

Bulldozer의 潤滑管理

Lubrication management for the Bulldozer

金 柱 恒*
Kim, Ju Hong

1. 서론

건설기계는 도로포장을 비롯하여 산림개발 광산자원 생산등 많은 공사부분에 사용되어지고 있으며, 나아가 국토개발에 아주 중요한 역할을 담당하고 있는 기계인줄은 그 누구도 잘 알고 있는 사항이다.

그러나 Tribology 라고 하면 전문가가 아니면 생소한 단어가 된다.

1977년도 영국의 Tribology 에 발표된 성 Energy 를 위한 전략보고에의하면 유회관리를 올바르게 실시함으로써 그나라 GNP 의 약 5% 라고 하는 경제적 손실을 구할 수 있는 가능성을 시사한 바 있다. 따라서 Tribology 라고 하는 것은 간략하게 말해서 마찰, 마모, 유회, 축수, 설계등에 관한 제반문제들을 물리학, 화학, 역학 및 금속학등의 관점으로 부터 종합적으로 취급하는 기술로, 근대공업에 있어서 기계고장의 원인은 유회관리 즉, Tribology 에 따라 좌우됨은 두말할 필요가 없을 뿐더러 유회관리에 기인되고 있는 인자가 얼마나 커다란 비중을 차지하고 있는 것인가를 입증하고 있는 것이다.

특히나 한구기술사 회원제의 5,000여명 가운데 실제 일선에서 건설기계와 관련되어진 전문부분은 기계를 비롯하여 토목, 건축, 광업, 국토개발등 과반수이상의 기술사가 중심이고 보면 기술사 제위에서 전문부분을 다루기 이전에 유회 관리문

제에 있어서도 한번쯤은 상식적으로 알아둘 필요가 있다고 사료되기에 제목전에 대하여 간략하게 기술하고자 한다.

2. 건설기계의 종류

우선 건설기계의 종류를 논하기전 건설기계의 발전 경과를 살펴보면 기종(機種)의 다양화와 기계의 성능, 내구성(耐久性) 향상으로 대별하는 것이 좋다. 따라서 전자의 경우는 토목기술의 진보 또는 시공기계의 개발과 시장도입이 강력하게 진보된 결과, 건설기계의 종류는 개략50여종에 이르게 된 것이다. 또한 후자의 경우에 있어서는 작업능력의 증대, 다기능화, 내용수명의 장기화(內容壽命長期化), 조작성의 용이화나 낮은 진동, 낮은 소음화에 노력이 경주(傾注)되고 있으며, 건설기계의 종류로서는 다음 표 1과 같이 대분류로 하고 있으나 이중에서도 가장 중요하게 부르고 일선에서 취급이 많은 기계는 그림 1에서 보는 바와 같이 Bulldozer, Power Shovel, Wheel Rotor, Motor Crater, Motor Scraper, Damp Truck 등의 건설장비라 할수 있겠다.

- Bulldozer Scraper
- Excavator(Power Shovel)
- Movable Machine { Caterpillar Type
Tractor Shovel

* 化工技術士(燃料 및 潤滑油), 韓田油化工業(株) 常務理事

- | | | | |
|------|---|---------------------------|---------------------|
| 건설기계 | } | 차량식 Tractor
Shovel | · 운반기계 (Damp Truck) |
| | | | · Crane |
| | | · 기초공사기계 | |
| | | · Plug Tap Machine 및 터널기계 | |
| | | · Motor Crater 및 노반용기계 | |
| | | · Concrete 기계 | |
| | | · 포장기계 | |
| | | · 공기압축기, 송풍기 및 Pump | |
| | | · 원동기 | |
| | | · 기 타 | |

3. Bulldozer 윤활 System

Bulldozer의 개략적인 구성개요는 그림 2에서 보는 바와 같이 Engine, Transmission, 종감속(終減速), 유압장치, Caterpillar, 작업기 등으로 구성되어 있으며, 이에 중요장치의 윤활 System 과 요구되고 있는 윤활은 다음과 같다.

3.1 Engine

건설기계에서 사용하고 있는 Engine 은 연료비, 고출력 면으로 볼때, Diesel Engine 이 주류를 이루고 있다.

