

기존선 철도구조물 접속부의 보강에 대한 고찰

A Study of Reinforcement of Railway Structure Approaches in Conventional line

박준오*
Park, Joon-Oh

이상배**
Lee, Sang-Bae

김관형***
Kim, Kwan-Hyung

ABSTRACT

Korean trains pass many mountain areas, so the volume of structures like bridge and tunnel has large part of railway lines. Train speed-up naturally needs a straight line in railway, then structures are increasing, and this influences passenger's comfort and the safety of operation, and it needs more track maintenance.

The stiffness of bridge and tunnel is higher than the soil in the roadbed in spite of dynamic difference in vibration and displacement. Differences in stiffness have more dynamic effects and increase the deformation and destruction in the track and roadbed.

This study will measure periodically to structure's approaches which have very fast track irregularity and analyze dynamic differences and track irregularity near structure's approaches, so realize the cause of track irregularity of structure's approaches and use basic data for reasonably strengthening method of structure's approaches.

1. 서론

산악지역이 많은 우리나라 철도는 교량, 터널 등 구조물이 많다. 또한 계속적인 기존선 속도향상과 신형차량 운행에 따라 구조물 접속부에서의 승차감이 저하되고 궤도유지보수비용이 증가되는 문제가 발생하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 구조물 접속부 취약개소에 대한 계측과 국내외 자료 조사를 통하여 이런 문제 발생 원인을 알아내고 보강방안을 제시하려 한다.

교량과 터널 등 구조물의 경우 연접해 있는 토노반에 비해 강성이 크다. 이런 강성차이에 의해 차량이 통과될 때 궤도와 노반에 충격을 주고 궤도틀림이 급진전되는 구조적 특성을 가지고 있으므로 다른 구간에 비해 설계나 시공에 주의를 요한다. 현장을 조사한 결과 이런 구조적인 문제와 더불어 현장 여건에 취약조건들이 중첩될 경우 영향이 크게 부가됨을 확인할 수 있었다. 구조물이 인접할 경우, 전후에 용접부가 위치한 경우, 배수설비 미비, 시공불량 등 그 형태는 복합적이며 다양하다.

접속부의 강성 차이에 영향을 미치는 것은 노반, 자갈두께, 레일패드의 순서이다. 그러므로 접속부를 판단할 때 노반의 상태를 확인하는 것이 가장 중요하다. 여러 가지 원인에 의해 노반상태가 불량할 경우 노반을 치환하거나 접속구간을 설치하고 배수설비를 보강하여야 한다. 자갈궤도의 경우 속도 및 차량에 따른 자갈두께를 확보하여야 한다. 이와 더불어 토노반과 구조물의 침목패드강성을 다르게 부설함으로써 충격을 작게 하고 광폭침목을 사용하여 궤도침하를 최대한 줄이는 방안을 제안하였다.

* 코레일트랙㈜, 선로시설연구소 연구개발팀장, 정회원

E-mail : railway@hanafos.com

TEL : (042)257-9489

FAX : (042)257-9488

** 코레일, 차장

*** 코레일, 철도연구원 기술연구팀 팀장

2. 접속부 파괴 요인

교량과 터널은 진동 및 처짐에서 동적거동에 차이는 있으나 강성이 크고 이들과 연속되는 토노반은 강성이 상대적으로 낮아 윤증이 통과될 때 급격한 강성의 차이는 궤도와 토노반에 충격을 증가시켜 궤도 틀림과 파괴를 유발하며 노반의 변상에도 영향을 미치게 된다. 이에 따라 다른 구간보다 변형이 급진전되어 유지보수 시행이 필요하고, 적기에 유지보수를 하지 못할 경우 차량의 승차감 저하와 주행안전성에 영향을 주게 된다. 이런 이유로 구조물 접속부 유지보수에 대한 부담이 가중되는 실정이다.

접속부에 대한 파괴요인을 정리하면 궤도 지지강성차이에 의한 동적하중이 레일침하 증대에 의한 부등침하, 자갈분산(그림 1)과 열차의 저강성에서 고강성으로 이동시 순간적인 동적 충격하중이 발생하여 레일 표면손상, 침목파괴 등을 유발한다(그림 2). 접속부에 대한 내·외적변수로 구분하면 외부적 요인은 열차의 축중, 운행속도, 차륜의 서스펜션 등과 관련이 있으며, 상부 궤도측면에서는 레일의 처짐, 지지조건, 궤도구성품의 성능 등과 관련이 있으며, 하부 노반측면에서는 강성이 약한 노반, 불충분한 다짐, 배수불충분, 침식, wet/dry, 동결융해 주기로 구분할 수 있다.

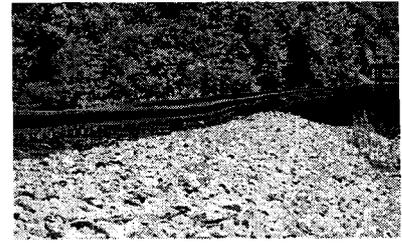


그림 1. 접속부의 부등침하

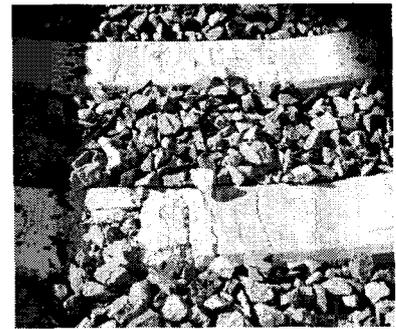


그림 2. 침목 균열 및 파괴

3. 접속부 국내 동향

최근 구조물 접속부의 국내 설계동향을 살펴보면 일반선의 경우 교대 배면보강을 위한 어프로치블럭을 설치하여 구조물과 토공부의 지지강성차를 완만하게 하여 접속부의 파괴를 저감시키기 위한 노력을 하고 있다. 교량접속부의 경우 이전에는 상부의 보조도상과 동등한 재료로 교대배면을 채우고 있지만(그림 3) 최근에는 철근콘크리트 드레그플레이트를 설치하여 접속부의 부등침하를 방지하고 승차감을 향상시키기 위한 노력을 하고 있다(그림 4).

