

## 대형 2행정 디젤기관용 모터구동 실린더 주유기의 성능에 미치는 퀴 어큐물레이터의 영향에 관한 연구

배 명 환<sup>\*1)</sup> · 옥 현 진<sup>2)</sup> · 정 화<sup>3)</sup>

경상대학교 기계항공공학부, 공학연구원<sup>1)</sup> · 경상대학교 대학원<sup>2)</sup> · 한국폴리텍Ⅷ대학 진주캠퍼스<sup>3)</sup>

### A Study on Effect of Quill Accumulator upon Performance of Motor-driven Cylinder Lubricator in a Large Two-stroke Diesel Engine

Myung-whan Bae<sup>\*1)</sup> · Hyun-jin Ok<sup>2)</sup> · Hwa Jung<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Engineering Research Institute, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Gyeongsang National University,  
Gyeongnam 606-701, Korea

<sup>2)</sup>Graduate School, Gyeongsang National University, Gyeongnam 606-701, Korea

<sup>3)</sup>Jinju Campus of Korea Polytechnic VII Colleges, Gyeongnam 660-996, Korea

(Received 24 July 2006 / Accepted 24 August 2006)

**Abstract** : Minimizing the cylinder wear and the consumption rate of cylinder oil in a large two-stroke marine diesel engine is of great economic importance. In Korea, a motor-driven cylinder lubricator for a large two-stroke marine diesel engine manufactured by Wartsila Switzerland Co., Ltd. was first developed by authors through the joint research of industry-university in 2002. The characteristic of the developed product is that can control automatically the oil feed rate to a load fluctuation by the motor drive and the offset cam. The performance of the product is not also inferior to the conventional one. For manufacturing the reliable and useful products, however, it is necessary to investigate further characteristics and improve the performance of a cylinder lubricator. In this study, the effect of quill with and without accumulator on maximum discharge pressure, delivery delay duration and oil feed rate relative to motor revolution speed using plunger stroke as a parameter is experimentally investigated by using the developed cylinder lubricator. It is found that the maximum discharge pressure with accumulator is higher than that of no accumulator as plunger stroke and motor revolution speed are elevated, and the delivery delay duration with accumulator is shorter than that of no accumulator as plunger stroke and motor revolution speed are increased. Also, oil feed rate with accumulator is less than that of no accumulator except for a plunger stroke of 2 mm as plunger stroke and motor revolution speed are raised.

**Key words** : Cylinder lubricator(실린더 주유기), Large two-stroke diesel engine(대형 2행정 디젤기관), Accumulator(어큐물레이터), Quill(퀴), Maximum delivery pressure(최대 송출 압력), Delivery delay duration(송출지연시간), Oil feed rate(송출유량)

### 1. 서 론

우리나라의 조선업계는 석유가 불안정 등으로 인한 세계적 경제전망의 불투명 속에서도 수주량이

지속적으로 증가되어 호황을 누리고 있으며 이러한 조선경기는 당분간 지속될 것으로 전망되기 때문에, 세계 1위의 선박 건조국을 지켜나가기 위해서는 부가가치가 높은 디젤기관 등 관련 기자재의 국산화 개발에 노력하여야 한다.<sup>1)</sup>

\*Corresponding author, E-mail: mwbae@nongae.gsnu.ac.kr

선박용 대형 디젤기관은 MAN B & W사와 Wärtsilä Switzerland사 제품이 전세계 시장을 양분하고 있으며, 우리나라를 비롯한 세계 선박 디젤기관의 제조국가에서는 양사에 기술 사용료를 지불하면서 기관을 생산하고 있다.<sup>2)</sup>

세계 선박용 대형 디젤기관 시장의 65%를 점유하고 있는 우리나라는 대부분의 기자재를 국산화하여 사용하고 있지만, 아직도 실린더 주유기와 같은 기술적 노하우가 있는 제품들에 대해서는 생산을 하지 못하고 수입에 의존하여 사용하고 있다.<sup>2)</sup>

디젤기관 실린더 주유기는 플런저와 바렐로 구성된 정량 펌프로써, 피스톤 링과 실린더 라이너 사이의 부식과 마찰의 감소, 밀봉 효과 증대 등의 목적으로 실린더를 윤활시키기 위해 윤활유를 공급하는 장치이다.<sup>3)</sup> 그런데 기술료를 지불하면서 60% 이상을 우리나라에서 생산하고 있는 MAN B & W사의 선박용 대형 디젤기관의 실린더 주유기는 도면을 받아 국내 몇 개의 중소기업체에서 OEM방식으로  $\alpha$ 형 등을 제작하여 공급하고 있지만, 아직도 50% 이상을 외국으로부터 수입하고 있다.<sup>1)</sup>

그러나 Wärtsilä Switzerland사 디젤기관의 실린더 주유기는 대부분 독일의 회켈레사가 제작하여 공급하고 있고, 덴마크의 한스엔센사와 일본의 시마즈사가 일부분을 제작하여 공급하고 있을 뿐, 국내에서는 아직 생산하지 못하고 있다. 또한, 현재 국외에서 생산되고 있는 기존제품의 실린더 주유기는 펌프유량 및 압력을 수동으로 조절하고 있기 때문에, 부하변동에 따른 윤활유 양과 압력을 조절할 수 없다.<sup>2)</sup>

최근 국외에서는 상기의 문제점을 해결하기 위한 시스템 개발의 연구를 진행하고 있지만, 국내에서는 중소기업체들이 외국기술의 모방설계로 국내 선박건조시장에만 제한적으로 공급되기 때문에, 자체의 연구 및 개발이 시급하지만, 매출액 규모에 비해 기관제조자의 국산화 비용이 많이 소요되고, 개발 후 사용에 대한 위험부담으로 인해 자체 연구 혹은 개발을 시도하지 않고 있다. 특히, 중소기업체에서는 자본, 연구인력, 핵심기술 등에 있어서 기술개발을 시도하기에는 많은 어려움이 있다.<sup>1)</sup>

