

# 종합해설

THK 종합 카탈로그

## B 기술해설

선정 포인트.....	B0-2
선정 플로우 차트.....	B0-2
LM 시스템의 형식과 특징.....	B0-3
정격하중.....	B0-7
• LM 시스템의 수명 .....	B0-7
• 정격수명 .....	B0-7
• 기본정격하중 .....	B0-7
기본동정격하중 C .....	B0-7
기본정정격하중 $C_0$ .....	B0-8
정직 허용모멘트 $M_0$ .....	B0-8
정직안전계수 $f_s$ .....	B0-9
수명 계산식.....	B0-10
강성.....	B0-13
• LM 시스템의 클리어런스/예압 선정 ...	B0-13
클리어런스와 예압 .....	B0-13
예압과 강성 .....	B0-14
마찰 계수.....	B0-15
점도.....	B0-16
윤활.....	B0-16
안전설계.....	B0-18
• 재질의 결정 .....	B0-19
스테인리스타입.....	B0-19
• 표면처리.....	B0-20
AP-HC .....	B0-20
AP-C .....	B0-20
AP-CF.....	B0-20
• 방진 .....	B0-23

## 선정 플로우 차트

### 1. 사용조건의 설정

- 기계장치의 크기
- 안내부의 간격
- 장착 자세  
(수평, 수직, 경사, 벽면, 천정 사용)
- 작동하중의 크기와 방향
- 스트로크 길이

- 속도
- 사용빈도 (듀티 사이클)
- 요구수명
- 운동빈도
- 사용환경

### 2. 형식의 선정

- 사용조건에 맞는 형식을 선정합니다
- |          |           |
|----------|-----------|
| LM 가이드   | LM 스트로크   |
| 미니츄어 가이드 | 크로스 롤러가이드 |
| 슬라이드 팩   | 리니어 스테이지  |
| 볼 스플라인   | 롤러 타입     |
| 리니어부쉬    | 기타.       |

### 구동방법의 선정

- 이송 나사  
(볼나사, 사다리꼴 나사)
- 실린더
- 벨트 ●와이어 ●체인
- 액과 피니언 ●리니어 모터

### 3. 수명 예측

- 사이즈 선정
- 블록/너트의 갯수 선정
- 레일 축수의 결정

### 4. 강성

- 클리어런스 선정
- 예압선정
- 고정방법 결정
- 장착부의 강성 결정

### 5. 정도

- 정도등급 선정  
(이송 정도, 흔들림 정도)
- 장착면의 정도

### 6. 윤활과 안전설계

- 윤활제 결정(그리스, 오일, 특수 윤활제)
- 윤활방법 결정(일반 윤활, 강제 윤활)
- 소재 결정(표준재, 스테인리스재, 고온재)
- 표면처리 결정(방청, 외형)
- 방진 설계(자바라, 텔레스코픽 커버)

### 7. 추력 산출

- 직선운동에 필요한 추력을 구합니다

선정 완료

# LM 시스템의 형식과 특징

형식	LM 가이드	볼스플라인	리니어 부쉬
외관			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>이상적인 4열 서큘러아크 흄, 2점 접촉구조</li> <li>DF구조를 채용한 우수한 오차 흡수능력</li> <li>장착면의 오차를 흡수하는 정도 평균화 효과</li> <li>허용하중이 큰 고강성</li> <li>낮은 마찰계수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고 토크 부하용량</li> <li>토크 전달 메커니즘과 토크 와 레이디얼 하중이 동시에 가해지는 곳에 최적</li> <li>앵글러 래쉬 제로</li> <li>볼 지지 타입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율성 타입</li> <li>저가로 무한 직선운동을 실현하는 LM 시스템</li> </ul>
스트로크	무한 스트로크	무한 스트로크	무한 스트로크
주요 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>평면 연삭기</li> <li>방전가공기</li> <li>고속반송장치</li> <li>NC 선반</li> <li>사출성형기</li> <li>목공기</li> <li>반도체 제조장비</li> <li>검사장비</li> <li>식품기계</li> <li>의료기기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조립 로봇의 Z축</li> <li>자동 로더</li> <li>반송기기</li> <li>자동 반송장치</li> <li>권선기</li> <li>연삭기의 스판들 구동축</li> <li>건설차량의 스티어링</li> <li>헬액검사 장치</li> <li>ATC</li> <li>골프 연습기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>각종 계측기</li> <li>디지털 3차원 계측기</li> <li>인쇄기계</li> <li>OA 기기</li> <li>자동판매기</li> <li>의료기기</li> <li>식품포장기</li> </ul>
제품 소개 페이지	<b>B1-1~</b>	<b>B3-1~</b>	<b>B4-1~</b>

