 자료⁽³⁾가 많은 도움이 되었으며 이를 밑바탕으로 하여 고속선의 특수한 여건에 적합한 시공계획을 수립하게 되었다.

도표1. 기존선 고속분기기 설치 사례

공사위치	분기번호	수 량(틀)	시공시기	시공방법
계		16		
시흥남부연결선	F26	2	2002.9~11	선로일시 사용중지후 시공(야간)
대전북부연결선	F26	2	2003.3~4	“
	F18	4	2002.11~12	운행선 변경후 주야간 연속시공
대전남부연결선	F26	4	2003.4~12	“
대구북부연결선	F26	2	2003.4~8	선로일시 사용중지후 시공(야간)
미전신호소	F18	2	2003.10~12	“

2.2 열차 서행계획

운행중인 선로에서 작업이후의 단계별 열차속도상승에 대한 기준은 국토해양부의 “철도건설사업시행지침”⁽⁴⁾에 제시되어 있으며 도표2.와 같다.

도표2. 철도건설사업시행지침에 따른 단계별 열차운행계획

단계별	열차속도	시 행 시 기	점검기준
1단계	20km/h	최초 개통 열차에 한하여 이후 통과열차는 40km/h	궤도정비 기준 이내
2단계	60km/h	1단계 개통 후 3일이내 또는 누적통과톤수 300,000ton 이상 통과후	
3단계	80km/h	2단계 개통 후 3일이내 또는 누적통과톤수 600,000ton 이상 통과후	
4단계	100km/h	3단계 개통 후 3일이내 또는 누적통과톤수 800,000ton 이상 통과후	
5단계	정상속도	4단계 개통 후 3일이내 또는 누적통과톤수 1,000,000ton 이상 통과후	

위 표2.에서 기준한 공사시행후 초기 40km/h 서행은 고속선의 열차운용에 큰 지장을 줄 수 있다는 철도운영자의 의견을 고려하고 열차지연에 따른 철도이용자의 불편을 최소화하기 위하여 초기서행속도를 90km/h로 상향조정하는 방안과 함께 열차안전운행이 확보되는 범위에서 가능한 단계별 서행기간을

단축하는 방안에 대하여 중점적으로 검토하였다.

초기 서행속도 차이에 따른 열차지연시간을 검토하기 위하여 천안아산~대전역간 63.161km 구간에 대한 운전시물레이션인 TPS 검토결과, 정상운행시 16.33분이 소요되나 그림3.과 그림4.에서 보는 바와 같이 공사기간동안 40km/h 서행일 경우 32분이 소요되어 정상속도에 비교하여 약 16분 지연이 예상되고 90km/h 서행일 경우에는 23분이 소요되어 약 7분의 열차지연이 예상되었다.

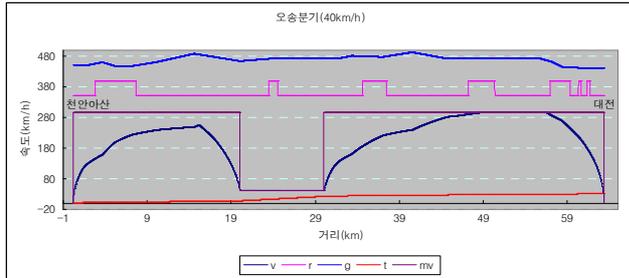


그림3. 40km/h 서행 TPS 그래프 (32.00분)

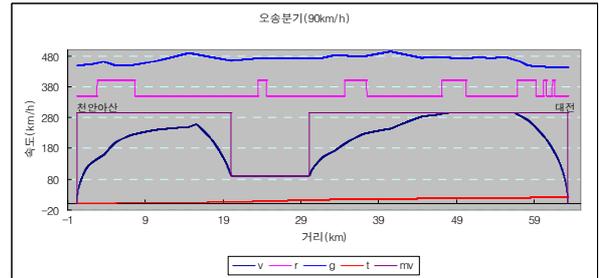


그림4. 90km/h 서행 TPS 그래프 (22.91분)

공사시행 직후 초기 90km/h 서행의 안정성을 확보하기 위한 첫 번째 기술적 과제는 분기기 파트별 부설중에 응급이음매부의 안정성 확보 여부였다. 기존의 응급이음매관은 길이가 짧아 클램프를 많이 설치하지 못하는 관계로 임시클램프의 풀림 염려에 대한 확실한 안전장치가 필요하였다. 이러한 목적을 위하여 고안한 응급이음매관이 그림5.이다. 그림에서 보는 바와 같이 이음매관의 길이를 연장하고 클램프 설치수를 늘렸으며(6공 616mm → 13공 1500mm), 기존선과 분기부와 연결시 기존선은 2공을 천공하여 볼트를 체결하고 분기부는 응급이음매관 클램프로 체결하는 방법을 고안하였다.