건설기계용 Diesel Engine 의 고부하(高負荷) 상태에서 부하 변동이 크고, 먼지나 모래가운데에서 작업하는 나쁜 환경에 있고, 고유황분 연료에 의한 부식작용 성분등, 습동분의 마모에 대하여

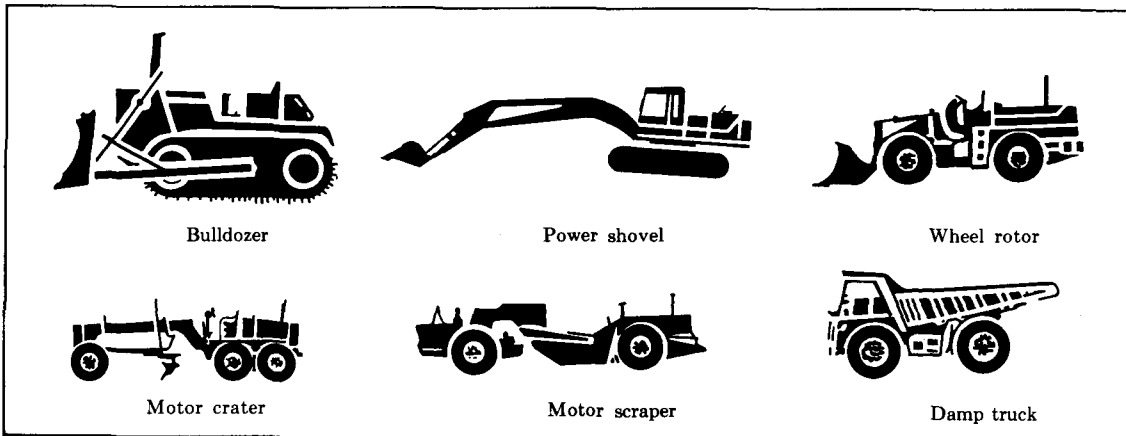


그림 1 중요건설장비

서는 대단히 가혹한 조건하에 있다. Bulldozer Engine 윤활계통은 그림 3에서 보는 바와 같이 Oil Strainer, Oil Pump, Relief Valve, Oil Cooler, Oil Filter 등으로 구성되어지고 있음을 알 수 있으며 이에 사용되는 윤활유의 요구성능을 살펴 보면 표 2와 같다.

따라서 사용조건하로부터 Engine Oil 이 공업용의 오일과 다른점은 연소실로부터 혼입물질(混入物質)이 강한 것으로서, Engine Oil 의 개량 개발은 연소생성물이나 외부로부터 혼입된 물질

을 무해화(無害化)하기 위하여 청정분산제(淸淨分散劑), 산화방지제(酸化防止劑)등 첨가제에 중점을 두고 있으며, 일반적으로 건설기계 Maker 가 지정 또는 추천하고 있는 Engine Oil 의 품질은 API Service "CD"급으로 하고 있다.

Engine Oil 의 점도변화는 마모, 오일의 소비, 연료비, 저온시동성(低溫始動性)등에 영향이 미치고 있기 때문에 저온으로부터 고온에 이르기까지 넓은 온도범위에 있어서 점도변화가 적은 것이 이상적으로 된다.

또한 보수관리면으로부터 근년에 이르러서는 Multi Grade Engine Oil의 수요가 확대되고 있으며 이의 조건이란 표 3에서 보는 바와 같이 건설 Maker의 Engine용 윤활유의 점도 추천을 고려하면 된다.

표 2. Engine Oil의 요구성능 (2)

(1) 원활한 운전 · Engine 성능의 100% 발휘 저온시 시동이 용이할 것.	점도특성 점도 점도지수 유동점
(2) Engine 수명연장 · 양호한 감마작용을 할 것 · 유막강도가 충분할 것 · 녹· 부식을 방지할 것 Engine 내부를 청정하게 보지할 것	점도특성 점도.....유막형성 극압성...마모방지성 부식방지성 소포성
(3) 경제성 · Oil의 수명이 길 것 · Oil의 소비가 적을 것	산화안전성 점도특성 점도, 점도지수 전단안정성

표 3. Engine Oil의 점도 추천

기 온(°C)	적정점도
-20~10	SAE 10W
-20~40	SAE 10W-30
-15~50	SAE 15W-40
0~40	SAE 30
5~50	SAE 40

