

국산고속분기기 노스가동크로싱 축력설계에 관한 연구

윤병현*, 황경종*, 황광하*, 최유복**, 장운호**, 김만철†

Byun-Hyun Yun*, Kyeong-jong Hwang, Kwang-Ha Hwang*, Yu-Bok Choi**,

Yun-Ho Jang**, Man-Cheol Kim†

Abstract Presently, Korea has a technology to design and produce a high speed turnout by itself. It reached high level of domestication (almost 100%). Nevertheless, it does not have an ability to manufacture spring clips and switch rails (60E1A1, 60E1A4) which are important components at the high speed turnout. Procurement of these parts is still depending on the import. For this reason, a state-funded R&D project, "Development of Technology for the Localization and Performance Evaluation of High Speed Rail Turnout" has been launched to achieve 100% domestication (Koreanization) of the high speed turnout. This project aims to attain domestication in the area of designing and producing switch rails, adopt FAKOP linear in point part and improve a nose rail at the crossing part of the turnout. This study will illustrate a way to resist an thermal expansion force (250ton) when designing a movable nose crossing. Furthermore, it will demonstrate a result of the research intended to improve track irregularities when a wing rail has been 60E1ized.

Keywords : High speed turnout, Movable nose crossing, Thermal expansion force

초 록 현재 국내 고속철도용 분기기는 설계 및 제작기술이 거의 100% 국산화 수준에 도달하였다. 그러나 재료부분에서는 아직도 체결클립과 텅레일(60E1A1, 60E1A4)이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 이에 국가지원 연구개발 사업인 "고속철도용 분기기 국산화 및 성능개량 기술 개발" 과제를 통해 구성품의 100% 국산화를 추진중에 있다. 텅레일 단면 설계 및 국산화 제작, 포인트 FAKOP 선형적용, 크로싱부 노스레일 상하 분리가능 구조 개량화가 주요 개량항목이다. 이에 본 논문에서는 노스가동크로싱 설계시 축력(250톤)저항을 위한 구조보강 방안과 텅레일의 60E1 적용(현재 A74 수입레일)에 따른 횡방향 궤도틀림 보완 방안에 대하여 연구 결과를 기술코자 한다.

주요어 : 고속분기기, 노스가동크로싱, 축력

1. 서 론

현재 국내에 적용된 고속분기기 수량은 고속 1 단계(서울~대구)에 91 틀, 고속 2 단계(대구~부산) 37 틀, 호남고속(오송~광주) 48 틀이 사용되어 총 176 여틀이 현장에 적용되어 있고, 수도권 고속철도에 30 틀이 적용되어 16년 8월 개통예정에 있다.

고속분기기는 국민의 안전과 직결된 철도용품중 핵심 기술인데, 텅레일등 몇가지 부품들은 수입에 의존하여왔다. 이에 국가지원 연구개발 사업 "고속철도용 분기기 국산화 및 성능개량 기술 개발" 과제를 통해 구성품의 100% 국산화를 추진중에 있으며, 본 논문에서는 가동크로싱 설계시 축력(250톤)저항을 위한 구조보강 방안과 텅레일의 60E1 적용(현재 A74 수입레일)에 따른 횡방향 궤도틀림 보완 방안에 대하여 연구를 수행하였다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 첨단인프라 연구팀(kimmc@krrri.re.kr)

* 삼표이앤씨(주) 기술연구소 (jutopia@sampyo.co.kr)

** 한국철도시설공단 KR연구원(civil67@kr.or.kr)

2. 본 론

2.1 노스가동 크로싱부 구성

2.1.1 노스가동 크로싱 구성품

노스가동 크로싱의 주요 구성품은 노스레일, 스플라이스레일, 원레일, 신축레일, 쇠정장치, 밀착검지장치, 히팅장치, 노스레일 상방향 거동 방지장치, 체결장치, 침목으로 구성되어 있다. 국가마다 사용되는 소재, 장치, 방식은 다르지만 구성품과 기능은 유사하다.