형식	LM 스트로크	정밀 리니어팩	크로스 블러가이드
외관			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전운동, 직선운동 및 복합운동이 가능</li> <li>극도로 작은 마찰계수를 가지는 구름운동이 가능</li> <li>저가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초박형 경량 타입</li> <li>설계와 조립 비용의 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>긴 수명, 고강성</li> <li>손쉬운 클리어런스 조절 타입</li> </ul>
스트로크	유한 스트로크	무한 스트로크	유한 스트로크
주요 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>프레스다이 세트</li> <li>인쇄기의 잉크롤부</li> <li>광학측정기</li> <li>스핀들</li> <li>솔레노이드 밸브 가이드</li> <li>프레스 포스트 가이드</li> <li>로드셀</li> <li>각종 복사기</li> <li>각종 검사장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자기 디스크 장치</li> <li>전자기기</li> <li>반도체 제조장치</li> <li>의료기기</li> <li>측정기기</li> <li>인쇄기</li> <li>복사기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>각종 측정기기</li> <li>실장기</li> <li>프린트기판 구멍가공기</li> <li>검사장비</li> <li>소형 스테이지</li> <li>핸들링 기구</li> <li>자동선반</li> <li>공구연삭기</li> <li>내면연삭기</li> <li>소형평면연삭기</li> </ul>
제품 소개 페이지	B5-1~	B6-1~	B7-1~

형식	크로스 롤러레이블	리니어 블슬라이드	LM 롤러
외관			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>손쉽게 설치할 수 있는 유니트 타입</li> <li>다양한 사용 방법의 선택가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>손쉽게 설치할 수 있는 유니트 타입</li> <li>경량과 콤팩트</li> <li>극도로 작은 마찰계수를 가지는 구름운동이 가능</li> <li>저가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>콤팩트, 큰 내하중 타입</li> <li>자동 스케 교정 타입</li> </ul>
스트로크	유한 스트로크	유한 스트로크	무한 스트로크
주요 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>측정기기 스테이지</li> <li>광학 스테이지</li> <li>공구연삭기</li> <li>프린트기판 구멍가공기</li> <li>의료기기</li> <li>자동선반</li> <li>내면연삭기</li> <li>소형평면연삭기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소형전자부품 조립기기</li> <li>핸들러</li> <li>자동 기록장치</li> <li>측정기기 스테이지</li> <li>광학 스테이지</li> <li>의료기기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정밀 프레스램 가이드</li> <li>프레스 금형 교환기</li> <li>각종 중량불 반송장치</li> <li>벤더머신</li> </ul>
제품 소개 페이지	<b>B8-1~</b>	<b>B9-1~</b>	<b>B10-1~</b>

형식	플렛트 블러	슬라이드팩	슬라이드 레일
외관			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>내하중 성능이 크다</li> <li>90° V- 면과 평면용의 조합 정도를 표준화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호환성 탑입</li> <li>저가, 심플 탑입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>박형, 콤팩트</li> <li>저가, 심플 탑입</li> <li>고강도, 고내구성</li> </ul>
스트로크	유한 스트로크	무한 스트로크	유한 스트로크
주요 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>플레이너</li> <li>수평밀링머신</li> <li>롤 연삭기</li> <li>평면 연삭기</li> <li>원통 연삭기</li> <li>광학측정기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>놀이기구</li> <li>고급 가구</li> <li>경량, 중량 문</li> <li>공구 캐비넷</li> <li>주방장치</li> <li>자동공급장치</li> <li>컴퓨터 병렬기기</li> <li>복사기</li> <li>의료기기</li> <li>각종 사무기기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>놀이기구</li> <li>고급 가구</li> <li>경량, 중량 문</li> <li>각종 사무기기</li> <li>점포 장착치구</li> <li>스토커</li> </ul>
제품 소개 페이지	<b>B11-1~</b>	<b>B12-1~</b>	<b>B13-1~</b>

# 정격하중

## LM 시스템의 수명

LM 시스템이 하중을 받아 구름운동을 하는 경우, 전동면이나 전동체(볼, 롤러)에는 지속적인 반복 응력이 작용하기 때문에 한계에 이르면 전동면은 파로 파손되어 표면의 일부가 비늘모양으로 벗겨집니다. 이것을 플레이킹이라 부릅니다.