Wärtsilä사 선박용 대형 디젤기관의 실린더 주유기 작동과 기능은 MAN B & W사 제품과 거의 같기

때문에, 저자들은 그 기술을 적용하여 산학공동으로 Wärtsilä사 디젤기관용 실린더 주유기를 국내기술로 설계하고 제작한 다음, 자체적으로 개발한 실린더 주유기의 유량특성을 조사하는 기초적인 실험을 수행하여 한스엔센사의 제품과 비교한 결과, 성능이 유사하게 나타나고 있음을 확인하였다.<sup>4,5)</sup>

본 연구에서는 실린더 주유기 끝단에 부착된 쉘(Quill)내의 어큐물레이터(Accumulator)가 작동되지 않았을 경우, 실린더 주유기의 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해, 실제기관의 분위기에 맞도록 모형 실린더 내의 압력을 질소가스를 사용하여 16 bar로 일정하게 형성하고, 어큐물레이터의 고장상태를 인위적으로 만들어 모터 회전속도와 플런저 행정을 파라미터로 하여 최대 토출압력, 최대 송출압력, 최대 손실압력, 송출지연시간 및 송출유량을 측정한다. 다음, 이전 연구<sup>6)</sup>와 비교하여 어큐물레이터의 역할을 파악하는 것이 목적이다.

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험장치

70,000마력급인 선박용 2행정 저속 디젤기관 RTA96C의 분리형에 적용하기 위하여 산학공동으로 개발한 Sulzer RTA48T형의 최소구경인 5 실린더용 디젤기관에 탑재되는 실린더 주유기의 본체를 Fig. 1에 나타내고 있다. 그림에서는 5 실린더용을 나타내고 있지만, 4 실린더의 경우에는 운전 중 어떤 실린더 주유기에 문제가 있을 때, 바로 교환이 가능하도록 1 실린더를 예비용으로 두고 있다. 5 실린더 이상의 다실린더의 경우에는 5 실린더용 주유기를 조합형으로 조립하여 사용한다.

Fig. 2에는 실린더 주유기에 배압을 건 상태에서 본체의 성능을 시험하기 위하여 구성한 실험장치

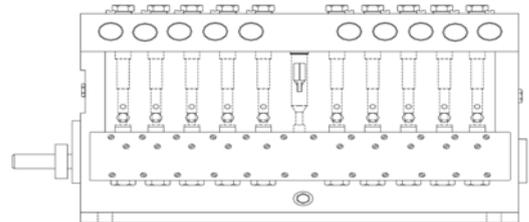


Fig. 1 Cylinder lubricator for RTA48T diesel engine

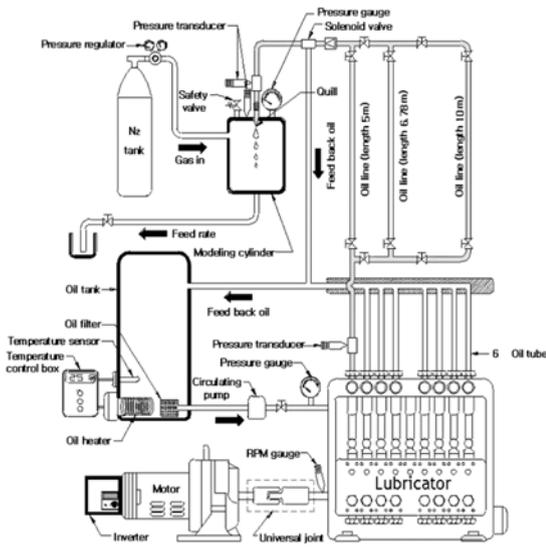


Fig. 2 Schematic diagram of experimental arrangement

개략도를 나타내고 있다. Table 1에는 실린더 주유기의 주요 제원을 나타내고 있다.

Fig. 3은 쥘의 단면도를 나타내고 있다. 쥘에 장착되어 있는 어큐물레이터에는 실린더, 압축 스프링, 피스톤 및 다이어프램으로 구성되어 있다. 어큐물레이터의 고장상태를 인위적으로 만들기 위해 다이어프램은 그대로 두고 압축 스프링을 제거한 다음, 같은 길이의 철제 환봉을 넣었다. 유체기계에서 어큐물레이터는 유량이 순간적으로 적은 경우에 부족

Table 1 Specification of test cylinder lubricator

Item	Specification
Type	RTA48T
Plunger diameter (mm)	12
Stroke (mm)	9
Discharge quantity (cc/(point · stroke))	2.03

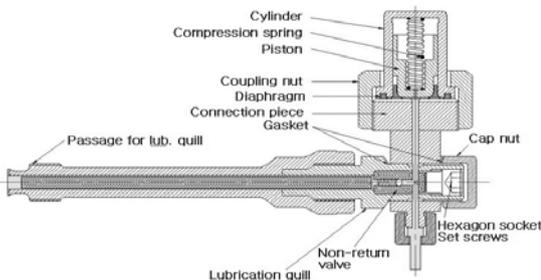


Fig. 3 Sectional view of quill assembly

한 유량을 보충해 주고, 유체의 맥동압력 등을 흡수하여 압력을 일정하게 유지하는 역할을 한다. 특히, 정전, 펌프고장 등으로 인한 경우, 어큐물레이터에 축압된 유량으로 실린더 라이너와 피스톤 링을 보호해 주는 역할도 한다. 그러나 어큐물레이터 고장 시에는 내부의 배압이 낮아져 주유량이 증가되어 오일의 낭비를 초래할 우려가 있다.

주유기로 유입되기 전의 윤활유를 오일탱크에 저장하고, 코일식 전기히터(3 kW × 2 대)에 의해 오일의 온도를 가열한다. 가열된 윤활유는 유압펌프에 의해 주유기내의 저장탱크 내로 유입되어지는데, 설정온도를 자동적으로 조절하기 위해 온도센서가 부착된 온도조절기를 탱크 내에 설치하였다.