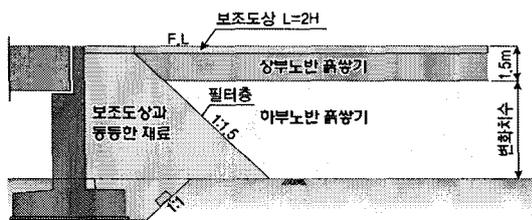


그림 3. 기존의 교량 접속부 예

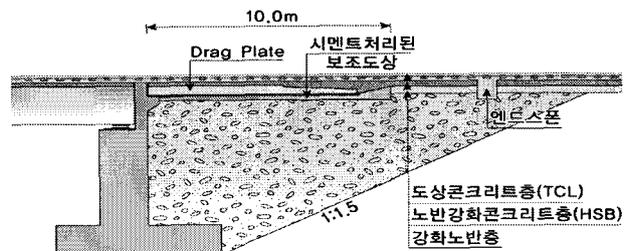


그림 4. 최근의 교량 접속부 설계 예

터널 접속부는 하부슬래브가 없는 갱구부의 경우 강화노반층을 경암까지 연장하며(그림 5), 교량 접속부는 접속부의 강성을 크게 하여 침하를 방지하기 위한 철근콘크리트 Drag plate를 설치하고, 배수를 위한 유공관 등으로 구성하고 있다(그림 6). 암거접속부의 경우 토피고는 강화노반 두께 이상으로 하고, 고속철도 기준의 뒷채움재를 적용하고 있다(그림 7).

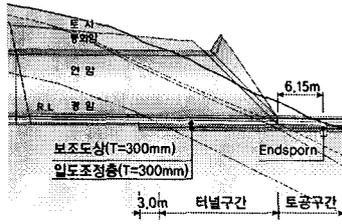


그림 5. 터널 접속부

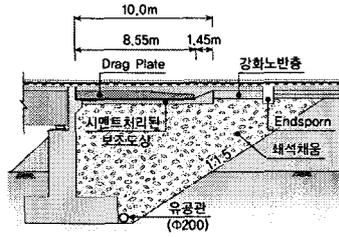


그림 6. 교량 접속부

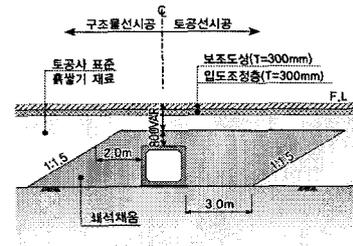


그림 7. 암거 접속부

최근의 국내의 신설되고 있는 궤도는 대부분 콘크리트궤도구조를 지향하고 있기 때문에 교량접속부의 경우 약 8.6m의 드래그 플레이트, 엔드스폰, 도상콘크리트층(TCL), 노반강화콘크리트층(HSB), 강화노반층 구조로 구성되어 기존 교량접속부 교대배면의 부등침하에 의한 처짐발생을 억제하여 노반을 강화하고 있으며(그림 8), 터널접속부의 경우에는 교량의 경우와 같은 TCL, HSB, 강화노반층, 엔드스폰과 더불어 전단키를 설치하려는 노력을 하고 있다(그림 9).

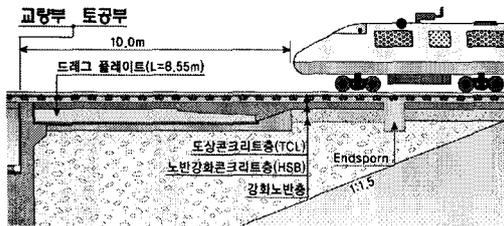


그림 8. 교량접속부 설계

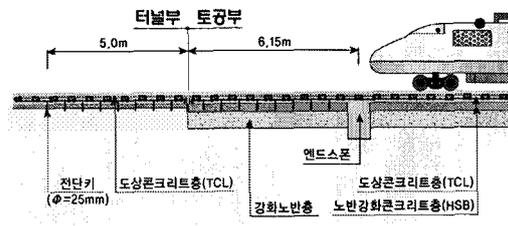


그림 9. 터널접속부 설계

4. 접속부 해의 사례 및 동향

접속부는 국내 뿐 아니라 해외에서도 승차감 향상과 유지보수 절감을 위한 수많은 연구와 시행착오를 거듭하고 있으며 이러한 노력에 의하여 구조물 접속부에 대한 여러 가지 보강방법들이 소개되고 있다. 본 장에서는 해외의 구조물 접속부 설계 및 시공사례와 최근동향을 살펴보고자 한다.

4.1 장침목(미국)

미국 AREMA에서는 토공부의 침목과 교량부 침목의 길이 차이를 그림 10과 같이 침목의 길이를 다르게하여 접속부의 침목의 길이를 점진적으로 늘리는 시도를 하였으며, 이로 인하여 긴침목에 의한 침목의 지지면적은 증대하였으나 궤도강성의 증가는 미미한 것으로 밝혀졌다. 그리하여 긴침목과 함께 강성증대를 위해서는 침목간격을 줄이거나 침목단면적을 늘려야 한다고 제안한바 있다(Sussman 외, 1998). 또한 MARTA에서는 콘크리트궤도 교량접속부에 침목길이를 10, 11, 12ft의 침목으로 4정씩 부설하고 노반에는 길이 20ft의 어프로치슬래브와 병행하였다. 문헌에 의하면 어프로치슬래브만 있고 길이를 달리한 침목이 없는 경우에 비하여 유지관리비용이 약 1/3정도 감소한다고 하였다(그림 11, Patel 외, 1996).