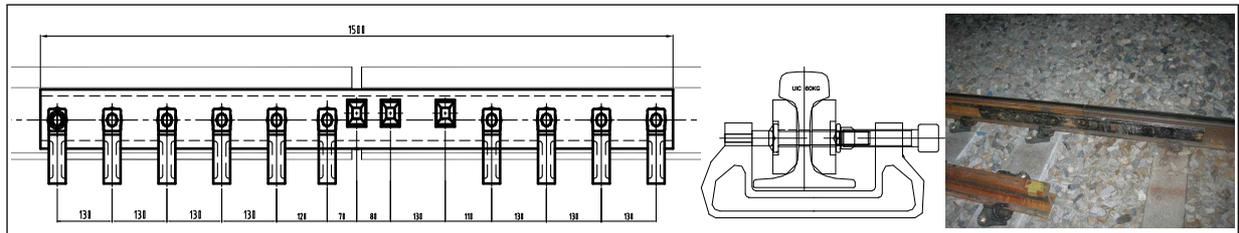


그림5. 특별제작 응급이음매관(13공, L=1500mm)

두 번째 안전성 확보 방안은 전단계에서 시공된 이음매구간에 대하여는 용접이음을 동시 시행하여 응급이음매관의 위험을 최소화 하였다.

세 번째 방안은 분기기 부설과 동시에 STT와 함께 DTS를 2회 투입하여 도상을 안정화시키는 작업을 시행하였다. 자료^(5,6)에 의하면 DTS는 초기도상압밀에 큰 효과가 있으며 DTS 1회 작업당 도상방향 안정성에 미치는 효과는 약 10만톤의 열차통과하중과 동등하게 간주되고 있다. 이 값은 UIC714⁽⁷⁾ 기준에 의한 일일열차통과하중 계산법에 따르면 125,120톤(일92회*17톤*4축*20량*1일)*1.5(300km/h 속도에 대한 계수)=187,000톤으로서 DTS를 2회 투입할 경우 1일 이상의 열차운행효과를 기대할 수 있다.

또한, 분기기 부설완료 후에는 텅레일 침단부에 키볼트를 체결하여 열차의 안전에 철저를 기하였다.

운행중인 고속선에서의 단계별 서행열차는 국내외에 사례가 없는 관계로 우선적으로 도표2.의 “철도 건설사업시행지침” 과 기존 경부고속선의 궤도보수 후 속도향상 경험을 참고하였다.

기존 고속선의 선로보수작업후 단계별 속도향상 사례는 공사직후 90km/h를 초기서행속도로 하고 차례로 자동계기운전이 가능한 170km/h, 230km/h, 300km/h 순서로 속도향상을 하였으며, 단계별로 선로상태를 감안하여 1~2개월간의 선로안정기간을 유지하고 있었다.

실무적으로는 고속선의 운영과 유지보수를 담당하고 있는 철도공사 관계자와의 합동회의, 고속분기기 시공전문가 기술자회의의 개최 및 철도공사/공단 열차조정실무회의의 개최를 거쳐 도표3.의 최종 단계별 서행계획을 확정하였다.

도표3. 고속선에서의 공사시행후 열차서행계획

단계별	열차속도	시행시기	점검기준
1단계	90km/h	공사기간 동안(약19일)	케도정비 기준 이내
2단계	170km/h	1단계 완료부터 5일간	
3단계	230km/h	2단계 완료부터 3개월간	
4단계	정상속도	3단계 완료후	

2.3 본작업 계획

2.3.1 인력 및 장비동원 계획

분기기 부설은 기존 경부선에의 부설경험과 분기기 제조사와의 협의를 통해 F45, F26 분기기를 5부분으로 나누어 차례대로 부설하는 것으로 계획하였다. 주요 부설장비로는 신설선 또는 운행선상에 분기기 또는 신축이음장치를 효율적으로 시공이 가능한 리프팅유닛을 공사에 투입하는 것으로 하였다.

