

고속철도 차량용 감속기 부하시험을 위한 파라미터 분석

강지성*, 박성호*, 최성수**

*한국산업기술시험원

**한국철도공사

e-mail: jisung58@ktl.re.kr

Analysis of Parameters of Reduction Gear for High Speed Train

Jisung Kang*, Sungho Park*, Sungsoo Choi**

*Korea Testing Laboratory

**Korea Railroad

요약

현재 운영 중인 한국철도(Korail)의 동력분산식 고속철도 차량 감속기는 카르단 구조로 헬리컬 기어 한 쌍이 맞물려 모터 동력을 차축으로 전달한다. 본 논문은 동력분산식 고속철도 차량 감속기의 운영환경을 모사한 Lab. test를 수행하기 위해 감속기에 부하되는 견인토크 및 제동토크를 계산한 결과를 수록하고 있으며 이를 통해 Lab. test를 위한 절차를 수립하고자 한다.

1. 서론

현재 중앙선 등에서 운행되고 있는 고속철도 차량(KTX-이음)의 요구 견인력은 220 kN을 상회한다. KTX-이음의 경우 4M-2T를 기본으로 편성을 이루고 있으며 동력차 4량에 탑재된 견인모터 8기가 차량의 견인을 담당하고 있다. 감속기는 견인모터의 회전력을 차축에 전달하므로 차량 견인토크에 대한 내구성이 요구되며, 차량의 주행 시 발생하는 주행저항과 마찰제동에 의한 제동력은 차축의 회전력을 제한하여 감속기에 부하를 준다. [1]은 KTX-이음에 탑재되는 감속기의 기어 안전계수 계산을 통해 적용된 헬리컬 기어가 견인전동기 구동 조건에 적합함을 보였다. 본 논문은 감속기가 당면하게 되는 특정 상황에서의 부하 토크를 계산하고 이를 시험적으로 구현하기 위한 파라미터를 도출하고자 한다.

[표 1] KTX-이음 감속기 부하조건 도출을 위한 기본 정보

구분		정보
편성(6M2T)		Tc1+M'1+M1+M2+M'2+Tc2
최대가속도	a_{max}	0.55 m/s ²
최대감속도	d_{max}	0.99 m/s ²
만차중량	W2	348 ton
최고속도	v_{max}	286 km/h
신조차륜직경	D_n	890 mm
마모차륜직경	D_w	780 mm

2. 열차 견인력 및 제동력에 따른 감속기 부하 계산

감속기는 차량의 차축과 조립되어 모터 출력축에 연결된다. 따라서 차축 및 모터 출력축에서 전달되는 제동력과 견인력이 주된 부하요소로서 이에 대한 계산과 계산된 조건에서의 성능 입증 필요하다.

2.1 열차 견인력에 따른 감속기 부하토크 계산

열차 견인력에 따른 부하토크는 열차가 최대 견인력을 필요로 하는 정지 상태에서 출발하는 상황을 모사해 감속기에 전달되는 견인토크를 계산한다. 열차 한 편성을 정지상태에서 견인하기 위한 견인력은 225.5 kN이 요구되며 다음의 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$F_p = W_{dyn} \times a_{max} \times r_s \dots\dots\dots (1)$$

여기서, W_{dyn} 은 열차의 관성중량, r_s 는 열차의 출발저항계수이다. 열차 견인력에 따라 감속기에 부하되는 토크는 5.11 kN·m이며 다음의 식(2)와 같이 계산한다.

$$\tau_g = \frac{(F_p / N_m) \times r_w}{n} \dots\dots\dots (2)$$

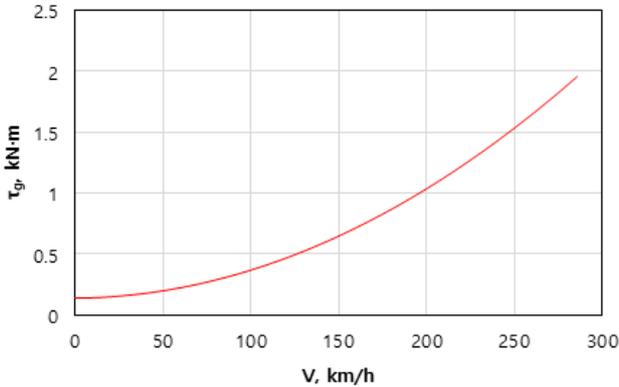
여기서 N_m 은 모터의 개수, r_w 는 차륜 반경, n 은 기어비이다.

2.2 열차 주행저항에 따른 감속기 부하토크 계산

열차의 주행저항은 열차가 평탄선로를 달릴 때 발생하며 차축과 베어링 사이의 마찰저항, 차륜담면과 레일 사이의 마찰저항, 차량 동요에 의한 저항, 공기저항으로 구분할 수 있다. 이 저항은 다음의 식(3)과 같이 열차의 속도(V)에 비례하여 증가한다.

$$R = a + bV + cV^2 \dots\dots\dots (3)$$

주행저항에 따라 감속기에 부하되는 토크(τ_g)는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 주행저항에 따른 감속기 부하토크(τ_g)

2.3 열차 제동력에 따른 감속기 부하토크 계산

KTX-이음 차량의 제동디스크는 차축에 압입되어 제동 시 제동력에 따른 부하 토크를 감속기에 전달한다. [표 2]는 식(4)에 따라 차량의 속도별로 계산된 제동력이다.

$$\tau_g = \left(\frac{F_B \times \mu_m \times N_d \times n_{wd}}{2} \right) \times r_d \dots\dots\dots (3)$$

여기서, F_B 는 제동디스크에 가해지는 압부력, μ_m 은 디스크와 패드 사이의 평균마찰계수, N_d 는 디스크의 개수, n_{wd} 은 휠과 디스크 반경 비율, r_d 는 디스크 반경이다.

[표 2] 제동력에 따른 감속기 부하토크

속도 (km/h)	부하토크 (kN·m)
$V \leq 170$	7.46
$170 < V \leq 230$	6.27
$230 < V \leq 300$	5.48

3. 결론

본 논문에서는 KTX-이음 차량용 감속기 부하시험 구성을 위한 파라미터 분석을 위해 감속기에 이상 토크가 부하되는 시나리오를 도출하고 각 시나리오에서의 부하토크를 계산해 부하시험을 계획하고자 하였다. 각 시나리오에서 부하토크를 계산한 결과는 다음과 같다.

- (1) 출발저항에 따른 부하토크 계산 결과 : 5.11 kN·m
 - (2) 주행저항에 따른 부하토크 계산 결과 : 1.96 kN·m
 - (3) 제동력에 따른 부하토크 계산 결과 : max. 7.46 kN·m
- 따라서 KTX-이음 차량용 감속기 부하시험을 위해선 위의 계산된 부하토크를 가했을 때 감속기가 안정적으로 동작되는지 확인할 수 있도록 시험계획 수립이 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 일환으로 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(22RTRP-B148870-05)으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] ISO 6336-2:2006 “CALCULATION OF LOAD CAPACITY OF SPUR AND HELICAL GEARS – PART 2: CALCULATION OF SURFACE DURABILITY (PITTING)”
- [2] ISO 6336-3:2008 “CALCULATION OF LOAD CAPACITY OF SPUR AND HELICAL GEARS – PART 3: CALCULATION OF TOOTH BENDING STRENGTH”
- [3] ISO 6336-5:2016 “CALCULATION OF LOAD CAPACITY OF SPUR AND HELICAL GEARS – PART 5: STRENGTH AND QUALITY OF MATERIALS”