

# 보급형 ABS(Anti-Lock Brake System) 개발

김중배/유장열/이병조/채경선/김상국

대우전자 연구본부 제2연구소

## 1. 서 론

자동차를 운전하는 사람이면 누구나 빗길 또는 눈길에서의 제동시 차량이 안정성을 상실해 좌측 또는 우측으로 회전하는 경험을 해봤을 것이다. 이러한 돌발적인 사태를 피하고 제동시의 차량 안전성을 위해 자동차에 적용된 안전 제동장치가 바로 ABS이며, 현재는 차량 안전 시스템에 대한 인식의 증가로 그 장착율이 증가 추세에 있으며, 또한 ABS의 의무장착이 법규화되어 가고있는 상황이다.

ABS는 1900년대 초 철도 차량에 적용된 것이 그 시초이며, 1940년대에는 항공기의 착륙시 제동하는 과정에서 발생하는 위험성을 배제하기 위한 수단으로 ABS가 개발, 장착되었다. 자동차에 대한 ABS의 적용은 철도차량과 항공기에 비해서는 늦게 시작되었는데 1950년대 중반에 미국의 Ford사가 자동차에 적용한 것이 그 시초이다[1,2].

현재는 전세계적으로 다수의 자동차용 ABS 메이커가 존재하고 있는데 지명도가 높은 회사를 열거하면, 독일의 Bosch, Teves, 미국의 Delphi, Kelsey Hayes 등을 들 수 있다. 이들 회사들은 전자 제어장치를 갖는 ABS를 생산하고 있으며, 각 회사 고유의 유압 모듈레이터에 대한 특성과 제어기 그리고 제어 소프트웨어를 보유하고 있다. 각 회사에서 공급되는 ABS는 그 제어 성능이 거의 동일하며 브레이크 장치와 관련된 제품이라 신뢰성 또한 지극히 높다.

마케팅 측면에서 현재의 ABS 메이커들은 경쟁적으로 공격을 인하여 시장 점유율을 높이고자 노력하고 있으며, 기술적 측면에서도 소형화와 경량화를 추구하고[3] 차량 장착성의 향상을 추구하고 있다. 그리고 ABS의 기초기술을 기반으로 TCS(Traction Control System)가 ABS에 기본 또는 옵션으로 장착되고 있는 상황이며, 고급차량에 대해

ABS와 TCS 외에 추가적으로 센서 와 유압 작동기를 장착해 VDC(Vehicle Dynamics Control)를 추구하고 있다[4]. 또한 ABS와 관련된 특허들이 다수 출원되어 왔는데 주요 내용으로는 제어성능의 향상, 생산성의 향상, 소형/경량화, 내구성의 향상, 쾌적성의 향상, 고장/이상시의 대책 등이다. 이와 같이 차량의 제동 관련 제어 분야에서 ABS는 그 기초가 되며, ABS에 대한 부품 설계 및 생산 기술이 취약한 국내 실정에서는 ABS에 대한 제반기술이 제고되어야만 할 것이다.

본 연구에서는 향후 초소형, 초저가의 ABS가 개발되어 보편적으로 차량에 장착될 것을 대비해 독자적으로 설계, 제작된 ABS에 대해 제시하고자 한다. 개발의 목표는 유압 모듈레이터의 핵심 부품인 솔레노이드 밸브의 개발과 장착성이 우수한 소형의 PCB(Printed Circuit Board)형의 ECU(Electronic Control Unit)이다. 특히 개발된 밸브의 경우 현재 범용적으로 많이 사용되는 2포지션 2웨이 밸브가 아닌 2포지션 3웨이 밸브이며, 이로서 1채널당 브레이크 라인 압력을 제어하기 위해 1개의 밸브만 소모된다.

## 2. 소형, 저가의 ABS

### 2.1 모듈레이터의 소형화 추구

개발된 ABS T-1모듈레이터는 순환형(Recirculation Type)이며 이를 구성하는 부품들은 그림 1에 제시된 바와 같다. 모듈레이터의 크기를 결정하는 주요인은 솔레노이드 밸브의 크기, 모듈레이터 블럭에 조립되는 부품의 배치 및 이에 따른 유로 설계, 모터 크기 등이다. 특히 솔레노이드 밸브의 경우는 모듈레이터의 크기를 결정하는 중요한 변수로 작용한다. 즉 밸브의 직경이 작을수록, 길이가 짧을수록