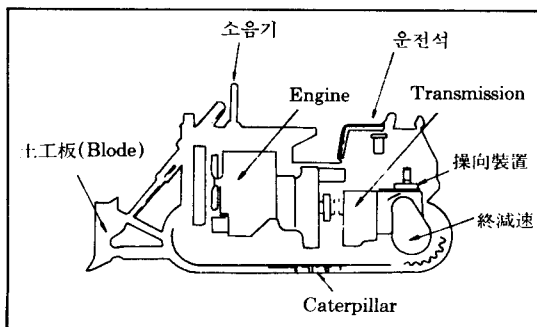
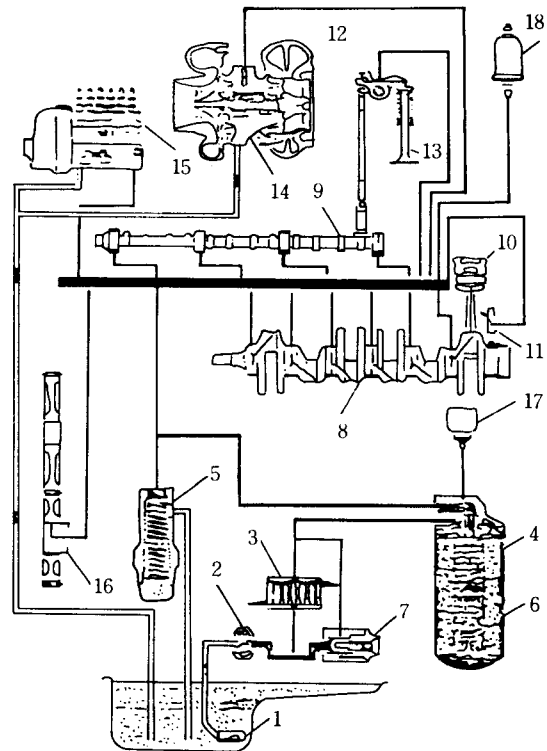


그림 2 Bulldozer의 구조



- Legend:
- 1. Oil Strainer
 - 2. Oil Pump
 - 3. Oil Looler
 - 4. Oil Filter
 - 5. Regulator Valve
 - 6. Oil Filter Safety Valve
 - 7. Oil Looler Relief Valve
 - 8. Crank Shaft
 - 9. Cam Shaft
 - 10. Piston
 - 11. Piston Ring
 - 12. Rocker Arm
 - 13. 吸排氣 Valve
 - 14. 과급기
 - 15. 연료분사 Pump
 - 16. Timing gear
 - 17. 유압 Switch (선용. 부차작동)
 - 18. 유압센사 (선용. 유압계작동)

그림 3 Engine 윤활계통도

3.2 Transmission

건설기계용 Transmission은 Direct Mission, Torque Flow Mission의 HST(靜油壓驅動 Mission)으로 대별하나, 근년에는 조작성이 매우 우수한 Torque Flow로서 HST가 증가하고 있다.

그림 4에서는 Sun and Planet Gear Type Transmission의 구조를 나타내 보았다.

따라서 이 그림에서는 각 변속단(各變速段)에 응하는 다수의 회전 Clutch와 Gear가 조입(組入)하고 있다.

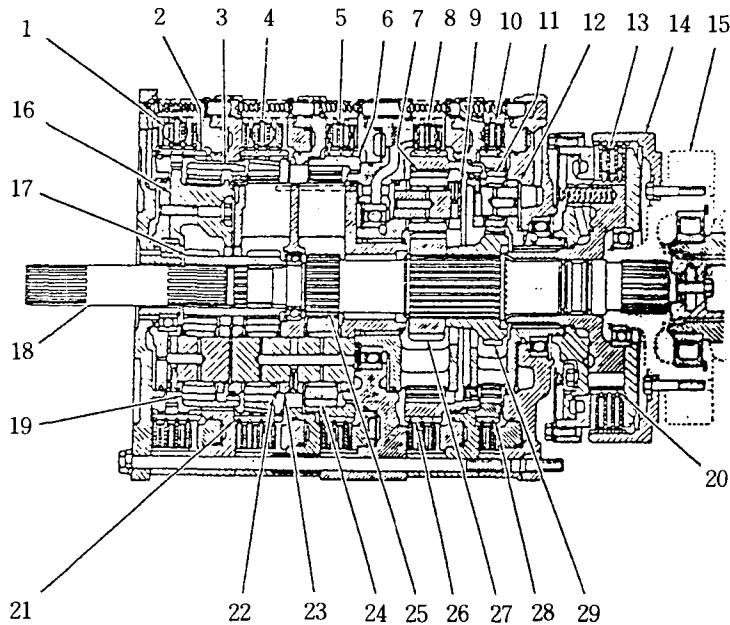
Clutch의 Facing(摩擦, 材料)은 전달 Torque 용량이나 열부하에 의해서 동계소결합금(銅系燒結合金), Vapor계에는 고무계 마찰재료가 선택되고 있고, 이의 Clutch Facing이 안정한 마찰계수를 유지하여 우수한 내마모성을 발휘하기 때문에 윤활의 최적화(最適化)가 대단히 중요한 Key가 된다.

