2017 년도 한국철도학회 추계계학술대회 논문집 KSR2017A119

KR형 레일 체결 스프링 최적화 사양 설계에 관한 연구

A study on the design specification of KR type rail fastening spring

한진규*†, 박성수*, 김원영*

Jin-Gyu HAN†, Sung-Su PARK, Won-Yeong KIM

초 록 본 연구에서는 기존 KR형 레일 체결 스프링 대비 종방향 저항력을 낮추고, 꺽임각 등에 의해 발생하는 상향력을 수용할 수 있는 레일 체결 스프링을 최적화 하고자 하였다. 변위에 따른 하중의 민감도를 줄이기 위해 형상을 변경하여 상수를 감소하고자 하였으며, 기존의 형상을 유지한 상태에서 상수를 감소시키기 위한 설계 변수를 지정하였다. 레일 체결 스프링 최적화 설계 목표로써, 타 선진 제품 이상의 수준으로 성능을 만족시키기 위해서 벤치마킹을 진행하였고, 설계 변수에 따라 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 유한요소해석(FEM)을 통해서 검증하였다.

주요어 : KR형 레일 체결 스프링, 상수, 설계변수, 최적화, 유한요소해석(FEA)

1. 서 론

국내에서 독자적으로 개발된 레일체결 장치는 기업의 독점, 과도한 경쟁 등을 방지하기 위하여 일체의 참여기업 없이 개발 되었으며, 개발 후 설계도면, 사양 등을 공개하고, 제작을 희망하는 국내 기업에 통상 실시권을 주어 기업 간의 공정한 경쟁을 할 수 있도록 하였다. 국외 레일체결 장치와 비교하여 동등 이하 가격으로, 레일체결 장치를 개발 하였으나, 대량 생산이 가능한 국외 기업의 가격 정책에 따라 국내 기업에서 제작을 포기하는 경우가 발생할 수 있다. 이에 따라 현재 개발 되어 있는 레일체결장치의 가격 경쟁력 향상을 위해 제품의 강건화 및 경량화가 필요하다.

본 연구에서는 레일 체결 스프링의 최적화 사양 설계를 위해서 기존 KR형 및 국외사 레일 체결 스프링에 대해서 ABAQUS 소프트웨어를 이용하여 FEM 해석을 실시하였으며, 응력 계측 실험을 통해서 이를 검증하였고, 형상 변경을 통하여 최적화 하였다.

† 한진규 : 대원강업(주) 기술연구소 기술1팀 책임연구원 (jghan@dwku.com)

*박성수 : 대원강업(주) 기술연구소 기술1팀 주임 연구원

*김원영 : 대원강업(주) 기술연구소 기술2팀 연구원

2. 레일 체결 스프링 해석 및 해석 검증

레일 체결 스프링의 초기 체결 및 유지 상태, 차량주행 시 각 조건에서의 응력해석 및 계측을 진행하여 응력의 크기, 변화량, 응력 분포등을 파악하고자 하였다.

2.1 해석 조건 및 방법

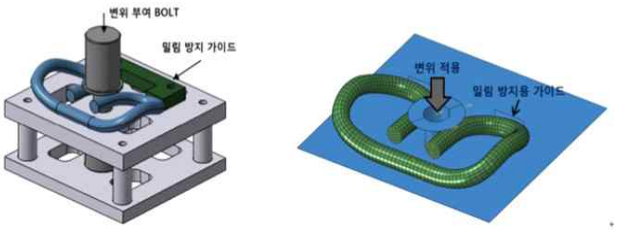

Fig. 1 레일체결 스프링 체결 조건 시험 및 해석 방법

Fig.1과 같이 레일체결 스프링 체결조건과 유사하게 볼트부에 변위를 적용하여 레일 체결 스프링이 압축 되었을 때 받는 하중 및

응력을 예측 하고자 하였다. 해석결과의 검증을 위해 시험용 지그를 제작하여, 같은 조건에서 해석을 진행 하였으며, 해석툴로는 ABAQUS 소프트웨어를 사용하였다. 레일 체결 스프링의 소재는 SUP9A로, 인장시험을 통하여, 기계적 물성을 확보 하였다.