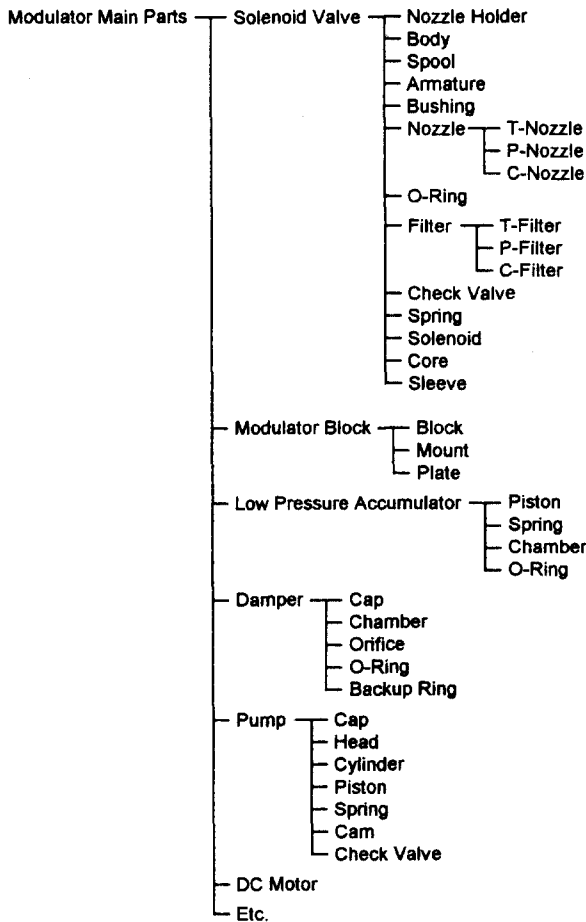


그림 1. Components of ABS T-1 Modulator.

유리한데 이는 밸브의 직경이 작을수록 모듈레이터 블록의 폭이 작아질 수 있기 때문이다. 그러나 밸브의 직경은 솔레노이드의 크기를 제한하며 이에 따라 밸브의 아마추어에 작용하는 전자기력의 크기에 영향을 미치므로 수치해석 및 실험을 통해 타당한 값을 설계 과정에서 도출시켜야 한다.

2포지션 2웨이 솔레노이드 밸브를 사용하는 4채널 ABS의 경우 밸브의 수가 Inlet Valve와 Outlet Valve를 합해 8개가 필요하나, ABS T-1의 경우 2포지션 3웨이 밸브를 사용하므로 밸브 1개에 Inlet Valve와 Outlet Valve가 합쳐진 상태이며 총 4개의 밸브가 소요된다. 물론 2포지션 3웨이 밸브의 경우 2포지션 2웨이 밸브 2개의 조합에 의한 정압 모드 구현은 구조적으로 불가능하나 제어 방식에 의한 정압 모드의 구현 내지는 정압 모드가 없는 제어 방식을 택할 수 있다.

또한 모듈레이터의 전체적인 크기와 중량에 중요한 작용을 하는 모터는 동일 출력일 경우 작을수록 유리하다. 현재는 국내에서도 ABS용 모터를 개발하여 생산하는 업체가 있으므로 지명도 높은 ABS메이커에서 사용하는 모터와 유사한 모터를 모듈레이터 설계시 적용하는 것은 어려운 일이 아니다.

## 2.2 ABS저가화 추구

ABS를 구성하는 주요 항목을 대별하면 유압 모듈레이터, 전자제어 장치, 휠 스피드 센서의 3가지로 구분할 수 있다. 이들 3개 항목이 ABS에서 차지하는 원가 비율은 일반적으로 그림 2에 제시된 바와 같다. 그리고 유압 모듈레이터의 경우 이를 구성하는 주요 부품의 원가 비율도 제시된 바와 같다.

W/S(10%)

ABS	Modulator(60%)	ECU(30%)	
-----	----------------	----------	--

Modulator	Solenoid Valve(32%)	Block(27%)	Pump(24%)	Etc.(17%)
-----------	---------------------	------------	-----------	-----------

그림 2. Cost Distribution of ABS Parts and Modulator Parts.

