

# TPA 를 이용한 Lock-up Booming Noise 의 전달경로 해석에 관한 연구

## Study for lockup booming noise transfer path analysis using the TPA

선정욱† · 임종태\* · 신인섭\* · 유성준\* · 김영호\* · 김인동\*

Jungwoog Sun, Jongtae Lim, Inseob Shin, Sungjun You, Yungho Kim and Indong Kim

### 1. 서 론

자동변속기(automatic transmission) 차량의 경우, 최근에 토크컨버터 내에 록업클러치(lock-up clutch)를 적용하여, 수동변속기(manual transmission)와 같이 직결(direct coupling)로 엔진동력을 변속기에 전달해 에너지 손실을 최소화 하려는 노력을 하고 있다.

최근 록업 적용을 좀 더 낮은 속도 및 엔진 회전수(RPM)에 적용하여, 차량의 연비를 향상하고자 하는 노력이 뒤따르고 있다. 보다 낮은 엔진 RPM 의 사용으로 인해, 보다 높은 엔진 불균형 비틀림 변동토크(engine torsional torque variation)가 발생되며, 이는 엔진 크랭크축(crank shaft)에서 엔진 블록(block) 및 변속기 입력축(input shaft)에 전달된 뒤, 차량 내부(cavity)에 심각한 수준의 부밍노이즈(booming noise) 및 바디 진동(body vibration)을 야기시킨다.

본 연구에서는, 록업 작동에 따른 높은 엔진 불균형 비틀림 변동토크가 엔진마운트, 변속기 및 구동축(drive shaft)을 통하여 전달될 때, 주요 전달 경로를 파악하고, 나아가 전달경로 관점에서 어디를 최우선으로 개선해야 하는지를 파악하고자 하였다. 이를 위하여, TPA(Transfer Path Analysis)기법을 통하여 보다 명확한 록업 부밍 노이즈(Lockup Booming Noise)의 전달경로를 이해하고, 차량개발 단계에서부터 취약부분에 대한 개선안을 도출하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

### 2. 전달경로

#### 2.1 전달경로의 개요

Lockup 에 따른 Engine Torque 불균형력은 2 가지 주요경로로 전달된다. 하나는 엔진블럭(engine block)

을 통한 경로이며, 나머지는 구동라인(drive line)을 통한 경로이다. 엔진블럭을 통한 경로는 엔진마운트를 통해 샤시와 바디로 전달되며, 전달된 가진력은 실내로 유입된다. 구동라인을 통한 경로는 토크컨버터(Torque Converter)와 구동축을 통해 실내로 유입된다.

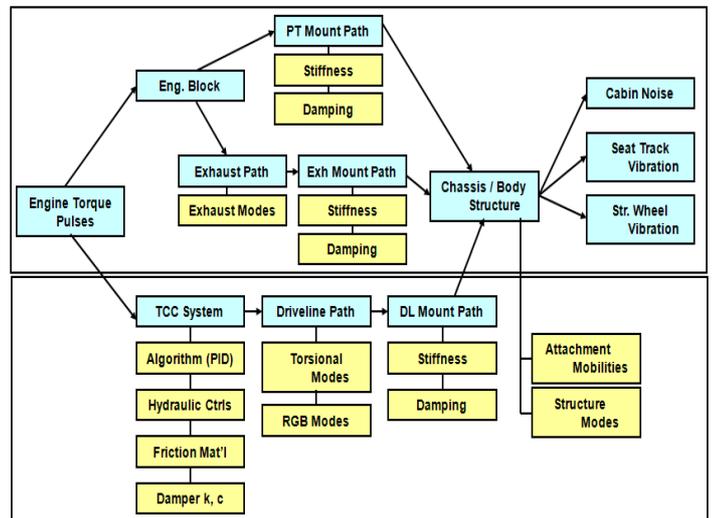


Fig1. Transfer Path Concept

### 3. 전달경로해석(Transfer Path Analysis)

#### 3.1 개요

차량은 상대적으로 토크변동(Torque Fluctuation)이 심한 디젤차량으로 무향실에서 시험이 이루어졌다. 운전조건은 낮은 RPM 에서 Lockup 이 걸린 상태로 4 단 Slow 가속 조건이다. 총 측정점은 하기와 같이 37 개 지점이며, 동시에 측정이 이루어졌다.

