

바이모달 트램용 2단 감속기어장치의 개선설계

Design improvement of the reduction gear unit for the bi-modal tram

*,#김연수¹, 목재균¹, 임송규¹, 김태형²

*,#Y. S. Kim(yskim@krii.re.kr)¹, J. K. Mok¹, S. G. Leem¹, T. H. Kim²

¹ 한국철도기술연구원 바이모달 수송시스템연구단, ² 다이모스 P/T 선행연구팀

Key words : Bi-modal tram, Reduction gear unit

1. 서론

트램(tram, streetcar, 노면전차)은 크게 철제차륜 트램과, 고무타이어를 주행륜으로 사용하면서 전용궤도와 일반도로를 모두 주행할 수 있는 고무차륜 트램(바이모달 트램)으로 분류된다. 국내에서는 2003년부터 철도의 정시성과 친환경성, 버스의 유연성을 결합한 CNG 하이브리드 구동형 바이모달 트램 차량을 개발하고 있다. 바이모달 트램은 노약자, 장애인 등 교통약자의 이동편의 증진을 위해 저상차량으로 설계되었고, 차체의 저상화와 곡선부에서의 노선 추종성능의 향상을 위해 모든 구동륜은 각각의 분산구동형 모터-감속기에 의해 독립적으로 구동되도록 개발되고 있다. 바이모달 트램용 분산구동장치의 감속기어장치는 2단의 헬리컬 기어로서 2량 1편성에 필요한 속도와 토크에 알맞도록 개발되었다. 1차 시제품을 설계·제작하여 시험평가를 수행하였으나, 바이모달 트램의 성능향상을 위해서는 감속기의 경량화와 전달토크 증대가 요구되었다. 본 논문에서는 바이모달 트램용 감속기어장치(1차 시제품)의 상세설계 및 시험평가 결과를 바탕으로 경량화와 성능개선을 위한 2차 시제품을 설계·제작하고, 이에 대한 평가를 수행하였다.

2. 바이모달 트램

바이모달 트램은 버스의 유연성 및 경제성, 철도의 정시성 및 친환경성을 결합시킨 신교통시스템이다. 교통약자의 이동편의 증진을 위한 저상차체, 환경개선을 위한 직렬형 CNG 하이브리드 추진, 곡선 추종성 향상을 위한 전체차륜조향(All Wheel Steering)과 분산구동장치, 자동운전 구현을 위한 전자기 안내장치(Frog Navigation)를 이용하여 Fig. 1과 같이 2량 1편성으로 개발되고 있으나, 향후 승객수송수요에 따라 2~4량까지 증결편성될 수 있다. Table 1은 감속기어장치 설계와 관련된 바이모달 트램의 주요사양을 보여준다.



Fig. 1 Bi-modal tram vehicle

Table 1 Specifications of the bi-modal tram



Items	Specifications
length × width × height	18,000×2,490×3,240 [mm]
floor height from the track surface	340 [mm]
tare weight	17,600 [kg]
maximum weight	25,075 [kg]
climbing capacity	12 [%]
maximum running speed	80 [km/h]
maximum acceleration	1.2 [m/s ²]
maximum deceleration	1.2 [m/s ²]
gear ratio	14.42:1
wheel diameter	1.042 [m]

3. 감속기어장치의 개선설계

감속기어장치의 개선설계(2차 시제품)는 1차 시제품에 대한 상세설계, 성능 및 내구시험 결과를 바탕으로 주요사양을 수정 보완하여 수행되었다. 즉, 바이모달 트램 차량의 경량화를 위해 감속기어장치 케이스의 재질변경, 전달하는 토크의 용량증대를 위한 기어 치폭증대에 중점을 두었다.

Table 2는 감속기어장치 케이스에 대해 1차 시제품과 2차 시제품을 비교한 것이다. 2차 시제품의 케이스는 주조성, 가공성, 내식성, 내압성, 그리고 기존 1차 시제품의 구상흑연주철에 대한 중량감소 등을 고려하여 알루미늄합금(KS D 6008의 AC4C-T6)으로 설계·제작되었다.

Table 2 Case of 1st and 2nd prototype

	1st prototype (case)	2nd prototype (case)	remark
shape			
materials	Nodular Cast Iron	Aluminum Alloy	
weight	80.5kgf	38.9kgf	-41kgf (51%)



4종의 헬리컬기어는 고속 고하중을 견딜 수 있도록 충분한 강도와 열처리 성능을 가진 소재(SCM822H)를 적용하여 설계·제작되었다. 모든 기어는 금형을 이용하여 단조로 소재개발이 되었다. 1차 시제품에 비해 2차시제품의 기어 4종은 전달토크 용량 증대를 위해 치폭 10mm를 증대시켰다. Fig. 2는 감속기어장치 2차시제품에서 사용된 4종의 헬리컬기어들을 보여준다.



