

〈기술논문〉

Clutch-by-Wire 시스템 개발 연구

나 완 용*

신성대학 기계자동차계열*

A Development of Clutch-by-Wire System for Automotive

Wanyong Rha*

*Faculty of Machinery and Automobiles, Shinsung College, Chungnam 340-860, Korea
(Received 9 September 2002 / Accepted 28 February 2003)

Abstract : This study presents a clutch-by-wire system for automotive which can be utilized on a vehicle with a manual transmission real time while the vehicle is in motion. The system consists of air valve, spring, oil pressure control valve, oil pressure cylinder, switch, etc. In this study, commercial vehicle was studied on improvement of no clutch pedal system. Therefore the results obtained effective driveability, gear shiftability, convenience for driver.

Keywords : Clutch(클러치), Driveability(주행성), Effort(담력), Shiftability(변속성), X-by-Wire 시스템, Clutch-by-Wire 시스템

1. 서론

자동차 소유대수가 많아짐에 따라 사람들이 욕구가 점점 더 편리성을 위주로 진행됨에 따라 이에 대한 운전자의 부담이 적고 안정성 있는 차량을 선호하는 것이 세계적인 추세로서, 이와 관련한 연구 중 구동시스템에 있어서 클러치에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 자동차에 있어 클러치의 역할로서는 클러치 장치 없이는 전, 후진을 바꿀 수 없으며, 또한 무부하 상태로 엔진을 시동하고 엔진의 회전 동력을 충격없이 구동바퀴로 전달하고 원활하게 출발할 수 있게 해주며 차량속도와 도로조건에 따라 기어변속이 필수적인데 부드럽게 변속하기 위해서는 동력엔진과 구동바퀴사이에 동력을 끊어 주고 이어주는 역할을 한다. 하지만 실제 운전시에는 운전자에게 있어 불편한 장치이기 때문에 조작 편의

성을 높이기 위해 꾸준히 연구 개발되어 왔다.^{1,2)} 클러치를 밟지 않고 스위치 조작으로 기어 변속을 하는 세미-오토 클러치시스템(Semi-Auto Clutch System)은 많이 개발 되어 시중에도 이미 제품이 시판되고 있다. 하지만 안전성 문제와 우리나라 자동차 구조변경의 법적 한계 때문에 널리 보급되지 못하고 있다. 특히 자동차의 동력전달장치중의 하나인 클러치의 연구개발은 거의 이루어지지 않고 자동변속기, 조향장치, 현가장치, 제동장치는 전자제어를 많이 개발 하고 있으며 최근에는 X - by - Wire 시스템을 꾸준히 연구개발하고 있다.^{3,4)} 따라서, 본 연구에서는 변속시 클러치 페달을 사용하지 않도록 한 반자동 클러치 시스템을 연구개발하여 Clutch-by-Wire 시스템의 개발을 위한 기초 설계 및 자동차에 적용하여 실험하였다. 제품을 개발하는 단계에서 실제로 사용하는 가장 가혹한 조건에서 시뮬레이션하여 실험한 Abuse Test와 가속페달과 연결된 케이블이 주행 중 페달 조작성능에 미치는 영향과 가속페

*To whom correspondence should be addressed.
rwy@shinsung.ac.kr

달에 대한 답력의 증가, 평지와 언덕길에서 운전성능과 조작성에 대해 내구성능과 주행성 실험을 하여 새로운 클러치 시스템의 타당성을 검증하였다.

2. 실험 조건

2.1 클러치 장치 구성 및 작동 원리

2.1.1 클러치 구성

본 연구에서 사용된 클러치 시스템은 공압을 클러치 부스터에 공급하여 클러치를 차단하는 공압실린더, 공급된 공압을 승압시키는 부스터, 클러치 접속시 부스터로 공급된 공압을 대기로 배출하는 공압조절밸브, 외부의 힘에 의한 이동을 통해 유압조절밸브 내의 공압 흐름을 부스터와 대기측으로 전환시키는 공압조절레버, 공압조절밸브 내의 공압 흐름이 부스터와 대기측으로 전환될 수 있도록 공압조절레버를 클러치 차단시와 접속시 제어하는 공압조절레버 제어수단 및 공압조절밸브와 공압실린더 사이에 지지되어 부스터 피스톤과 공압실린더의 피스톤을 항상 원위치시키려는 방향으로 그 힘이 작용하는 탄성스프링으로 구성되었다.