ABS에서는 유압 모듈레이터가 차지하는 원가 비율이 가장 높으므로 이에 대한 원가 절감을 실시할 경우 상대적으로 비중이 높은 솔레노이드 밸브에 관심을 기울이는 것은 극히 자연스러운 일이다. 특히 밸브의 수량을 반감할 수 있다면 원가 측면에서 지극히 고무적인 일이 아닐 수 없으며, 이러한 측면에서 ABS T-1의 개발 방향이 설정되었다. 물론 밸브의 수량이 줄어든 반면 기능적인 측면에서 기존의 2포지션 2웨이 밸브의 조합에 의한 것 보다는 취약점이 존재하나 ABS의 고유 기능을 발휘한다면 문제되지 않는다는 관점이다.

## 3. ABS 기능

### 3.1 유압회로

브레이크 시스템에 Add-On Type으로 장착된 ABS T-1 모듈레이터 및 브레이크 시스템의 유압회로가 그림 3에 제시되어 있다. 제시된 브레이크 시스템은 Front/Rear Split 형으로서 전륜은 독립적으로 후륜은 종속적으로 제어되는 3채널 모듈레이터가 장착되어 있다.

그림 3(a)는 ABS 작동 상황이 아닌 Base Braking 상황에서의 유압회로를 제시하고 있다. 솔레노이드에 전류가 흐르고 있지 않는 경우, 밸브는 마스터 실린더와 휠 실린더 사이가 개방되어 있는 상태이다. 이때 밸브 내부의 유로상에는 오리피스 존재하며 적용 차종에 따라 유량특성을 달리 할 수 있도록 되어 있다. 이러한 오리피스에 의해 통상적으로 유압 모듈레이터가 장착되지 않은 브레이크 시스템에 비해 휠 실린더에 작용하는 압력의 시간응답은 다소 지연되는 현상을 보이나, Base Braking에 영향을 주지 않는 범위에서 그 유량계수가 선정되어 있다. 그림 3(b)는 ABS 모드에서 펌프가 작동되는 상황에서의 가압모드를 나타낸다. 펌프는 Low Pressure Accumulator에 채워진 브레이크 오일을

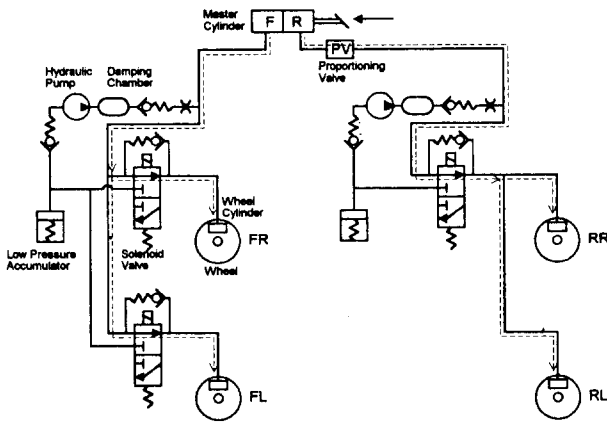


그림 3(a). Base Braking(Normal Condition).

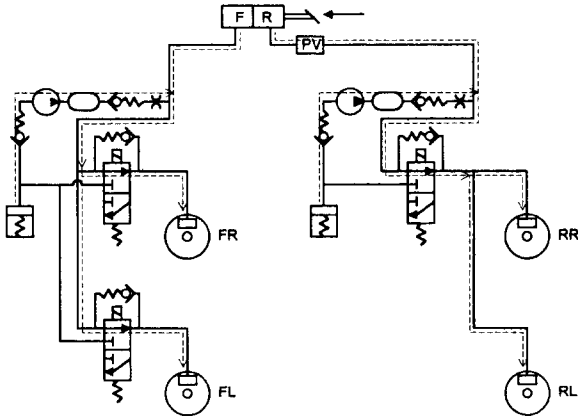


그림 3(b). Pressure Increase Mode(ABS).

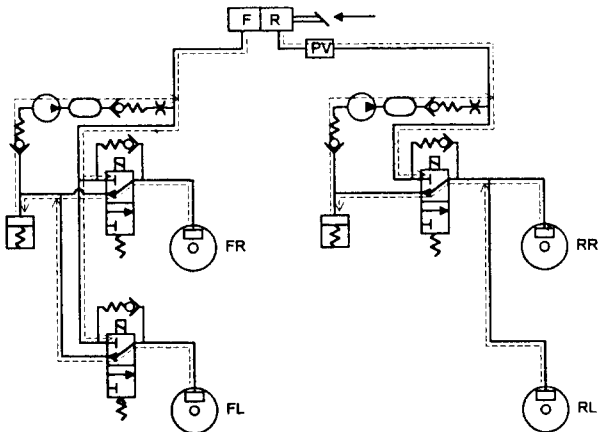


그림 3(c). Pressure Decrease Mode(ABS).