Fig. 2 Helical gears in the 2nd prototype

Table 3은 감속기어장치를 구성하는 4종의 헬리컬기어에 대한 1차 시제품과 2차 시제품을 비교한 것이다. Table 2에서와 같이 새로이 개발된 알루미늄합금재 케이스와 Fig.2와 같은 4종의 헬리컬기어, 그리고 베어링 등 각종 부품들을 모두 조립한 결과 감속기어장치 2차시제품은 1차시제품에 비해 전달토크는 24% 증대, 중량은 24% 감소 효과를 가졌다.

Table 3 Comparison of 1st and 2nd prototype

	1st prototype	2nd prototype	remark
shape			
maximum torque	222Nm, 1835rpm	278Nm, 1835rpm	24%↑
gear ratio	14.4 : 1	←	
weight	144kgf	110kgf	-34kgf (24%↓)

4. 결과 및 토의

2차시제품의 케이스와 4종의 헬리컬 기어에 대한 품질검사는 Fig. 3과 같은 초정밀 3차원 측정기를 사용하여 설계도면 및 검사기준서에 따라 제작 완료 후 도면상의 전 항목 가공치수를 측정하여 설계상의 요구 조건을 만족하는지 여부를 확인하였다. Fig. 4는 2단의 출력축 기어(outgoing gear)에 대한 치형측정 결과의 일부를 보여준다.



Fig. 3 3-dimensional scanner to evaluate the 2nd prototype

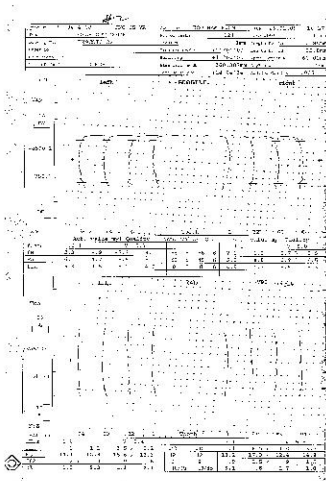


Fig. 4 Measuring results for tooth profile of the outgoing gear

Fig. 5는 1차 시제품과 2차 시제품의 폭을 비교한 것이다. 경량화를 위한 케이스 재질변경, 전달 토크 증대를 위한 치폭 증가로 인해 2차 시제품의 폭은 1차 시제품과 비교하여 13mm 증대되었다. 바이모달 트램 차량에서 2축과 3축에 각각 감속기어 장치가 설치되기 때문에 폭 증가로 인한 간섭이 발생하지 않도록 해야 한다. 3축에서는 간섭이 발생하지 않았으나, 2축에서는 차체를 일부(휠커버 부위) 수정해야할 필요성이 있었다. 그러나, 개선된 감속기어장치의 효과(경량화 및 전달토크 증대)가 차체의 수정보다 큰 이점이 있으므로 설계개선이 채택되었다.

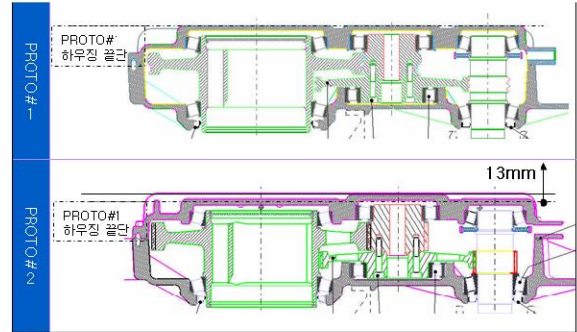


Fig. 5 Comparison for width of the 1st and 2nd prototype

5. 결론

2단의 헬리컬기어로 구성되는 CNG 하이브리드 구동형 바이모달 트램용 감속기어장치의 1차 시제품의 상세설계 및 시험평가 결과를 바탕으로 2차시제품을 설계·제작하였다. 2차 시제품은 1차시제품에 비해 전달토크는 24% 증대, 중량은 24%가 감소되었다. 또한 각종 치수 및 치형측정을 통해 바이모달 트램에 사용가능할 것으로 판단되었다. 향후, 전용시험기에서의 성능 및 내구시험, 그리고 차량에 설치한 후 주행시험을 통해 동력전달성능 및 내구도를 확인할 예정이다.

후기

본 논문은 신에너지 바이모달수송시스템 기술개발의 일환으로 한국철도기술연구원과 (주)다이모스가 공동개발한 감속기어 장치에 관한 내용입니다.

참고문헌

1. 김연수, 목재균, 장세기, 홍용기, 김용기, 김진완, 김태형, "바이모달 트램용 감속기어장치의 무부하 성능평가," 한국철도학회, 2008년도 추계학술대회 논문집, 2008.
2. 한국철도기술연구원, 신에너지 바이모달 저상굴절차량 개발 연구보고서, 2009.