

<기술논문>

철도 운행선 변경작업의 리스크 저감을 위한 표준작업 프로세스 도출

윤창근¹ · 박수열² · 김석^{3*}

¹롯데건설 공무팀장 · ²한국교통대학교 철도융합시스템공학과 박사과정 · ³한국교통대학교 철도인프라시스템공학과 부교수

Standard Work Process to Reduce a Risk of Track Exchange Work for Railroad

Yoon, Chang Geun¹, Park, Su Yeul², Kim, Seok^{3*}

¹Manager, LOTTE Engineering&Construction

²Ph.D candidate, Department of Railroad Convergence System, Korea National University of Transportation

³Associate Professor, Department of Railroad Infrastructure System Engineering, Korea National University of Transportation

Abstract : Since many resources are put into the work of changing the railway operation within limited time, it is important to have a specific work plan and safety management. For this reason, the work schedule is shared in advance, and parallel work is being carried out simultaneously by rail system, such as tracks, trolley wires, and signals. However, due to the nature of the transfer work, the work is carried out at night when the railway operation is finished, and many resources are put into the limited area of the operating line, so the risk of safety accidents and failure to change the operating line is recognized as high. Nevertheless, there is still not enough research done in Korea regarding the operation line change construction. Therefore, this study is conducted a survey on the track exchange work of railroad for working people, and analyzed the results of the survey. Finally, a standard work process was suggested to reduce the risk of track exchange work.

Keywords : Track Exchange, Risk Reduction, Work Plan, Standard Work Process

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

궤도 절체 공사는 열차의 운행선을 변경하기 위해 일정한 구간의 선로를 절단하여 다른 선로에 접속, 신설선 건설, 특수선의 운용 및 선로의 모양 변경 등을 위해, 관련 장비와 재료를 반입하여 가설체 및 궤도이설 하는 공사를 말한다(MOLIT, 2013). 일반적으로 철도사업은 신설선 사업과 기존선의 개량사업으로 구분되어지며, 최근 사업추진 경향은 기존선 개량을 통한 철도 노선의 경제성, 효율성, 안전성 확보에 중점을 두고 있다. 특히 기존선 구간에 노후화된 철도 교량과 홍수위에 따른 여유고를 확보하지 못하는 교량이 다수 존재하여 개량사업이 확대되고 있는 추세이다. 철도 궤도절체 공사는 열차운행이 이루어지고 있는 기존선을 정해진 시

간 내에 신설 또는 개량선으로 연결 및 변환시켜야 한다. 그러나 대다수 궤도 절체 공사는 작업의 특성상 열차 운행이 종료된 새벽시간에 이루어지기 때문에 궤도, 전차선, 신호 등 해당하는 모든 철도시스템이 작업스케줄을 공유하고, 전 공정이 동시에 작업을 수행하여 열차운행에 차질이 없도록 해야 한다. 이것은 첫 열차가 운행되기 전에 해당 구간의 궤도절체 공사가 마무리되어 열차운행에 차질이 생기지 않도록 하는 것을 의미한다.

그러나 철도는 도로와 달리 차량우회 조치가 어렵고, 제한된 시간과 좁은 공간 내에서 궤도, 전차선, 신호 등 여러 시스템이 동시에 선로를 변경해야하기 때문에 공사 전 절체 공사에 대한 면밀한 검토 및 운영주체와의 긴밀한 협의가 중요하다. 이러한 이유로 시공단계에 급격한 종단선형 및 곡선 형태의 선로 등 다양한 검토사항이 발생하며, 이는 궤도 절체 공사에서 리스크(Risk)를 높이는 요인이 되고 있어 중점적인 관리가 요구된다. 또한 공사관리 측면에서 이러한 리스크는 직·간접적으로 첫차지연, 열차탈선, 열차추돌, 근로자 상해 등의 문제들을 발생시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 절체공사의 리스크 저감을 위해 설문조사를 수행하여 궤도 절체공사의 현황을 조사하였고, 이를 기반으로 절체공사의 리스크 및

* **Corresponding author:** Kim, Seok, Department of railroad Infrastructure System Engineering, Korea National University of Transportation, 157 Cheoldobangmulgwan-ro, Uuiwang-si, Gyeonggi-do, Korea
E-mail: kimseok@ut.ac.kr
Received August 17, 2021; **revised** September 9, 2021
accepted September 24, 2021