토출시켜 Recirculation 동작을 구현한다. 그림 3(c)는 감압모드를 나타내며 밸브의 전환에 의해 휠 실린더의 오일이 Low Pressure Accumulator로 유출되어 휠 실린더의 압력이 강아되는 상태이다.

## 3.2 소프트웨어

### 3.2.1 제어 알고리즘

제어 알고리즘은 ABS의 휠 슬립 제어 성능을 좌우하는 중요한 부분으로서 액추에이터로서 작용하는 유압 모듈레이터와 조화를 이루어야 한다. ABS의 슬립제어 효과는 크게 3가지로 나눌 수 있는데, 즉 제동거리 단축, 제동시 조향성 확보, 제동시 안정성 확보이다.

제동거리 단축은 제동시의 휠 슬립과 Braking Force의 물리적인 관계로 부터 성립된다. 최소의 제동거리는 제동시의 노면조건에 따라 차이는 있으나, Snow 노면을 제외하곤 대부분의 경우 휠 슬립이 15%~25%의 범위에서 최대 Braking Force를 갖으므로 적절한 휠 실린더 압력제어를 통해 제동시 최대의 Braking Force를 통한 제동거리의 단축을 확보해야 한다. 또한 제동시의 조향성을 확보하기 위해서는 Side Force가 고려되어야 한다. Side Force는 휠 슬립과의 물리적인 관계로 부터 휠 슬립이 작을수록 그 크기가 크며, 슬립각이 작을수록 그 값이 작다. 즉, 휠이 고착(Locking)된 상태에서는 타이어에 작용하는 Side Force는 매우 작기 때문에 조향성 확보는 불가능하나 적정 휠 슬립 제어 동작에 의한 Side Force의 확보는 제동시에 도 차량의 조향을 구현할 수 있게 한다. 제동시의 안정성 확보는 코너링시의 제동이나 좌우 노면상태가 크게 다른 경우에 제동을 실시한 경우 발생하는 차량의 회전운동을 적절한 Side Force의 확보를 통해 구현될 수 있다.

휠 슬립제어를 위해 사용되는 제어 알고리즘은 많은 경우 Event Base Control Algorithm의 개념이다. 예를들면 Control을 위한 Look-up Table 시뮬레이션과 실험을 통해 구하고 이를 프로그래밍하여 Micom에 저장하는 형식이다. 이러한 Look-up Table에 의거하여 ABS의 경우 주어진 상황(예를들면 휠 가속도 및 휠 슬립)에 따라 이에 대응하는 제어입력을 유압작동기에 인가하는 방식을 취한다. 자동차 전장품의 대표적 전자제어장치인 ECM(Engine Control Module)도 이러한 Look-up Table이 다수 Micom에 저장되어 있으며 실험을 통한 캘리브레이션 작업을 통해 Map을 작성한다.

ABS의 경우 현대 제어이론을 이용하여 휠 슬립제어를 시도한 연구결과가 학술적으로 제시된바 있으나[5, 6, 7] 실용단계는 아니다. 그 주된 이유는 차량제동역학의 비선형성이 지극히 크고, 외란 자체도 정도가 극히 심하기 때문에 모든 조건을 만족하는 비선형 제어기의 설계가 난해하기 때문이다. 그러나 부분적으로는 제어이론을 적용하기도 하는데 예를들면 휠의 가속도를 구하는 경우 측정된 휠 속도를 입력으로 휠 가속도를 Optimal Estimator 기법을 응용하여 구하기도 한다[8].

ABS에 의한 휠 슬립제어를 위한 제어 알고리즘은 그 필요성에 따라 모듈별로 구성되어 있다. 즉 알고리즘의 수정

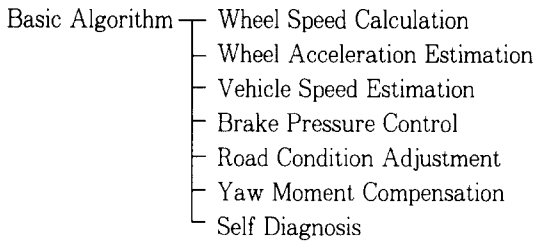


그림 4(a). Basic ABS Algorithm.