- Engine Mount 4 점 (RH, LH, Rear, Front- X,Y,Z)
- Engine & Body Side: 24 points
- Knuckle (RH,LH -X,Y,Z):6 points
- Shock Tower Body (RH,LH-X,Y,Z):6 points
- Interior Noise MIC: 1point

#### 3.2 소음전달함수(Noise Transfer Function)

Engine Mount 의 Front 와 Rear Z 방향이 가장 크게 나타났다.

† GM 대우 Auto & Technology  
E-mail : jungwoog.sun@gmdat.com  
Tel : (032) 590-6425, Fax : (032) 590-6002  
\* GM 대우 Auto & Technology

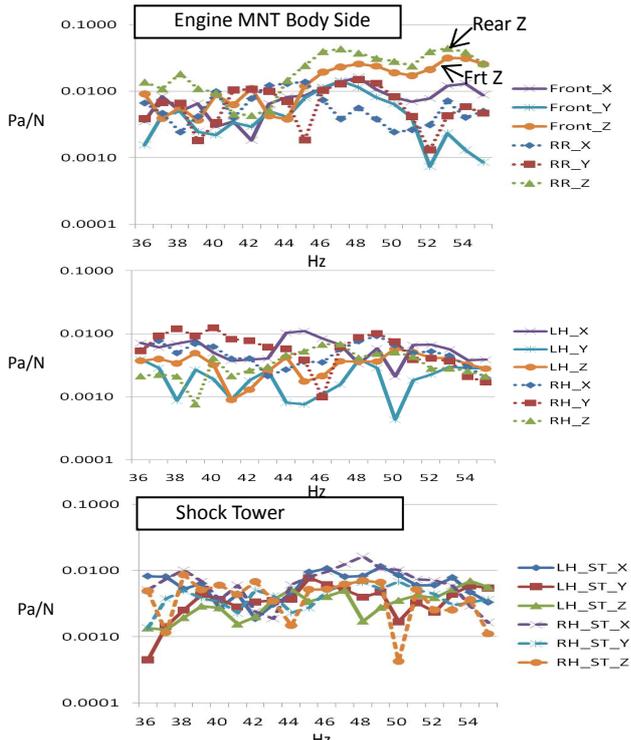


Fig2. NTF(Noise Transfer Path)

### 3.3 전달 경로에 따른 가진력

Engine Mount 의 Front X, Z 방향과 Rear Z 방향에서 크게 나타났다. Torque 변동에 따른 Roll 방향 가진으로 인해 상대적으로 Front 와 Rear Engine Mount 의 가진력이 크게 나타났다. 또한, LH, RH Knuckle X 방향이 Engine Mount 대비 가진력이 크게 나타났다. 이는 Engine Mount 보다 Driveline 을 통한 전달력이 훨씬 큼을 의미한다.