Fig. 1 High speed turnout



Fig.2 Movable nose crossing (concrete track)

2.1.2 크로싱의 구조적 성능요건

분기기에서 노스부는 차륜이 전이되는 구간으로 충격이 크고, 비고정 가동 노스레일이 존재하여 구조적으로 불안전하며, 온도에 기인한 레일의 열하중(축력)이 분기선 측에서 유입되어 2:1로 축력 불균형이 발생하는 구간이다. 따라서 충격을 효율적으로 분산하고 흡수할 수 있는 구조나 소재의 사용, 노스레일과 원레일간의 정확한 밀착과 고정을 위한 장치, 교량상에서 단부 꺾임에 의한 노스레일의 상방향 돌출 방지 장치, 일반구간 대비 증가되는 레일 축력을 흡수하여 레일 직각틀림(선형 틀림)을 방지할 수 있는 구조, 유지보수의 간편성에 대한 요건을 갖추고 있어야 한다. 특히 축력(250톤) 저항을 위한 안전한 구조가 요구되며, 현재 국내에 사용중인 고속분기기는 이러한 성능적 요건을 모두 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

온도변화에 따른 레일응력 및 축력계산은 아래와 같이 계산한다.

$$\sigma = E\alpha\Delta T = 210,000 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 45 = 108.675 [N/mm^2]$$

여기서 σ : 레일에 작용하는 응력 [N/mm^2]

E : 레일의 탄성 계수, $210,000 [N/mm^2]$

α : 레일의 열팽창 계수, $11.5 \times 10^{-6} [1/^\circ C]$

ΔT : $45^\circ C$ (KR Code 온도범위 $-25^\circ C \sim +65^\circ C$, 중위온도 $20^\circ C$)

따라서, 60E1(UIC60)레일의 열응력에 의한 축력은 다음 계산에서와 같이 약 85톤(836kN)이다.

$$P_0 = \sigma A = 108.7 \times 7,686 = 835,468 \approx 836 [kN]$$

여기서, A : 60E1레일의 단면적 $7,686 [mm^2]$

안전계수 1.5를 적용하면 60E1(UIC60)레일 1개에 발생하는 열응력은 약 125톤(1,254kN)이다.

$P = 1.5 \times P_0 = 1.5 \times 836 = 1,254$ [kN] ≒ 125톤, 따라서 2개의 레일이 결합되는 크로싱에 작용하는 축력은 250톤 (125톤x2)을 설계하중으로 적용하였다.

2.2 노스가동 크로싱 개량 방안

2.2.1 노스가동 분기기 비교

국내 고속철도 노스가동 분기기는 제조사에 따라 크게 2가지로 분류 할 수 있다. 고속1, 고속2 일부, 호남고속철도에 적용된 삼표이앤씨(주)의 망간크래들 타입과 고속2단계에 적용된 독일의 BWG(주)의 블록형 노스레일, 레일타입 왕레일 방식이다.

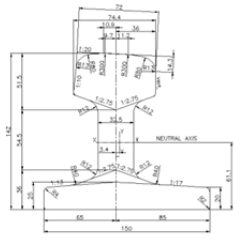
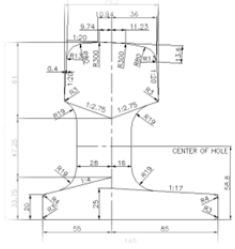

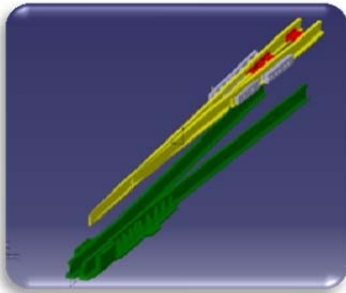
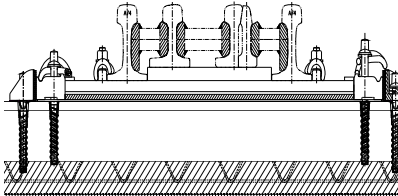
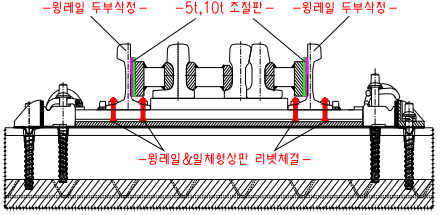
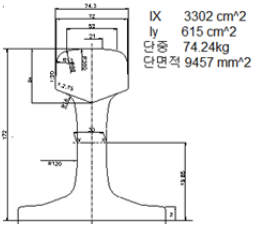
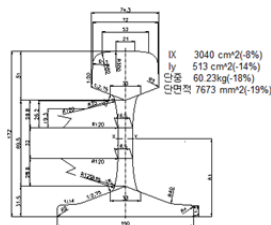
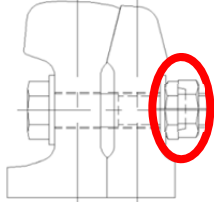
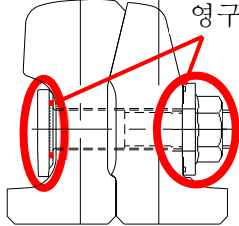
Table.1 Compare to the movable nose crossing in korea

