

MR 댐퍼 성능 예측 프로그램 성능 검증

김 용 진¹⁾ · 강 경 호²⁾ · 이 치 범^{*1)}

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과¹⁾ · 현대로템 융합로봇팀²⁾

Verification Capacity of MR Damper Performance Prediction Program

Yongjin Kim¹⁾ · Kyongho Kang²⁾ · Chibum Lee^{*1)}

Seoul National University of Science and Technology¹⁾, Hyundai Rotem²⁾

Key words : MR damper(MR 댐퍼), FEMM, MATLAB(매트랩), Quasi-Static(준정적), MR fluid (MR 유체), Knee point(포화점)

* 교신저자, E-mail: chibum@seoultech.ac.kr

이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20018369, 수소전기상용차 반능동 헨가시스템용 공통요소부품기술 개발)

본 연구에서는 상용, 승용 자동차에서 사용되는 MR 댐퍼 예측 개발 프로그램의 성능을 검증하였다. 유체의 전단률 당 전단력 그래프에서 유체의 파라미터를 얻어낸 후 MR 댐퍼 성능 예측 프로그램[1]을 통해 얻은 속도-감쇠력 그래프와 실험 데이터와 비교하였다. 비교 과정에서 유체 데이터의 중요도와 경향성을 확인할 수 있다. 프로그램과 실험의 유사성을 보장할 수 있다면 시제품 제작 비용의 절감을 기대할 수 있다.

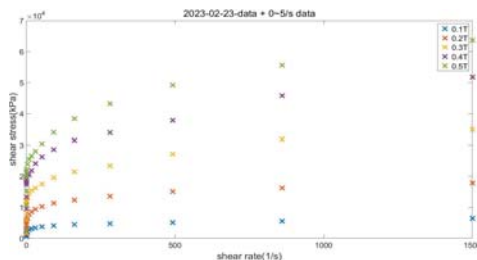


Fig.1 MR fluid Shear rate-stress data

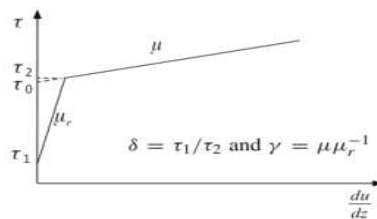
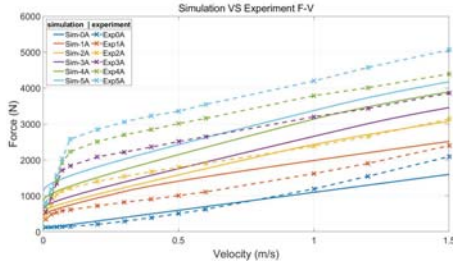
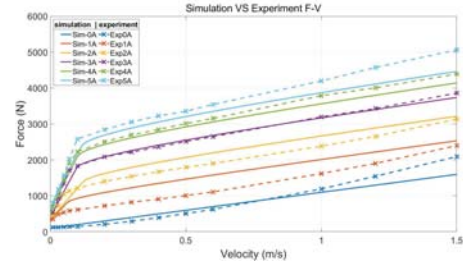


Fig.2 Shear rate-stress Bi-plastic Bingham model

우선 연구에서 Quasi-Static model을 Bi-plastic Bingham 모델에 적용해 double coil MR damper의 감쇠력을 얻었다. Fig. 1은 프로그램에 사용한 유체의 전단률-전단력 데이터이다. 이 데이터를 Fig. 2의 간략 모델에 해당하는 파라미터를 도출하였다. 그 중 항복 응력 τ_1 은 항복응력 비 $\delta (= \tau_1 / \tau_2)$ 에 큰 영향을 미치기에 극저속의 shear rate의 데이터는 매우 중요하다. 항복 응력 τ_1 의 중요도는 식 (1)을 이용한 프로그램의 속도 감쇠력 그래프 중 극저속 전단률을 포함하지 않은 Fig. 3(a), 극저속을 포함한 Fig. 3(b)로 확인 할 수 있다. 실선은 프로그램 데이터 점선은 실험 데이터이다.



(a) without low shear rate



(b) with low shear rate

Fig.3 Damping force w.r.t. damper velocity

Fig. 3를 통해 극저속 shear rate에 대한 실험값의 부재는 속도-감쇠력 그래프서 부정확한 변곡 결과와 감쇠력 데이터의 큰 오차를 보인다. Bi-plasitc Bingham[2] 모델에서 수식은 무차원 변수인 점도비 γ 와 항복응력비 δ 를 이용하여 전개되는데, 항복응력 τ_1 의 영향을 받는 응력비 δ 가 감쇠력 데이터에 큰 영향을 주는 것은 Plastic number 식 (1)에서 3차식으로 입력되는 응력비 δ 로부터 유추할 수 있다. 응력비 δ 에서 고속의 shear rate로부터 계산하는 항복응력 τ_2 는 큰 차이가 없으나, 저속의 shear rate에서 계산하는 항복응력 τ_1 은 극저속 영역의 시험에 따라 크게 달라진다.

$$S_0 = \gamma(2 - 3\delta + \delta^3) \quad (1)$$

추가적으로 기존 연구에 Fig. 4와 같이 식(2)와 같이 관로저항, 마찰력을 추가하여 시험결과(점선)와 프로그램의 예측 결과(실선)가 Fig. 5과 같이 유사한 것을 확인하였다.

$$F_{\min} = CV_p^2 + \frac{12\mu LA_{eff}^2}{wh^3} V_p + F_{friction} \quad (2)$$

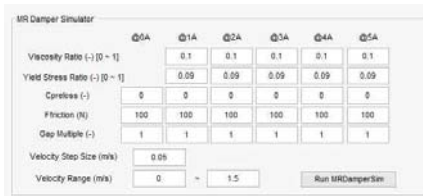


Fig. 4 MR damper input data

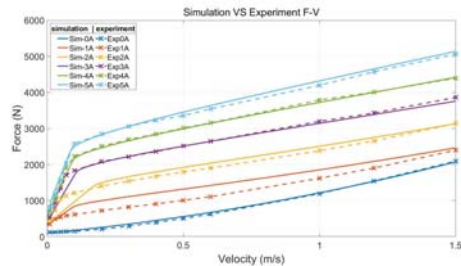


Fig. 5 Simulation vs. Experiment validation

Reference

- [1] Junyoung Jung, Yeonghun You, Chibum Lee, Kyongho Kang, MATLAB-based MR damper design program development using FEMM, Proceedings of Korea Society of Automotive Engineers(2002) Fall
- [2] Janusz Goldasz, Bogdan Sapinski, 「Insight into Magnetorheological Shock Absorbers」, Springer(2015), pp. 51-92