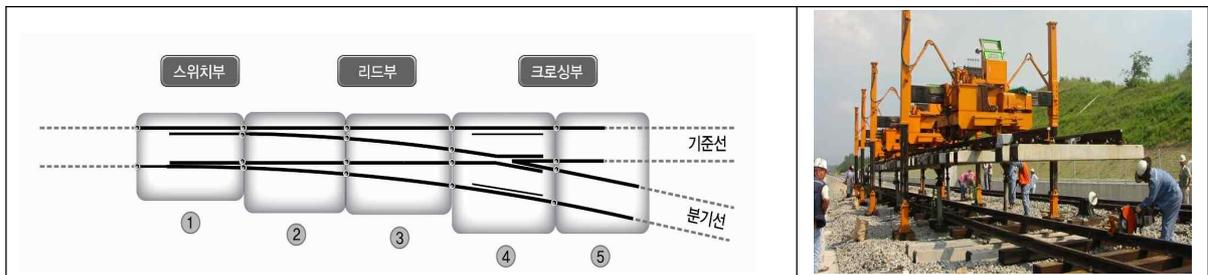


그림6. 분기기 분할 계획

그림7. 리프팅 유닛

분기기 부설에 필요한 인력은 열차감시원을 포함하여 27명 이상을 투입하였으며, 케도다짐장비 등 대형장비는 공단에서 제공하고 장비운영자와 기타 장비는 시공사에서 전량 확보하며, 철도공사는 검측차를 운영하는 것으로 하였다.

도표4. 작업인원 계획(1일기준)

구분	투입인원(인)	구분	투입인원(인)	구분	투입인원(인)
작업반장	2	보통인부	4	장비조작원	5
케도공	8	열차감시	2	용접공	6
계	27				

도표5. 동원장비계획(1일기준)

구분	장비명	단위	수량	비고
시공사	B/H .06.02	대	3 (06.1대,02.2대)	임시케도 철거 및 설치
	리프팅유닛	대	1(set6대)	분기기설치
	고속절단기	대	2	레일절단
	모터카	대	2	자갈화차견인
	발전기	대	2	조명설비
	용접기T/W	대	2	용접
	진동롤러	대	2	다짐작업(도상면)
	핸드타이탬퍼	대	2	분기부인력다짐
	레일천공기	대	2	레일천공
	레일긴장기	대	2	장대레일재설정
	트로리	대	2	케도재료적재
공단제공	기관차	대	1	자갈수송.재료운송
	케도안정기(DTS)	대	1	도상안정화
	스위치타이탬퍼(STT)	대	1	분기기도상다짐
	자갈화차(SF)	량	10	자갈수송
	평판화차	량	10	케도재료운송
	CHC	대	1	자갈수송
철도공사	검측차	대	1	케도검측

2.3.2 장비 이동경로 및 배열 계획

오송정거장의 차단열차 이동경로는 오송기지를 출발하여 현장도착하도록 하였고 김천구미역은 STT의 경우 김천보수기지에서 출발하고 모타카와 자갈화차의 경우는 약목보수기지를 출발하여 현장에 도착토록 하였다. 공사장비는 그림 8.에서 보는 바와 같이 공사순서에 지장이 없도록 차단1열차(모타카+분기 기계재화차+리프팅유닛) → 차단2열차(모타카+자갈화차1량) → 차단3열차(STT) → 차단4열차(DTS)순으로 배열하였다.



그림8. 차단 공사열차 배열도

2.3.3 기존선 레일용력 해소방안

기존선에 분기기를 부분별로 부설할 경우에는 부설기간중 주.야간의 온도변화에 따른 레일의 축력과 신축이 분기기에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 분기기 양단에 신축이음매를 설치하여야 한다. 레일용력 해소를 위한 레일신축이음장치는 임시로 사용되는 점을 고려하여 그림9.와 같이 50kg용 목침목용 일단신축이음장치를 적용하였고 전.후로 UIC-50kgN용 중계레일을 적용하였다.