또한, 주유기 내 코일식 전기히터(75 W)를 설치하여 자동온도조절기에 의해 설정온도를 유지하도록 하여 오일탱크와 주유기 사이의 관 통과시간, 주유기내로 유입된 후 체류시간, 주유구를 통한 주유관 통과시간 동안에 발생하는 온도변화를 작게 하였다. 관은 전체적으로 보온재로 감싸 온도차를 가능한 줄이도록 하였다.

주유기 축에 설치된 광센서를 이용한 레이저 회전속도 측정장치(Pocket tachometer 3632)에 의해 주유기 본체의 회전속도가 측정되었고, 플런저 펌프의 주유기 본체는 모터의 축과 연결되어 있는 인버터(KC-1500A)의 주파수에 의해 회전속도를 바꿀 수 있도록 되어 있다.

실제 디젤기관의 운전 중에는 실린더내 공기를 압축하는 과정 중에 실린더 오일을 주유하기 때문에, 주유기 출구에는 압력이 걸린다. 따라서 주유기에서 분사되는 압력이 배압보다 높을 때에만 실린더 오일이 분사되어 윤활유로서의 역할을 할 수 있다. 본 주유기의 성능시험 시, 배압을 걸어주기 위해 직경 100 mm, 높이 100 mm, 두께 50 mm의 모형 실린더 배압기(modeling cylinder)를 제작하여 설치하였고, 질소가스를 사용해 모형 실린더내의 배압을 형성시켜 주었다. 실린더에 윤활유를 분출시키기 위해 관길이 10 m의 끝단에 실제 선박에서 사용하는 것과 동일한 쥘을 부착시켰다.

실린더 1기에 대해 상단 및 하단에서 주유하기 때문에, 4 실린더용 주유기의 경우에는 전체 주유구가 8개인데, 동일한 실험조건에서는 각 주유구의 토출

량이 같다고 가정하여 1번 주유구의 성능을 측정했고, 나머지 주유구의 토출량은 탱크로 송출되었다. 1번 주유구의 끝단에서 0.03 m 떨어진 위치의 토출 압력과 쿨에서 분출하기 전 주유관 끝단의 송출압력을 측정하기 위해 압전식 압력계를 각각 설치하였다.

주유기와 쿨 사이에 타이머가 부착된 솔레노이드 밸브(KSO-G-2B)를 설치하여 송출량을 측정하였고, 주유관은 스테인리스로 된 내경 6 mm인 관을 사용했다.

### 2.2 실험방법

측정항목에 따른 실험조건을 Table 2에 나타내고 있다. 본 실험에서는 운전중인 실제 디젤기관과 유사한 환경을 설정하기 위해 오일온도를 45°C로 가열하여 사용하였다. 주유기 모터의 회전속도를 60, 80, 100, 120 rpm로 변화시켰고, 모형 실린더 내의 배압은 게이지 압력으로 15 bar로 고정시켰으며, 플런저의 행정은 9 mm이지만, 2 mm에서 8 mm까지 2 mm씩 증가시켰고, 4.8 mm를 하나 추가시켰다.

주유관 길이가 주유기 성능에 미치는 이전연구<sup>6)</sup>에서 주유관 길이의 영향이 거의 나타나지 않았기 때문에, 본 연구에서는 주유관 길이를 10 m로 하였다.

각 실험조건에서의 측정된 압력과형을 디지털 스토리지 오실로스코프(Hitachi VC-7504, 8bits, 8 kword/CH)에 저장하고, 저장된 압력과형에서 최대 토출 및 송출 압력을 환산하고, 이 값을 사용하여 송출지연시간 및 최대 손실압력을 계산하였다.

송출유량(feed rate)은 타이머 부착 솔레노이드 밸브를 이용하여 80초 동안의 유량을 전자저울(Mettler, 최소 측정단위 0.01 g)로 계량하여 단위시간당 질량 값으로 나타내었다.

Table 2 Experimental conditions and measuring items

Plunger stroke (mm)	2, 4, 4.8, 6, 8
Pump motor speed (rpm)	60, 80, 100, 120
Back pressure (bar)	16
Oil pipe length (m)	10
Measured spot of maximum discharge pressure (m)	0.03

Table 3 Physical and chemical properties of Mobil Gard 570 as a cylinder oil

Properties	Value	
SAE No.	50	
Gravity (API)	18.9	
Specific gravity 15/15°C	0.941	
Pour point (Max., °C)	-6	
Flash point (Min., °C)	240	
Viscosity	cSt @ 40°C	200
	cSt @ 100°C	18.5
Viscosity index	102	
Total base number (mg KOH/g)	70	
Sulfated ash (Min., % Wt.)	8.8	

Table 4 The operation mode by pump motor speed and plunger stroke

	Pump motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)
Low motor speed × Long plunger stroke	60	8
Medium motor speed × Medium plunger stroke	80	6
Medium motor speed × Medium plunger stroke	100	4.8
High motor speed × Short plunger stroke	120	4

실험에 사용된 실린더 오일은 Mobil Gard 570으로 주요한 물리적 및 화학적 특성은 Table 3과 같다. 실험에 있어서 주유기 회전속도의 변동률은 1 rpm 미만이었으며, 실린더의 오일온도 변동률은 2°C 이하였다.

동일한 펌프유량 상태에서 주유기 성능을 조사하기 위해 Table 4에는 플런저 행정과 모터회전속도를 곱한 값이 같은 실험조건의 운전모드를 선정하였다. 즉, 저 모터회전속도 × 장 플런저 행정, 중 모터회전속도 × 중 플런저 행정, 고모터회전속도 × 단 플런저 행정의 실험조건을 선정하여 어큐뮬레이터가 정상 및 고장상태에서 주유기의 성능을 비교하였고, 주유상태를 관찰하기 위해 쿨 주유장면의 사진을 찍었다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 최대 토출압력

