

# 이중질량플라이휠의 개발

## Development of Dual Mass Flywheel

지 태 한\*    정 재 훈\*    송 영 래\*

Jee, Tae Han\*, Jung, Jae Hoon\*, Song, Young Rae\*

Key Word : Dual Mass Flywheel(DMF), Dynamic Damper, Torsional Vibration, Frequency Response Function(FRF)

### Abstract

Generally dual mass flywheel(DMF) is used as a solution to reduce noise and vibration of power train system and to improve the comfortability of passenger car. In this paper, design concept of new DMF model, analytical/numerical model, test procedure and tuning results are presented. Design parameters are studied by some numerical methods and tests. As the result, we can find more efficient model of DMF and reduce vibration level in power train system.

## 1. 서    론

최근의 자동차는 엔진의 고출력, 동력성능 향상 및 경량화의 추세로 발전함에 따라 구동계의 진동과 소음을 더 심하게 유발하므로 이에 대한 적절한 해결 방법이 요구된다. 이중질량플라이휠(Dual Mass Flywheel)은 수동변속기차량의 구동계진동특성을 개선하고 차량의 승차감향상을 위하여 연구되어온 방법들 중 하나로 많은 차량에 적용되고 있다<sup>1)</sup>.

본 연구에서는 이중질량플라이휠의 독자 모델을 개발하기 위한 설계안을 제시하기 위하여, 독자 특허의 고유모델을 제안하였다. 또 이 모델에 대한 이론해석을 수행하여 특성을 평가한 후, 해석모델을 구성하여 특성예측 및 성능을 평가할 수 있는 수치적 해석방법을 개발하였으며, 주요변수에 대한 수치해석을 예시하였고 단품모델을 통한 여러가지 평가를 수행하였다. 또한, 이중질량플라이휠이 구동계의 진동특성에 미치는 효과를 차량상태에서 평가할 수 있는 실차시험모드를 개발하고 현재 개발 중인 시제품

의 주요 설계변수를 튜닝하여 실차에서의 구동계 비틀림진동/소음을 저감시킨 결과를 구하였다.

## 2. 본    론

### 2.1 이중질량플라이휠의 특성

이중질량플라이휠의 기본개념은 Fig.1 에서 보는 바와 같이, 기존 플라이휠(Single Mass Flywheel)의 질량을 2 개로 분리하여 이를 비틀림댐퍼의 양쪽에 배치함으로써 구동계의 진동특성을 변화/조절하는 비틀림진동댐퍼이다. 2 개로 분리된 이중질량플라이휠의 질량중 엔진측의 질량을 1 차질량이라고 하고, 변속기쪽의 질량을 2 차질량이라고 한다. 이중질량플라이휠은 엔진 아이들(idle)시의 기어래틀(rattle)과 차량의 부밍, 가속페달의 급조작시 발생하는 팁인/아웃(tip-in/out) 등에 효과적인 것으로 알려져 있으며, 질량의 분배와 스프링 및 댐퍼를 적절히 선택함으로써 전 엔진영역에서 우수한 진동특성을 얻을 수 있는 것으로 보고되고 있다<sup>2)</sup>.

- 현대자동차 파워트레인연구소



하였으며 실차시험을 위한 시작품을 제작하였다. 제작된 시작품을 차량에 장착하여 성능을 비롯한 내구 등의 종합적인 결과를 검토하고 튜닝하기 위하여, 각 성능들을 잘 표현할 수 있는 실차시험모드를 확립하였다.<sup>5)</sup>