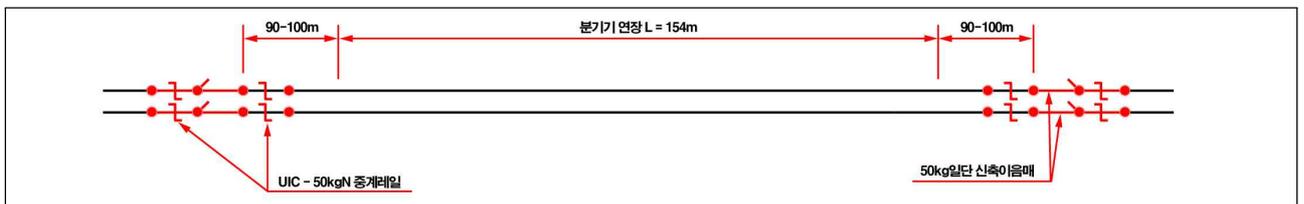


그림9. 신축이음매 및 중계레일 설치 계획

2.3.4 기존선 하로 계획

기존의 운행선상의 분기기 부설에서는 분기기 부설후 다짐시 최종면맞춤을 고려하여 공사시행전 분기기부설 전구간을 크리너장비 등을 사용하여 일시에 60mm 하로 한 후 분기기부설을 마치고 일괄적으로 최종면에 대한 면맞춤 다짐을 시행하였다. 그러나, 고속선의 경우에는 기존에 잘 다짐된 도상자갈의 흐트러짐을 최소화하기 위하여 분기기구간 일괄하로방식 대신 파트별 구간에 대하여 공사 시행중에 일시 60mm 하로 후 원상복구하는 부분하로방식을 채택하였다.

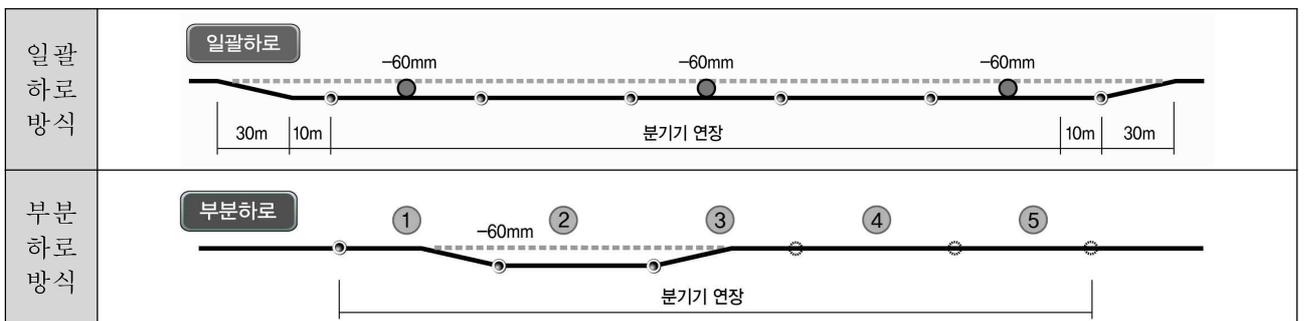


그림10. 기존선 하로 작업

2.3.5 본공사 작업 계획

본공사 시공순서도는 그림12.에서 보는 바와 같이 1,2일차에서 분기기 부설 예정위치에서 전후단 약 100m 지점에 신축이음매와 중계레일을 설치한 후 5일에 걸쳐 앞서 설명한 분기기 파트별 시공을 시행하고, 최종 3~6일간은 리드부 용접, 신축이음매 철거 후 기존선 복구 작업 및 분기기 추가 다짐의 절차를 거치게 된다. 도표6,7,8은 단계별 열차차단시간과 시간대별 작업내용에 대한 절차를 표시하였다.