실패원인을 분석하였다. 그리고 최종적으로 건설관리 측면에서 리스크 저감 표준작업 프로세스를 제시하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내에서 수행하는 철도 공사의 궤도 절체 공사로 범위를 한정하며, 절체 시 분기기와 정거장 구간 작업은 본 연구에서 제외하였다. 연구 방법은 철도 궤도 절체 공사에 관한 연구 및 기술자료를 조사하였고, 검토한 내용을 기반으로 설문지를 작성하여 궤도 절체공사를 수행한 경험자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 궤도 절체 공사의 대표적인 실패원인인 「차단시간 부족」, 「분야별 인터페이스 조율 부족」, 「1종 장비의 성능미흡」, 「작업 계획 수립 미흡」, 「안전사고 발생」, 「기타」로 설문항목을 구성하고, 응답자가 궤도 절체공사에서 경험한 실패 사례에 대한 문제점을 선택하도록 하였다. 설문조사의 응답자는 총 35명으로 궤도 절체 공사를 수행한 경험이 있는 발주자, 시공자, 건설관리 담당자 등 궤도 절체 공사 내의 다양한 참여자의 의견이 수렴될 수 있도록 구성하였다. 마지막으로 설문조사의 결과를 분석하여 궤도 절체 작업 시 공사 실패에 대한 원인 및 리스크 감소 대책을 도출하였으며, 이를 기반으로 철도 운행선 변경의 리스크 저감 표준작업 프로세스를 제안하였다.

2. 문헌고찰

2.1 궤도절체 프로세스

궤도절체와 관련된 국내 기준은 국가철도공단의 「철도 건설공사 전문시방서(궤도편)」에서 궤도 절체의 작업과정, 동원장비, 공사 시 주의사항 등을 기재하고 있고(MOLIT, 2013), 한국철도공사의 열차운행선로지장작업 업무세칙에서는 궤도절체에 대해 기술하고 있다. 열차운행선로 지장작업 업무세칙에 따르면, 궤도절체는 건설 중인 신설선으로 운행선의 모양이 변경될 때 절체 작업의 대부분이 시점부와 종점부에서 동시에 진행된다(KORAIL, 2019). 이러한 공사의 특성으로 인해 각 분야별로 좁은 공간에 장비와 인력이 집중되어 투입되어 사전 작업계획의 수립은 매우 중요하다. 또한 개통 전에는 철도 차량 운행 시설물에 대한 시설물 검증시험을 하여 작업 완료와 동시에 사용 개시를 하여야 한다. 일반적으로 궤도절체 후 시공은 열차가 운행중인 선로와 신설 선로를 서로 연결하는 작업이므로 대부분 심야시간에 열차차단을 하고 작업을 시행한다. 궤도절체의 프로세스는 선로지장작업 업무세칙에 의해 연간·월간 작업계획의 선로 사용계획에 대해 승인 및 협의 과정을 거치게 되고, 해당 궤도절체 작업의 계획과 운전명령에 대해 승인을 받아야 한다.

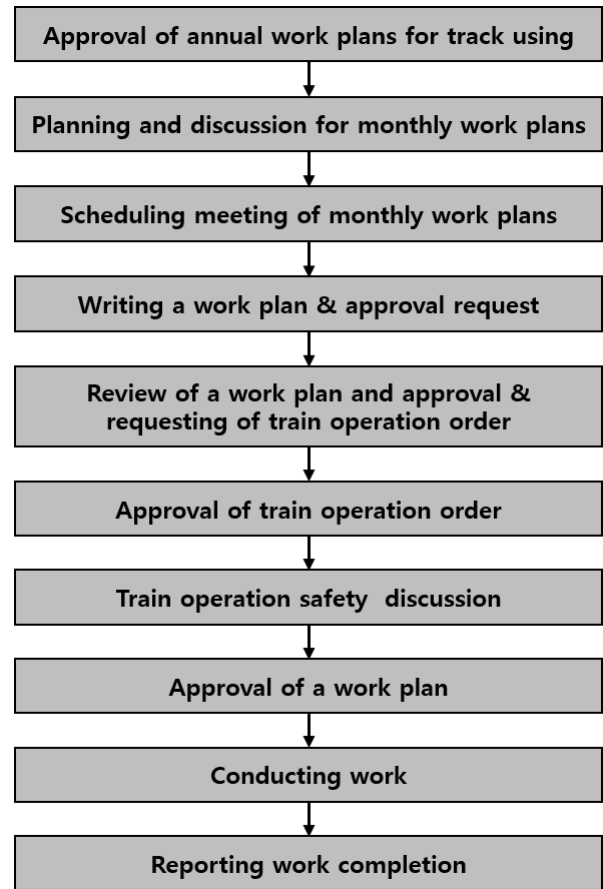


Fig. 1. Standard work plan for a track exchange

또한, 작업시행 시, 신설선로를 기존선로에 최대한 인접하여 부설하고 절체작업 전 기존선로의 자갈을 걷어내는 등의 사전작업을 실시한다. 차단작업 승인 후 신속하게 기존 선로의 궤도를 절단 및 철거하고, 접속연결부에 궤도이설과 정정, 도상자갈 퍼넣기, 이음매를 체결하여 궤도부설 상태를 점검한다. 이러한 절체작업은 철도시설물의 특성상 차단 작업 시간 동안 궤도, 전차선, 신호 등 각 분야별 업무일정을 면밀히 조율하여 신속하게 작업을 진행해야 한다. 궤도절체 후에 철도 보선 1종 장비 작업을 실시하고 최종 궤도상태를 검측한 후에 시운전 및 열차개통을 실시하며, 이후에는 약 3~4일간 서행운전을 하고 단계별 속도를 상승하여 작업을 마무리한다(Fig. 1).