또 실차 상태에서 발생하는 구동계의 비틀림진동을 측정하기 위하여 Fig.4 와 같은 측정 시스템을 구축하였다

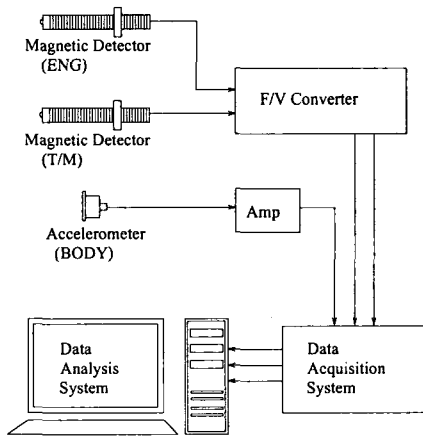


Fig.4 DMF 측정시스템

여기서 회전하는 축의 회전변동량을 측정하기 위하여 마그네틱 디텍터를 사용하였는데, 플라이휠의 링기어와 변속기의 입력축의 회전기어에 설치하였다. 또한 차체에서 발생하는 진동량을 측정하기 위하여 차체의 플로어에 가속도계를 부착하였다. 각각 저장된 신호는 데이터 분석기에서 분석되어 각 시험모드에서의 회전변동량, 각 가속도, 차체진동 등을 알아내어 구동계의 특성을 파악할 수 있다.

### 2.3.2 파라미터에 따른 특성변화

이중질량플라이휠이 차량의 구동계에 미치는 영향을 파악하기 위하여 대표적인 설계변수에 대하여 그 값을 변경시켜 몇 가지 샘플을 제작하였다.

Table 1 각 샘플들의 특성

sample	design parameter	feature
(A)	spring rate	high
(B)		low
(C)	damping coefficient	high

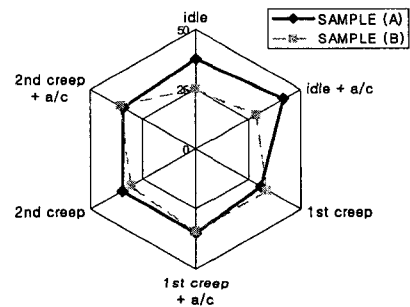
(D)	1st inertia	low
(E)		high
(F)		low

Table 1 에서 보는 바와 같이 가장 대표적인 설계변수인 스프링계수, 댐핑계수, 회전관성에 대하여 설계 가능한 값을 기준으로 각각 (A)~(F)의 6 가지 변경된 샘플을 제작하였다. 스프링계수는 (A)샘플이 (B)샘플에 비하여 30% 정도 크게 변경하였으며, 댐핑계수는 (C)샘플이 (D)샘플에 비해 엔진의 회전수에 비례하여 큰 댐핑값을 갖도록 설계하였다. 회전관성은 1 차질량만의 값을 변경시켜 (E)샘플이 (F)샘플보다 5% 정도 크도록 제작하였다.

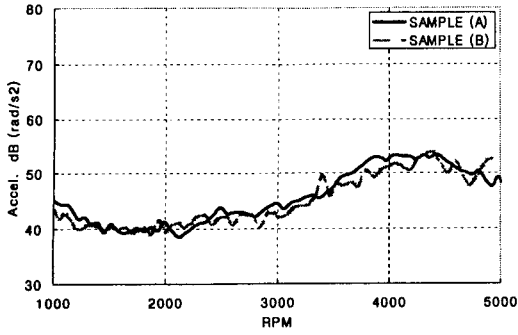
#### 2.3.2.1 스프링계수 변화

스프링계수의 변화에 따른 특성변화를 Fig.5 에 나타내었다. Fig.5(a)는 스프링계수의 변화에 대한 아이들과 크립모드에서의 변속기입력축의 비틀림진동의 최고값을 보여주고 있으며, 이 최고값은 엔진의 주회전 성분과 주파수가 일치하게 된다. 그림에서 스프링계수가 작은 (B)샘플이 스프링계수가 큰 (A)샘플에 비해 아이들진동이 작음을 알 수 있다.

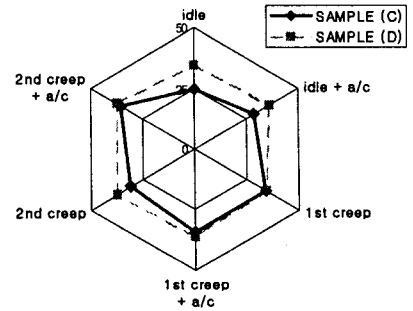
Fig.5(b)는 가속모드에서 변속기입력축의 비틀림진동을 보여주는 그림으로, 대체로 유사하나 (B)샘플이 일부 영역에서 1~2dB 정도 낮은 것을 알 수 있다.