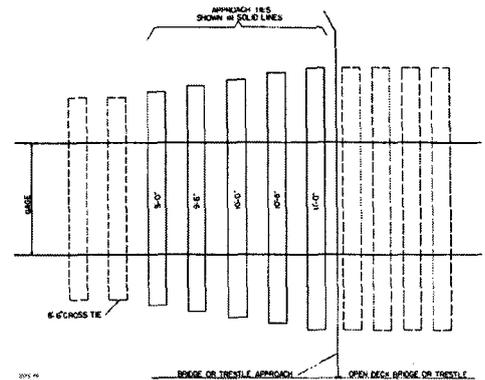


그림 10. 교량접속부 침목길이 변화

4.2 HMA Underlayment(미국)

미국 UPR에서는 도상과 노반 사이에 HMA(Hot Mixed Asphalt) 층을 20~30cm 두께로 부설하여 노반의 압력과 부등침하가 감소하고 유지보수주기가 길어지는 효과를 얻었으나 유도상교량접속부의 다짐이 잘된 경우에는 HMA층이 없는 개소와 비교할 때 큰 효과는 없었다고 한다(Li 외, 2005). 따라서 HMA 층은 연약노반이나 다짐이 충분치 않은 노반에서 효과적일 것이다.

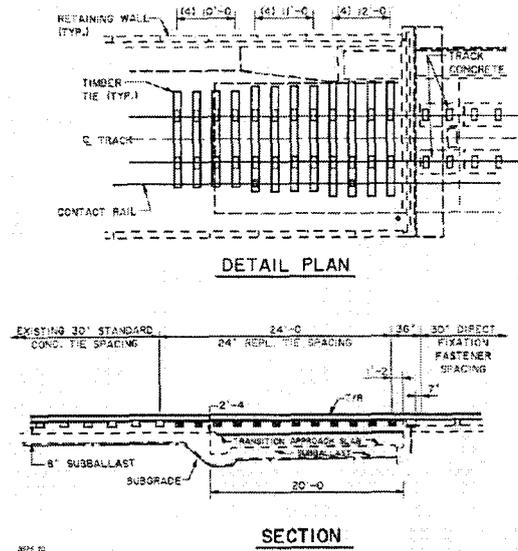


그림 11. 교량접속부 침목길이 변화

4.3 보강레일(독일)

독일에서는 ICE를 운행중인 고속선에 약 20m의 보강레일을 설치하여 운영하고 있는데 이는 무도상교량의 가드레일과 비슷한 효과를 나타내고 궤도강성을 증대시키기는 하지만 뜬침목이 발생할 수 있기 때문에 유지관리에 특별한 주의를 기울여야 한다(그림 12).



그림 12. 보강레일

4.4 어프로치슬래브(미국)

미국 TCRP에 따르면 콘크리트궤도 교량접속부의 경우 어프로치슬래브의 길이는 약 6m정도이고, 어프로치슬래브의 두께를 교량부는 약 45cm, 토공부쪽은 약 30cm로 부설하여 강성변화를 완만하도록 설계하였다(Parsons 외, 2000). 한편 미국 TTC에서는 직결궤도교량의 전후에 길이 약 7.6m, 두께 약 30cm의 어프로치슬래브를 설치한 결과 교량에서의 궤도계수(Track Modulus)는 일반 토공부와 비슷하였으나 접속부의 궤도계수가 두배이상 크게 나타나는 현상이 발생하여(그림 13) 접속구간의 궤도계수를 감소시킬 필요가 있는 사례로 조사되었다(Bilow 외, 2005).

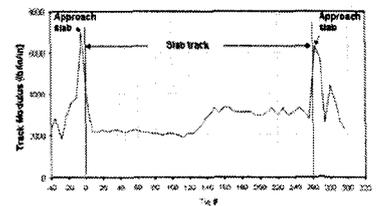
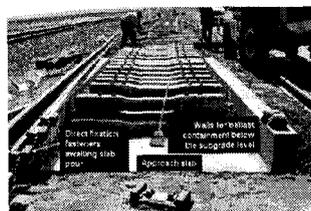


그림 13. 슬래브궤도교량의 접속부

4.5 돌기둥과 말뚝(미국)

미국의 Cedar River Bridge의 접속부에 직경 약 75cm, 길이 약 2.1m의 돌기둥을 1.5m간격으로 10개씩 2열 형태로 시공하였다(그림 14). 이 경우 연약노반의 배수와 강도증대효과를 확인하였으며 시공이후 보수한 기록이 없을만큼 효과적이라고 밝히고 있다(Davis

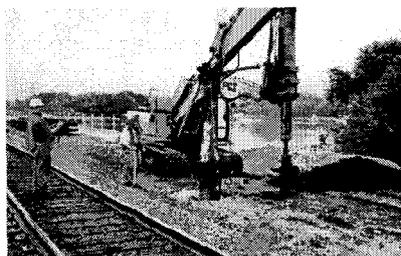


그림 14. 돌기둥(미국 UPR)

외, 2003). 이와 유사하게 콘크리트, 목재, 모래 말뚝과 같은 재료로 제작한 말뚝의 표면마찰력을 응용하여 연약노반에서의 말뚝 길이를 달리하여 접속부의 강성을 완만하게 변화시킨 사례도 조사되었다(Li 외, 2003).

4.6 광폭침목과 패드강성(독일)

독일은 일반침목인 B70과 광폭침목인 B75, B90, B320을 사용하고 있다(그림 15). B75침목은 390kg의 중량이며 길이 2.8m, 폭 330mm이다. 1997년 이후 ICE의 운행속도를 300km/h로 증속하기 위하여 자갈도상두께를 40cm로 늘리고, 침목간격은 63cm, 고탄성의 체결구(System 300)와 함께 고속선에 부설되어 운용되고 있는데 침목의 지지면적이 크기 때문에 도상으로 하중전달이 분산되는 효과가 있다. 또한, B90침목은 330kg의 중량과 길이 2.6m, 폭 320mm이며 1990년 이후 분기기와 일반침목사이의 접속부에서 사용하고 있으며, B320침목은 중량 380kg, 길이 2.6m, 폭 300mm로서 1990년대 중반이후 슬래브레도와 자갈레도의 접속부에 사용하고 있다(그림 16).