또한 Gear, Bearing의 내 Squaring 성능 내구수명향상(耐久壽命向上)에도 윤활은 대단한

Factor가 된다.

윤활유로서는 Engine Oil의 경우는 API Service "CD" Grade SAE30 Oil을 Gear Oil은 API Service GL "5" Grade SAE 90이 일반적으로 사용되고 있다.

Multi Grade Oil은 고면압(高面壓), 고전단속도의 연속부하 작용에 있어서 점도저하, Clutch의 미끄럼, 소부(燒付)등이 일어나기 때문에 Heavy Duty transmission에는 Multi Grade Oil을 추천하지 않는 경우가 많다.



Legend:

- | | | |
|----------------------------------|--|----------------------------------|
| 1. No.1 Clutch | 10. No.5 Clutch | 20. No.6 Clutch hub |
| 2. No.1 Clutch ring | 11. No.5 Bonnet gear | 21. No.2 Clutch ring |
| 3. No.1 및 No.2 Carrier ring gear | 12. No.5 Carrier | 22. No.2 Bonnet gear |
| 4. No.2 Clutch | 13. No.6 Carrier | 23. No.2 및 No.3 Carrier |
| 5. No.3 Clutch | 14. No.6 clutch 및 Output gear coupling | 24. No.3 Bonnet gear |
| 6. No.3 Clutch ring gear | 15. Output gear | 25. No.3 Sun gear 및 Output shift |
| 7. No.4 Bonnet gear | 16. No.1 gear | 26. No.4 Clutch ring gear |
| 8. No.4 Clutch | 17. No.1 및 No.2 Sun gear | 27. No.4 Sun gear |
| 9. No.4 Carrier | 18. Input gear | 28. No.5 Clutch ring gear |
| | 19. No.1 Bonnet gear | 29. No.5 Sun gear |

그림 4 Sun and Planet geartype Transmission의 구조

3.3 종감속장치(Final Drive)

건설기계 종감속(終減速)은 Pinion Gear 구조와 Sun and Planet Gear 구조 및 양자의 조합구조가 있다.

종감속기어는 자동차나 기타에서 볼 수 없는 고면압을 받아 우선 회전속도가 떨어지기 때문에 윤활유막 형성이 곤란한 것으로서 극히 가혹한 조건이 된다.

Gear의 손상(損傷)으로서는 Pitching, Squaring 이 문제가 된다. 윤활에는 Engine Oil로서는 SAE, 30, 40, 50을 Gear Oil로서는 SAE 90, 140의 강제윤활이 채용되고 있다.

접촉면압이 극히 높은 Bulldozer 경우에는 극압첨가제가 배합된 Gear을 사용할 경우 EP제의 열적분해가 일어나 성능저하 및 Bearing재의 부식을 가져오기 때문에 Engine Oil사용을

추천하고 있다.

3.4 유압장치

건설기계에 있어서 유압화는 유압기기의 고압화, 고점도화가 가장 중요한 기술과제로서 진행되고 있다.

작동유는 동력전달을 가하여 기구(機構)의 윤활, 방청, Seal 등의 역할을 담당하고 있다. 표 4에서는 작동유의 종류와 특성을 비교하여 보았다. 건설유압장치에 사용하는 유압 작동유로서는 Engine Oil SAE 10W나 내마모성 작동유 ISO VG 32 또는 ISO VG 46의 것이 보통 사용되어지고 있다. 표 4에서 보는 바와 같이 수성계 작동유는 건설기계의 경우 압력, 온도가 높기때문에 Cavitation이 발생하여 Gear, Bearing의 마찰수명 저하등의 문제가 있어 거의 사용하지 않는다.