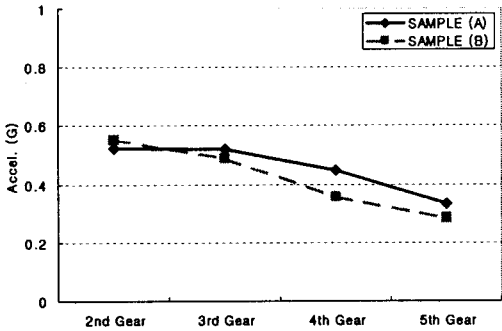
(a) 변속기 각가속도피크(아이들&크립)



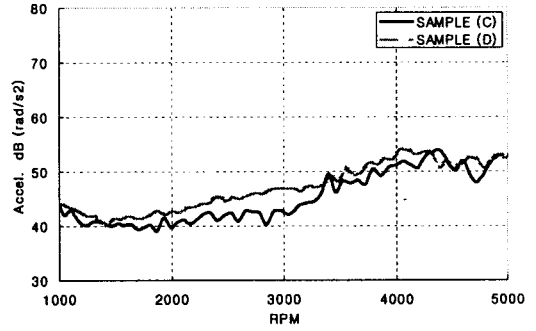
(b) 변속기 각가속도(가속)



(a) 변속기 각가속도피크(아이들&크립)



(c) 차체 가속도피크(tip-in)



(b) 변속기 각가속도(가속)

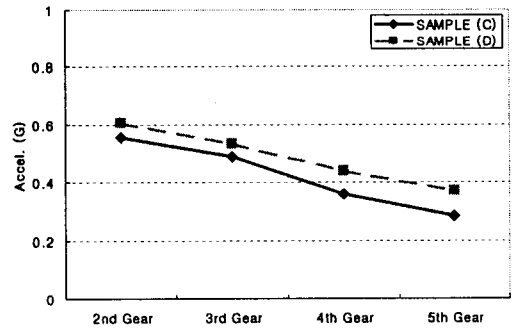
Fig.5 스프링계수의 영향

Fig.5(c)는 팁인모드시에 발생하는 쇼크를 측정하기 위하여 차체의 전후가속도의 최고 값을 측정한 것으로, 역시 스프링계수가 작은 (B)샘플의 진동이 2 단을 제외한 3~5 단에서 (A)샘플의 경우보다 작음을 알 수 있다. 또한 2 단에서 가장 높은 값을 나타내고, 고단으로 갈수록 그 값은 줄어드는 경향을 나타내었다.

### 2.3.2.2 댐핑계수 변화

Fig.6(a)에서 댐핑계수가 큰 (C)샘플이 댐핑계수가 작은 (D)샘플과 비교하여 아이들과 2 단 크립에서 좋은 결과를 보이고 있다.

Fig.6(b)의 가속모드에서도 댐핑계수가 큰 (C)샘플이 전체 영역에서 2~5dB 정도 낮은 값을 나타내었다. 특히 변속기의 래틀이 많이 일어나는 2500rpm 이하의 구간에서 더 뚜렷한 효과를 보임을 알 수 있다.



(c) 차체 가속도피크(tip-in)

Fig.6 댐핑계수의 영향

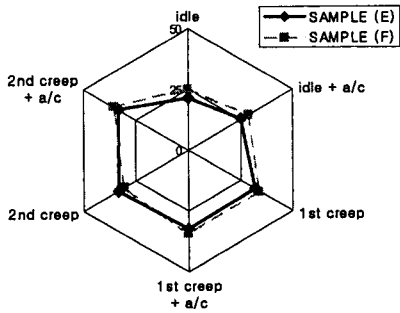
Fig.6(c)의 팁인모드에서도 댐핑계수가 큰 (C)샘플을 장착하였을 때의 차체진동이 전체 기어단에서 작음을 알 수 있다.