LM 시스템의 수명이란, 전동면 또는 전동체가 재료의 구름피로에 의해 최초의 플레이킹이 발생하기 까지의 총 주행거리를 말합니다.

## 정격수명

LM 시스템의 수명은 동일하게 제작된 것을 동일 운동 조건으로 사용해도 다소의 차이를 나타냅니다. 이 때문에 LM 시스템의 수명을 구하는 기준으로서 다음과 같이 정의된 정격수명을 사용합니다. 정격수명이란, 1군의 같은 LM 시스템을 동일조건으로 각각 운동시켰을때, 그 중 90% 가 플레이킹을 일으키지 않고 도달 가능한 총 주행거리를 말합니다.

## 기본정격하중

LM 시스템의 기본정격하중에는 수명산출에 사용하는 기본동정격하중(C)와 정적 하용하중의 한계를 정하는 기본정정격하중(C<sub>0</sub>)으로 2종류가 있습니다.

### 기본동정격하중 C

기본동정격하중(C)이란, 1군의 같은 LM 시스템을 동일 조건으로 각각 운동시켰을때, 정격수명(L) 이 볼을 사용한 LM 시스템에서는  $L = 50\text{km}$ , 롤러를 사용한 경우에는  $L = 100\text{km}$  가 되는 방향과 크기가 변동하지 않는 하중을 말합니다.

기본동정격하중(C)은 LM 시스템이 하중을 받고서 운동하는 경우의 수명계산에 사용합니다.

LM 시스템 각각의 값은 본 카탈로그의 치수표 중에 기재되어 있습니다.

## 기본정정격하중 $C_0$

LM 시스템이 정지 혹은 운동하고 있는 상태에서 과대한 하중을 받거나 큰 충격 하중을 받는 경우에 전동면과 전동체와의 사이에 국부적인 영구변형이 발생합니다. 이 영구변형량이 어느 한도를 넘으면 LM 시스템이 원활하게 운동하는데 장애가 됩니다.

기본정정격하중이란, 최대응력을 받고 있는 접촉부에서 전동체의 영구변형량과 전동면의 영구변형량의 합이 전동체 직경의 0.0001 배가 되는 방향과 크기가 일정한 정지하중을 말합니다. LM 시스템에서는 레이디얼하중으로 정의하고 있습니다.

기본정정격하중  $C_0$ 는 작용 하중에 대해서 정적안전계수를 산출하기 위해서 사용합니다.

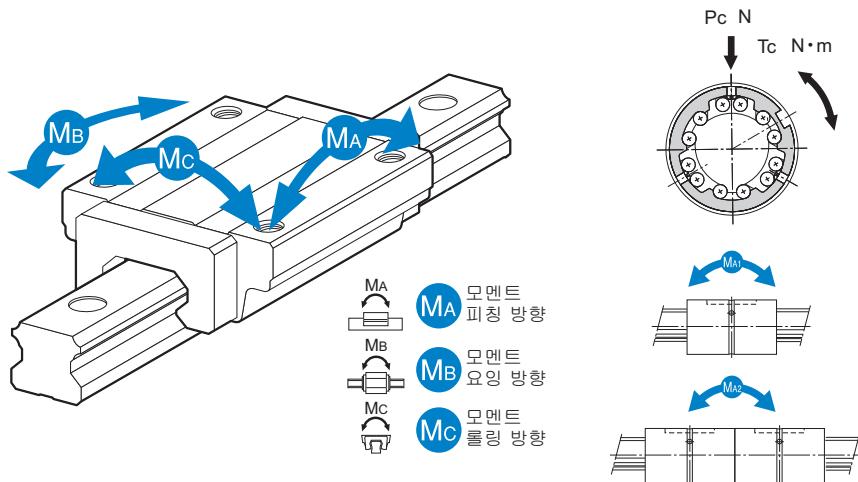
LM 시스템 각각에 대한 값은 본 카탈로그의 치수표 중에 기재되어 있습니다.