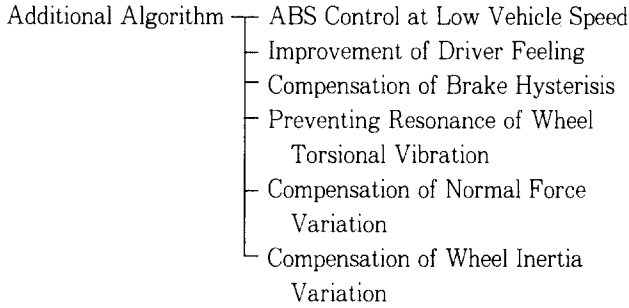


그림 4(b). Additional ABS Algorithm.

또는 새로운 알고리즘의 조합을 위해서는 각 모듈 단위로 수정하거나 상호 링크시킬 수 있도록 되어 있다. 휠 슬립제어를 위해 필요한 알고리즘은 ABS의 기능구현을 위해 반드시 필요한 알고리즘과 추가적으로 상용화를 위한 성능향상을 위해 고려되어야 할 알고리즘이 있는데, 이들에 대한 내용이 각각 그림 4(a)와 그림 4(b)에 제시되어 있다.

### 3.2.2 자기진단

ABS에서의 자기진단 기능은 시스템에서 발생한 기계적 또는 전기적 이상 상태를 감지하여 운전자에게 경고 신호를 주어 시스템 이상 상황을 알려주는 것이며, 심각한 이상 상태 발생시 ABS 동작을 차단시키고 Base Braking 동작만을

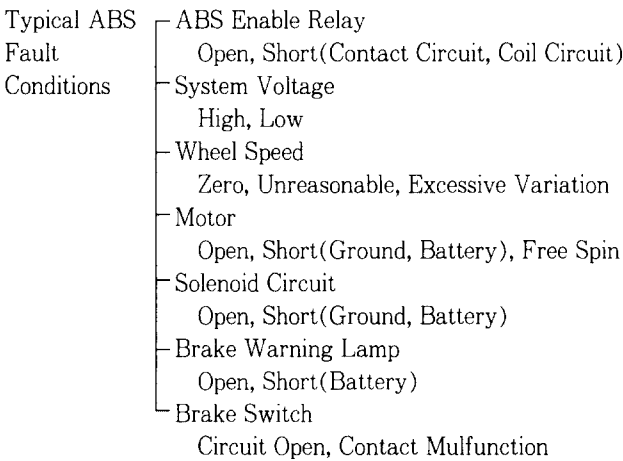


그림 5. Typical ABS Fault Conditions.

할 수 있도록 Fail Safe의 기능을 수행하는 것이다. 자기진단의 여러 항목들은 ABS 모드전에 점검하는 내용, ABS 모드에서 매 샘플링 시간 마다 점검, 또는 2~3 샘플시간 마다 점검하는 항목들로 구성된다. 주요 이상 상태에 대한 내용이 Fig.5에 제시되어 있으며 현재 총 51개 항목으로 구성되어 있다.

## 4. 실차 테스트

### 4.1 ABS 성능평가 기준

실차 테스트는 휠 슬립제어 성능을 평가하기 위한 단계에서 주로 제어 알고리즘에 대한 평가 및 제어 변수 튜닝을 위한 수단이 된다. 또한 부가적으로 자기진단에 대한 검증도 병행할 수 있다.

실차 테스트를 통한 성능평가 기준은 각 ABS 메이커마다 정해진 기준이 있는데 크게 3개의 항목으로 나뉜다. 즉 방향제어, 제동거리, 노면조건 변화에 대한 응답시간 등이 다. 이에대한 개략적인 성능평가 기준이 표 1에 제시되어 있다.

제시된 바와 같이 방향제어의 평가기준은 평균 Yaw Rate 또는 최대 Yaw Rate로 정의되며 제동거리 측면의 평가기준은 평균차량 감속도 또는 DBE(Driver Best Effort)와의 제동거리 비교로 정의된다. 그리고 노면조건 변화에 대한 응답시간은 노면변화에 적용하여 DBE와의 제동거리 비교와 휠이 허용된 시간내에 고착이 발생하는지의 여부 등으로 정의된다.