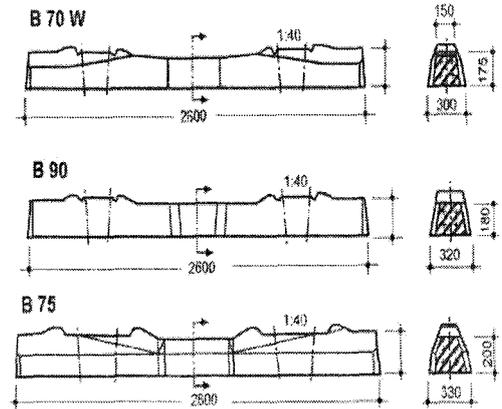


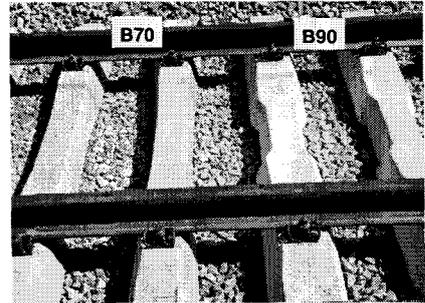
그림 15. 독일의 침목종류



a. 함거부



b. 분기부



c. B70 vs B90 비교

그림 16. 독일의 광폭침목

또한, 독일에서는 접속부 뿐만 아니라 일반 선로에서도 광폭침목의 부설이 늘고 있는데 다음의 두 가지를 소개하고자 한다. BBS1침목(그림 17)은 560kg의 상당한 중량체이며, 길이 2.4m, 폭이 570mm의 형상으로 침목과 침목사이를 고무패킹으로 연결하여 우수에 의한 노반으로의 침투를 방지하고, 열차 운행에 따른 소음과 진동의 저감과 기계화 시공이 가능하다는 장점이 있다. 1996년 시험부설후 실험결과에 따르면 2천만톤의 통과톤수후 계측결과 노반강화층이 있는 노반에서는 일반침목 B70에 비하여 약 21%, 노반강화층이 없는 노반에서는 55%정도 침하량이 저감되었다고 한다. 또한, 1.5억톤의 통과톤수동안 어떠한 유지보수작업을 시행하지 않았다고 보고되고 있다.

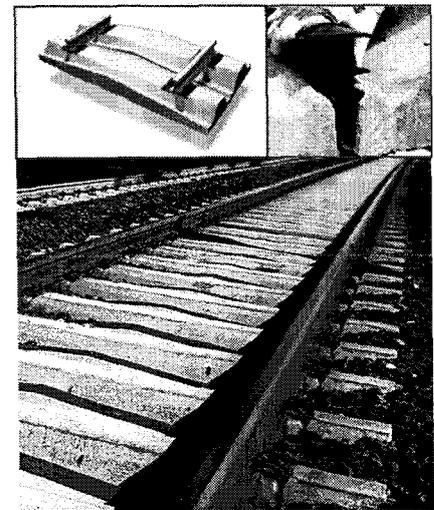
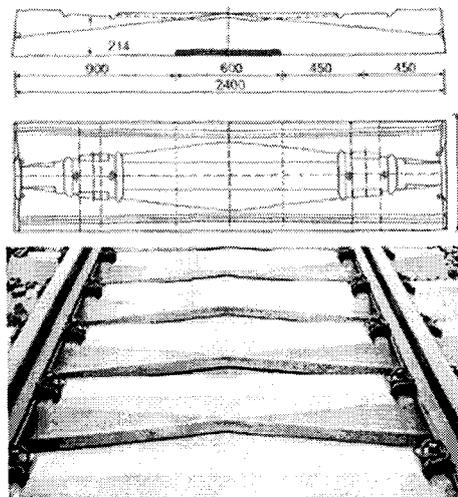


그림 17. 독일의 광폭침목 BBS1

다른 형태의 광폭침목으로는 GETRAC A3 System에 사용되는 BBS3침목이며 길이 2.4m, 지지면적 10,820cm², 무게 560kg이다. GETRAC A3의 무도상궤도시스템은 상부노반위에 15~30cm 두께의 아스팔트포장층과 그 위에 BBS3침목을 부설하는 구조이다(그림 18). 지지면적이 일반 침목에 비하여 상대적으로 크기 때문에 아스팔트 포장층으로 전달되는 하중이 넓게 분산되어 고르게 작용하고 그만큼 압력이 감소하는 특징을 갖고 있다. GETRAC은 기존선로의 개량시 시공기간이 짧고, 기계화 시공이 가능하며, 부설

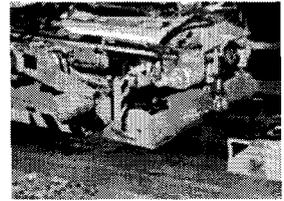
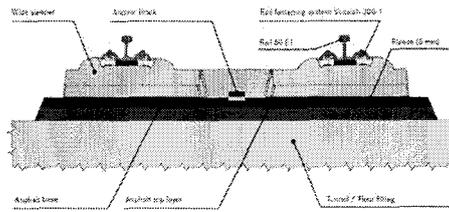


그림 18. 광폭침목 BBS3(독일 GETRAC A3 System)

후 안정기간이 필요하지 않기 때문에 즉시 열차운행이 가능하며, 아스팔트층과 침목사이를 앵커블럭으로 연결하여 고정시키기 때문에 침목의 이동이 억제되는 등의 효과가 있다(Freudenstein 외, 2007).