2.2 선행연구

궤도 절체 공사는 철도 유지보수 공사 중 하나로 일반화된 궤도공사 형태는 아니다. 이러한 이유로 관련 연구가 일부 수행되었다. 선행연구는 일본의 사례를 통해 국내에 적용 가능한 공법을 평면절체와 입체절체로 구분하여 제안하였다(Ahn, 2006). 또한, 궤도 절체 공사와 유사 연구인 운행선 인접공사에 관한 연구는 이승열 외 4인이 철도인접공사 사

고발생 현황 및 예방대책안, 인접공사 사고예방을 위한 해외 기술검토에 관한 연구를 수행하였으며(Lee et al., 2016) 박흥규 외 5인은 국내·외 철도인접공사의 안전관리체계와 철도인접공사 안전관리강화를 위한 협력과제에 관해 연구를 수행하였다(Park et al., 2014).

3. 운행선 변경 작업의 리스크 저감 방안 분석

3.1 설문조사 개요

본 장에서 운행선 변경 작업의 실패 원인에 대한 분석 및 리스크 감소 대책을 도출하고자 궤도 절체공사를 경험한 실무자 35명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 응답자는 발주처(5명), 건설사업관리단(9명), 종합건설업체(4명), 전문건설업체(10명), 설계사(5명), 그 외(3명)이었다. 궤도 절체공사에 참여한 횟수는 4회 이상 참여한 설문응답자가 26명으로 전체 응답자의 76.4% 가량으로 해당 분야에 대한 경험을 다수 가지고 있다.

각 응답자는 노반, 궤도, 전차선, 신호, 통신 등으로 시스템별, 공종별로 의견이 수렴되도록 설문조사를 구성하였다(Table 1). 설문지는 개요, 현황조사, 실패사례조사로 구성하였다. 실패사례 조사를 위해서 운행선 변경 공사 시 빈번하게 발생하는 대표적인 실패 요인 5가지 항목을 대상으로 실패사례 조사항목을 구성하였다. 실패사례 조사항목은 「① 차단시간 부족, ② 분야별 인터페이스 조율 부족, ③ 1종 다집 장비의 성능미흡(고장, 오작동), ④ 작업계획 수립 미흡, ⑤ 안전사고 발생, ⑥ 기타」로 구성하였으며, 각 항목에 해당하는 리스크 감소 대책도 동시에 의견을 조사하였다.

Table 1. Survey overview

Division	Detail
Purpose	Analysis of failures factors and risk reduction method for a railroad track exchange work
Methodology	Online survey: September 18th - October 18th, 2020 (1Month)
Response	35 responses who experienced track exchange work for railroad
Content	Overview, current status survey, failure case survey; 51 questions (multiple choice questions, subjective questions)

3.2 설문조사 결과분석

설문조사를 통해 조사된 결과는 앞에서 제시한 철도 운행선 변경 작업시 대표적인 6가지 실패요인으로 구분하여 정리 및 분석하였다. 설문조사의 첫 번째 항목인 ‘운행선 절체공사 시 차단시간 확보’와 관련하여 가장 많이 선택한 시간은 ‘4시간’이 62%로 가장 많고, ‘3시간’이 21%, ‘기타’ 18%로 조사되었다(Table 2). 또한, 차단작업의 협의 진행여부와

관련해서는 71%가 ‘YES’로 응답하였고, 15%가 ‘No’, 15%가 ‘모름’으로 응답하였다. 추가 차단시간 확보 문항은 ‘1시간 미만’이 94%로 가장 많고, ‘1~2시간’은 3%, ‘기타’는 3%로 조사되었다. ‘개통 전 검증시험 기관차’ 문항은 ‘EL 기관차(Electric Locomotive)’가 50%로 가장 많고, ‘디젤 기관차’가 44%, ‘기타’가 6%로 응답되었다. 본 설문조사의 결과는 차단시간의 부족 및 운영기관과 추가 작업 시간 등의 설문 결과를 통해 운행선 변경 시 차단시간이 주요 리스크로 간주되고 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 이를 해결할 수 있는 대책으로 조상조하 시행과 디젤기관차를 이용하여 시험 운전 및 운행이 조사되었다.

