

고속철도차량 갱웨이 벨로우즈의 리그피로시험 조건 분석

Analysis of Rig Fatigue Test Condition Gangway Bellows for the High-Speed Railway Vehicle

김철수*, 안승호**, 허원***, 정광우†

C. S. Kim*, S. H. Ahn**, C. S. Woo***, W. Her, K.W. Chung†

Abstract The fatigue failure of the bellows of the articulated type high speed train (HST) has a harmful effect on the riding comfort for the passengers with the increase of noise and ringing in the ears due to airtightness failure during pass through a long tunnel. In this study, to assure the safety of gangway bellows of the HST, non-linear analysis of the gangway bellows considering triaxial angular displacement(rolling /yawing/pitching) between the carriage end parts are performed. Moreover, from the results of non-linear analysis, the accelerated condition of the rig test is proposed.

Keywords : High-Speed Railway Vehicle, Gangway Frame, Gangway Bellows, Finite Element Analysis

초 록 갱웨이 벨로우즈는 관절형 고속철도차량 곡선주행시 객차 끝단부 사이에 다양한 변위차를 고려하여 갱웨이 프레임에 장착된 이중 주름구조 네오프렌 고무부품이다. 본 연구에서는 고속철도차량 갱웨이 프레임의 안전성 연구일환으로서, 3축 회전변위(롤링, 요잉, 피칭 변위차)조건 및 혼합모드(롤링+요잉)조건하의 갱웨이 벨로우즈의 구조해석 결과로부터, 리그 시험(피로시험)의 가속 조건을 제안하고자 한다..

주요어 : 고속철도차량, 갱웨이벨로우즈, 갱웨이프레임, 고무, 유한요소해석

1. 서 론

고속철도차량 갱웨이 벨로우즈는 곡선 및 터널 주행시 차량한계 이내에서 3축 회전 각변위(롤링, 요잉, 피칭)모드조건하에 공기 기밀성(air tightness) 유지와 소음을 차단하는 중요한 역할을 한다. 벨로우즈의 피로파손은 터널 통과시 기밀 파손으로 인한 이명 현상 발생(예: 고속/터널주행시 심각) 및 소음 증가로 승객의 승차감에 심각한 영향을 미치므로 이에 대한 건전성 평가가 중요하다.

† 교신저자: 한국교통대학교 철도대학 철도운전시스템공학과 (ckw1201@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 철도대학 철도차량시스템공학과

** 한국교통대학교 철도대학 철도운전시스템공학과

*** (주) 브이이엔지

현재까지 안전성 인증위한 관련 법규에서도 본 벨로우즈는 이의 화재성능과 기본 재료특성을 평가하는 수준에 머물러 있다. 따라서 본 연구에서는 이의 안전성 검토 연구일환으로서, 차량한계 및 풍압을 고려한 각각의 3축 회전과 혼합모드조건하에 고속철도차량 갱웨이 벨로우즈의 비선형 해석결과로부터 실물 리그시험의 시간단축을 위하여 가속화된 시험조건을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 비선형 해석결과

Fig. 2는 가장 심각한 하중조건으로 예상되는 혼합모드(롤링+요잉)조건하에 벨로우즈의 코너부 중심에서 최대 주변형률(maximum principal strain) 분포를 나타낸 것이다. 유한요소모델은 벨로우즈의 코너부분을 8절점육면체(C3D8H)로 구성하였으며, 총 요소수와 노드수는 각각 196,645, 163,759개이다. 최대 주변형률은 각 주름의 접합지점과 주름 내측 꼭지점에서 발생하였다. 가장 심각한 하중모드는 롤링모드(최대 주변형률: 0.738)과 롤링+요잉혼합조건(최대 주변형률: 0.765)으로서, 다른 조건들보다 크다. 따라서 가장 심각한 손상을 일으키는 주요모드는 롤링 및 혼합(롤링+혼합)조건이므로 이를 리그피로시험조건에 반영해야 할 것이다.

