

데이터 기반 접근법을 활용한 브레이크 디스크 고유진동수 예측

유 창 범*·주 성 권·오 병 기

서한기술연구소

Prediction of Brake Disc Natural Frequencies Using a Data-driven Approach

Changbeom Yu* · Seongkweon Joo · Byungki Oh

Seohan Engineering Research Institute

Key words : Brake Disc(브레이크 디스크), Natural Frequency(고유진동수), Design of Experiment(실험계획법), Linear Regression(선형 회귀), Machine Learning(기계 학습)

교신저자, E-mail: 4080684@seohan.com

최근 전동화 추세로 인해 자동차에서 NVH 중요도가 증가하고 있으며 그 중 스켈 소음은 디스크와 그 주변 부품 즉, 캘리퍼, 패드, 너클의 고유진동수가 고주파수 대역에서 커플링되어 발생한다. 스켈 소음 저감을 위해서는 디스크 고유진동수의 모드 간 이격 특히 OPD4(4th Out-of Plane Diametric)와 IPR2(2nd In-Plane Radial) 간의 이격이 중요한 요소이므로 디스크 고유진동수의 정확한 예측이 필수적이다. 본 연구에서는 브레이크 디스크의 주요 형상 변수를 선정하고 실험계획법에 따라 고유진동수 해석을 수행하였다. 획득한 데이터를 기반으로 선형 회귀 분석을 활용하여 고유진동수 예측 모델을 개발하였으며, 이를 통해 디스크 고유진동수 예측 정확성을 확인하고자 한다.

주요 형상 변수는 Fig. 1과 같이 4개로 선정하였고 BBD(Box-Behnken Design) 방법으로 25번의 실험 계획을 수립하였다. 해당 케이스 별 고유진동수 해석을 진행하였고 OPD4 및 IPR2 모드 고유진동수를 Response로 선정하여 Fig. 2와 같은 테이블을 구성하였다. 이 데이터를 토대로 HyperStudy의 RSM(Response Surface Method) 기법으로 고유진동수를 예측하는 회귀 모델을 만들었고 머신러닝 기법 중의 하나인 다중 선형 회귀 방법으로 훈련 데이터에 대한 예측 모델을 만들었다. 두 모델 간 예측 성능을 서로 비교하였고 테스트 데이터에 대한 예측 결과와 실제 결과를 Fig. 3과 같이 비교하였으며 마지막으로 추가적인 해석을 진행하여 새로운 데이터에 대한 예측 모델의 정확성을 확인하였다.

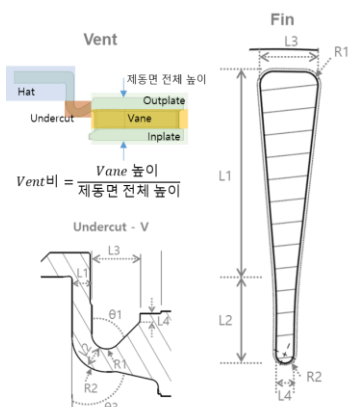


Fig. 1 Design variables of brake disc

BBD	VentH	Fin_L3	UC_th1	UC_L2
1	-1	-1	0	0
2	1	-1	0	0
3	-1	1	0	0
4	1	1	0	0
5	0	0	-1	-1
6	0	0	1	-1
7	0	0	-1	1
8	0	0	1	1
9	-1	0	0	-1
10	1	0	0	-1
11	-1	0	0	1
12	1	0	0	1
13	0	-1	-1	0
14	0	1	-1	0
15	0	-1	1	0
16	0	1	1	0
17	-1	0	-1	0
18	1	0	-1	0
19	-1	0	1	0
20	1	0	1	0
21	0	-1	0	-1
22	0	1	0	-1
23	0	-1	0	1
24	0	1	0	1
25	0	0	0	0

Fig. 2 BBD design table

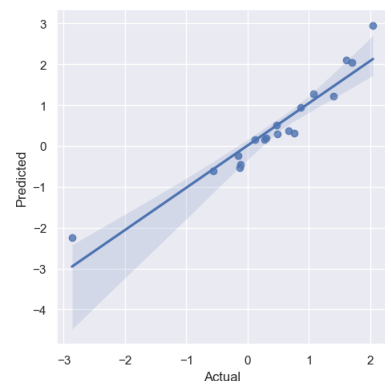


Fig. 3 Prediction vs actual