구 분	고속 1 단계(삼표이앤씨)	고속 2 단계(BWG)	비고
형 상			
포인트구조	노스가동 (망간 크래들형)	노스가동 (일반레일형)	
충격방지	망간 크래들(안티리프팅장치)	HDD(홀드다운디바이스)	상향력
레일	60E1A4(UIC60D), 60E1T2(A74)	노스블록, 60E1(UIC60)	
쇄정장치	기계식 쇄정 (VPM: Verrou Pointe Mobile)	유압실린더내 기계식 쇄정	
밀착검지	디텍터, 뿔베(이중계형)	HB 밀착검지장치	IE2010
선로전환	MJ81 전철기 (모터식), 철관장치	HB 하이드로스타(유압식), 실린더	ZV

2.2.2 크로싱부 개량 방안

금번 연구에서는 기존 노스가동크로싱의 유지보수성 향상을 위해 왕레일 두부 내측을 가공하여 노스레일의 상하분리가 가능한 구조로 변경하였다. 해외수입 하던 왕레일 60E1T2(A74)를 국내 생산하는 60E1(UIC60)레일로 변경하였다. 60E1T2레일에 비해 60E1레일의 복부두께가 30mm→16.5mm 얇아져 횡강성이 약14%정도 감소하여, 이에 대한 보강을 위하여 크로싱후단부 침목 4정에 걸쳐 상판을 일체화 하였고, 간격재 2개를 더 추가하고 두께를 보강(30mm→45mm)하였다. 또한, 일체형 상판과 왕레일을 리벳으로 강결체결하여 크로싱 후단부를 완전히 일체화 시켜 레일 축력(250톤)발생시 더욱 안정된 격자구조로 개량하였다. 그리고, 볼트의 풀림방지를 강화하기 위하여 기존 하드락 너트대신 국내 개발품인 자석너트로 변경하여 적용하였다. 아래 Table.2에서 개량사항에 대해 개량 전·후를 비교 하였다.

Table.2 Compare to the movable crossing improvement before and after

항목	개량 전	개량 후	개량사항
팅레일	 <p>[60E1A4(UIC60D)]</p>	 <p>[60E1A1 K(60BK)-]</p>	팅레일 국산화 (현대제철 제작)
크로싱부 구조 개량	 <p>[후방분리]</p>	 <p>[상하분리]</p>	상하분리 가능한 구조 (운행선 현장에서 단 시간내에 노스레일 교체가능)
팅레일	 <p>[60E1T2(A74)]</p>	 <p>[60E1(UIC60)]</p>	일체형상관 적용 및 팅레일과 리벳체결, 간격재 2개추가, 두께 보강
팅레일	 <p>[60E1T2(A74)]</p>	 <p>[60E1(UIC60)]</p>	국산 60E1레일로 변경
가동부 체결볼트	 <p>[하드락 너트]</p>	 <p>[자석너트]</p>	풀림방지 기능이 우수한 국산 자석 볼트·너트 적용

2.3 노스가동 크로싱부 구조 안전성 검토

크로싱부의 설계 안전성 검증을 위해 상세 3D 모델링과 유한요소구조해석을 수행하였다. 주요 검토사항은 원레일을 기존 60E1T2(A74)에서 60E1(UIC60)으로 변경하였고, 두부 삭정에 의해 횡강도가 저하하는 부분에 대한 강도 보강의 적절성의 확인, 보강을 위해 적용한 크로싱후단 하부 일체형 상판의 구조적 안전성, 축력으로 인한 인장·압축 작용 시 크로싱의 구조적 안전성 검토이다. 노스가동 크로싱에는 2 가닥의 레일이 연결되므로 설계 축력은 2,508kN(≒250 톤)을 적용하였다.

아래 Fig.3 구조해석 계산결과에서 보는 바와 같이 개량제품은 250 톤 압축력에 -6.6 mm, 인장력에 +5.3 mm 변위가 발생하였다. 이는 체결장치와 크로싱 후단부 체결구조에서 ±9 mm가 허용되므로 체결장치의 고정볼트에 축력이 부가되지 않고, 흡수되는 것으로 나타났다. 횡방향 변위도 0.3 mm로써 궤간기준 +3, -2 mm내에서 안전한 것으로 나타났다. 따라서, 60E1에 적용한 크로싱 구조는 하부 일체형 상판에서 강도보강이 충분히 이루어진 것으로 판단된다. 또한, Table.3 에서와 같이 250 톤 축력 하에서 크로싱부는 개량 전과 비교하여 구조 강도상 거의 동일하여 안전한 것으로 나타났다.