특히 노면이 저마찰 계수인 경우 예를들면 Packed Snow 에서는 제동거리 보다는 안정성에 ABS의 중요성이 부가되어 조향성의 확보에 주력하고 있음을 알 수 있다. 그리고 노면조건 변화에 적용하는 능력을 확보하기 위해 고마찰 노면에서 저마찰 노면으로의 진입시 300 ms 이내의 휠 고착이 허용되어 있으며, 이로써 제동시 차량의 안정성을 확보하도록 하고 있다.

### 4.2 휠 슬립제어 예

ABS T-1에 의한 휠 슬립제어 예를 소개한다. 테스트는 Dry Concrete 노면, Wet Epoxy 노면, Wet Epoxy에서 Dry Concrete로의 천이노면등 3종류의 노면에서 휠 슬립제어를 실시하였다. 시험 대상 차량은 국내 생산의 배기량 1800 cc급 차량이며 구동방식은 FR(Front Engine Rear Drive)이다. ABS는 3채널로서 전륜은 각각 독립적으로 제어되며, 후륜은 종속적으로 제어된다.

그림 6는 Dry Concrete 노면조건에서 70 KPH로 주행하면서 제동을 실시한 경우이다. 제동시의 휠 슬립양은 과도한 값을 나타내지 않고 제어되고 있음을 알 수 있다. 2포지션 3웨이 밸브의 On/Off 동작 특성에 의해 장시간의 적정

표 1. ABS Performance Requirements.

Test Items		Surface	Test Conditions	Criteria
Operating Requirements		Friction Coeff. > 0.1	5 kph~Max. Speed	Limit Wheel Lock Max. 200 ms
Directional Control	Straight Line Stability	Uniform Surface	Under 100 kph 0 Degree Fixed Steering	Avg Yaw Rate < 3 Deg/s Max Yaw Rate < 5 Deg/s
	Cornering Stability	Uniform Surface	Under 100 kph 80% of Max Lateral Acc	Yaw Ratio ≤ 1.15 Lateral Acc Ratio ≤ 1.25
	Split Coeff. of Friction Stability	Ice/Concrete Epoxy/Asphalt Basalt/Asphalt	Under 70 kph, Fixed 0 Deg Under 70 kph, Fixed 0 Deg Under 70 kph, Fixed 0 Deg	Max Yaw Rate ≤ 30 Deg/s Max Yaw Rate ≤ 30 Deg/s Max Yaw Rate ≤ 22 Deg/s
Max. Decel. and Stopping Distance	Straight Line	Asphalt Concrete	50, 100, 135 kph	Dist(ABS) ≤ Dist(DBE) Avg Over Entire Stop $a_L \leq a_L(DBE)$ Avg Over Any 0.5 Sec Period $a_L \leq 0.9a_L(DBE)$
		Wet Asphalt Ice Gravel Packed Snow Chatter bump	50, 100 kph 50, 75 kph 70 kph 75 kph 70, 100 kph	Dist(ABS) ≤ Dist(DBE) Dist(ABS) ≤ Dist(DBE) Dist(ABS) ≤ 1.4Dist(DBE) Dist(ABS) ≤ 1.4Dist(DBE) Dist(ABS) ≤ 1.4Dist(DBE)
		Cornering	Asphalt	100 kph
	Split Coeff.	Ice/Asphalt	50, 85 kph	Dist(ABS) ≤ 1.1Dist(DBE)
Transition Response Time	High to Low Friction Coeff	Asphalt/Ice	85 kph	Dist(ABS) ≤ Dist(DBE) Wheel Lock ≤ 300ms
	Low to High Friction Coeff	Ice/Asphalt	85 kph	Dist(ABS) ≤ Dist(DBE)

Yaw Ratio =  $\text{Max}(\text{Yaw Ratio})_{\text{ABS}} / \text{Max}(\text{Yaw Rate})_{\text{No Braking}}$

Lateral Acc Ratio =  $\text{Max}(\text{Lateral Acc})_{\text{No Braking}} / \text{Max}(\text{Lateral Acc})_{\text{ABS}}$

Dist(ABS) : ABS Stopping Distance

Dist(DBE) : Driver Best Effort Stopping Distance

$a_L$  : Longitudinal Vehicle Acc

$a_L(DBE)$  : Driver Best Effort Longitudinal Vehicle Acc

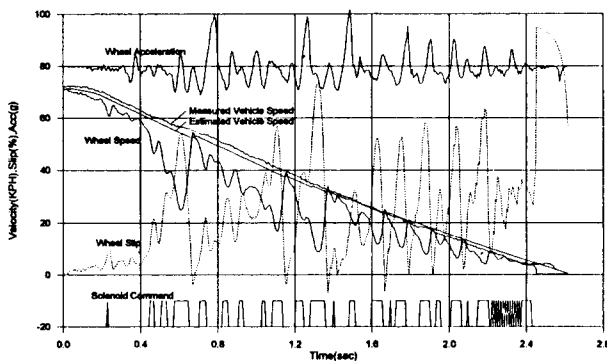


그림 6. Experimental Results of Wheel Slip Control on Dry Concrete Road.

