

풍동시험을 통한 고속열차 최적설계 형상의 공기저항 성능평가

Wind tunnel test for Aerodynamic Drag Evaluation of Optimized shape of high-speed train

윤수환^{*†}, 곽민호^{*}, 박춘수^{*}

Su-Hwan Yun^{*†}, Min-Ho Gwak^{*}, Choon-Su Park^{*}

Abstract Shape optimization of a high-speed train is conducted to improve the aerodynamic performance of KTX-Sanchon with a nose shape optimization and an aerodynamic drag reduction technic. The nose shape is optimized about aerodynamic drag, strong wind stability and micro-pressure wave. A bogie-fairing is applied and the height of a power-car is changed to low the aerodynamic drag of a train body. Windtunnel test was conducted to evaluate the aerodynamic drag of the Optimized train shape with a scaled model of 1/30th. The result showed that the aerodynamic drag of the optimized shape was lower than that of the KTX-Sanchon by about 16~18%.

Keywords : High-speed train, Aerodynamics, Aerodynamic drag, Windtunnel test, Shape Optimization

초 록 KTX-산천의 공력성능을 향상시키기 위하여 전두부 최적설계 및 차체 공기저항 저감기술을 적용한 최적형상을 도출하였다. 전두부 최적설계는 공기저항, 강풍안정성, 미기압파에 대한 다목적 최적설계를 수행하였다. 그리고 차체 공기저항 저감을 위해 대차측면커버를 적용하고 동력차 높이를 변화시켰다. 6 량 1 편성의 1/30 축소모형에 대한 풍동시험을 수행하여 각 형상에 대한 공기저항 저감성능을 평가하였다. 그결과, 최적설계된 열차의 공기저항은 KTX 산천 대비 약 16~18% 감소되는 것으로 나타났다.

주요어 : 고속열차, 공기역학, 공기저항, 풍동시험, 형상최적설계

1. 서 론

고속열차의 형상은 외형적 특징뿐만 아니라 공기역학적 특성을 결정짓는 주요인자 중 하나이다. 특히, 주행저항의 80% 이상을 차지하기 공기저항은 고속열차 형상에 매우 민감하게 나타나기 때문에 주행속도 증가나 에너지효율 향상을 위해서 반드시 공기역학 기반의 형상설계가 수반되어야 한다. 본 논문에서는 우리나라 고속열차의 대표적 형상인 KTX산천의 공력성능 향상을 위하여 전두부 최적설계와 차체 공기저항 저감기술을 적용하여 최적형상을 도출하고, 도출된 형상에 대한 축소모형 풍동시험을 수행하여 각각의 공기저항 평가하였다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 고속철도연구본부(shyun@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

2. 본 론

2.1 고속열차 최적설계 형상 도출

KTX산천 외부형상을 기반으로 전두부 다목적 최적설계와 차체 공기저항 저감기법을 적용하여, 총 3종류의 최적형상을 도출하였다(Fig.1). Fig.1(b) D_Min은 KTX산천 형상에서 공기저항을 목적함수로 설정하였다. Fig.1(c) MOpt-S는 D_Min을 기반으로 강풍안정성과 미기압파를 목적함수로 설정하였으며, Fig.1(d) MOpt-L은 D_Min을 기반으로 공기저항, 강풍안정성, 미기압파를 목적함수로 설정하여 최적설계를 수행하였다.