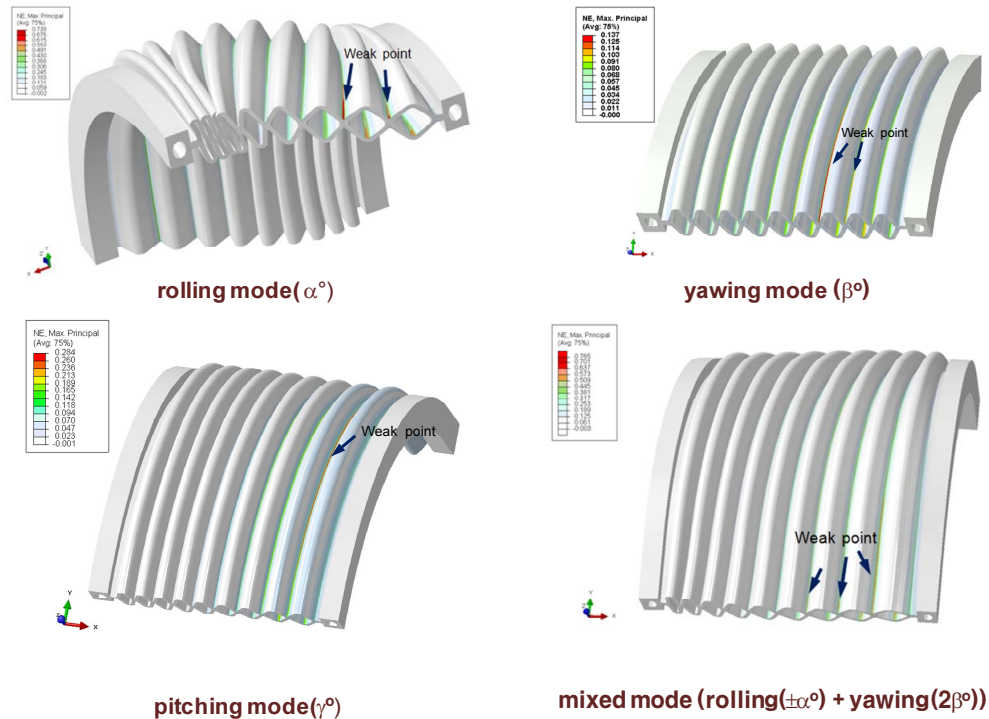


Fig. 1 Max principal strain distribution of gangway bellows under rotating angular displacement

2.2 리그시험 가속조건

Fig. 1의 비선형응력해석결과로부터 표 2의 기존 리그피로시험조건은 가속한 회전각도 조건(롤링 및 혼합모드)만을 고려하여 조정하면, 표 3과 같다.

표 2 기존 리그피로시험 조건[7]

| Sequence | Applied angular displacement condition | No. |
|----------------------|--|-----|
| 1 | Rolling ($\pm\alpha$ °) | N1 |
| 2 | Yawing (0.5β °) | N2 |
| 3 | Yawing (β °) | N3 |
| 4 | Yawing(β °) + Rolling($\pm\alpha$ °) | N4 |
| 5 | Pitching(γ °) | N5 |
| Total step (1 Block) | | 80 |

표 3 리그피로시험 가속조건

| Sequence | Applied angular displacement condition | No. |
|----------------------|---|-----|
| 1 | Rolling ($\pm\alpha$ °) | N6 |
| 2 | Yawing(2β °) + Rolling($\pm\alpha$ °) | N7 |
| Total step (1 Block) | | 80 |

3. 결 론

본 연구에서는 관절식 고속철도차량 갱웨이 프레임사이에 장착된 난연성 고무 벨로우즈의 안전성 검토의 연구일환으로 비선형 구조해석을 수행하고 실물 리그피로시험 조건을 제안하였다. 현재까지 표준화 규격이 없는 본 갱웨이 벨로우즈의 해석 기술을 확보하여 특성 예측 및 설계능력을 향상 시킴으로서 제품개발의 경제적 비용을 줄일 수 있었다고 판단된다. 향후에 이를 바탕으로 최적설계 및 내구성평가가 수행되어야 할 것이다.

후기

본 연구는 미래철도기술개발사업의 연구일환으로 국토교통부의 연구비지원을 받아 수행한 연구입니다.

참고문헌

- [1] J. H. Kim, H. M. Hur, "A Study on the Change of the Fatigue Life and The Fracture Morphology Due to the Carbon Black on the Natural Rubber for Vibration-Proof", Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 8, No. 1, pp.21-26, 2005.
- [2] C. S. Woo, H. S. Park and D. C. Park, "Characteristics and Useful Life Prediction of Rubber Spring for Railway Vehicle", Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 10, No. 2, pp.211-216, 2007.

- [3] C. S. Woo, W. D. Kim, J. D. Kwon, "A Study on the Fatigue Life Prediction and Evaluation of Rubber Components for Automobile Vehicle", Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, Vo. 13. No. 6, pp.56-62, 2005.
- [4] W.V. Mars, , A. Fatemi, "A literature survey on fatigue analysis approaches for rubber", International Journal of Fatigue, Vol. 24, pp.949-961, 2002..
- [5] M. Mooney, "A Theory of Large Elastic Deformation", Journal of Applied. Physics. Vol. 11, pp.585-592, 1940.
- [6] R. W. Ogden, "Non-linear Elastic Deformation", Dover Published, INC., Mineola, New York. 1984.
- [7] Hyubdai-Rotem, "Gangway Bellows", KTX-II Internal Report, 2009.