주유구로부터 0.03 m 정도 떨어진 지점에서 주유

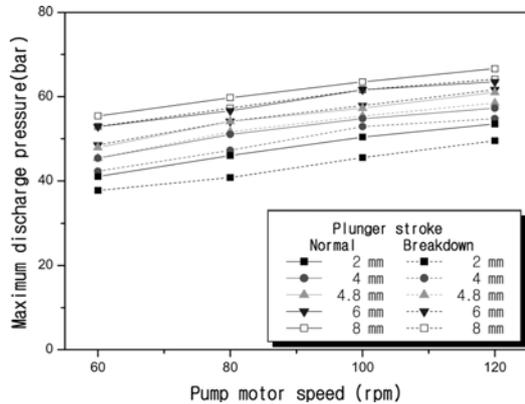


Fig. 4 Comparison between effect of oil pump motor speed on maximum discharge pressure with normal and breakdown accumulator state as a parameter of plunger stroke(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C, back pressure = 16 bar)

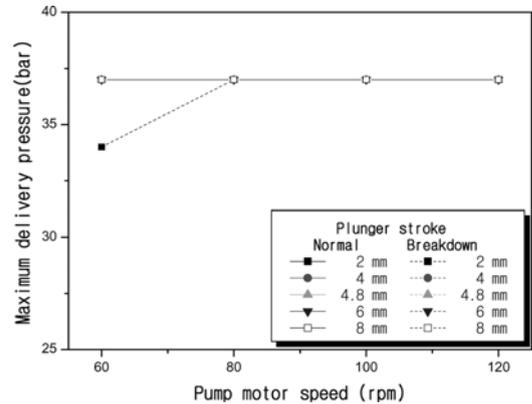


Fig. 5 Comparison between effect of oil pump motor speed on maximum delivery pressure with normal and breakdown accumulator state as a parameter of plunger stroke(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C, back pressure = 16 bar)

관 길이 10 m, 오일온도 45°C, 배압 16 bar의 실험조건에 대해 플런저 행정을 파라미터로 하여 주유기 모터 회전속도와 최대 토출압력의 관계를 어큐물레이터의 정상 및 고장 상태에 있어서 비교한 것이 Fig. 4이다.

그림에서 두 경우 모두 회전속도와 플런저의 행정이 증가할수록 최대 토출압력은 증가하였다. 그러나 어큐물레이터 고장시의 최대 토출압력이 정상시보다 1.4 ~ 5 bar 정도 떨어짐을 알 수 있다. 주유기 입구에서 토출되는 최대 토출압력은 켈과 관계가 없고, 또한 켈에서 10 m 정도 떨어져 있기 때문에 영향을 미치지 않을 것으로 판단했지만, 실제 실험에서는 3 ~ 10% 정도 영향을 미치고 있었다. 이것은 어큐물레이터의 역할인 맥동압력 등을 흡수하지 못하기 때문이라고 예측된다.

### 3.2 최대 송출압력

최대 토출압력 특성을 조사할 때와 같은 실험조건에 대해 플런저 행정을 파라미터로 하여 주유기 모터 회전속도와 실린더로 분출되기 직전인 켈 전단에서 송출되는 최대압력의 관계를 어큐물레이터의 정상 및 고장 상태에 있어서 비교한 것이 Fig. 5이다.

그림으로부터 어큐물레이터가 고장상태인 플런저 행정이 2 mm이고, 모터 회전속도가 60 rpm인 경

우를 제외하고는 모터 회전속도, 플런저 행정에 관계없이 켈 전단의 최대 송출압력은 동일하게 일정한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

이전연구<sup>6)</sup>에서 플런저 행정 2 mm일 때, 배압을 걸지 않았을 경우와 모터 회전속도 60 rpm에서 배압 11 bar 미만인 경우를 제외하고는 모터 회전속도, 플런저 행정 및 주유관 길이에 관계없이 켈 전단의 최대 송출압력은 일정한 값을 나타내었다. 또한, 이전 연구에서의 최대 송출압력값과 본 연구의 값이 동일하게 37 bar 정도를 보여주고 있었다.

본 연구에서 고장상태 어큐물레이터의 플런저 행정 2 mm, 모터 회전속도가 60 rpm인 경우에 다른 경우보다 최대 송출압력이 낮고, 일정하지 않는 이유는 근본적으로 최대 토출압력이 낮고, 고장상태의 어큐물레이터가 역할을 하지 못하기 때문이라고 판단된다.

본 연구에서는 이전연구<sup>6)</sup>와 마찬가지로 기계식이 아닌 모터구동에 의해 주유기를 작동시키고 있는데, 켈 전단의 최대 송출압력은 어큐물레이터의 상태에 관계없이 일정한 값을 나타내었다. 이러한 이유 중의 하나는 어떠한 경우에도 최대 토출압력이 송출압력보다 높기 때문에 나타나는 현상이다. 그러나 이러한 압력으로 지속되는 송출기간이 어느 정도인지, 그리고 송출된 오일이 피스톤링의 상하부에 적절하게 운환되고 있는지는 알 수 없기 때문에, 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

### 3.3 최대 손실압력

Fig. 6은 어큐물레이터의 작동상태에 따른 주유관 내의 압력손실을 알아보기 위해 주유기 출구로부터 0.03 m 떨어진 곳의 최대 토출압력과 주유관 끝단의 최대 송출압력과 차이를 나타낸 것이다.

본 연구에서 최대 손실압력은 배압을 걸어준 상태에서 주유기 출구로부터 0.03 m 떨어진 곳의 최대 토출압력과 실린더에 켈이 부착된 주유관 길이의 끝단인 10 m 떨어진 지점에 있어서 최대 송출압력과의 차이로서 정의했다.

최대 토출압력과 마찬가지로 모터 회전속도와 플런저 행정이 증가할수록 최대 손실압력은 증가하였으며, 어큐물레이터가 고장일 때의 최대 손실압력이 어큐물레이터가 정상일 때의 최대 손실압력보다 더 낮음을 알 수 있다.

앞에서 검토한 것처럼 최대 송출압력은 어큐물레이터가 고장상태인 모터 회전속도 60 rpm의 플런저 행정이 2 mm인 경우를 제외하고는 모터 회전속도, 플런저 행정에 관계없이 켈 전단의 최대 송출압력은 37 bar로 일정한 값을 나타내었다. 그런데 최대 토출압력은 모터 회전속도와 플런저 행정이 증가할수록 증가하였기 때문에, 결국은 모터 회전속도와 플런저 행정이 증가할수록 맥동압력 등에 의한 관내의 마찰손실이 증가되어 손실압력도 증가되고 있음을 알 수 있다.