Table 2. Needs of blocking time

Question	Oder			Total
	1st	2nd	3rd	
A. Need of blocking time	4hr	3hr	Etc.	100%
	62%	21%	18%	
B. Conducting discussion on blocking operation line	YES	NO	I don't know	100%
	71%	15%	15%	
C. Need of additional blocking time	1 hr or less	1-2 hr	Etc.	100%
D. Pre-opening validation test locomotive	94%	3%	3%	

두 번째, 절체공사 전 시행하는 분야별 인터페이스 회의에 관한 조사결과는 아래와 같다. ‘인터페이스 회의시행 횟수’에 관한 문항에서 ‘3회 이상’이 55%로 가장 많고, ‘2회’는 27%, ‘1회’는 18%로 응답하였다(Table 3). 또한, ‘작업 스케줄 공유 및 조정’ 문항은 ‘YES’가 94% 응답하였고, ‘No’가 6% 응답하였다. ‘조정된 스케줄로 작업 진행’ 문항은 ‘YES’가 76% 응답하였고, ‘No’가 24% 응답하였다. 본 설문조사의 결과로 절체작업 시 궤도, 전차선, 신호, 통신 등 관련 시스템의 인터페이스 회의가 대부분 시행되고, 작업일정의 변경 및 참여 주체 간에 작업 일정 공유되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 리스크 감소대책으로는 ‘각 분야별 요구사항 사전 검토 후 회의 시행’, ‘회의 전 실무자간 사전협의 필요’등의 의견이

Table 3. Lacks of interface meeting by rail system

Question	Oder			Total
	1st	2nd	3rd or less	
A. Number of interface scheduling meeting	3 times or more	2 times	1 time	100%
	55%	27%	18%	
B. Time schedule sharing and adjusting	YES	NO	-	100%
	94%	6%	-	
C. Proceeding to a adjusted schedule	YES	NO	-	100%
	76%	24%	-	

조사되어 궤도 절체공사 시 분야별 및 실무자간의 긴밀한 업무협업이 중요한 것을 알 수 있었다.

세 번째, 1종 장비의 성능미흡(고장, 오작동 등) 현황에 관한 설문결과를 정리하면 아래와 같다<Table 4>. '1종 장비의 수량' 문항에 대한 응답은 '5대 이상'이 39%로 가장 많고, '2대'는 24%, 기타(1종 장비 보유 수량 1대, 3대, 4대) 36%로 조사되었다. '1종 장비의 고장 여부'에 대한 응답은 'Yes'는 55%, 'NO'는 39%, '모름' 6%로 응답되었다. 본 항목의 설문조사 결과를 통해 많은 현장에서 보유하고 있는 1종 장비가 성능이 미흡한 상태에 있는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 대안으로 한국철도공사 장비 사용과 숙련된 운전원의 조치가 도출되었다.

Table 4. Insufficient Performance for type 1 equipments

Question	Oder	1st	2nd	3rd or less	Total
A. Type 1 equipment possession quantity		5 units or more	2 units	Etc.	100%
		39%	24%	36%	
B. Type 1 equipment failure		YES	NO	I don't know	100%
		55%	39%	6%	

네 번째, 작업계획 수립 미흡에 관한 설문 응답의 결과로 '기존설과 신설선의 단차 차이'질문에 대한 응답은 '1.01m 이상'이 27%를 응답되었고, '0.21m~0.4m'가 20%로 응답되어 1순위를 차지하였다<Table 5>. 설문조사의 응답결과로 평면 절체가 가장 많고, 부분입체 절체가 두 번째로 많은 것을 알 수 있다. '단차차이 극복 위한 구체적인 계획 수립' 문항은 'YES'가 93%로 응답되었고, 'NO'가 7%로 응답되었다. '한개소당 절체 연장(m) 길이'에 대한 문항은 '기타'가 48%로 응답되었고, '251m 이상'이 33%, '201~250m'이 28%로 응답되었다. '자원에 대한 작업계획 걱정'은 'YES'가 71%로 응답되었고, 'NO'가 26%, '기타'가 3%로 응답되었다. 이

Table 5. Insufficient Work plans

Question	Oder	1st	2nd	3rd or less	Total
A. Difference in level between existing and new lines		1.01m or more	0.21m ~0.4m	Etc.	100%
		27%	20%	53%	
B. Establishing a specific plan to overcome the difference length		YES	NO	-	100%
		93%	7%	-	
C. Extension length of intercept per place		251m or more	201~ 250 m	Etc.	100%
		33%	23%	43%	
D. Appropriate work plan for resources		YES	NO	Etc.	100%
		71%	26%	3%	

를 통해 절체 연장의 길이가 길수록 작업량이 많아지기 때문에 사전작업이 필요함을 알 수 있다. 또한, 리스크 감소를 위한 대책으로 '단차 극복을 위해 양로작업 2일 시행', '사전작업을 시행하여 절체당일 작업량 최소', '작업공간이 협소하여 자원투입에 따른 적절한 장소 선정' 등이 도출되었다.