Fig.3 The result of structure analysis

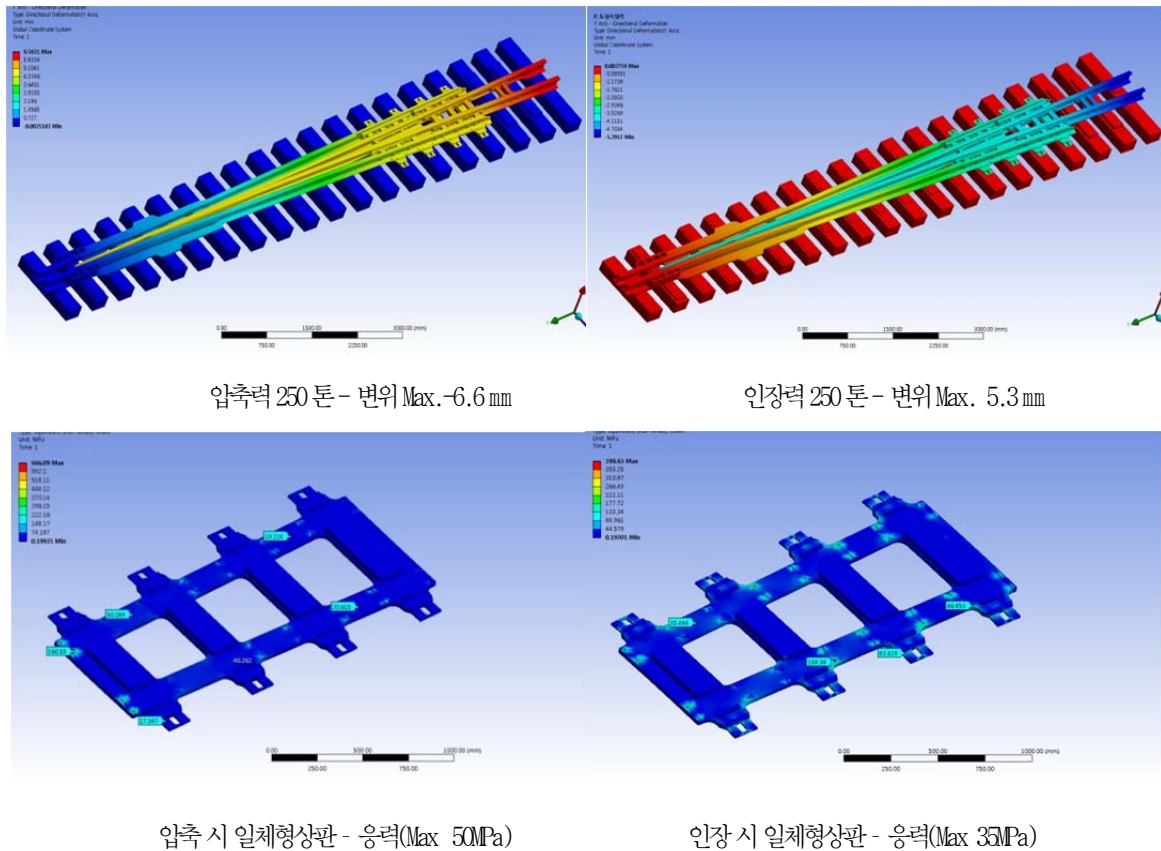
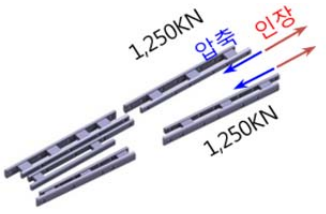
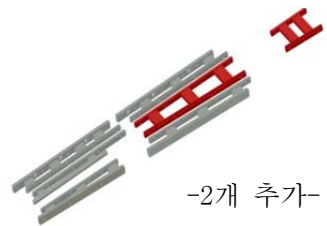
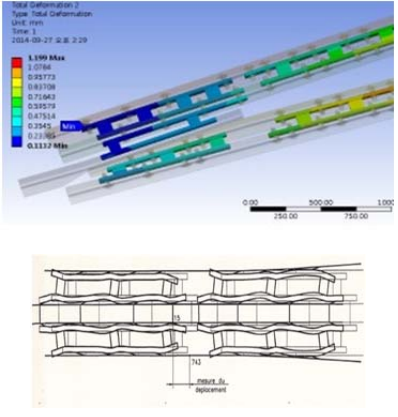
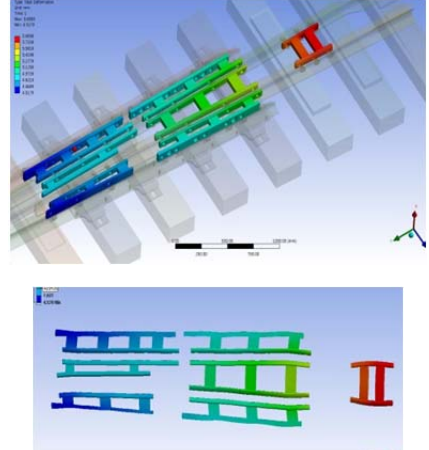
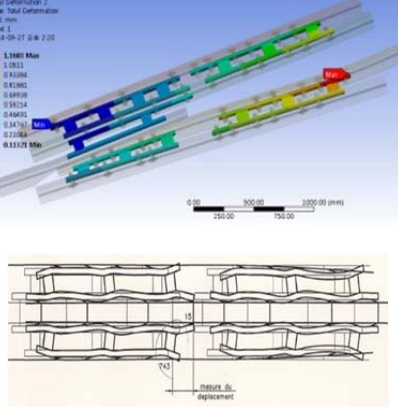
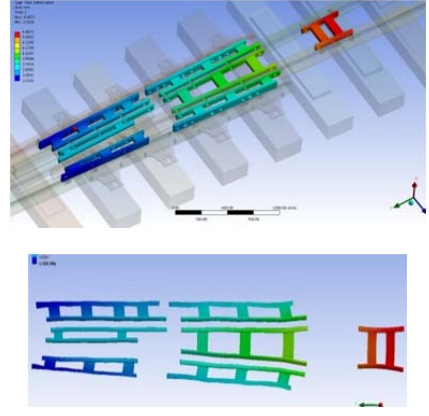