Fig. 1과 Fig. 2에 공압제어장치의 구성과 장착시의 페달의 모습을 나타내었다.

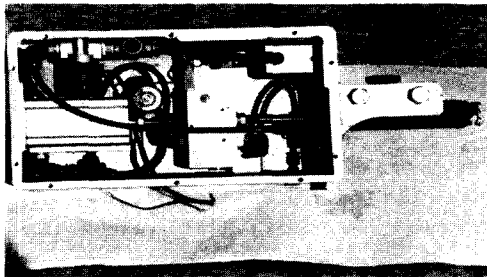


Fig. 1 공압제어장치



Fig. 2 보조페달(언덕길 출발시 사용)

2.1.2 작동 원리

작동원리는 클러치 차단후에는 공압조절레버 제어수단의 작용에 의해 공압조절레버가 클러치 차단시와 접속시의 중간부분만큼 역방향 이동과 함께 공압조절밸브가 동일방향으로 공압조절레버의 이동거리만큼 이동되어 공압조절밸브의 공압이 부스터와 대기로 흐르지 않는 중립상태가 되도록 하여 반클러치 상태를 유지할 수 있도록 작동된다.

2.2 실험 조건 및 장비

차량은 Asia Towner LPG 800cc M/T(mileage: 50,000)의 차량을 사용하여 외기온도 10~15℃에서 Abuse Test(Clutch Slip Test), Measuring(Accel Pedal Travel & Effort) Driveability(Transmission Driveability)의 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 장치의 구성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 실험 장비 구성

장비명	모델명	용도
속도계	DLS-1	차량의 주행속도 측정
데이터	처리장치 MEEP-30, Solo 7500	측정 데이터의 저장 및 분석
회전수계	IP-292	엔진 회전수의 측정
기록계	OR1200	측정데이터의 기록 및 저장
트래블 게이지	PT 101	페달의 이동거리를 측정
로드 셀	LPR-A	페달의 답력을 측정
증폭기	DPM 711B	센서에서 측정된 값을 증폭함
온도/습도계	HM34C	실험장소의 온도·습도 측정

3. 실험 방법

3.1 Abuse Test(Clutch Slip Test)

Abuse Test(Clutch Slip Test)는 언덕길 주행시 클러치 시스템을 가혹한 조건에서 실험하여 성능을 평가하는 방법이다. 실험차량의 적재하중은 GVW(300kg)로 하고, 타이어의 공기압은 30psi로 조정하고 실험 장비는 Fig. 3과 같이 하였으며, Fig. 4는 클러치 하우징의 내부온도를 측정하기 위해 열전대를 장착하였고 클러치 디스크 두께를 버어니어 캘리퍼스로 3곳을 측정하였다. 새로운 클러치 시스템(플라이 휠, 클러치 디스크, 클러치 커버)을 장착하고 길



Fig. 3 실험장비(Abuse Test)

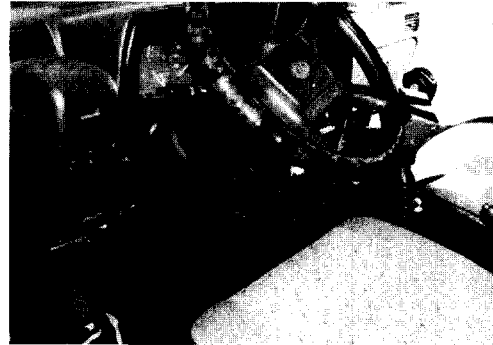


Fig. 5 실험장비장착 (가속페달에 로드셀과 트래블게이지 장착)