이상과 같이 독일의 다양한 침목들의 형상과 실험결과를 표 1과 같이 정리하였다. 도상상부의 압축응력은 침목의 지지면적이 가장 넓은 BBS1에서 가장 응력이 작게 나타나고 있으며, 그 다음으로 B75침목이었다. B90침목은 B320침목보다 지지면적이 약간 크지만 응력은 더 크게 나타나고 있는데 이는 레일패드의 강성이 더 크기 때문인 것으로 나타났으며, 도상의 손상정도를 비교해보면 BBS1 침목을 기준으로 B70침목이 12배이상 손상된다고 보고되었다(Freudenstein 외, 2004).

한편 체결구의 레일패드강성에 대한 실험을 위하여 250km/h로 운행되는 ICE 운행선에서 실시한 결과를 보면 딱딱한 Zw687a(500kN/mm)와 소프트한 Zw700(60kN/mm)에서의 진동율을 비교해보면 소프트한 레일패드를 사용한 경우가 약 20%정도 진동저감효과를 나타냈다고 발표되었다.

표 1. 독일침목의 비교

침목	중량 (kg)	길이 (m)	상면폭 (mm)	하면폭 (mm)	체결구	지지면적 (mm ²)	패드강성 (kN/mm)	탄성길이 (mm)	도상상부 압축응력 (N/mm ²)	레일좌면 힘(kN)	도상손상 비교
B70	300	2.6	146	300	W14 K W14 K900	684,000	500 60	740	0.15	51	12.57
B75	390	2.8	182	330	System 300-1	880,800	22.5	864	0.10	43	2.46
B90	330	2.6	191	320	W14 K900	797,600	60	728	0.13	51	7.24
B320	380	2.6	200	300	System 300-1	780,000	22.5	869	0.11	43	3.91
BBS1	560	2.4	150	570	W14 K900	1,368,000	60	697	0.08	54	1.0(기준)

4.7 노반 보강 예(독일)

독일에서의 접속부에 대한 노반보강은 특수선을 설치하거나 선로차단시 교행을 실시하여 보강작업에 필요한 기간을 확보한 후 그림 19와 같이 30cm씩 성토후 충분한 다짐을 실시하는 노반보강을 실시한다고 하였다. 또한 새로운 종류의 열차를 투입하거나 열차속도를 증속시키려 한다면 사전에 열차의 축중과 열차속도 등을 고려하여 기존선로와 구조물에 미치는 영향 등을 검토한 후 필요에 따라서 보강을 실시하고 그 이후에 열차를 투입하거나 증속운행을 시행하고 있다.

4.8 가타 제안사항

무도상교량과 직결레도구조물의 경우 구조물상의 레도계수를 토공부에서의 레도계수와 일치되도록 교량상 레일패드의 강성을 조정하는 방법(Kerr 외, 2005)과 열차의 고주파 충격하중을 감소시킬 수 있도록 레일패드의 강성을 조정하는 제안(Sasaoka 외, 2005)을 하였다. 또한 유도상교량의 레도강성을 줄이기 위한 방법으로 교량상 침목밀면에 약 25mm 두께의 고무패드를 부착하거나 합성콘크리트침목(플라스틱)을 부설하여 토공부와 레도계수를 유사하게 하는 방법도 연구되었다(Sasaoka 외, 2005).

독일 고속선 설계자료중 자갈도상과 콘크리트도상이 만나는 접속부에서는 길이 20m의 보강레이를 콘크리트도상부 5m에서부터 자갈도상부 15m까지 설치하고, 자갈도상부의 도상을 약 45m 고결하는 방법과, 체결구와 침목간격을 달리하는 방법 및 3~5%의 시멘트와 혼합한 노반재료를 사용한 사례도 조사되었다(그림 20, Frühauf 외, 2006).

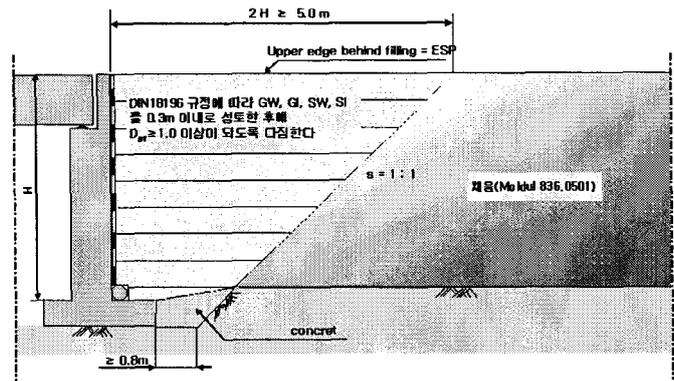


그림 19. 독일의 기존선 노반보강 예

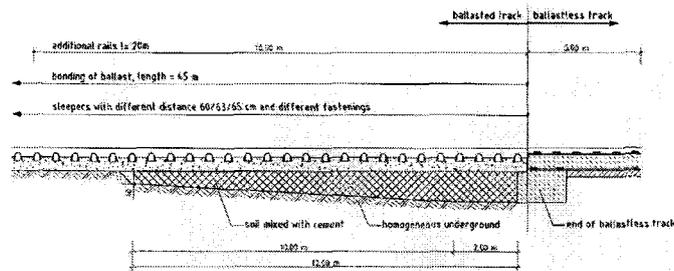


그림 20. 도상조건의 다른 고속선 접속부 설계 예

5. 구조물 접속부 시험보강 방안

본 연구는 기존선 속도향상과 신차량 도입에 따라 발생하는 구조물 접속부의 유지관리문제가 대두되면서 이런 문제해결을 목적으로 진행되고 있다. 우선 전국에 산재해 있는 구조물 접속부 중에서 유지보수가 잦은 33개소를 선정하여 현장답사를 실시하였다. 육안에 의한 현장조사에서 구조물 접속부는 구조물과의 강성차이에 의한 문제뿐만 아니라 레일이음매의 충격, 레일표면불량, 자갈의 마모, 분니, 토사의 혼입, 배수문제 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용한다는 것을 파악할 수 있었다. 이 중에서 대표적으로 유도상교량, 무도상교량, 터널 및 콘크리트레도터널 접속부 각 1개소를 선정하여 시험보강을 위한 일련의 계측과 분석을 실시하였다. 계측분석 결과에 의하면 구조물 접속부의 주된 파괴요인은 열차의 동적 충격하중이 가장 크게 작용하고 있으며, 열차의 운행속도, 노반의 상태, 도상응력, 체결구의 강성 등을 뽑을 수 있었다.