### 2.3.2.3 관성질량 변화

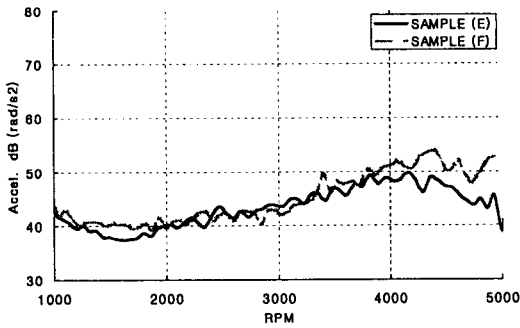
1 차 질량의 관성값을 변경하였을 때의 샘플을 비교하여 보면, Fig.7(a)의 아이들과 크립모드에서 관성이 큰 (E)샘플과 관성이 작은 (F)샘플 모두 변속기의 비틀림진동에서 큰 차이를 보이지 않음을 볼 수 있다.

Fig.7(b)의 가속모드에서는 관성이 큰 (E)샘플이 변속기래틀이 일어나기 쉬운 2500rpm 이하의 구간에서 비틀림진동이 2~3dB 정도 낮은 값을 나타내었다.

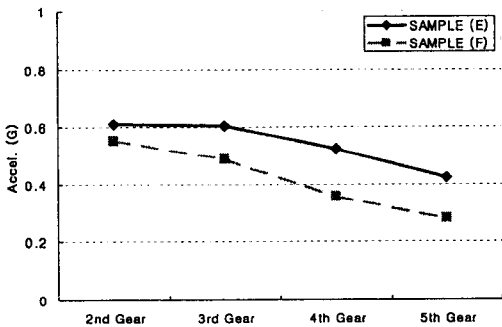
Fig.7(c)의 탑인모드에서는 주행모드의 결과와는 반대로 관성이 작은 (F)샘플을 장착하였을 때의 차체진동이 전체 기어단에서 현저하게 작음을 알 수 있다.



(a) 변속기 각가속도피크(아이들&크립)



(b) 변속기 각가속도(가속)

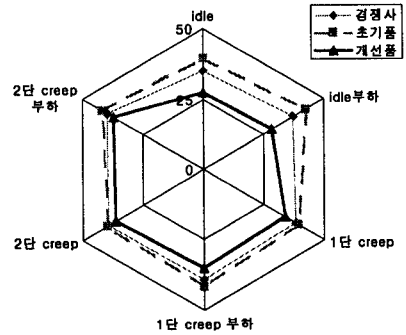


(c) 차체 가속도피크(tip-in)

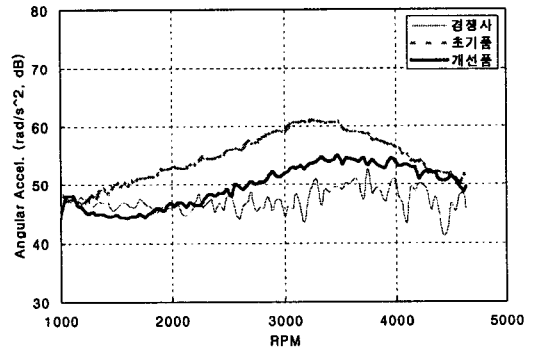
Fig.7 관성질량의 영향

### 2.3.3 실차튜닝 시험

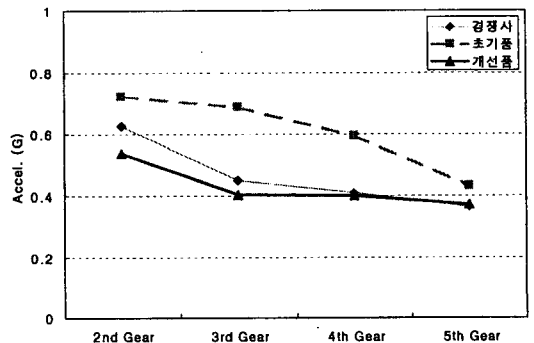
고유모델 DMF의 설계를 바탕으로 양산 수준의 제품을 제작하였으며 실차튜닝시험을 위하여 세단형 승용차에 장착한 후 시험을 진행하였다. 튜닝에는 앞절에서 제시한 이론해석, 정특성, 수치해석과 파라미터 특성을 종합적으로 검토하여 적용하였으며 주요 모드의 튜닝시험 결과를 Fig.8에 나타내었다.