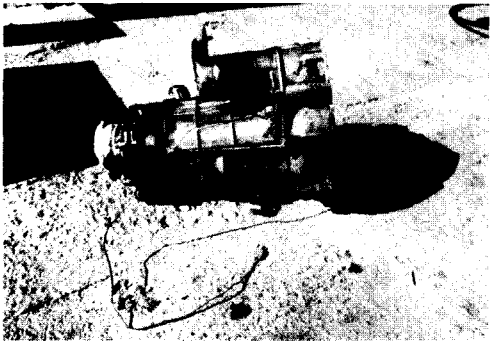


Fig. 4 클러치 하우징 내부온도 측정용 온도센서 장착 위치

들이기를 한 후 클러치하우징 내부온도를 약 80℃ 정도로 안정화한 후 실험 차량을 20% 언덕길에 정차시킨 후 5분 이내에 5번 출발시켜 실험 종료 후 클러치 시스템을 탈거하여 유관검사 및 클러치 디스크의 두께를 측정하였다. 2번과 3번의 클러치 시스템을 장착하여 실험 후 탈거하여 1번과 같은 검사 및 측정을 실시하였다.

3.2 Accel Pedal Travel & effort 측정

가속 페달 Travel & Effort 측정은 가속 페달 조작시의 페달 단력과 페달의 이동거리를 측정하는 방법이다. 가속 페달에 로드 셀과 트래블 게이지를 장착한 그림을 Fig. 5에 나타내었다. 로드 셀과 트래블 게이지를 앰플리파이어에 연결하고, 앰플리파이어는 기록계에 연결하고 로드 셀과 과 트래블 게이지를 교정하였다.

실험 준비가 완료되면 손으로 가속 페달을 끝까지 누른 후 천천히 떼다. 클러치 시스템을 장착하기 전에 5회 실시하여 최고값과 최저값을 제외하고 평

균값을 사용하였으며, Clutch-by-wire System을 장착한 후에 5회를 실시하여 최고값과 최저값을 제외하고 평균값을 사용하였다.

3.3 주행성(Transmission Driveability)

주행성(Transmission Driveability)실험 방법은 주행중 변속기와 클러치 조작시에 사용 편리성을 평가하는 것으로, 가혹한 조건(버스나 화물차가 최대 적재하중으로 운 행중인 것을 감안함)으로 평가하기 위해서 적재하중을 GVW로 하였다. 타이어의 공기압은 30psi로 조정하고, 클러치 시스템은 새것으로 교환하고 주행중에 변속기와 클러치 조작시에 사용편리성을 항목별로 구분하여 평가하였다.(Engagement Feel-평지, Engagement Feel-언덕, 변속성, 가속페달 느낌성, 주차시 조작성)

4. 실험 결과

4.1 Abuse Test-동력전달시간(Engaging Time)

동력전달시간(Engaging Time)은 5초 이내이어야 하는데 3개의 시료 모두 2초 이내로 측정되었고 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 동력전달시간 (sec.)

수 항목	회	1회	2회	3회	4회	5회	평균
	#1	1.0	0.9	1.1	1.3	0.9	
시료	#2	1.2	1.2	1.5	1.5	1.8	1.44
	#3	1.0	1.4	1.0	1.0	1.1	1.10
평균		1.07	1.17	1.20	1.27	1.27	1.19

클러치하우징 내부온도 3개의 시료 모두 80℃ 부근에서 실험을 하였는데 각각 5회씩 실시하는동안 85℃를 넘지 않았다(110℃ 이상이면 클러치디스크가 타기 시작하는 온도로 판단되기 때문에 클러치 불합격으로 판단). 클러치 관련부품의 육안검사 클러치디스크의 두께 측정결과 실험 전에 7.53mm, 실험 후에 7.43mm로 약 0.1mm정도 마모되었다. 클러치 관련부품 육안검사는 Fig. 6에 나타내었으며 육안검사결과 플라이휠, 클러치디스크, 클러치커버 모두 양호한 상태였다.