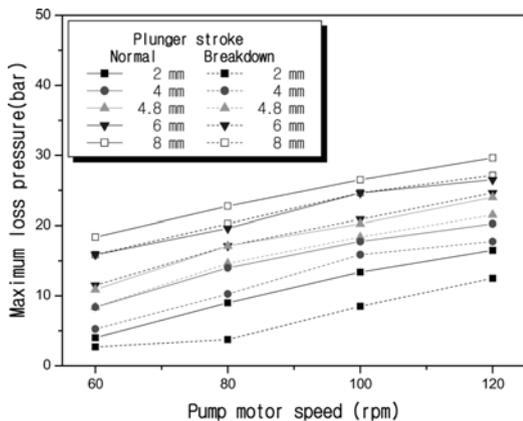


Fig. 6 Comparison between effect of oil pump motor speed on maximum loss pressure with normal and breakdown accumulator state as a parameter of plunger stroke (oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C, back pressure = 16 bar)

### 3.4 송출유량

실린더에 오일을 주유하는 경우, 피스톤링은 와이퍼(wiper) 역할을 하는데, 피스톤링보다 위에 공급되는 오일은 피스톤링에 의해 흡여져 있는 것을 긁어 올려서 실린더 상부에 도달하여 상사점에 부분적으로 남겨져 고온의 분위기하에서 증발되어 열화된다. 한편, 피스톤링보다 아래로 공급되는 오일은 피스톤링에 의해 긁어 내려져 일부는 크랭크실로 떨어진다. 이러한 상·하부에 공급된 오일이 전부 무효한 것은 아니지만, 효과면에서는 상당히 떨어진다. 따라서 피스톤링 사이에 공급되는 오일만이 피스톤링 사이에 계속 유지되어 장시간 효과를 나타낸다. 한편, 플런저 행정이 너무 작은 경우에는 정확한 구동이 이루어지지 않아 정확한 위치에 공급시키는 확률이 떨어져 송출유량의 정확도가 떨어질 것으로 예측된다.<sup>3)</sup>

Fig. 7에는 최대 송출압력 특성 조사의 경우와 동일한 실험조건에서 플런저 행정을 파라미터로 하여 주유기 모터 회전속도와 켈에서 송출되는 송출유량과의 관계를 어큐물레이터의 정상 및 고장 상태에 대해 비교한 것을 나타내고 있다.

그림으로부터 플런저 행정과 모터 회전속도가 증가할수록 송출유량은 증가하는데, 플런저 행정 2 mm인 경우를 제외하고는 어큐물레이터의 고장상태인 경우가 정상상태보다 유량이 더 많음을 알 수

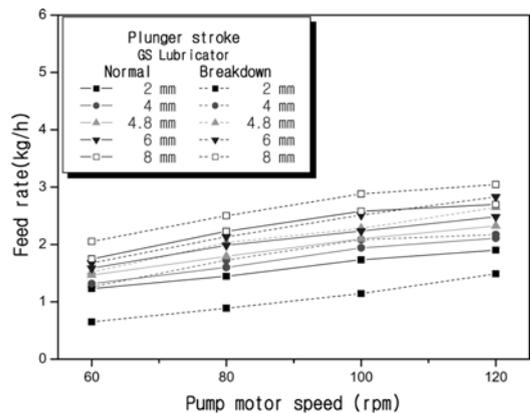


Fig. 7 Comparison between effect of oil pump motor speed on feed rate of cylinder lubricator with normal and breakdown accumulator state (oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C and back pressure = 16 bar) as a parameter of plunger stroke

있다. 그러나 플런저 행정 2 mm인 경우에는 저속 회전속도일수록 고장상태의 경우가 더 송출유량이 적어지고 있다. 전체적으로 정상적인 상태에 비해 -47.3% ~ 17.3% 정도 송출유량의 차이가 발생되고 있다.

어큐물레이터가 고장상태에서는 펴 내부의 배압이 낮아져 상대적으로 많은 주유가 발생될 것으로 판단된다. 또한, 플런저는 행정이 작아질수록 주유기의 송출지연시간이 길어지기 때문에, 정확한 구동이 이루어지지 않아 주유된 송출유량은 감소될 것으로 예상된다. 따라서 어큐물레이터가 고장인 경우에는 송출유량이 많아지지만, 플런저 행정이 2 mm인 경우에는 구동이 정확하게 이루어지지 않은 영향이 더 크게 발생하여 송출유량이 오히려 감소되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 8에는 오일온도가 45°C인 동일한 조건에서 한스엔센사의 주유기 유량특성<sup>7)</sup>과의 비교를 나타내고 있다. 모든 운전조건이 동일하지 않아 정량적으로 비교할 수는 없지만, 모터 회전속도와 플런저 행정이 증가할수록 송출유량이 증가되어 정성적으로는 유사한 경향을 나타내고 있다. 그러나 어큐물레이터가 정상적인 상태에서 플런저 행정 2 mm인 경우를 제외하고는 한스엔센사의 주유기보다도 송출유량이 상당히 많이 감소되고 있다. 특히, 모터 회

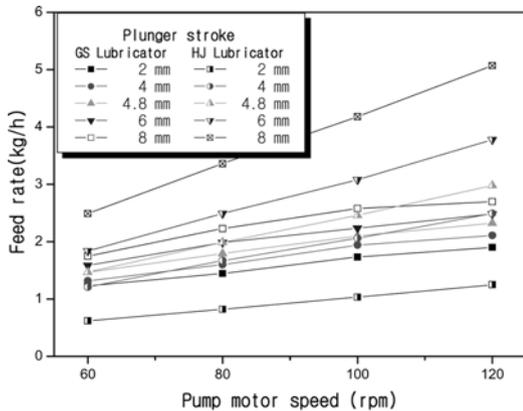


Fig. 8 Comparison between effect of oil pump motor speed on feed rate of cylinder lubricator with normal accumulator state(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C, back pressure = 16 bar) and Hans Jensen cylinder lubricator as a parameter of plunger stroke(oil temperature = 45°C)

전속도와 플런저 행정이 증가할수록 감소율이 더 커짐을 알 수 있다. 고장상태인 경우에도 플런저 행정 4 mm 정도까지를 제외하고는 한스엔센사의 주유기보다도 송출유량이 감소되고 있는데, 그 감소 경향은 정상상태인 경우보다는 덜함을 알 수 있다.