(a) 변속기 각가속도피크(아이들&크립)



(b) 변속기 각가속도(가속)



(c) 차체 가속도피크(tip-in)

Fig.8 실차튜닝 시험결과

아이들과 크립모드의 실차시험 튜닝결과인 Fig.8(a)를 보면, 초기제품에서는 크립모드에서 경쟁사제품과 유사하고 아이들모드에서는 경쟁사제품보다 불리했으나 튜닝을 통해 경쟁사제품보다 현저히 우수한 성능의 제품을 완성하였다.

Fig.8(b)는 가속모드의 결과로 초기제품에서는 전영역에서 경쟁사제품 대비 불리한 수준이었으나 튜닝을 통해 래틀이 많이 발생하는 2500rpm 이하에서는 유리한 수준으로 튜닝을 하였다.

Fig.8(c)는 톱인모드의 결과로 초기제품에서는 전영역에서 경쟁사제품 대비 불리한 수준이었으나 체계적인 튜닝을 통해 2-3 단에서는 훨씬 유리한 수준으로 4-5 단에서는 유사한 수준으로 제품을 개발하였다.

또한 내구시험을 통해 당사기준에 맞는 내구시험결과를 얻음으로써 경쟁사제품에 비해 우수한 특성을 갖는 양산수준의 독자 모델을 개발하였다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 이중질량플라이휠의 독자 모델을 개발하기 위한 설계안을 제시하고 튜닝기술을 확보하기 위하여, 특성예측 및 효과를 평가할 수 있는 수치적 해석방법을 개발하여 주요변수에 대한 해석을 수행하였으며, 특성값들이 전체 구동계의 비틀림 진동특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 대표적인 설계변수에 대한 샘플을 제작하고 실차 시험을 실시하여 그 기여도를 파악하였다. 또 경쟁사제품과 비교한 실차튜닝시험을 통해 차량매칭 노하우를 습득하고 양산수준의 제품을 개발함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 이중질량플라이휠의 특성치들이 전체 구동계의 비틀림진동 특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 이론해석 및 수치해석 프로그램을 개발하였으며, 실차시험에서 얻어진 결과와의 비교분석을 통하여 이의 타당성을 검증하였다.
- 2) 개발된 실차시험모드와 엔진과 변속기의 회전 변동량을 예측할 수 있는 측정시스템은 이중질량플라이휠이 구동계에 미치는 영향을 파악하는데 유용하게 쓰일 수

있다.

- 3) 개발한 이중질량플라이휠의 경우, 스프링계수가 작은 샘플이 큰 샘플에 비하여 아이들성능, 주행성능, 톱인시의 차체쇼크에서 좋은 효과를 나타내었다.
- 4) 댐핑계수가 큰 샘플이 작은 샘플에 비하여 아이들성능, 크립성능, 주행성능 그리고 톱인시의 쇼크 모두 뛰어난 성능을 보여주었다.
- 5) 1 차 관성질량의 경우 아이들이나 크립 성능은 비슷하였지만, 주행성능에서는 관성질량이 큰 샘플이 유리하였고, 톱인시의 쇼크에서는 관성질량이 작은 샘플이 효과적이었다.
- 6) 실차튜닝시험을 통해 차량매칭 노하우를 습득하였고, 경쟁사제품보다 우수한 성능의 제품을 개발하였다.

따라서 본 연구를 통하여 구동계의 진동 특성에 적합하도록 이중질량플라이휠을 효과적으로 설계하고 차량에 튜닝하는 것이 가능해졌으며, 앞으로 설계최적화에 필요한 더 많은 설계변수에 대한 기여도를 파악하는 연구가 수행 되어야 할 것이다.

### 4. 참고문헌

- 1) Wolfgang Reik, "Dual Mass Flywheel", 6<sup>th</sup> Luk Symposium, pp69-93, 1998.
- 2) 지태한 등, "이중질량플라이휠 해석 프로그램 개발", 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, pp753-759, 2001.
- 3) 정재훈 등, "구동계 비틀림진동 저감을 위한 이중질량플라이휠의 파라미터해석", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp405-410, 2002.
- 4) 정재훈 등, "이중질량플라이휠의 단품 구조해석", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp57-61, 2002.
- 5) 송영래 등, "이중질량플라이휠의 설계변수에 대한 실험적 연구", 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, pp446-451, 2002.