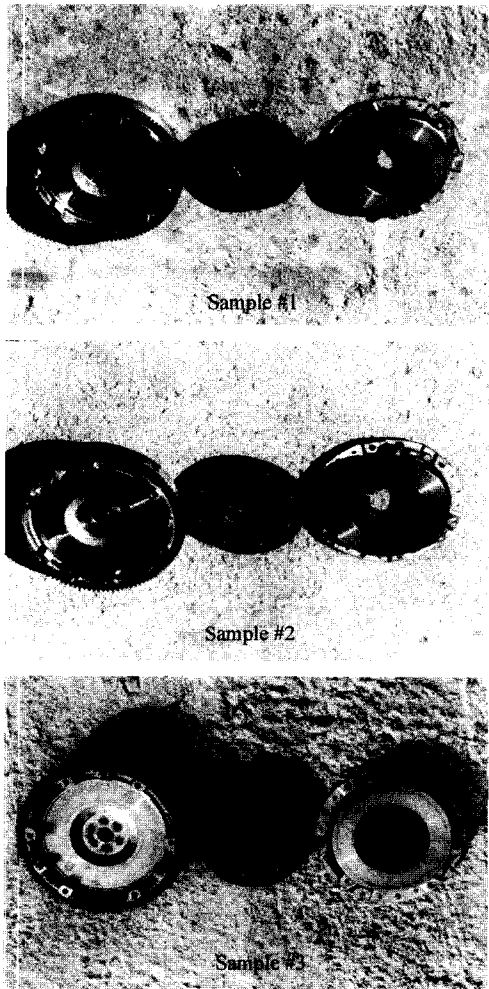


Fig. 6 클러치 관련부품 육안검사

4.2 Travel Effort 실험

가속 페달에 대한 답력 증가는 차량의 가속성능

저하와 비슷한 효과를 나타내는데 반자동 클러치를 장착한 경우의 말기 답력이 10.9kgf으로 장착하지 않은 경우의 6.9kgf보다 4 kgf이나 무겁게 나타났다. 그러나 초기상태에서 2/3지점까지는 답력의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

대형트럭이나 버스의 경우에는 승용차의 경우(앞에서 뒤로 페달을 밟음)와 달리 가속 페달을 위에서 아래로 밟는 자세가 되기 때문에 페달 답력의 증가가 큰 영향을 주지 않는다.(MPV의 경우에도 가속 페달을 위에서 아래로 밟는 자세가 되므로 승용차보다 페달 답력이 약간 높게 나타남.)

Table 3 가속페달에 대한 답력차이

	Travel(mm)	Effort(kgf)	
		2/3지점	말기 지점
장착전	57.5	2.8	6.9
장착후	57.5	3.0	10.9

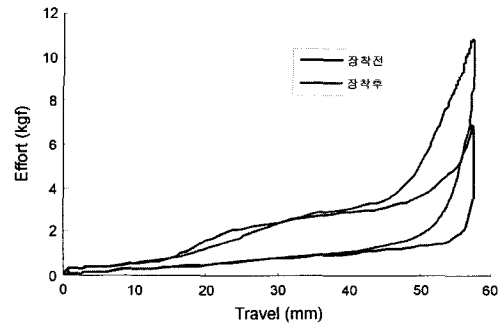


Fig. 7 장착 전, 후의 페달 답력비교

4.3 주행성

Engagement Feel - 평지에서 출발과 멈춤을 반복할 경우에 클러치 페달 대신에 변속레버에 장착된 스위치만 누르면 동력이 차단되고, 동력 전달 시에는 가속 페달만 속도를 조절해서 밟으면 차량이 움직이기 때문에 조작이 편리하게 느껴지고 가속 페달 밟는 속도에 따라 동력이 전달되고 엔진회전수가 조절되기 때문에 초기 가속시에 가속감 조절이 편리하였다. Table 4, Table 5는 각각 평가기준과 평가 기준표를 나타낸 것이다.