휠 슬립을 유지하지는 못하나 큰 주기의 사이클을 반복하고 있음을 알 수 있다. 제동 말기에서의 슬레노이드 명령신호의 On/Off 동작은 저속영역에서의 예측된 차량속도와 측정된 휠 속도의 특성상 발생된 현상으로서 제어 알고리즘의 보완을 통해 해결될 수 있는 문제이다.

그림 7은 Wet Epoxy 노면조건에서의 휠 슬립제어를 실시한 경우이다. 과도한 슬립이 발생됨이 없이 제어가 수행되고 있으나 슬레노이드 밸브의 작동횟수가 과도하게 많은 문제점이 존재한다. 이러한 문제는 제어 알고리즘의 보완과 밸브 오리피스스의 유량계수 튜닝으로 해결 할 수 있는 문제이다.

그림 8은 초기에 Wet Epoxy 노면에서 제동을 시작하여

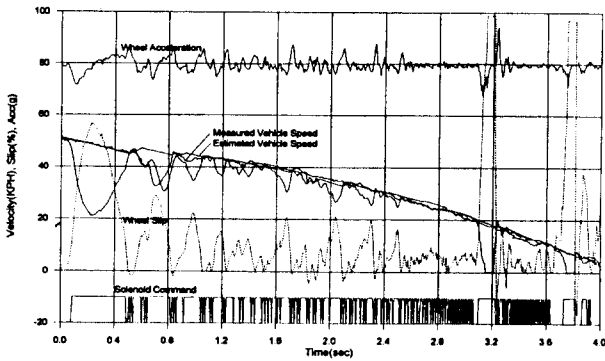


그림 7. Experimental Results of Wheel slip Control on Wet Epoxy Road.

Dry Concrete 노면으로 노면조건이 변하는 과정에서의 휠 슬립제어 결과를 나타낸다. 마찰계수가 작은 Wet Epoxy 노면에서는 비교적 긴 시간 동안 슬립이 크게 발생되고 있으나 Dry Concrete 노면으로 진입한 후는 적당한 슬립량을 나타내며 제어가 수행되고 있음을 알 수 있다.

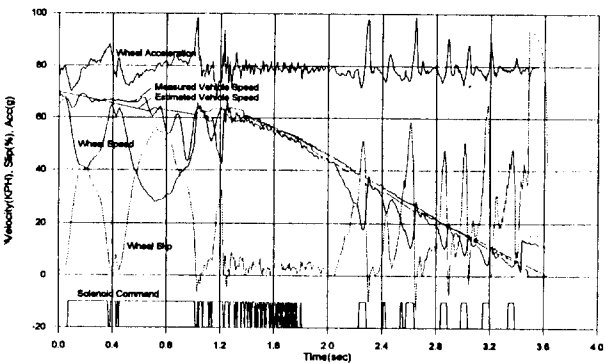


그림 8. Experimental Results of Wheel Slip Control on Transition Road (from Wet Epoxy to Dry Concrete).

## 5. 결 론

지금까지 보급형으로 개발중인 ABS에 대하여 그 개발동기, 모듈레이터 구조, 소프트웨어 및 실차 테스트 결과에 대해 설명하였다. ABS T-1은 소형, 경량, 저가의 특성을 갖으면서 ABS의 기능을 충분히 발휘할 수 있는 개념으로 설계되었다.