## 정적 허용모멘트 $M_0$

LM 시스템에 모멘트가 작용하였을 때에는 LM 시스템내의 전동체의 응력분포에 의하여 양단부의 전동체가 최대 응력을 받게 됩니다.

정적 허용모멘트( $M_0$ )란 최대 응력을 받고 있는 접촉부에서 전동체의 영구변형량과 전동면의 영구변형량의 합이 전동체 직경의 0.0001 배가 되는 방향과 크기가 일정한 모멘트를 말합니다.

LM 시스템에서는  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$ 의 3방향으로 정의하고 있습니다.



$P_c$  : 레이디얼 하중

$T_c$  : 토크 방향에서의 모멘트

$M_{A1}$  : 피칭 방향에서의 모멘트

$M_{A2}$  : 토크 방향에서의 모멘트

LM 시스템 각각의 정적 허용모멘트의 값은 각 형식의 허용모멘트 항목에 기재되어 있습니다.

## 정적안전계수 $f_s$

LM 시스템은 정지 혹은 운동 중 진동, 충격이나 기동정지에 의한 관성력의 발생 등으로 예상하지 못한 외력이 작용할 수 있습니다. 이러한 작용하중에 대해서는 정적안전계수를 고려할 필요가 있습니다.

### 【정적안전계수 $f_s$ 】

정적안전계수( $f_s$ )는 LM 시스템에 작용하는 하중에 대해 LM 시스템의 부하능력(기본정정격하중 $C_0$ )이 몇 배인가로서 나타냅니다.

$$f_s = \frac{f_c \cdot C_0}{P} \quad \text{또는} \quad f_s = \frac{f_c \cdot M_0}{M} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$f_s$  : 정적안전계수

$f_c$  : 접촉계수 (B0-12 표2참조)

$C_0$  : 기본정정격하중

$M_0$  : 정적허용모멘트 (M<sub>A</sub>, M<sub>B</sub>, M<sub>C</sub>)

P : 계산 하중

M : 계산 모멘트

### 【정적안전계수의 기준】

사용 조건하에서의 하한의 기준으로서 표1의 정적안전계수를 참조하십시오.

표1 정적안전계수의 기준

운동 조건	하중 조건	$f_s$ 의 하한
상시운동을 하지 않는 경우	충격이 작고, 축의 훠이 작은 경우	1.0 ~ 3.5
	충격이 있고, 뒤틀림 하중이 작용하는 경우	2.0 ~ 5.0
보통운동의 경우	보통하중으로, 축의 훠이 작은 경우	1.0 ~ 4.0
	충격이 있고, 뒤틀림 하중이 작용하는 경우	2.5 ~ 7.0

# 수명 계산식

## 【정격수명의 산출】

정격 수명( $L_{10}$ )은 기본 동정격 하중(C)과 LM 시스템에 부하되는 계산 하중( $P_c$ )을 이용하여 다음 식으로 구할 수 있습니다.

볼을 사용한 LM 시스템의 경우에는 정격 수명이 50km가 되는 기본 동정격 하중, 롤러를 사용한 LM 시스템의 경우에는 정격 수명이 100km가 되는 기본 동정격 하중을 사용하여 정격 수명을 산출합니다.

- 볼을 사용한 LM 시스템의 경우(정격 수명이 50km가 되는 기본 동정격 하중을 사용)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 50 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$L_{10}$  : 정격수명  
C : 기본동정격하중  
P : 부하하중

(km)  
(N)  
(N)

- 롤러를 사용한 LM 시스템의 경우(정격 수명이 100km가 되는 기본 동정격 하중을 사용)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

\* 스트로크 길이가 LM 시스템의 유효 부하 범위부 길이의 2배 이하인 경우에는 위의 정격 수명식이 적용되지 않을 가능성이 있습니다.