Engagement Feel - 언덕길경사가 심하지 않으면 가속페달의 조작만으로 출발이 부드럽게 이루어지며, 언덕길 경사가 심한(20%이상) 곳에서는 보조페

Table 4 평가결과

항 목	Target	Sub. Rating
Engagement Feel- 평지	R8.0	R8.5
Engagement Feel- 언덕길	R7.0	R9.0
변속성	R8.0	R9.0
가속페달 답력성	R8.0	R8.0
주차시 조작성	R8.0	R8.5

Table 5 평가기준표

Rating	평가기준	Rating	평가기준
10	숙련된 평가지도 느낄수 없음	5	모든 고객이 확실하게 느끼며 불평
9	숙련된 평가지도 느낄수 있음	4	모든 고객이 경함으로 지적
8	일부까다로운 고객만 느낌	3	모든 고객이 심박한 결함으로 지적
7	모든 고객이 느낌	2	작동에 지장을 줄 정도로 불량
6	모든 고객이 느끼며 불평	1	작동이 불가능

달을 사용해서 언덕길 출발을 하면 차량이 뒤로 밀리지도 않고 부드럽게 출발되었다.

Shiftability - 장착 초기에는 동력 차단시 변속레버에 장착된 스위치를 누르기보다는 왼발이 클러치 페달에 더 빨리 올라갔지만 한 두시간 주행을 하면서부터는 자연스럽게 변속레버에 장착된 스위치를 사용하게 되고 클러치 페달 사용 시 보다 편리하였다.

Accel Pedal Feel - 가속페달 조작시에 약간의 답력 증가가 있으나, 전혀 페달이 무겁게 느껴지지 않았으며 불편함이 없었다.

주차시 조작성은 승용차의 경우 후진시에 운전자가 상체를 돌려서 시야를 확보해야 하기 때문에 오른손으로 레버를 조작할 수 없지만, 대형트럭이나 버스는 좌우에 장착된 리어 뷰미러를 통해서만 시야를 확보하므로 상체를 정면으로 향하고, 이때 동력전달 및 차단시 클러치 페달 대신 변속레버에 장착된 스위치를 조작하므로 주차시 편리하였다.

5. 결론

본 연구에서 적용하여 평가한 클러치 시스템의 성능을 실험 및 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 클러치 페달을 작동시키지 않고도 기어변속이 가능한 새로운 클러치를 개발 및 연구하였으며 본 시스템은 Clutch-by-Wire 시스템 기초개발 자료로 활용할 수 있으며 실제의 자동차에 적용하여 클러치의 작동평가를 실시한 결과 기존의 클러치 시스템과 동등한 수준의 결과로 매우 만족스러운 수준이었다.

2) 제품이 실제로 사용될 때 가장 가혹한 조건을 시뮬레이션하여 실험한 Abuse Test도 매우 만족스러운 결과를 나타냈으며, 가속페달과 연결된 케이블이 주행 중 페달 조작성능에 어떠한 영향을 미치는지도 확인했을 때 말기 답력만이 증가하는 수준이었을 뿐 운전성능에는 영향을 미치지 않았다.

3) 전반적인 주행성을 평가한 결과도 매우 양호한 수준이며, 특히 기존의 반자동 변속용 클러치가 주행 중 가장 문제점이 많았던 경사로 출발시 뒤로 후진하는 현상이 전혀 없었다.

4) 향후, 외기 조건에 따른 혹한·혹서 실험에서 이러한 악조건의 상황에서도 실험을 진행해서 문제점이 있는지 확인해야 할 것으로 판단된다.

References

- 1) Patent No.98-15100, No. 98-17461, Patent No. 33091, 2002.
- 2) J. D. Jung, K.-H. Chang, D. J. Ryu, K.-S. Jeong, "Development of a Clutch Disk Torque Sensor for An Automobile," SAE 2001-01-0869, 2001.
- 3) N. I. Chun, S.-T. Chung, I.-S. Chung, "Development of Chassis Corner Module Assembly for Passenger Car," Proceeding of 1st Vehicle Workshop, pp.3-120, KATECH, 2002.
- 4) H. Yoshida, "Development of the Brake Assist System," SAE 980601, pp.191-198, 1998.