2.2 해석 결과

동일한 응력기준으로 변위 및 하중을 비교하였으며, KR형의 경우 볼트를 7.7mm 압축하였을 때, 레일 체결 스프링의 끝단 변위는 10.0mm 이동하였으며, 이때 볼트부에 17.6KN의 하중이 발생하였다. 최대응력은 벤딩부에 1,139MPa의 응력이 발생하였다.

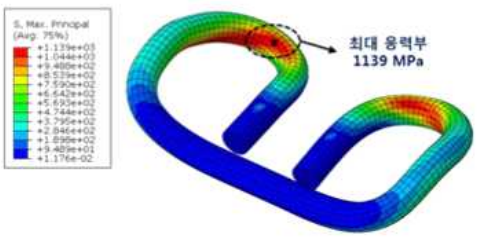

Fig. 2 KR형 레일체결 스프링 해석 결과

국외사 레일 체결 스프링의 경우 볼트변위가 9.6mm 일 때, 레일 체결 스프링의 끝단 변위는 12mm 이동하였으며, 이때 볼트의 반력은 19.8KN이 발생하였으며, 최대응력은 1,213MPa이 발생하였다.

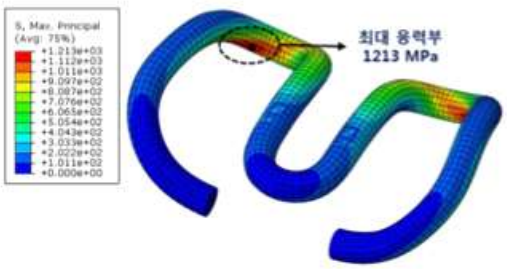

Fig. 3 국외사 레일체결 스프링 해석 결과

2.3 해석 검증

Fig.1과 같이 지그를 제작하여, 볼트부에 변의 가할 수 있도록 하여 시험을 진행하였으며, KR형의 경우측정결과 및 해석결과를 비교하였을 때, 해석 결과가 약 6% (1.86KN) 높은 결과를 보였다. 약간의 오차는 발생하였지만, 거의 일치하는 경향을 보였다. (Fig.4)

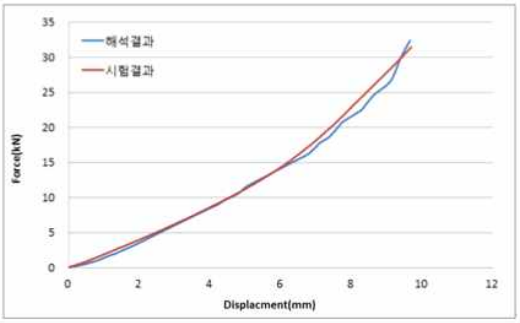

Fig. 4 KR형 체결 스프링 변위-하중선도 비교

국외사의 경우 측정결과와 해석결과를 비교하였을 때, 6mm의 변위까지는 거의 일치하지만, 이후에는 오차가 매우 크게 발생하였다. 이는 실제 측정 제품에서는 볼트와 접촉되어 있는 부분이 연마가 되어 있지만, 해석시에는 이 연마면을 반영하지 않아 비선형적인 접촉에 에 의해서 하중이 급격하게 증가함을 보였다. (Fig.5)

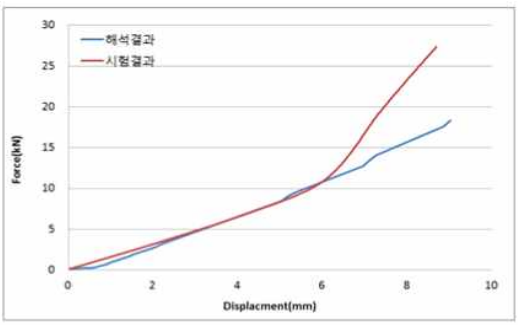

Fig. 5 국외사 체결 스프링 변위-하중선도 비교

3. KR형 레일 체결 스프링 최적화

3.1 최적화 목표

종방향 저항력을 낮추고, 꺽임각 등에 의해

발생하는 상향력을 수용할 수 있는 체결 스프링을 개발 하여, 국외사 동등 이상 수준으로 최적화 하였다.