정격 수명( $L_{10}$ ) 비교 시에는 기본 동정격 하중을 50km, 100km 중 어느 쪽으로 정의하고 있는지를 고려해야 하며, 필요에 따라 ISO 14728-1에 기초하여 기본 동정격 하중을 환산합니다.

ISO에서 규정된 기본 동정격 하중의 환산식:

- 볼을 사용한 LM 시스템의 경우

$$C_{100} = \frac{C_{50}}{1.26}$$

$C_{50}$  : 정격 수명이 50km가 되는 기본 동정격 하중  
 $C_{100}$  : 정격 수명이 100km가 되는 기본 동정격 하중

- 롤러를 사용한 LM 시스템의 경우

$$C_{100} = \frac{C_{50}}{1.23}$$

## 【사용 조건을 고려한 정격 수명의 산출】

실제 사용 시에는 가동 중에 진동이나 충격을 동반하는 경우가 많기 때문에 LM 시스템에 대한 작용 하중의 변동이 예상되므로 정확히 파악하는 것은 쉽지 않습니다. 또한 전동면의 경도나 사용 환경 온도, LM 시스템을 일착에 가까운 상태로 사용하는 경우도 수명에 큰 영향을 미칩니다.

이러한 조건을 고려하면 다음 식 (3) 및 (4)를 통해 사용 조건을 고려한 정격 수명( $L_{10m}$ )을 산출할 수 있습니다.

- 사용 조건을 고려한 계수  $\alpha$

$$\alpha = \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W}$$

$\alpha$  : 사용 조건을 고려한 계수  
 $f_H$  : 경도계수 (B0-11의 그림1을 참조)  
 $f_T$  : 온도계수 (B0-11의 그림2를 참조)  
 $f_C$  : 접촉계수 (B0-12의 표2를 참조)  
 $f_W$  : 하중계수 (B0-12의 표3을 참조)

### ● 사용 조건을 고려한 정격 수명 $L_{10m}$

- 볼을 사용한 LM 시스템의 경우

$$L_{10m} = \left( \alpha \times \frac{C}{P} \right)^3 \times 50 \quad \dots\dots\dots (3)$$

- 롤러를 사용한 LM 시스템의 경우

$$L_{10m} = \left( \alpha \times \frac{C}{P} \right)^{10} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

### ● $f_H$ : 경도계수

LM 시스템의 부하능력을 충분히 발휘시키기 위해서는 전동면의 경도를 58~64HRC로 할 필요가 있습니다.

이 경도보다 낮은 경우에는 기본동정격하중 및 기본정정격하중이 저하되므로 각각에 경도계수( $f_H$ )를 곱합니다.

$L_{10m}$	: 사용 조건을 고려한 정격 수명	(km)
C	: 기본동정격하중	(N)
P	: 부하하중	(N)

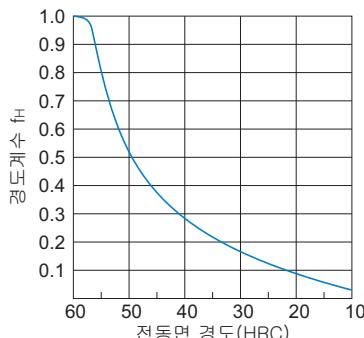


그림1 경도계수 ( $f_H$ )

### ● $f_T$ : 온도계수

LM 시스템을 사용하는 사용환경이 100°C를 넘는 고온의 경우에는 온도에 의한 악영향을 고려하여 그림2의 온도계수를 곱합니다.

또, LM 시스템도 고온대응의 제품으로 할 필요가 있으므로, 주의해 주시기 바랍니다.

주) 사용환경 온도가 80°C를 넘는 경우에는 쇠, 앤드플레이트, 리테이너의 재질을 고온사양으로 변경하실 필요가 있습니다.

주) 사용 환경의 온도가 120°C를 초과하는 고온의 경우, 치수 안정화 처리를 할 필요가 있습니다.

주) 볼리테이너형 LM가이드 및 롤러리테이너형 LM가이드의 사용온도는 80°C 이하이므로 적용되지 않습니다.