5.1 접속부 보강방안

접속부에 대한 보강방안을 분류하면 레도, 노반 및 구조물보강으로 구분할 수 있으며, 보강방안별 장단점을 정리하였다(표 2).

레도보강은 침목밀면의 면적을 넓게 하여 하중분산과 도상압력 및 레도침하를 감소시키는 광폭침목이 있으며, 열차의 동적하중을 저감시키는 방진체결구와 방진패드, 레도의 강성을 증대시키는 보강레일, 침목의 간격조정, 레일패드강성의 점진적 조정 등의 방법이 있다. 노반보강은 독일의 예와 같이 층다짐을 실시하거나 갱환, 노반의 강성증대를 위한 그라우팅, 어프로치슬래브와 유사한 PC블럭, 토목섬유, 자갈비산방지과 도상저항력을 증대시키는 도상안정제, 배수시설을 설치하여 배수를 유도하는 방법 등이 있다. 구조물 보강은 무도상관형교의 유도상화와 같은 구조물 개량, 구조물상의 방진매트를 설치하여 진동

과 동적하중을 저감시키는 방법, 캠버와 같이 솟음효과를 얻기 위한 침목패드높이조절, 탄성받침에 의한 열차의 충격과 진동 및 궤도강성을 줄이는 방법 등이 있다.

표 2. 구조물 접속부 보강방안

구분	방안	장점	단점	비고
궤도보강	광폭침목 부설 (15m/25정)	궤도중량화, 하중분산, 도상압력감소, 궤도침하감소	침목가격 고가	국내 실적
	방진체결구 설치	노반의 진동저감, 동적하중저감으로 자갈마모 감소	방진침목 자체의 진동 증폭	
	방진침목패드	노반의 진동저감, 동적하중저감으로 자갈마모 감소	방진침목자체의 진동증폭	절대저짐량 저감
	보강레일 설치	궤도강성 증대 및 강성천이 완화	부등침하시 뜯침목 발생우려	
	침목간격 조정	하중분산, 시공비 저렴, 궤도재료의 일관성 유지	보수 방법개선 필요	
	레일패드 강성의 점진적 배치	강성천이구간의 점진적 강성변화가 용이		
노반보강	갱환 또는 층다짐	30cm의 층다짐으로 노반 안정화	장기간 선로차단 필요	
	그라우팅	노반 강성증대	고가 / 보강확인 곤란	
	PC블럭 설치	노반 강성증대 및 배수양호	선로차단 및 공사기간	설계시 반영
	토목섬유(그리드)	자갈층과 토노반의 분리 및 강성증대	선로차단 필요	시험 부설중
	도상안정제	도상 중·횡저항력 증대, 자갈비산방지	강성의 과도한 증대	실적 다수
	배수설비	배수로 인한 분니발생 감소		
구조물보강	구조물 개량	목적에 맞도록 개량가능	선로차단 / 고비용	
	방진매트	노반(구조물)의 진동저감, 동적하중저감	구조물·차량과의 유해 공진 회피 조치필요	
	침목패드높이조절	camber와 같은 솟음 효과	정확한 높이조절이 요구	
	탄성받침	열차 충격/진동 및 궤도강성 저감에 유리	교량접속부 단차발생	

표 2에서 언급한 PC블럭을 이용한 노반보강은 그림 21과 같은 방법으로 짧은 차단시간 내에 보강이 가능하도록 고안한 방법으로 시공방법은 궤도를 제거한후 조강콘크리트를 타설하여 표면을 정리하고 미리 제작한 PC블럭을 설치하여 궤도를 부설하는 공법으로 노반폭이 좁거나 배수가 필요한 개소에 적용할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

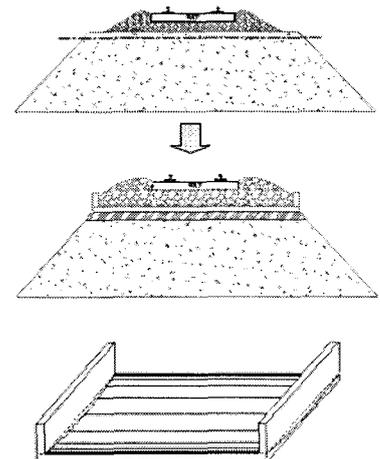


그림 21. PC블럭 개략도

5.2 3개소에 대한 시험보강방안

기존선 구조물 접속부의 시험보강은 궁극적으로 유지보수주기를 길게 하여 유지보수노력을 절감하고 열차운행의 안전성과 승차감 향상을 위함이라 할 수 있다. 구조물 접속부의 근본적인 보강은 노반부분을 보강하는 것이 가장 최선의 방법이겠으나 국내 여건상 특별한 경우가 아니고서는 특수선을 설치하여 장기간 선로를 차단하는 보강공법은 적용이 곤란

하기 때문에 대부분 새벽시간대 3~4시간의 차단시간에 시공이 가능한 보강방안을 선정하는 것이 적합할 것이다. 따라서 앞에서 조사한 국내외 사례를 검토한 결과 국내 선로운용에 적합한 보강방안을 채택하고자 하였다.