3.2 설계변수 선정

Fig.6 과 같이 길이(l), R1, R2, 높이(h)를 설계변수로 선정하여, 각각 설계변수에 따라 어떠한 영향을 미치는지를 확인하기 위해 치수를 변경해가면서, 해석을 진행 하였다.

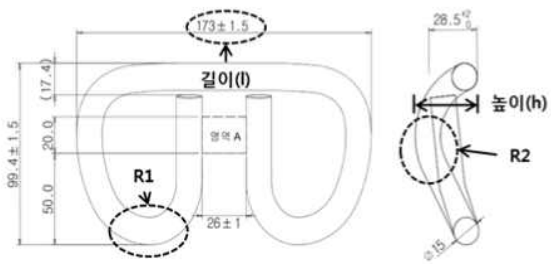

Fig. 6 KR형 레일 체결 스프링 설계변수 선정

해석의 진행은 선정한 설계변수의 값을 변경하면 3D모델링 및 해석이 가능한 전용 템플릿을 개발하여 진행 하였다. (Fig.7)

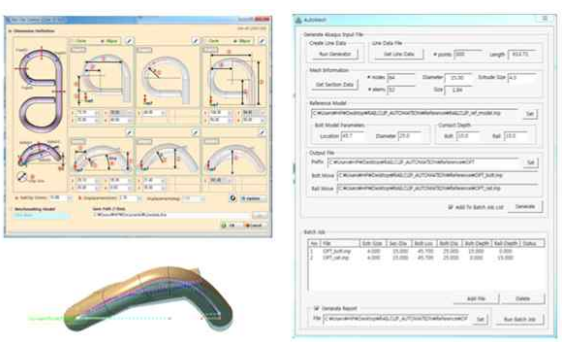

Fig. 7 KR형 체결 스프링 해석 전용 템플릿

3.3 최적화 결과

각 설계변수별로 치수를 변경해가면서, 해석 진행을 한 결과 Fig.8과 같은 형상을 가졌으며, 해석 결과는 변위를 17mm 가했을 때, 스프링에 발생하는 하중은 9.4KN으로 기존 형상에 비해 3KN 감소하였으며, 최대응력은 1,236MPa가 발생하였다. 이 결과는 국외사 제품보다 상수가 낮으며, 종방향 저항력을 저감 됨을 보였다. (Fig.9)

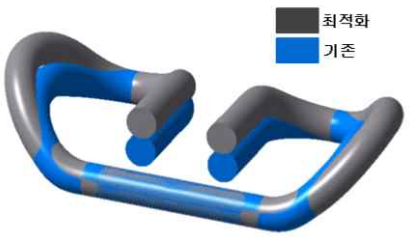

Fig. 8 KR형 레일 체결 스프링 최적화 형상

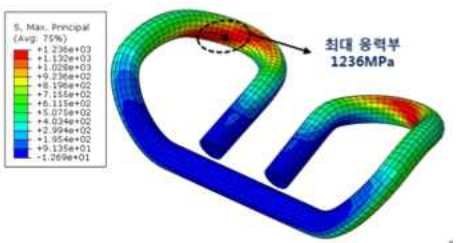

Fig. 9 최적화 형상 해석 결과

4. 결 론

본 논문에서는 기존 KR형 레일 체결 스프링 대비 종방향 저항력을 낮추고, 꺽임각 등에 의해 발생하는 상향력을 수용할 수 있는 레일 체결 스프링을 최적화 하고자 하였다. 이를 위해서 기존 KR형 레일 체결 스프링에 대해서 FEM해석을 진행 하였고, 응력 계측 실험을 통해서 이를 검증하였다. 국외사 제품에 대해서 해석 및 실험을 통해서, 최적화에 대한 목표를 설정하고, 설계변수를 설정하여, 해석을 통해서 최적화 사양에 대한 형상을 도출하였다. 이를 통해 국외사 제품보다 개선된 성능의 체결 스프링 개발이 기대된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 산업 핵심 기술 개발 사업 (과제명:강성 변화율이 낮은 탄성 패드 및 교량용 특수 레일 체결 장치 개발, 과제번호:10060285)의 지원으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.