표 4. 유압작동유의 특성 비교(2)

항 목	종 류		광 유 계		수 성 계		합 성 계	
	내마모성 작 동 유	SAE 10W 엔진오일	수 그리꼴계	에멀존타입 (O/W)	인산 에스테르	지방산 에스테르		
점 도 지 수	양호	양호	우수	우수	불량	양호		
저온 유동성	양호	양호	우수	불량	보통	우수		
윤활성(내마모성)	우수	우수	불량	불량	보통	양호		
방 청 성	양호	우수	불량	불량	보통	양호		
기포 분리성	양호	양호	불량	불량	양호	양호		
산화 안정성	양호	우수	불량	불량	양호	양호		
내화성(耐火性)	불량	불량	우수	우수	양호	양호		
Seal과의 적합성	우수	우수	양호	양호	양호	양호		
보 수 관 리	우수	우수	불량	불량	양호	우수		
가 격	보통	보통	높음	저렴	높음	높음		

3.5 Caterpillar

장래식 건설기계의 Caterpillar는 Caterpillar 전륜(Truck Roller)기동륜, 유도륜에 의해서 구성되고 있다.

Caterpillar은 흙이나 모래, 니수(泥水)의 환경에서 작동하기 때문에 마모도 매우 중요한 문제가 된다.

마모가 진행하면 작업능률의 저하나, 주행진동의 증대를 가져오기 때문에 내마모성 고경도 재료(耐磨耗性高硬度材料)의 적용과 함께 윤활 기구에도 많은 개량이 되어지고 있다.

그림 5는 Caterpillar의 Trunck Pin과 격통(隔筒)의 마모수명 향상책으로서 채용하고 있는 밀봉윤활식 Caterpillar를 나타낸 것으로서 Caterpillar에 사용하는 윤활유는 Engine Oil

SAE 30이나 SAE 50, Gear Oil의 경우는 SAE 90, SAE 140이 선정되고 있다.

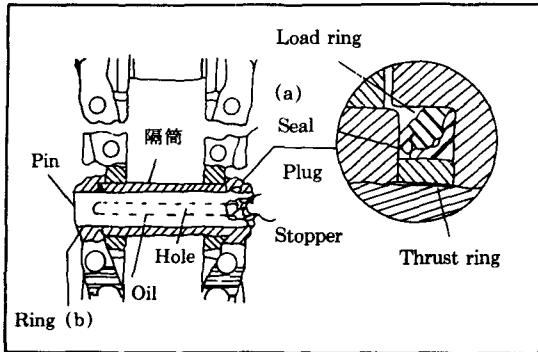


그림 5 밀봉윤활식 Caterpillar(2)

4. API Service 분류의 고찰

Engine Oil 및 Gear Oil은 자동차 공업 발전과 함께 이에 요구하는 성능도 변화되어 각각에 적합한 품질을 명확하게 하여야 할 필요가 생겼다.

따라서 API는 1947년 Engine Oil의 Service 분류를 제정하여 그간 많은 변천을 거듭, 용도별에 명확하게 하기 위하여 API, ASTM, SAE가 1969년에 공동위원회가 발족하여 Service 분류와 그의 성능에 대한 새로운 기준을 확립하여 현재에 이르고 있는데, Bulldozer에 주로 사용되고 있는 Engine Oil의 API Service Grade CD 및

표 5. API Service 분류에 의한 적용표 (3-5)

사용개소	API Service 분류	적 용
Engine	CD	마모와 Deposits 생성에 커다란 영향을 부여하는 고출력 운전에서 있어서 고과급 Diesel Engine에 적용 "CD" oil은 1955년에 처음으로 사용되어 광범위한 품질의 연료를 사용한 경우의 고과급 Diesel Engine에 있어서, Bearing 부식, 고온 Deposits에 대한 방지성을 갖고 있다.
	CE	고출력화, 배기 gas 규제대책으로 행한 고과급 turbocharge 부착 Diesel Engine에 적용 CE oil은 분해성이 높기 때문에 Oil 중 그을림이 Piston에 부착 및 점도 증가를 눌러 porepolishing을 방지하고 Oil 소비량을 저감시키는 성능을 갖는다.
Gear	GL-4	고저속 Torque 및 저속고 Torque 조건에서 운전하는 승용차 기타 자동차용 Hypoid Gear 용. Axle 시험 CRC L-19 및 L-20에 합격할 것 MIL-L-2105에 해당됨
	GL-5	고속충격하중 고저속 Torque 및 저속고 Torque 조건에서 운전하는 승용차 기타 자동차의 Hypoid Gear 용, Axle 시험, CRC L-42, CRC L-37에 합격할 것. MIL-L-2105B } MIL-L-2105C } 에 해당됨 MIL-L-2105D }

CE와 Gear Oil의 GL-4 및 GL-5를 표 5로서 요약 정리하여 보았다.