Table.3 The result of FEM analysis

구분	개량전	개량후	평가
간격재 형상		 <p>-2개 추가-</p>	<p>궤간기준 (횡방향 +3, -2mm)</p>
변위량 (압축력)	 <p>프랑스. Cogifer 제공계산서</p> <p>종방향 1.2mm (횡 +0.23mm)</p>	 <p>종방향 1.3mm, (횡 +0.31mm)</p>	<p>안전</p>
변위량 (인장력)	 <p>종방향 1.1 mm (횡 +0.21mm)</p>	 <p>종방향 1.2mm (횡 +0.22mm)</p>	<p>안전</p>

3. 결론

국내 고속분기기에 사용되는 노스가동 크로싱의 구조를 비교하였고, 몇가지 개량사항을 통하여 고속분기기의 100%국산화를 추진하기위해 텅레일을 국산화 개발하였다. 60E1(UIC60)원레일을 적용 하였고, 두부삭정에 따른 몇가지 구조보강을 실시하여 구조해석을 통하여 안전성을 평가하였다. 설계하중 250톤에 대하여 압축시 변위 -6.6mm, 인장시 5.3mm가 발생하여

크로싱후단 체결장치의 허용신축 변위량내이며, 레일 및 간격재에 발생하는 응력은 재료의 허용응력 이하로써 기존 워레일60E1T2(A74)과 거의 유사한 결과가 발생되어 구조적으로 동등하여 구조상 안전한 것으로 판단된다. 본 과제를 통하여 향후 국내에 적용될 고속분기기는 모든 부품이 100% 국산화가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 크로싱의 상하분리형 구조개량은 유지보수성 측면에서 사용성이 대폭 향상될 것으로 기대된다. 개발품에 대한 객관적 현장사용성과 내구성 검증등을 위하여 철도시설공단 성능검증을 신청하여 2016년 7월경 시험부설을 계획중이다.

후 기

본 연구는 2013년부터 국토교통부 철도기술연구사업으로 추진중인 "고속철도용 분기기 국산화 및 성능개량 기술개발" 과제로 진행되어 현재 시제품 조립중이며, 2017년 6월 과제종료 예정입니다.

참고문헌

- [A1]이우철(Lee Woo Chul)외 3명(2006) 장대레일의 축력 예측에 대한 연구, 한국철도학회 2006년도 춘계학술대회논문집, page(s): 55-60
- [A2]최진유(Choi Jin Yu)외 3명(2006) 현장계측을 통한 교량상 분기기 축력 분석에 관한 연구, 한국철도학회 2006년도 추계학술대회논문집, page(s): 1-4
- [A3]김인재(Kim In-Jae)외 3명(2007) 교량 상 분기기 축력 및 변위해석, 한국철도학회 2007년도 춘계학술대회논문집, page(s): 17-22
- [A4]최일윤(Il-Yoon Choi)외 2명(2009) 장대레일 부가축력 및 변위 특성, 한국철도학회 2009년도 추계학술대회논문집, page(s): 1955-1963