현재 ABS 모듈레이터의 주류는 2포지션 2웨이 밸브를 사용하는 것이다. 그러나 제한된 생산수량하에서 원가를 절감하기 위해서는 기능이 저하되지 않는 범위에서 그 구조적 변경이 불가피하다. 이러한 취지에서의 2포지션 3웨이 밸브는 그 고유의 가치를 창출할 수 있는 가능성이 있으며 이에 대한 연구의 필요성이 존재한다. 2포지션 3웨이 밸브를 사용하는 ABS T-1의 경우 기존의 2포지션 2웨이 밸브를 사

용하는 ABS에 비해 휠 슬립제어 성능이 다소 열세이기는 하나 제어 알고리즘 및 모듈레이터의 보안을 통해 그 성능을 개선시킨다면 ABS T-1 고유의 장점을 부각시킨 제품이 될 수 있다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Rudolf Limpert, Brake Design and Safety, SAE, 1992.
- [2] 自動車用ABSの研究, 山海堂, 1993.
- [3] Martin Maier and Klaus Müller, 'ABS5.3 : The New and Compact ABS 5 Unit for Passenger Cars,' SAE 95, No. 950757.
- [4] Anton T. van Zanten and et al., 'VDC, The Vehicle Dynamics Control System of Bosch,' SAE 95, No. 950759.
- [5] Yuen-Kwok Chin and et al., 'Sliding Mode ABS Wheel Slip Control,' ACC/WA1, pp. 1~5, 1992.
- [6] Y. Chamailard and et al., 'Braking Regulation of a Vehicle, Application and Comparison of Control Algorithms of Unstable or Pseudo-Stable Fast Systems,' SAE 94, No. 940837.
- [7] Georg F. Mauer and et al., 'Fuzzy Logic Continuous and Quantizing Control of an ABS Braking System,' SAE 94, No. 940830.
- [8] Katsuhiko Ogata, Discrete-Time Control Systems, Prentice-Hall Inc., 1987.



**김 중 배**

1986년 연세대학교 기계공학과(학사) 1989년 연세대학교 기계공학과(석사) 1993년 연세대학교 기계공학과(박사) 1985년~1986년 기아자동차 개발관리실 근무 1994~현재 대우전자 연구본부 제2연구소 근무 관심분야 Active Vibration Control, Digital Signal Processing (150-044)서울특별시 영등포구 당산동 4가 80번지 대우전자 연구본부 제2연구소.

TEL. 02) 637-2325(258) / FAX. 02) 635-5384.



**채 경 선**

1991년 서울대학교 기계설계학과 졸업(학사) 1991년 현대자동차 근무 1992년 대우 기획조정실 대우테크팀 근무 1994년~현재 대우전자 연구본부 제2연구소 근무 관심분야 Car Electronics (150-044)서울특별시 영등포구 당산동 4가 80번지 대우전자 연구본부 제2연구소.

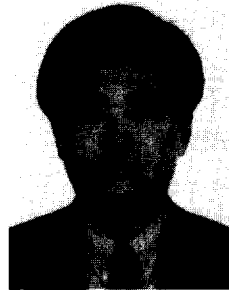
TEL. 02) 637-2325(243) / FAX. 02) 636-9279.



**유 장 열**

1991년 한양대학교 기계공학과(석사) 1987년~1994년 KIST 연구원 1994~현재 대우전자 연구본부 제2연구소 근무 관심분야 Car Electronics (150-044)서울특별시 영등포구 당산동 4가 80번지 대우전자 연구본부 제2연구소.

TEL. 02) 637-2325(255) / FAX. 02) 635-5384.



**김 상 국**

1978년 서울대학교 기계설계학과(학사) 1980년 한국과학기술원 생산공학과(석사) 1985년 MIT 기계공학과(박사) 1985년~1986년 MIT 생산기술연구소 선임연구원 1986년~1991년 KIST 기계공학연구부 선임연구원 1990년~1991년 MIT 기계공학과 조교수(객원) 1991년~1994년 대우회장실 대우테크팀 부장 1992~현재 아주대학교 시스템공학과 협동부교수 1994~현재 대우전자 연구본부 제2연구소 소장 관심분야 Car Electronics, Consumer Electronics, Manufacturing Systems (150-044)서울특별시 영등포구 당산동 4가 80번지 대우전자 연구본부 제2연구소.

TEL. 02) 637-2325(237) / FAX. 02) 636-9279.



**이 병 조**

1989년 서울대학교 전기공학과(학사) 1989년~1993년 대우자동차 근무 1994~현재 대우전자 연구본부 제2연구소 근무 관심분야: Car Electronics (150-044)서울특별시 영등포구 당산동 4가 80번지 대우전자 연구본부 제2연구소.

TEL. 02) 637-2325(255) / FAX. 02) 635-5384.