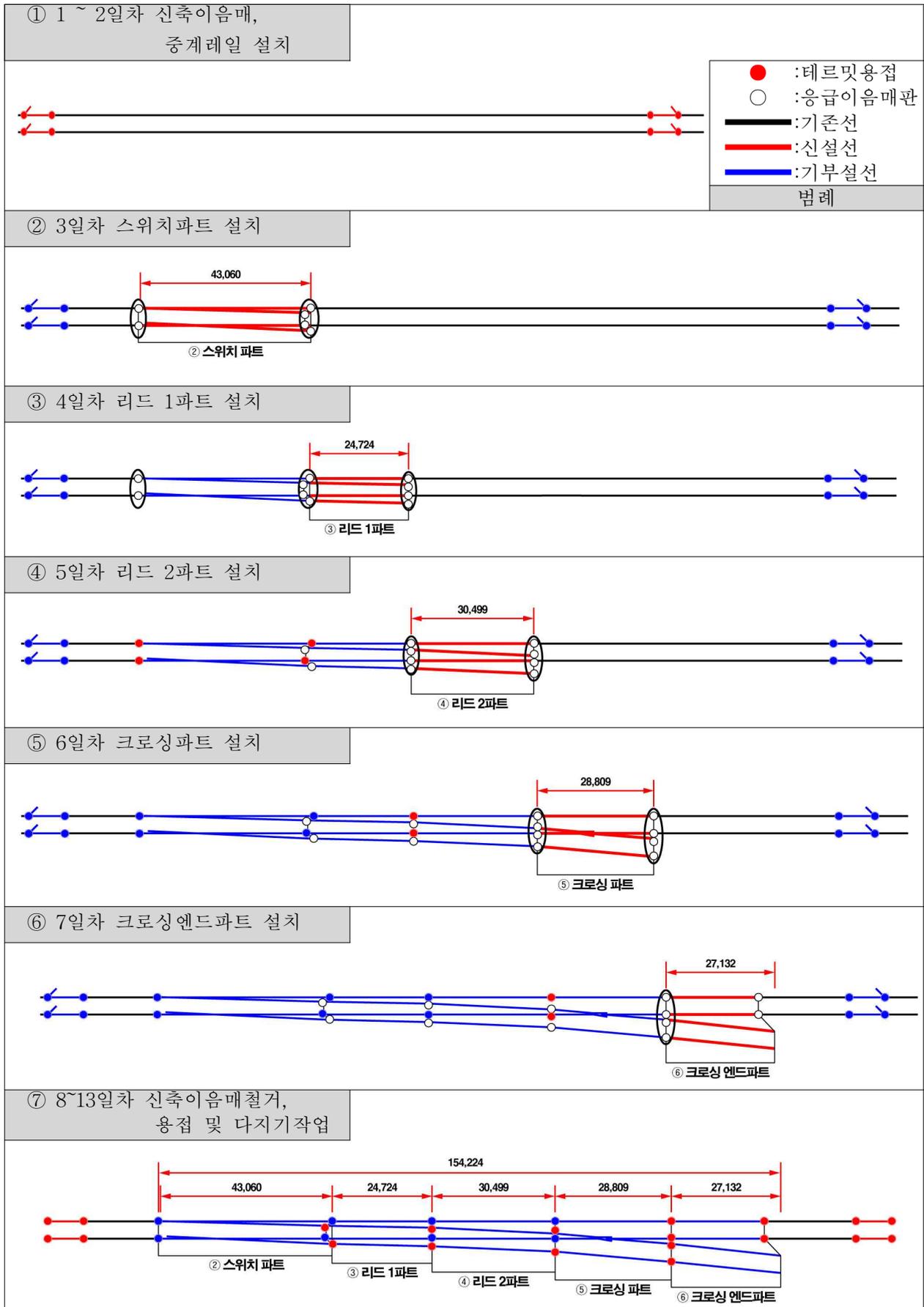


그림11. 분기기 시공순서도

도표6. 신축이음매 부설 및 중계레일 설치(1~2일차) 작업시간표

공종	장비	소요 시간(분)	사용증지 5시간 (00:00 ~ 05:00)				
			00	01	02	03	04
재료 및 장비운반	백호우02	30	■				
레일절단	레일절단기	10	■				
기존선철거 및 자갈긱어내기	백호우02	30	■				
신축부설 및 중계레일설치	백호우02	60	■	■			
테르밋용접	용접장비 (2팀4개소)	160		■	■	■	■
자갈채우기 및 다짐작업	백호우02, STT	30					■
장비철수	STT, MTT, 백호우02	30					■
뒷정리		30					■