다섯 번째, 안전사고 발생에 관한 설문 응답 결과는 '안전시설물 설치의 적절성' 문항은 '매우 그렇다' 42%, '그렇다' 39%, '보통이다' 18%로 나타났다<Table 6>. '안전보호구 착용의 적절성'은 '매우 그렇다' 58%로 가장 많고, '그렇다' 39%, '보통이다' 3%로 응답되었다. '열차접근에 대한 알람조치의 적절성' 항목은 '매우 그렇다' 52%로 가장 많고, '그렇다' 45%, '보통이다' 3%로 응답되었다. '안전사고 일어난 분야는 '기타'가 가장 많은 52%, '궤도' 35%, '전차선, 신호'는 13%로 응답되었다. 본 설문조사의 결과로 대부분의 궤도절체공사에서 안전사고 적절한 조치를 취한 것으로 나타났다. 절체작업은 좁은 공간에 장비와 근로자의 충돌 및 협착의 위험이 크기 때문에 신호수의 배치와 야간시인성이 있는 안전보호구의 착용이 요구된다. 또한, 운행 중인 선로와 충돌의 위험이 크기에 열차감시원의 역할과 열차접근에 대한 알람 등 안전사고에 대한 대비를 하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 안전사고에 대한 대비에도 불구하고 리스크 감소를 위한 대책으로 '야간 시인성 확보', '작업계획에 대한 시뮬레이션 필요' 대안이 도출되었다.

Table 6. Occurrence of safety accidents

Question	Oder	1st	2nd	3rd or less	Total
A. Adequacy of installation of safety facilities		Very adequacy	Adequacy	Usually	100%
		42%	39%	18%	
B. Adequacy of wearing safety equipment		Very adequacy	Adequacy	Usually	100%
		58%	39%	3%	
C. Adequacy of notification for train approach		Very adequacy	Adequacy	Usually	100%
		52%	45%	3%	
D. Areas where safety accidents occurred		Etc.	Track	Train lines, and signals	100%
		52%	35%	13%	

마지막으로 기타 요인에 대해 설문조사의 결과는 기상 악화가 가장 많은 의견으로 수렴되었다. 이것은 절체 예정일에 우천, 태풍 등 기상이변이 생겼을 때 절체일을 변경이 필요한 경우와 여름에 발생하는 레일 장출이나 동절기에 발생하는 단전작업 취소 및 단전시간 단축 등이 발생하기 때문인 것으로 조사되었다. 이러한 이유로 리스크 감소 대책으로는 '절체일을 2~3일로 계획 수립'과 '기상을 고려하여 절체 계획 수립'등이 도출되었다.

Table 7. Risk reduction strategies and detailed works

Failure factors of the track exchange work	Risk reduction strategies	Detailed work of risk reduction strategies	Divisions	Tasks
A. Needs of blocking time	Train departs earlier or later than the scheduled time	Preliminary consultation with KORAIL	1-1	I
	Test-drive operation with diesel locomotive	Preliminary consultation on test-driving diesel locomotives	1-2	I
B. Lacks of interface meeting by rail system	Conducting meeting after prior review of requirements for rail system	Conducting review by distributing materials in advance before the meeting	2-1	II
	Requiring business negotiation with the staff before the meeting	Conducting field investigations and Preliminary consultations between working-level officials	2-2	II
C. Insufficient performance for type 1 equipments	Using equipments of KORAIL	Prior consultations with KORAIL	3-1	I
	Testing experienced driver of type 1 equipments	Proficiency preliminary check (Using ALC program etc.)	3-2	III
D. Insufficient work plans	Conducting track work during 2 days to overcome the difference of elevations	Establishing specific plans and consulting with the KORAIL in advance	4-1	I
	Minimizing the amount of work on the day by performing preliminary work	Preliminary work and specific planning	4-2	III
	Because of narrowing, choosing an appropriate location for resources	Setting the work space and construction resource planning in advance	4-3	II
E. Occurrence of safety accidents	Enhancing worker's visibility on nighttime	Wearing safety supplies (alight-emitting vest etc.)	5-1	III
	Requires simulation of work plan	Simulating of work processes by time in advance	5-2	II
F. Etc.(bad weather)	Planing track exchange work for 2-3 days instead of one day	Securing spare days for work by preliminary consultation with KORAIL	6-1	I
	Establish a construction plan considering the weather	Avoiding work in summer and winter	6-2	II

I : Preliminary discussion with the operating organization(KORAIL)
 II : Discussion between railway systems
 III : Independently planning of railway systems