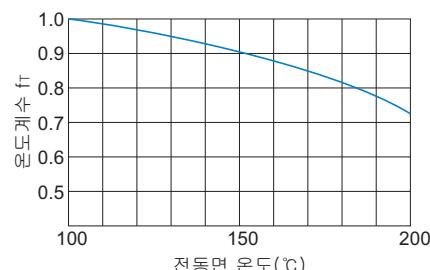


그림2 온도계수 ( $f_T$ )

## ● $f_c$ : 접촉계수

직선 안내를 하는 블록을 밀착상태에서 사용하는 경우에는 모멘트 하중이나 장착면 정도가 영향을 주어 균일한 하중분포를 얻기가 곤란하기 때문에, 복수의 LM 블록을 밀착사용하는 경우에는 표2의 접촉계수를 기본정격하중( $C$ ), ( $C_0$ )에 곱해 주시기 바랍니다.

주) 불균일한 하중분포가 예상되는 대형장치에는 표2의 접촉계수를 고려하여 주시기 바랍니다.

표2 접촉계수 ( $f_c$ )

밀착시 LM 블록 수	접촉계수 $f_c$
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
6 이상	0.6
통상 사용	1

## ● $f_w$ : 하중계수

일반적으로 왕복운동을 하는 기계는 운전중에 진동이나 충격을 동반하는 일이 많고, 특히 고속운전 시 발생하는 진동이나 상시 반복되는 기동 정지시의 충격 등 모두를 정확히 구하는 것은 대단히 어렵습니다. 따라서 속도, 진동의 영향이 큰 경우는 경험적으로 얻어진 표3의 하중계수를 기본동정격하중( $C$ )에 나누어주십시오.

표3 하중계수 ( $f_w$ )

진동/충격	속도(V)	$f_w$
미	미속의 경우 $V \leq 0.25 \text{m/s}$	1 ~ 1.2
소	저속의 경우 $0.25 < V \leq 1 \text{m/s}$	1.2 ~ 1.5
중	중속의 경우 $1 < V \leq 2 \text{m/s}$	1.5 ~ 2
대	고속의 경우 $V > 2 \text{m/s}$	2 ~ 3.5

# 강성

LM 시스템을 사용하는 경우, 기계장치의 필요한 강성을 얻기위해서는 사용조건에 맞는 형식과 클리어런스(예압)를 선정할 필요가 있습니다.

## LM 시스템의 클리어런스/예압 선정

LM 시스템의 클리어런스와 예압은 각각의 제품에 대해서 표준화되어 있으므로, 사용 조건에 따라 선정할 수 있습니다.

또, 분리형 제품의 경우, 당사에서는 납입시에 클리어런스를 조정할 수 없으므로, 제품을 장착할 때 사용자께서 클리어런스를 조정하셔야 합니다.

다음을 참조해서 클리어런스/예압을 결정해 주십시오.

### 클리어런스와 예압

#### 【클리어런스(내부 클리어런스)】

클리어런스란, LM 시스템의 블록(외통), 레일(샤프트), 볼(또는 롤러) 사이에 있는 틈을 일컫는 것으로, 상하방향 클리어런스의 총 합을 레이디얼 클리어런스, 원통방향 클리어런스의 총 합을 앵글러래쉬(회전방향 클리어런스)라고 각각 말합니다.

#### (1) 레이디얼 클리어런스

LM 가이드에서 레이디얼 클리어런스는 LM 레일을 고정하고, LM 레일의 길이방향의 중간부분에서 LM 블록을 일정한 힘으로 상하로 가볍게 움직였을 때의, 블록 중앙부의 움직임의 수치를 말합니다.

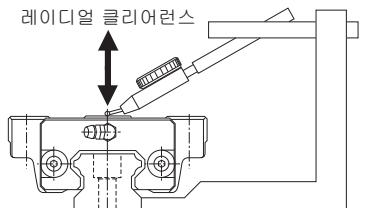


그림3 LM 가이드의 레이디얼 클리어런스

#### (2) 앵글러래쉬(회전방향 클리어런스)

볼스플라인의 경우, 앵글러래쉬(회전방향 클리어런스)는 스플라인 축을 고정하고, 외통을 일정한 힘으로 가볍게 회전 시켰을 때, 외통이 회전한 수치를 말합니다.