### 3.5 송출지연시간

Fig. 9에는 상기의 실험조건에서 어큐물레이터의 정상 및 고장 상태에 대해 플런저 행정을 파라미터로 하여 모터 회전속도와 주유기의 송출지연시간을 나타내고 있다.

송출지연시간은 배압을 걸어준 상태에서 주유기 출구로부터 0.03 m 떨어진 곳의 최대 토출압력이 측정되는 시간과 펴 전단의 최대 송출압력이 측정되는 시간의 차이로서 정의했다.

송출지연시간은 모터 회전속도와 관계가 있는데, 회전속도가 빨라지면 상대적으로 송출속도가 증가되어 송출지연시간은 짧아질 것으로 예측된다. 한편, 펴 끝에 동일한 배압을 걸어주는 경우에 동일한 송출유량에서는 주유관 길이와 직경이 같다면 송출속도도 같다. 그런데 그림에서 단순하게 고찰하면 플런저 행정과 모터 회전속도의 변화에 따른 송출지연시간은 크지 않은 것처럼 보인다. 모터 회전속도가 감소될수록 송출지연시간이 1 ~ 3 ms 정도 길어지고 있는 것처럼 보인다. 동일한 주유관 길

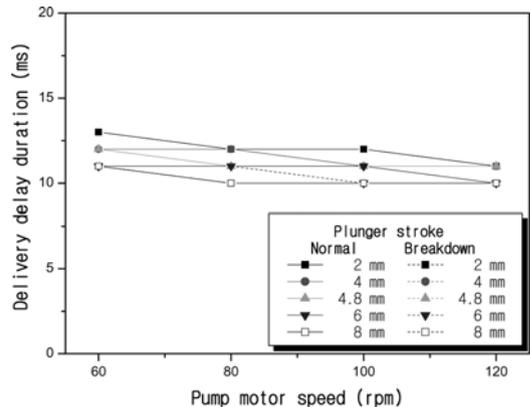


Fig. 9 Comparison between effect of oil pump motor speed on delivery delay duration with normal and breakdown accumulator state as a parameter of plunger stroke (oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C, back pressure = 16 bar)

이 및 직경에서 배압이 일정하게 걸리는 경우에는 점성저항도 같아지지만, 모터 회전속도가 증가하면 송출속도도 커져서 송출지연시간은 짧아진다.

앞에서 고찰한 송출유량은 밀도, 단면적 및 속도와 밀접한 관련이 있는데, 동일한 조건에서는 밀도 및 단면적이 같기 때문에, 속도가 커질수록 송출유량이 증가된다.<sup>8)</sup> 따라서 본 연구에서 모터 회전속도의 증가에 따른 송출유량의 증가는 단지 송출지연시간에서 검토한 속도의 영향이 주요인이다. 본 연구에서 실험조건에 따라 측정된 송출지연시간은 13 ms 미만으로 작게 나타나고, Fig. 9에서 볼 수 있는 것처럼 큰 변화를 보이지 않고 있다. 따라서 Fig. 7의 송출유량은 단위시간당의 값이기 때문에, Fig. 9에서 측정된 ms 단위의 작은 송출지연시간은 송출유량에 큰 영향을 미치지 않는다. 즉, Fig. 7의 송출유량에 큰 영향을 미치지 않는다.

한편, 어큐뮬레이터의 유무는 Fig. 9에서 송출지연시간에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타나고 있다. 그런데 동일한 조건에서 어큐뮬레이터가 정상상태일 경우에 송출유량이 작게 나타나고 있음을 Fig. 7로부터 알 수 있는데, 이것은 송출지연시간의 영향보다는 어큐뮬레이터 역할인 쉘 내부 배압을 증가시켜 송출유량을 일정하게 유지시키기 때문에, 결국은 송출유량이 감소되었다.

### 3.6 모터 회전속도와 플런저 행정에 따른 운전모드

실린더 주유기의 운전모드 특성을 비교하기 위하여 Table 5에는 플런저 행정과 모터 회전속도의 곱이 동일한 값에서 모터 회전속도와 플런저 행정에

대해 어큐뮬레이터가 정상 및 고장 상태인 최대 토출압력 값을 나타내고 있다.

표에서 최대 토출압력의 경우에는 앞에서 고찰한 것처럼 정상상태인 어큐뮬레이터의 경우가 고장상태인 경우보다 더 높다. 한편, 어큐뮬레이터가 정상 혹은 고장 상태를 불문하고, 플런저 행정과 모터 회전속도의 곱이 동일한 값에서 저속보다는 고속 운전모드 특성으로 갈수록 최대 토출압력이 커지고 있음을 알 수 있다.

Table 6에는 최대 손실압력에 대해서 나타낸 것인데, 최대 송출압력과 마찬가지로 최대 손실압력은 정상상태의 경우가 고장상태의 경우보다 더 높고, 플런저 행정과 모터 회전속도의 곱이 동일한 값에서 저속보다는 고속 운전모드 특성으로 갈수록 최대 손실압력이 커지고 있다. 그러나 앞에서 검토한 것처럼 주유관 끝단의 최대 송출압력은 실험조건인 한 경우를 제외하고는 모든 경우에서 37 bar 정도이었고, 송출지연시간은 10 ~ 13 ms로 나타나고 있었다.