5. 건설기계의 윤활관리

5.1 윤활유선정

건설기계는 그 종류가 무수히 많고 보면 이에 사용되어지고 있는 윤활유의 특성도 다양다종하기 때문에 선정기준을 일관성있게 정리한다는

것은 매우 어려운 것이다.
따라서 3장에서 개략적인 윤활유 추천을 논한

바 있으나, 이를 정리 장치별 사용개소의 윤활유
선정을 총괄하면 다음 표 6과 같다.

표 6. 건설기계에 추천되는 윤활유

기종	장치	계절		비고
		겨울	여름	
장래식 건설기계	Engine	SAE 10W	SAE 30	품질은 API Service CD Grade
		SAE 10W / 30, SAE 15W / 40		
건설기계	Power Line	SAE 30		SAE50, Gear Oil SAE140을 사용하는 것도 있다.
	유압장치	SAE 10W Oil 또는 내마모성 작동유 ISO VG 32.46		-
장래식 건설기계	Engine	SAE 10W	SAE 30	장래식과 동일
		SAE 10W / 30, SAE 15W / 40		
	Power Line	SAE 90	SAE 90, 140	-20℃이하인 경우 SAE 80 Gear Oil을 사용하는 것도 있다.
		SAE 80W / 90, SAE 85W / 140		
유압장치	SAE 10W 또는 내마모성 작동유 ISO VG 32.46		-	

5.2 윤활유 품질평가

(1) 실험식적법

윤활유의 성상을 실험식적으로 평가하는 방법은 점도, 유동점, 산화안정도, 기포시험, 내하중시험등은 KS화 하고 있으며, 고온청정성, 마찰특성, 내하중성등은 윤활유제조사에서 각사별 고찰된 시험법등이 따로 마련되어 있다.

Engine Oil에 있어서 이밖에 중요한 요구 성능은 고온청정성(高温清淨性)이 있지만 이의 평가는 Panel Coking Test와 Hot Tube Test가 넓게 채용되고 있으며, 이중 Hot Tube 시험장치의 개략도는 그림 6에 나타내었다.

또한 마찰특성을 평가하는 방법에는 미국의 Caterpillar사의 TO-2 시험, 일본국 小松 製作所の Micro Clutch 시험등이 있다.

(2) Engine Bench Test

미국의 유명한 Diesel Engine Maker의 단통(單筒) 또는 다통(多筒) Engine에 의한 Bench Test가 윤활유의 품질 Grade 평가를 한 것이 있다.

표 7은 API Service CD 및 CE의 Engine Oil 품질평가로서 요구되고 있는 Engine Test

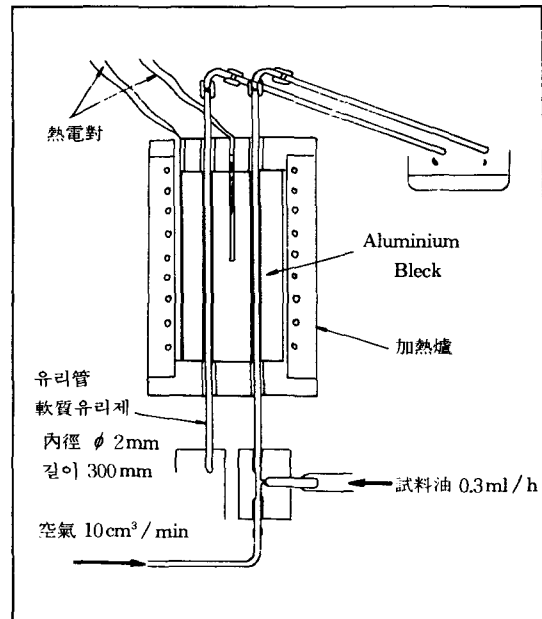


그림 6 Hot Tube Tester(2)

를 나타낸 것이다.