표 3. 구조물 접속부 시험보강개소 제원

노선명	구조물명	키로장	직곡선	연장 (m)	준공년월일	비고
경부선	승천(상)	398Km428	곡선 (R=800)	18.3	1940-04-01	무도상 교량
영동선	정동천제1, 정동	172Km688	곡선(R=400)	39.8	1963-10-30	유도상 교량
		172Km746	곡선(R=400)	8.9	1960-08-25	교량
경부선	무월(상) 시점	392Km800	곡선 (R=1000)	920.0	2003-08-01	유도상 터널
전라선	임실(하) 종점	53Km847	곡+직 (R=2,700)	4,655.0	2005-04-30	콘크리트 레도(터널)

시험보강은 비교적 짧은 시간에 시공이 가능한 보강공법을 선정해야 하기 때문에 노반이나 구조물에 대한 보강보다는 레도부분 보강에 초점을 맞췄으며, 열차의 동적하중을 저감시키고, 하중을 넓게 분산시킴으로써 도상의 압력을 감소시키고 레도의 침하를 저감시킬 수 있는 경제적이면서 효과적인 방안을 모색하였다.

레도보강에 있어서 독일의 BBS1 또는 B75 침목과 같은 광폭침목은 침목하면의 지지면적이 일반침목보다 넓기 때문에 열차의 하중을 도상에 넓게 분산시킨다. 도상의 압력 또한 일반침목구간에 비하여 작아지고 도상의 탄성을 더 오래 유지하며 레도의 침하를 저감시키는 효과를 갖고 있다. 한편, 체결구의 패드강성을 소프트한 고탄성패드로 선정하여 레일의 처짐을 1~2mm 이내로 조정한다면 열차의 축중에 의한 레일좌면에서 받는 힘이 작아지고 고주파성분의 진동을 저감시킬 수 있을 것으로 예상된다.

시험보강 대상개소는 표 3에서와 같이 4개소였으나 노반의 근본적인 보강이 필요한 무월터널을 제외한 3개소에 대해서 시험보강을 실시할 계획에 있으며 채택된 시험보강의 기본형식은 광폭침목과 체결구의 패드강성을 조절하기로 결정하였다.

시험보강에 적용할 광폭침목은 한국철도기술연구원에서 개발하여 시험부설을 실시하였던 침목이며(그림 22), 밑면폭 360mm, 상면폭 260mm, 길이 2.4m이며 4개의 PC강봉으로 구성된 침목이다. 체결구는 ALT-I 체결구(표 4)를 선정하여 시험보강 계획과 물량을 정리하였다(표 5).

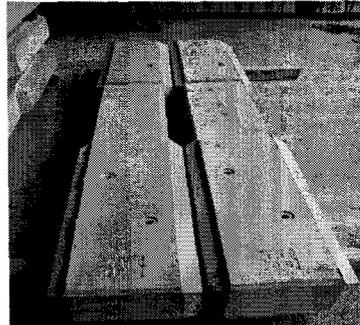


그림 22. 시험부설용 광폭침목

시험보강의 기본형식을 기본으로 무도상판형교인 경부선 승천교는 시·종점부 15m에 광폭침목을 25정씩 부설하되 시점부에 있는 가드레일의 고정에는 필요한 목침목은 교환하지 않으며, 레일패드의 강성은 고탄성패드(약 15kN/mm)를 사용할 계획이다(그림 23). 영동선 유도상교량인 정동

표 4. ALT-I 체결구 제원

	가로×세로 크기 (mm)	554 × 195	정적탄성계수 (kN/mm)	15~26
	중량 (kg)	17.1	동적탄성계수 (kN/mm)	20~35
	탄성고무경도	48~70A	볼트전단강도 (kN/개)	267.5

천제1교와 정동교의 경우 도상의 마모가 심하여 시험보강 이전에 도상크리닝작업을 실시한 후 두교량 사이의 토공부는 PC블럭을 적용하여 노반보강을 실시하고 이에 따라 노반폭을 확보함과 동시에 정동교의 종점부만 광폭침목을 부설함으로써 크리닝작업만 실시할 정동천제1교의 시점부와 광폭침목을 부설한 정동교 종점부에 대한 계측을 실시하여 비교하고자 하였다(그림 24). 또한 슬래브레도인 전라선 임실터

널 종점부는 슬래브레도 약 10m구간내의 침목과 콘크리트도상간의 균열보수를 실시한 후 인접한 교량 사이인 31m구간과 교량종점부에 광폭침목을 부설할 계획이다(그림 25).

표 5. 개소별 시험보강(안) 및 물량

구조물명	기본 형식(안)	선행작업	광폭침목 부설 및 패드강성 조절	기타사항	비고	
승천(상)교	광폭침목 + 패드강성조절		시·중점부 (15+15m)	25+25정	시험부설시 가드레일 고려	무도상 교량
정동천제1, 정동교	광폭침목 + 패드강성조절	도상 크리닝작업 (시험부설전 실시)	정동교 중점부 (12.5m)	20정	PC블럭 설치 (두교량사이 18m)	유도상 교량
임실터널	광폭침목 + 패드탄성조절	콘크리트레도 균열보수(약 10m)	터널과 인접교량사이(31m) 교량종점부(12.5m)	50정 20정	ALT-II 보수필요 (중점부 약10m)	슬래브레도
계				140정	예비포함 150정	