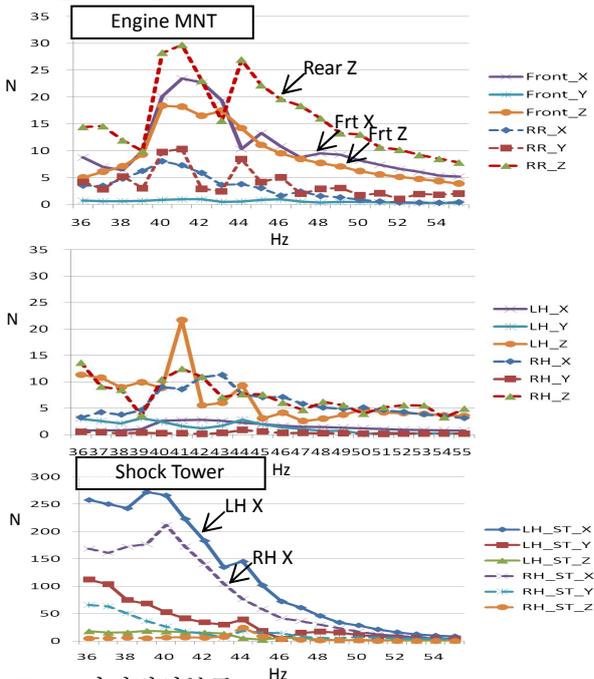


Fig3. 가진력 성분들

### 3.4 실내소음

본 연구에서는 마운트 강성법(Mount Stiffness Method)를 적용하여 실내소음을 계산 하였다.

Partial SPL 구성을 살펴보면 하기 그림과 Front, Rear Engine Mount 그리고 LH, RH Shock Tower 를 통한 부분이 가장 크게 나타났다. 이는 앞서 살펴보았듯이, Engine Mount 의 Frt 와 Rear NTF 가 취약하고, Driveline 을 통한 LH, RH Knuckle 로의 전달 가진력이 높음에 따른 결과이다.

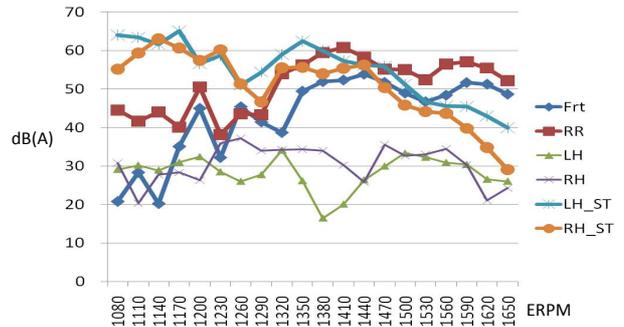


Fig4. Partial SPL (2<sup>nd</sup> Order)

2<sup>nd</sup> Order 실내소음이 Test 와 TPA 가 유사한 결과를 보였다. 1500rpm 이하에서 실내소음이 55dB(A) 이상으로 Booming Noise 가 문제수준이므로, 1500rpm 이하에서 Lockup 을 사용하기 위해서는, 전달계통의 개선이 요구된다.

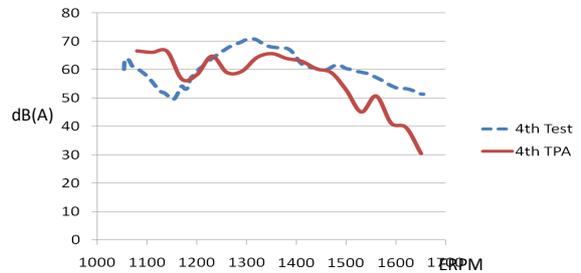


Fig5. Test and TPA interior noise comparison

## 4. 결론

본 연구 대상차량에서는 Front 와 Rear Engine Mount body side 에서의 NTF 가 높게 나타났고, 이는 실내소음으로 이어졌다. 또한, 엔진블럭보다는 Driveline 및 Knuckle 을 통한 가진력이 훨씬 크게 나타났다. 이 또한, 높은 실내 Booming 소음을 야기 했다. 따라서, Front, Rear body side 의 Body Sensitivity 및 Driveline 을 통한 가진력 Isolation 을 통해서, 실내소음을 개선할 수 있을 것이다.

이와 같이 TPA 를 통해 Lockup Booming 영역에서의 Body Sensitivity 의 문제점을 찾아낼 수 있었으며, 전달계통에서는 Driveline 이 차지하는 비중이 상당함을 이해 할 수 있었다.