Table 7에는 송출유량에 대해 나타낸 것인데, 앞의 경우와는 반대로 정상상태의 경우가 고장상태의 경우보다 더 적지만, 플런저 행정과 모터 회전속도의 곱이 동일한 값에서 저속보다는 고속 운전모드 특성으로 갈수록 송출유량이 커지는 경향은 앞의 경우와 같다.

위의 결과를 종합해 보면 모터 회전속도와 플런저 행정에 따른 운전모드특성은 어큐뮬레이터가 정상상태에서 토출압력이 낮고 실린더 오일의 송출유량이 적은 저회전속도와 플런저 장행정의 경우가 최적의 조건이라 판단된다.

Table 5 Operation mode of maximum discharge pressure with normal and breakdown accumulator state as parameters of motor speed and plunger stroke(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C and back pressure = 16 bar)

(a) Normal					(b) Breakdown				
Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)				Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)			
	4	4.8	6	8		4	4.8	6	8
120	57.25	61.00	63.50	66.63	54.75	58.50	61.63	64.13	
100	54.75	57.25	61.63	63.50	52.88	55.38	57.88	61.63	
80	51.00	54.13	56.63	59.75	47.25	51.63	54.13	57.25	
60	45.38	47.88	52.88	55.38	42.25	45.38	48.50	52.88	

(Unit : bar)

Table 6 Operation mode of maximum loss pressure with normal and breakdown accumulator state as parameters of motor speed and plunger stroke(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C and back pressure = 16 bar)

(a) Normal					(b) Breakdown				
Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)				Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)			
	4	4.8	6	8		4	4.8	6	8
120	20.25	24.00	26.50	29.63	120	17.75	21.5	24.63	27.13
100	17.75	20.25	24.63	26.50	100	15.88	18.38	20.88	24.63
80	14.00	17.13	19.63	22.75	80	10.25	14.63	17.13	20.25
60	8.38	10.88	15.88	18.38	60	5.25	8.38	11.5	15.88

(Unit : bar)

Table 7 Operation mode of feed rate with normal and breakdown accumulator state as parameters of motor speed and plunger stroke(oil pipe length = 10 m, oil temperature = 45°C and back pressure = 16 bar)

(a) Normal					(b) Breakdown				
Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)				Motor speed (rpm)	Plunger stroke (mm)			
	4	4.8	6	8		4	4.8	6	8
120	2.108	2.322	2.483	2.698	120	2.171	2.645	2.833	3.046
100	1.94	2.097	2.234	2.579	100	2.085	2.282	2.512	2.881
80	1.599	1.793	1.985	2.227	80	1.727	2.033	2.135	2.503
60	1.315	1.467	1.586	1.748	60	1.259	1.515	1.678	2.051

(Unit : kg/h)

### 3.7 실린더내의 주유현상 관찰 결과

모터 회전속도와 플런저 행정에 따른 운전모드 특성 비교실험에서 모형 실린더 내의 퀴로부터 주유되는 상태를 알아보기 위해 어큐뮬레이터가 정상 및 고장 상태인 경우의 사진을 찍어 비교해 보았다.

모든 조건의 사진에서 실린더 오일은 거의 일정한 형태의 굵기로 주유되었고, 퀴 끝단에서 주유가 시작되어 종료될 때까지 주유상태는 거의 변화되지 않는 것처럼 보였지만, 자세히 관찰하면 정상상태인 경우에 굵기가 약간 가늘게 나타나고 있음을 알 수 있다.

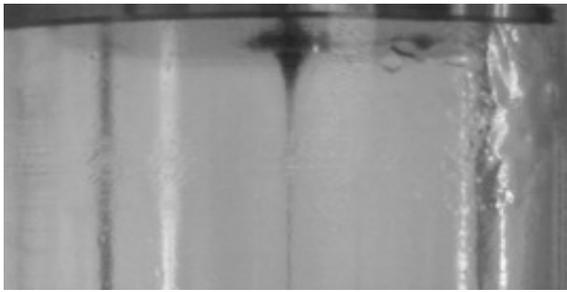
또한, 정상상태 어큐뮬레이터일 경우에는 다이어그램에 일정한 압력이 저장되어 있다가 주유가 끝날 때까지 오일을 밀어주기 때문에 비교적 주유가 끝나는 시간이 빨랐지만, 고장상태의 어큐뮬레이터일 경우에는 후적이 발생하여 주유가 종료되는 데까지 걸리는 시간이 약간 길어졌다.

### 4. 결론

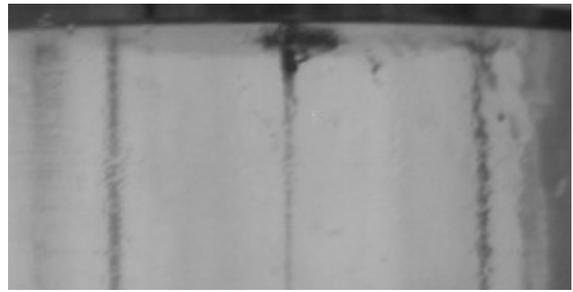
본 연구에서는 산학협동에 의해 개발한 Wärtsilä

Switzerland사의 디젤기관용 실린더 주유기를 사용하여 모형 실린더에 배압을 걸어주었을 경우에 정상 및 고장 상태의 어큐뮬레이터 성능특성을 조사하여 다음과 같은 주요한 결과를 얻었다.

- 1) 플런저 행정과 모터 회전속도가 증가할수록 최대 토출압력은 증가하였고, 정상상태인 어큐뮬레이터가 고장상태인 경우보다 최대 토출압력이 더 높았다.
- 2) 플런저 행정과 모터 회전속도에 관계없이, 또한 어큐뮬레이터의 정상 및 고장 상태와도 관계없이 거의 모든 조건에서 퀴 전단의 최대 송출압력은 일정한 값인 37 bar를 나타내었다.
- 3) 플런저 행정과 모터 회전속도가 증가할수록 걸보기 최대 손실압력은 증가하였고, 정상상태의 어큐뮬레이터가 고장상태의 경우보다 걸보기 최대 손실압력도 더 증가하였다.
- 4) 플런저 행정과 모터 회전속도가 증가할수록 송출유량은 증가하였고, 플런저 행정이 2 mm인 경우를 제외하고는 고장상태의 어큐뮬레이터가 정상상태의 경우보다 송출유량이 더 많았다.