4. 운행선 변경 리스크 저감 표준작업 프로세스 도출

4.1 업무별 리스크 감소대책

앞장에서 조사한 설문조사의 핵심 내용인 ‘운행선 변경의 실패 요인 분석 및 리스크 감소 대책’을 아래 <Table 7>과 같이 정리하였다. <Table 7>은 설문조사의 ‘실패사례 분석’ 부분에 해당하는 6가지 주요 항목을 ‘리스크 저감 대책’과 ‘리스크 저감 대책의 상세업무’로 구분하였다. 또한 각 항목에 해당하는 ‘리스크 저감 대책의 상세업무’는 ‘열차운행선로지장작업 업무세칙[2]’과 ‘선로작업 시행 및 운전명령 승인 업무흐름도[3]’에서 제시하고 있는 궤도절체의 프로세스를 기반으로 본 연구에서 궤도 절체 전 및 당일로 업무 프로세스를 구분하였고, 각 업무에 해당하는 리스크 저감방안을 적용하였다. 이것을 위해 각 상세업무를 <Table 7>과 같이 1-1 부터 6-1까지 번호를 부여하고, <Fig. 2>와 같이 ‘철도 운행선 변경작업의 리스크 저감을 위한 표준작업 프로세스’를 도출하였다. 또한, <Table 7>에서 도출한 리스크 저감 대책 및 상세업무를 <Table 8>에서 업무별로 구분하였고, <Table 7, 8>, <Fig. 2>에서 해당 업무를 ‘운영기관 협의사항(I)’, ‘철도 시스템 협의사항(II)’, ‘철도시스템 단독 계획수립(III)’으로 분류 및 표기하였다.

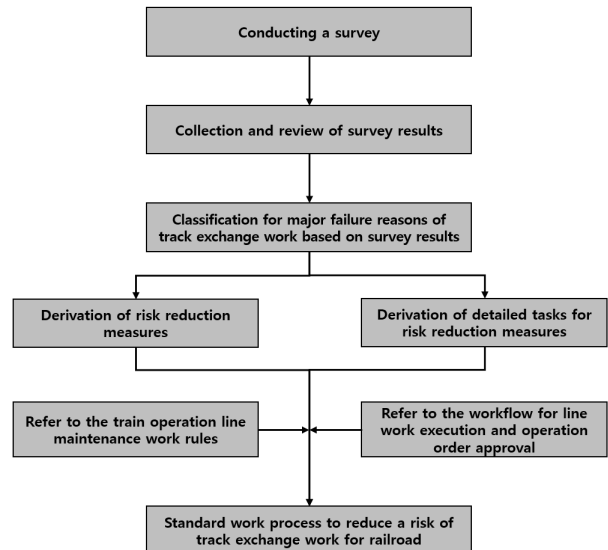


Fig. 2. Work flow of standard work process to reduce a risk of track exchange work for railroad

운행선 변경 리스크 저감을 위한 표준작업 프로세스 도출 과정을 <Fig. 2>와 같이 도식화하였다.

4.1.1 운영기관 협의사항

국내의 대부분 철도시설물 유지관리 및 영업기관은 일부 구간을 제외하고 대다수 한국철도공사에서 운영하고 있다.

이러한 이유로 업무의 사전 협의는 운영주체인 한국철도공사와 진행하는 것으로 가정하였다. 운행선 변경과 관련하여 업무협의 시 각 본부의 시설처, 전기처, 안전처, 영업처, 승무처 등의 의견을 고루 반영하여야 하며 필요시 한국철도공사 본사와도 협의를 해야 한다. 리스크 저감 대책 및 상세 업무 중 1-1은 주말과 평일에 따라 열차의 운행이 다르므로 해당 역에서 운행시간표를 사전 조사해야 한다. 1-2는 동력원의 디젤, EL기관차 철도공사 해당본부 보유현황을 사전 확인해야 한다. 3-1은 1종 장비에 대하여 한국철도시설공단에서 지급으로 계약이 되어있기 때문에 한국철도공사 장비를 사용하기 위해 바꾸려면 절체 시기의 국가철도공단장비의 투입시기, 장비성능 상태를 사전조사 해야 한다. 또한, 국가철도공단의 장비 투입이 불가하다 판단 시 국가철도공단, 공사 담당자, 한국철도공사 장비 사용을 협의해야 한다. 4-1은 단차에 대한 양로량의 구체적인 방법을 세워 계획하여 협의해야 한다. 6-1은 차단작업 조정회의 전 사전에 해당기관과 협의하여 절체일 추가일수를 확보해야 한다.

4.1.2 철도시스템 협의사항

궤도, 전차선, 신호 등 철도시스템 간 협이가 필요한 부분은 2-1, 2-2, 4-3, 5-2, 6-2 항목이 해당한다.