이중 CAT IG-2와 CRC L-38은 단통 Engine, Mack T-6, T-7 및 Cummins NTC-400이 다통(多筒) Engine Test이다.

표 7. Engine Oil의 대상 Test 평가 (5)

API 분류	시험법	평가 항목	합격기준														
CD	1-D	No.1. Groove carbon 막힘, Vol% No.2. Groove 이하	75 ↓ 청정														
	1-G or 1-G2	No.1. Groove Carbon 막힘, Vol % No.2. Land Carbon lacquer 면적, % No.2. Groove Carbon lacquer 면적, % No.3. Land ↓ 전가중 추적물 평점(WTD) Ring Side Clearance loss, mm	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="border: none;"><u>1-G</u></td> <td style="border: none;"><u>1-G2</u></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">60 ↓</td> <td style="border: none;">80 ↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">50 ↓</td> <td style="border: none;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">30 ↓</td> <td style="border: none;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">청정</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">300 ↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">0,013 ↓</td> </tr> </table>	<u>1-G</u>	<u>1-G2</u>	60 ↓	80 ↓	50 ↓	-	30 ↓	-		청정	-	300 ↓	-	0,013 ↓
	<u>1-G</u>	<u>1-G2</u>															
	60 ↓	80 ↓															
50 ↓	-																
30 ↓	-																
	청정																
-	300 ↓																
-	0,013 ↓																
L-38	Bearing 중량감, mg piston skirt varnish 평점	50 ↓ 9.0 ↓															
CE	1-G2	No.1 Groove Carbon 막힘, Vol% 전가중 추적물 평점(WTD) Ring Side clearance loss, mm	80 ↓ 300 ↓ 0,013 ↓														
	L-38	Bearing 중량감 mg	50 ↓														
	MackT-6	평점 (oil 소비, Ring 마모등의 각 평가항목 중 하나도 0점이 되어서는 않됨)	90 ↑														
	Mack T-7	점도증가(100℃, 100~150hr의 50hr), cst / hr	0,040 ↓														
	Cummins NTC 400	oil 소비 Crown land 평점이 Heavy Carbon % No.3 Land 중 Deposits 구름 Bearing 평점마모, in	합격 25 ↓ 40 ↓ 0,002 ↓														

5.3 사용시의 윤활관리

윤활은 중요 부위의 기능, 내구성에 커다란 관계를 갖고 있다. 따라서 사용시 적당한 윤활유 관리를 행하는 것에 의해서 기계의 전체 System의 신뢰성, 내구성을 확인하는 것으로 생각된다.

사용시의 윤활관리로서는 Oil 자체의 정상노화 상황을 분석하면 오일중의 혼입이물을 분석하여 윤활부위의 손상정도를 진단하는 것으로 된다.

(1) 정상노화 분석

Engine Oil의 노화는 열적·화학적 반응에 의한 점도변화, Sludge 생성, 습동부로 부터의 마찰분 또는 외부로 부터의 먼지, 수분 혼입등이 관계가 있다. 표 8은 Engine Oil의 정상분석 항목과 Oil 교환의 판정기준을 나타낸 것이다. 또한 분석기기로서는 여러가지 원리를 응용한 고정도의 각종 간이 진단기가 개발되고 있다.

작동유에 관하여서는 유압장치 고장원인의 70%가 작동유 관리 불량에 기인하고 있다는

보고가 있다.

작동유의 노화 checking 은 Engine Oil 과 기본적으로 변화하는 것이 아니지만 유압기구의 성능, 내구성에 커다란 영향을 부여하는 입자오손(粒子汚染)은 가장 중요한 Check 항목이 된다.

표 8. Engine Oil 의 노화도 (6)

시험 항목	판정 기준
동점도 변화, %	신유의 ±25
전산가, mgKOH/g	8 이하 또는 신유+2 이내
알카리가, mgKOH/g	2 이상
n-펜탄불용해분, wt%	3 이하
수분, %	0.2 이하

(2) 예방진단

마모가 현저하게 진행되면 장치 전체에 커다란 손상을 부여하는 경우가 있다. 사고가 일어나게

되는 것은 User, Maker 함께 커다란 손해를 받게 되는 것으로서 고장을 미연에 예측, 진단하여 조치를 하는 System 개발이 필요하다.