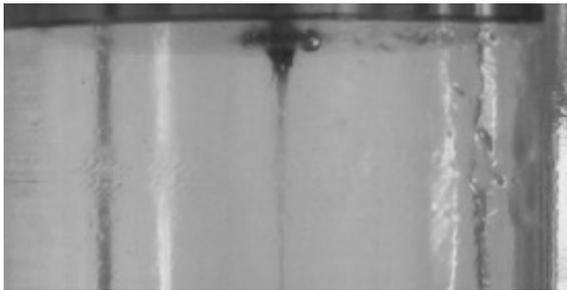


(a) Normal



(b) Breakdown

(motor speed = 120 rpm, plunger stroke = 4 mm)

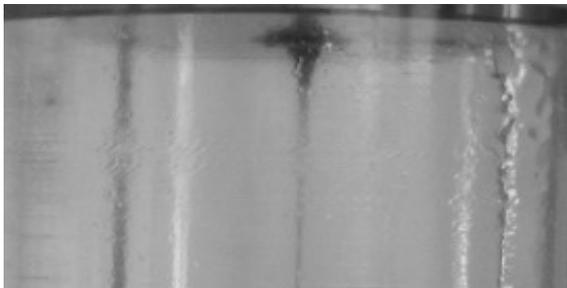


(a) Normal



(b) Breakdown

(motor speed = 100 rpm, plunger stroke = 4.8 mm)

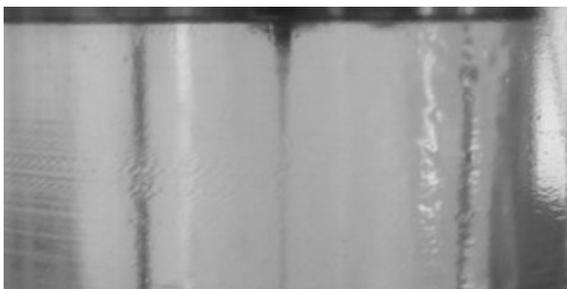


(a) Normal



(b) Breakdown

(motor speed = 80 rpm, plunger stroke = 6 mm)



(a) Normal



(b) Breakdown

(motor speed = 60 rpm, plunger stroke = 8 mm)

Photo. 1 Observation of delivery phenomenon from quill in model cylinder

- 5) 한스엔센사와 정상상태 어큐물레이터에 대한 주유기 송출유량의 비교에서는 플런저 행정 2 mm인 경우를 제외하고는 정상상태 어큐물레이터에 대한 주유기의 송출유량이 감소되었다.
- 6) 송출지연시간은 플런저 행정과 모터 회전속도가 증가할수록 짧아졌고, 어큐물레이터의 고장유무와 관계없이 10 ~ 13 ms를 나타내었다.
- 7) 모터 회전속도와 플런저 행정에 따른 운전모드 특성은 정상상태 어큐물레이터 경우에 토출압력이 낮고 실린더 오일의 송출유량이 적은 저회전속도와 플런저 장행정의 경우가 최적의 조건이었다.
- 8) 정상상태인 어큐물레이터의 경우에 주유의 굵기가 약간 가늘게 나타났고, 비교적 주유가 끝나는 시간이 빨랐지만, 어큐물레이터가 고장상태일 경우에는 후적이 발생하여 주유가 종료되는데 까지 걸리는 시간이 길어졌다.

## 후 기

본 연구는 2002년 8월 1일부터 2004년 7월 31일까지 산학협동으로 수행한 산업기술개발사업(지역특화 기술개발 사업)의 「선박용 대형 2행정 디젤기관의 실린더 주유기 개발」에 의해 얻은 결과물을 적용하여 경상대학교 동력공학연구실에서 자체적으로 수행한 성과로서, 2006년도 NURI사업, 2단계 BK21사업 및 경상대학교 항공기부품기술연구소의 부분적 지원을 받았기에 도움을 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

## References

- 1) M. W. Bae, "Present Development Situation of

- Cylinder Lubricator in a Large Two-stroke Marine Diesel Engine," Ship's Machinery 2004, pp.45- 62, 2004.
- 2) M. W. Bae, "The Development of Cylinder Lubricator for Large Two-Stroke Marine Diesel Engine," Proposal of Region Specific Technology Development Project, pp.1-42, 2002.
- 3) H. Yamada, M. Haneda, H. Sugawara and Y. Nagai, "Condition Monitoring of Diesel Engine by Cylinder Oil Drain Analysis," Journal of the Marine Engineering Society in Japan, Vol.35, No.7, pp.472-476, 2000.
- 4) M. W. Bae, H. Jung, M. H. Ahn, H. J. Ok, K. H. Kyung and Y. K. Kim, "Feed Rate and Delivery Characteristics of Cylinder Oil Pump (Lubricator) Driven by Motor in a Large Two-Stroke Diesel Engine," Fall Conference Proceedings, KSAE, Vol.1, pp.677-684, 2003.
- 5) Manual for HJ Type 115 for Sulzer 5-8RTA58T-B Diesel Engines with Zero-Stroke Setting, Hans Jensen Lubricators A/S, pp.1-42, 2000.
- 6) M. W. Bae, H. Jung and H. J. Ok, "A Study on Effect of Cylinder Back Pressure on Feed Rate and Delivery Characteristics of Motor-driven Lubricator in a Large Two-stroke Diesel Engine," Transactions of KSAE, Vol.13, No.5, pp.19-28, 2005.
- 7) Cylinder Lubrication System CLU 3 for 2-Stroke Cross Head Large Diesel Engines, DSB 1-030-00 E(05.00), pp.1-32, 1999.
- 8) M. Tanaka, "Improved Cylinder Lubricator," Journal of the Japan Institution of Marine Engineering, Vol.37, No.2, pp.32-40, 2002.