각 리스크 저감 대책의 상세업무는 인터페이스 회의 전에 실무자간 사전 협의가 선행되어야 하며 각 분야별 작업 계획을 사전 배포하여 충분히 검토한 후 회의를 진행하여야 한다. 또한, 2-1, 2-2는 인터페이스 회의를 효율적이고 구체적으로 진행하기 위하여 선행되어야 하는 부분이다. 4-3은 각 분야별로 투입자원을 확정하여 좁은구간에 시간대별로

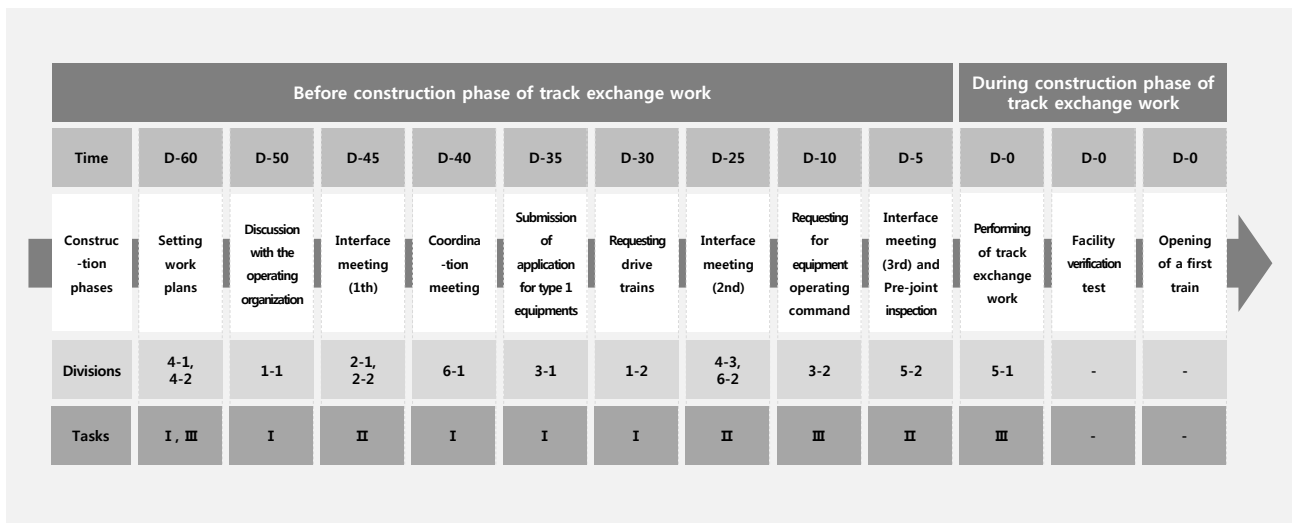
투입계획을 수립하여야 한다. 5-2는 시간대별로 각 철도시스템의 단독공정과 병행공정이 있기 때문에 작업공정 모의 시험을 동시에 해야 한다. 6-2는 기상에 따라 하절기에는 레일장출이 발생하며, 동절기에는 기온강하로 단전작업 취소나 작업시간 단축이 일어나므로 절체 일정을 협의하여 하절기와 동절기는 절체작업을 지양해야 한다.

4.1.3 철도시스템 단독 계획수립

상기 <Table 7>에서 철도시스템 단독 계획 수립이 필요한 부분은 3-2, 4-2, 5-1 세 가지 항목이다. 또한, <Table 7>의 3-2, 4-2은 궤도 분야에 해당되며, 5-1은 궤도, 전차선, 신호 세 분야 모두 해당된다. 3-2는 1종 장비 운전원 채용 전 숙련도를 확인해야 하는 사항이며, 4-2는 사전작업 방법 중 무엇을 언제 시행할지 구체적인 계획을 인근 열차 운행에 지장을 주지 않도록 계획을 세워야 한다. 5-1은 야간 시인성 확보를 위해 근로자와 관리자들 모두 발광조끼를 착용하고 작업장에 원카를 설치하여 인근 열차 운행으로부터 접근을 차단시켜야 한다.

Table 8. Grouping tasks of risk reduction strategies

Divisions	Tasks	Preliminary discussion with the operating organization (I)	Discussion between railway systems (II)	Independently planning of railway systems (III)
Detailed works of risk reduction strategies		1-1, 1-2, 3-1, 4-1, 6-1	2-1, 2-2, 4-3, 5-2, 6-2	3-2, 4-2, 5-1



I : Preliminary discussion with the operating organization (KORAIL)
 II : Discussion between railway systems
 III : Independently planning of railway systems

Fig. 3. Standard work process to reduce a risk of track exchange work for railroad