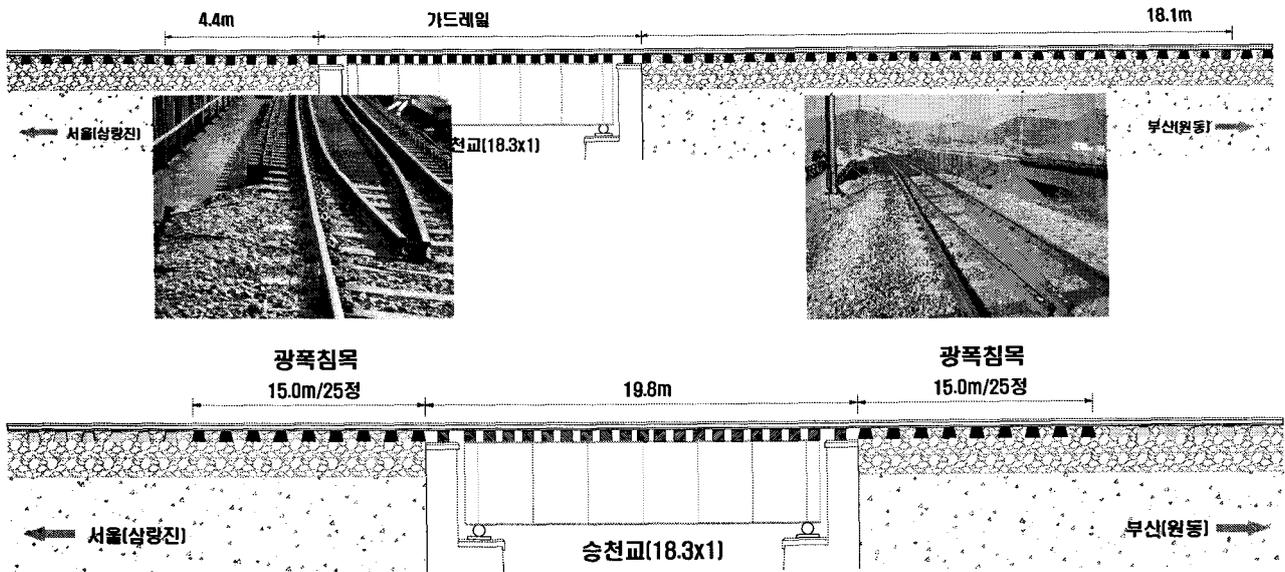


그림 23. 승천교(상) 시험보강 계획도

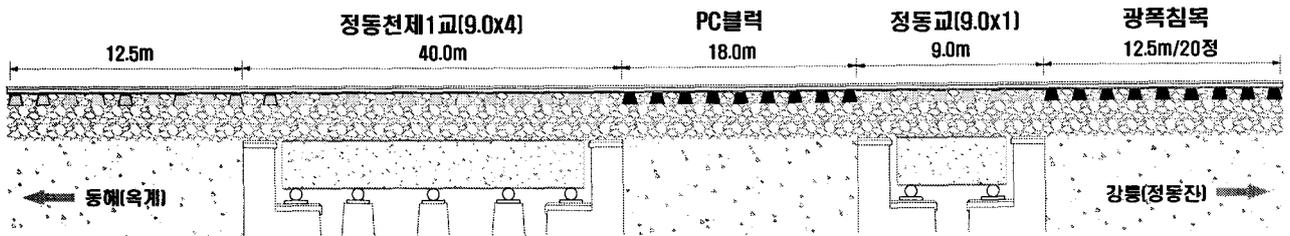


그림 24. 정동천제1교 및 정동교 시험보강 계획도

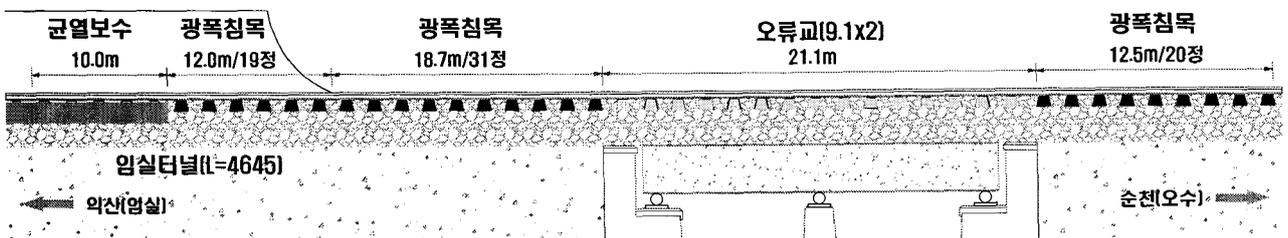


그림 25. 임실터널 종점부 하선 시험보강 계획도

7. 결 론

기존선 구조물 접속부의 빠른 궤도파괴와 많은 유지보수노력이 투입되는 시점에서 이러한 접속부의 문제점을 해결하기 위하여 국내외 접속부에 대한 자료들을 조사하였다. 조사결과 구조물과 접속부의 강성차이를 완만하게 하기 위한 많은 노력들을 볼 수 있었다. 이러한 보강방법들 중에서 국내 기존선에 적용이 가능하며 경제적인 방법으로 시험보강은 광폭침목 사용과 체결구의 패드강성을 조절하는 기본방안을 제안하였다. 향후 시험부설을 실시하고 일정 주기에 의한 계측을 실시하여 시험부설전·후의 계측결과를 비교분석하여 시험보강결과를 향후에 발표할 예정이며, 보다 나은 기존선 접속부 보강방법을 연구하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 코레일 ‘구조물접속부 선로관리방안에 관한 연구’에 의한 “구조물 접속부 동특성 계측 및 거동 분석 연구용역”과 관련한 연구내용이며, 본 연구에 협력과 지원을 해주신 코레일 철도연구원과 부산, 전북, 강원지사 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 이일화 외. 2005. “기존선 자갈궤도 생력화를 위한 포장궤도 개발(Ⅲ) -시멘트모르터충진형-”, 한국철도기술연구원
2. 정근영 외. 2006. “궤도지지강성 변화구간에서의 광폭침목 사용에 따른 궤도거동 개선효과 분석”, 추계학술대회 논문집, 한국철도학회
3. Freudenstein et al. 2005. “Wide Sleepers Perform Well In Comparative Tests”, International Railway Journal.
4. Frühauf. 2006. “SSF engineering : Earthwork Construction for Ballastless Track on HSLs”, RTR Special Vol. 46, Railway Technical Review.
5. Freudenstein et al. 2007. “Renewal of the Brandleite Tunnel with GETRAC Ballastless Track System on Asphalt”, RTR Special Vol. 47, Railway Technical Review.
6. Lichtberger. 2004. “Handbuch Gleis”, Tetzlaff Verlag.
7. Lieberenz et al. 2004. “Handbuch Erdbauwerke der Bahnen”, Eurail Press.