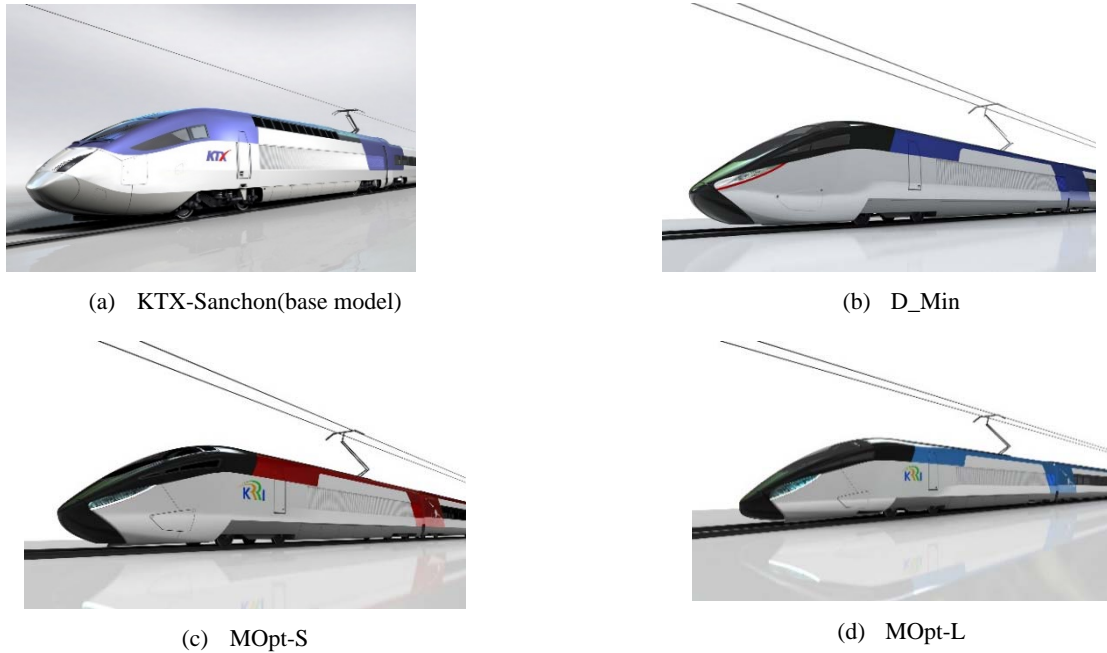
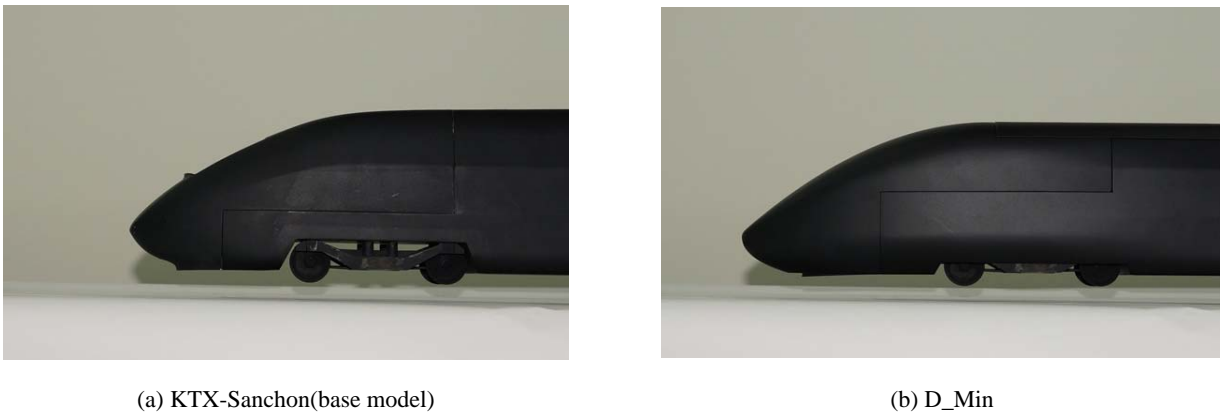


Fig. 1 Nose shape of KTX-Sanchon and Optimized model

2.2 축소모형 풍동시험

고속열차 최적설계 형상에 대한 공기저항 평가를 위해 각각에 대한 풍동시험을 수행하였다. Fig.2와 같이 각 형상에 대한 1/30 축소비율로 동력차(선두차, 후미차) 및 객차 4량으로 구성된 편성열차를 제작하였다.





(c) MOpt-S



(d) MOpt-L

Fig. 2 Nose shape of wind tunnel test model

풍동시험은 한국항공우주연구원의 중형아음속 풍동에서 수행하였다. 풍동시험부의 크기는 폭 4m, 높이 3m, 길이 10m로서 차폐율은 약 0.1% 수준으로 차폐효과에 의한 영향을 없을 것으로 판단된다.