도표7. 분기기 5part 분리 설치(3~7일차) 작업시간표

공종	장비	소요 시간(분)	사용증지 6시간 (23:30 ~ 05:30)						
			23	00	01	02	03	04	05
체결구해체 및 레일절단	고속절단기	20	■						
궤도철거	백호02	40	■	■					
테르밋용접	용접장비 2조	130	■	■	■				
자갈긱어내기 및 자갈다지기	백호02, 소형 롤러, 측량기	40	■	■					
임시궤도부설	백호02	60		■	■				
리프트유닛 진입 및 인상	화차 리프트유닛	30			■				
임시궤도철거	백호02	10				■			
분기기설치 및 위치정정	리프트유닛	40				■	■		
응급이음매판설치		10					■		
자갈살포	MC+ SF	20					■		
자갈퍼넣기 및 다지기	백호02 STT+ DTS	100					■	■	■
장비철수 및 뒷정리		20							■

도표8. 용접 및 다지기의 마무리(8~13일차) 작업시간표

공종	장비	소요 시간(분)	사용증지 5시간 (00:00 ~ 05:00)				
			00	01	02	03	04
신축이음매철거 및 용접작업	용접장비 2조	180	■	■	■	■	
자갈보충 및 다지기	STT	90				■	■
장비철수		30					■

1. 레일절단	2. 궤도철거	3. 자갈긱어내기
		
4. 진동다짐	5. 임시궤도부설	6. 화차(리프트유닛) 진입
		
7. 분기기 인상 및 화차철수	8. 임시궤도 철거	9. 분기기내리기
		
10. 분기기설치 및 선로정정	11. 리프트유닛 철수 및 응급이음매판 설치	12. 자갈퍼넣기 및 다지기
		

그림12. 고속운행선상의 분기기부설 진행과정

3. 결론

고속선에서 분기기를 부설하는데 있어 가장 중요한 요소는 첫째, 야간차단작업시간내에 분기기를 안전하게 설치하고, 둘째, 초기 서행속도 90km/h를 확보하여 승객의 편의와 철도운용의 효율을 증가시키며, 셋째, 작업 이후에 정상속도에 이르기까지 안전하고 효율적인 단계별 서행계획을 수립하는데 있음을 알 수 있었다.

앞서 살펴본 바와 같이 야간차단작업시간내의 분기기의 설치에 우선 세밀한 작업계획수립이 필수적이며, 경험이 풍부한 작업인력투입과 리프팅유닛과 같은 효율적인 장비 투입 등이 중요함을 알 수 있었다.

초기 서행속도 90km/h를 확보하기 위한 방안으로는 응급이음매판의 개량, 조기용접시공, 동적다짐장비의 투입이 중요하고 작업 이후에 정상속도에 이르기까지 서행기간을 단축하는 방안으로는 기존선 자갈의 흐트러짐을 최소화는 작업방법과 작업이후의 선로상태를 고려한 적절한 유지관리가 중요함을 알 수 있었다.

마지막으로, 본 과업을 계기로 고속선상에서 선로공사시행시 열차서행계획에 대하여 철도건설사업시행지침에 추가하는 방안이 필요할 것으로 판단되며, 고속분기기 부설공사를 안정적으로 시행하는 데 있어 분기기설치기(리프팅유닛)와 같은 기계장비가 사용함으로써 안전 및 품질을 향상시킬 수 있었으므로 향후 신설선이나 운행선상의 분기기 부설에 있어 이러한 기계화장비의 적극적인 사용 확대가 바람직할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국철도시설공단, "경부고속철도 중간역사(오송역, 김천역)궤도실시설계", 2009.
2. 한국철도시설공단, "경부고속선 오송·김천구미역 고속분기기 시공계획서", 2010.1.
3. 임오진, "열차운행선에서의 고속분기기 시공방법," 철도시설, No98, pp.65-77, 2004.9.
4. 국토해양부, "철도건설사업시행지침 제27조1항 제7호 및 8호관련 별표", 2006.1.
5. Coenraad Esveld 저, 서사범 역, "최신철도선로", p395, 2003.
6. 서사범, "선로공학", p531, 1999.
7. UIC, "CODE 714", 2002.