이의 예방진단 System에는 SOS(Scheduled Oil Sampling), Oil Cleaning System 등의 명칭으로서 부르고 있는 것으로서 건설기계의 보수관리에 중요한 역할을 하고 있다.

윤활유의 작동유를 현장 자동차로부터 정기적으로 채취해서 혼입이물의 원소와 량을 분석하여 어느 장치 어느 부분의 마모손상 상태인가를 판정하여 부품수리나 Oil 교환의 조치를 행한다.

이 한예로서 Engine Oil 을 검토하여 볼때 이의 분석항목으로서는 인화점, 점도지수, 알카리가, 용제불용분, 연료유의 회석량등을 들 수 있다.

기타 비중, 유동점, 수분등의 측정이외에

표 9. Engine Oil 의 노화원인과 결과 (7)

노화원인	생성물	성상변화	Engine에 미치는 영향	
			제 1 단계	제 2 단계
염소생성물의 혼입	무기산(황산등) 물 염류	Alkali가 감소 산가 증가 수분 증가	부식마모의 촉진 윤활의 저해	마모의 증대 소부(燒付)
불완전 연소 생성물의 혼입	Sludge (Carbon, 유기산등)	용제불용분 증가 점도의 증가	Engine 오손 증가 윤활의 저해 Oil Filter 폐쇄	Ring 교착 마모의 증대
연료유에 의한 회석	연료유 (경유등)	인화점 저하 점도의 저하	유막보지의 저하	마모의 증대 소부
Engine oil 자체의 노화	유기산 Sludge	용제불용분 증가 점도의 증가 산가 증가	Engine 오손 증가 부식마모의 촉진	Ring 교착 마모의 증대
첨가제(정정분산제)의 소모	-	Alkali가 감소 용제불용분 증가	Engine 오손 증가 부식방지성 저하	Ring 교착 마모의 증대
마모분의 혼입	금속분	금속함유량 증가 회분 증가	oil의 노화촉진	마모의 증대
모래나 먼지등 이물의 혼입	고형물	회분 증가 용제불용분 증가	마모의 증대	

Engine의 마모를 간접적으로 조사하는 목적으로서 금속정량분석(동, 철, Cr, Al 등)도 때때로 행하여지고 있다.

이들의 분석항목은 그 목적에 따라서 선택되게 되는데 이를 위하여서는 노화의 원인과 그 결과를 갖는 사용유의 정상변화와 관련을 충분히 파악하여 둘 필요가 있으며, 이런 관계를 표 9에 나타내 보았다.

6. 건설용 윤활유에 있어 겸용유의 현황

미국에서는 근간 API Service Grade CD / SE, CD / SF, CE / SF 등 Engine Oil로서 Gasoline Diesel 겸용유가 건설기계 분야에서도 비교적 사용되고 있다. 그러나 국내의 경우는 Diesel Engine 전용유의 것이 성능적으로 안정한 것으로, Gasoline Engine과의 겸용유는 어느 건설 Maker에도 지정하고 있지 않다.

다만, 장치간에서의 겸용유는 Maker에 따라 약간씩 차이는 있지만 Bulldozer에는 Engine, Transmission, 감속기, 유압장치에 Engine Oil로서 겸용 사용하는 예는 있다.

7. 맺는말

지금까지 간략하게나마 5장에 걸쳐서 제목건에 대하여 살펴보았다. 물론 분야가 다른 전문가라 할지라도 윤활에 관심을 이 기회에 한번쯤 갖으므로써 석유자원이 없는 우리나라의 실정을 감안할때 성 Energy 차원에서 보다 원가절감이 될 것을 기대한다.

참고문헌

1. 韓國油化試驗檢査所, 潤滑管理, 16(1), p.94(1989)
2. (株)潤滑通信, No278, p.15(1989).
3. SAE J183 JUN86 SAE HANDBOOK, p.72(1987).
4. PETRO-CANAPA, LUBRICANTS HANDBOOK, p.72(1987).
5. 西島英一; PEROTECH, 11(12), p.1133(1988).
6. 日本自動車運送技術協會; 自動車用石油製品, 辛書房, p.88(1973).
7. 日本自動車運送技術協會; 自動車用石油製品, 辛書房, p.84(1973).