Fig. 3 Wind tunnel test model in the test section

풍속에 따른 각 모델의 공기저항을 Fig.4에 제시하였다. 최적설계 편성열차의 공기저항 곡선은 모두 KTX산천 보다 낮게 나타난다. 각 모델의 정량적인 공기저항 계수를 계산하여 Table 1에 정리하였다. KTX산천의 공기저항 계수는 0.77이며, 10량으로 환산 시 1.09로 예측된다. 최적설계 시험모델(D_Min, MOpt-S, MOpst-L:6량)의 공기저항계수는 각각 0.65, 0.63, 0.63으로 KTX-산천 대비 약 15~18 % 저감되는 것으로 나타난다. 이를 10량 기준으로 환산 시 약 14~16% 저감될 것으로 예상된다.

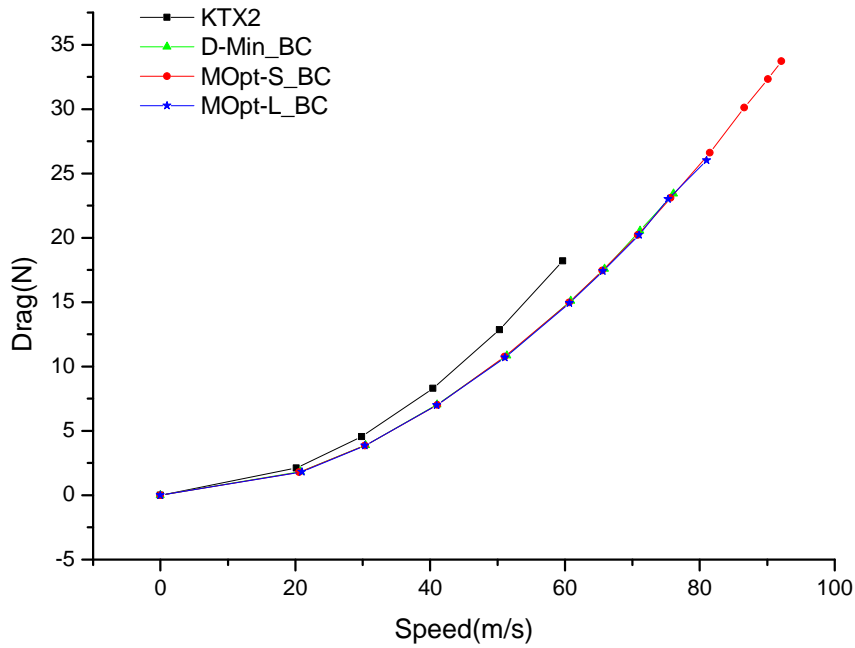


Fig. 4 Aerodynamic drag of the test models as a function of wind speed

Table. 1 Aerodynamic drag of the test models as a function of wind speed

No.	시험모델	시험모델 6량		시험모델 10량 환산	
		공기저항계수	저감율(%)	공기저항계수	저감율(%)
1	KTX-산천	0.77	-	1.09	
7	D_Min	0.65	15	0.94	14
10	MOpt-S	0.63	18	0.92	16
9	MOpt-L	0.63	18	0.92	16

3. 결론

KTX-산천의 공력성능향상을 위해 다목적 최적설계 및 차체 공기저항 저감기술을 적용하여 편성열차 형상을 도출하였다. 도출된 형상에 대해 풍동시험을 수행하여 공기저항 저감효과를 분석한 결과 약 16~18% 공기저항 저감효과가 나타났다.

후 기

본 논문 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원 (과제명:고속열차 효율향상 핵심기술개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Minho Kwak, Suhwan Yun, Yeongbin Lee, Hyeokbin Kwon, et al. (2013) Optimum nose shape of a front-rear symmetric train for the reduction of the total aerodynamic drag, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27 (12), pp. 3733~3743
- [2] Yao, S. B. Guo, D. L. Sun, Z. X. Yang, G. W. Chen, D. W. (2014) Optimization design for aerodynamic elements of high speed trains, *Computers & Fluids*, 95, pp.56-73.