4.2 운행선 리스크 저감 표준작업 프로세스

앞에서 제시한 ‘리스크 저감 대책’을 기반으로 <Fig. 3>과 같이 궤도 절체 전 및 당일로 업무 프로세스를 구분하였다. 본 연구에서 제시하는 ‘철도 운행선 변경작업의 리스크 저감을 위한 표준작업 프로세스’는 기존 ‘열차운행선로 지장작업 업무세칙’을 기반으로 각 업무에 해당하는 ‘리스크 저감 대책의 상세업무’를 적용하였다. 기존의 궤도절체 업무 프로세스의 경우는 한 개의 업무 프로세스로 구성되어 전체적인 업무의 흐름을 파악할 수 있는 장점이 있으나, 각 업무 단계별로 발생하는 리스크 및 리스크 저감방안에 대한 내용이 반영되지 못하여 실무자들에게 추가 자료 등을 찾아야 하는 번거로움이 발생했다. 그러나 본 연구에서 도출한 작업 프로세스는 궤도 절체업무를 수행하는 실무자들이 효율적인 리스크 관리를 수행할 수 있도록 기존의 작업 프로세스를 두 단계로 구분하였고, 각 작업 단계에서 발생하는 주요 리스크 및 리스크 저감 방안을 동시에 제시하였다. 상기 <Fig. 3>은 절체일을 D-0으로 설정하고, 각 프로세스 마다 일정을 기입하였다. 본 업무 프로세스는 대다수의 절체업무를 수행하는 일반적인 현장에 적용 가능하도록 구성하도록 도출하였다.

5. 결론

본 연구는 궤도 절체 작업을 성공적으로 수행하기 위하여 ‘궤도 절체 작업의 리스크 저감 표준 프로세스’를 제안하였다. 이를 위하여 궤도절체 유경험자에게 설문조사를 시행하였고, 이를 통해 절체공사의 실패 원인에 해당하는 6가지 항목인, ‘차단시간 부족’, ‘인터페이스 조율 부족’, ‘1종 다짐 장비의 성능미흡(고장, 오작동 등)’, ‘작업계획 수립 미흡’, ‘안전 사고 발생’, ‘기타(기상여건)에 해당하는 ‘리스크 저감 대책’과 ‘리스크 저감 대책의 상세업무’도출하였다. 또한, 도출된 결과를 기반으로 절체 전 표준작업과 절체 당일 표준작업으로 업무 프로세스를 분류하여 운행선 변경 절차도에 적용하여 리스크 저감을 위한 상세한 대책을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 절체 전 표준 작업 프로세스와 절체 당일 표준작업 프로세스는 해당 실무자들의 의견을 수렴하여 도출한

것으로 실질적으로 궤도 절체 공사에 도움이 될 것으로 판단하고 있다. 그러나 본 연구는 궤도 절체공사를 경험한 실무자들이 적어 많은 인원을 설문조사를 하지 못하였고, 설문조사 대상을 시종점으로 한정하고 분기기와 정거장 구간은 제외하였으므로 상기 사항에 대해서는 분석을 하지 못한 한계를 지니고 있다. 향후 본 연구의 한계점을 보완하면 지금보다 더 객관적이고 보편화 된 연구의 결과를 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 기초연구지원사업(과제번호: NRF-2020R1F1A107308912) 및 2021년도 한국교통대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행되었음.

References

- Ahn, C.Y. (2006). “A Study on the Three-Dimensional Transfer of Railroad Tracks.” MS thesis, Woosong Univ., Daejeon, Republic of Korea.
- Korea Railroad Corporation (KORAIL) (2019). *Status of Korea Railroad Corporation’s First Class Equipment Retention*, KORAIL Research Report, 2019.
- Lee, S.Y., Song, B.H., Roh, N.J., Kim, I.S., and Kim, C.H. (2016). “Consideration about Accident Preventive Measurement and Accident Type Analysis at Adjacent Line Open Working.” *Proceedings of the Korean Society for Railway Autumn Conference*, Jeju, Republic of Korea.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2013). *Specialized Specifications for Railroad Construction (Track Edition)*, 2013-12.
- Park, H.K., Park, D.H., Ahn, Y.H., Park, S.H., Han, S.W., and Heo, N.G. (2014). “A Study on the Enhancement Plans of Safety Management in Adjacent Line Open Working : Focused on Foreign Countries.” *Proceedings of the Korean Society for Railway Autumn Conference*, Jeju, Republic of Korea.

요약 : 철도 운행선 변경작업은 정해진 시간 내에 많은 자원이 투입되기 때문에 구체적인 작업계획과 안전관리가 중요하다. 이러한 이유로 작업일정을 사전에 공유하여 궤도, 전차선, 신호 등 철도시스템이 동시에 병행 작업을 하고 있다. 그러나 절체공사의 특성상 철도 운행이 종료되는 야간시간에 공사가 진행되고, 운행선의 한정된 구간에 많은 자원이 투입되기 때문에 안전사고의 발생 및 운행선 변경의 실패에 대한 리스크(Risk)가 높은 것으로 인식되고 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 운행선 변경 공사와 관련하여 국내에 충분한 연구가 이루어져 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 운행선 변경작업에 대해 실무자를 대상으로 설문조사를 실시하였고, 설문 결과를 분석하여 운행선 변경작업의 리스크 저감을 위한 표준작업 프로세스를 도출하였다.

키워드 : 운행선 변경, 리스크 저감, 작업계획, 표준작업 프로세스