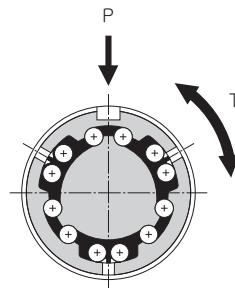


그림4 볼스플라인의 앵글러래쉬

## 【예압 (Preload)】

예압(Preload)이란, LM 시스템의 클리어런스를 없애고, 강성을 높이는 것을 목적으로 미리 전동체에 주는 하중을 말합니다.

LM 시스템의 클리어런스 기호로 마이너스 클리어런스(마이너스 값)는 예압이 부여되어 있음을 의미합니다.

표4 LM 가이드 HSR형의 레이디얼 클리어런스의 예  
단위:  $\mu\text{m}$

표시 기호	보통	경예압	중예압
호칭형번	무기호	C1	C0
HSR 15	-4 ~ +2	-12 ~ -4	—
HSR 20	-5 ~ +2	-14 ~ -5	-23 ~ -14
HSR 25	-6 ~ +3	-16 ~ -6	-26 ~ -16
HSR 30	-7 ~ +4	-19 ~ -7	-31 ~ -19
HSR 35	-8 ~ +4	-22 ~ -8	-35 ~ -22

클리어런스와 예압에 관해서는, 각각 형식의 항목에 기재되어 있으므로 참조해 주시기 바랍니다.

## 예압과 강성

LM 시스템에 예압을 부여하면, 예압의 양에 따라 강성을 높이는 것이 가능합니다. 그림5는 각 클리어런스(보통 클리어런스, C1 클리어런스, C0 클리어런스)의 변위량을 표시합니다. (LM 가이드 HSR형의 예)

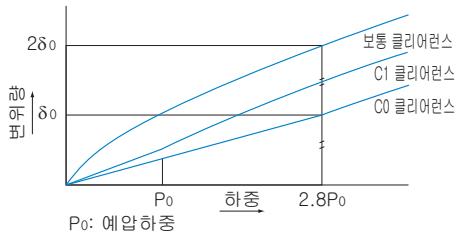


그림5 강성데이터

이와 같이 예압의 효과는 예압하중의 약 2.8배까지 효과가 있고, 예압이 없는 경우와 비교하여 동일 하중에 대한 변위량은 감소하고, 강성은 큰 폭으로 향상됩니다.

그림6은 LM 가이드의 레이디얼 변위량이 예압에 따라, 어떻게 변화하는지 보여줍니다. 그림6에 표시된 것처럼, LM 가이드 블록이 2.45kN의 레이디얼 하중을 받는 경우, 레이디얼 클리어런스가 제로(보통 클리어런스)이면 레이디얼 변위량은 9μm이며, 레이디얼 클리어런스가 -30μm(C0 클리어런스)이면 2μm이므로, 강성비는 4.5배 증가합니다.

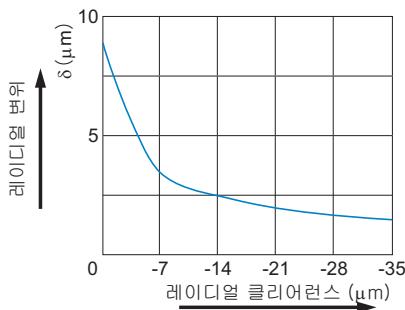
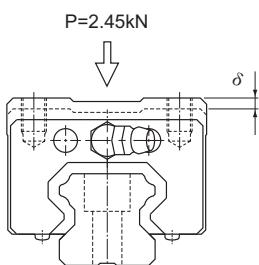


그림6 레이디얼 클리어런스와 변위량

구체적인 클리어런스의 설정은 각 LM 시스템의 레이디얼 클리어런스의 설정부분을 참조하여 주시기 바랍니다.

# 마찰계수

LM 시스템은 전동면 사이에 블 혹은 롤러 등의 전동체를 삽입시켜 구름운동을 하므로 마찰저항이 미끄럼 안내에 비하여 1/20 ~ 1/40 정도의 값을 가집니다. 특히, 정마찰은 대단히 작고 동마찰과의 차이도 거의 없으므로, 스텝 슬립이 발생하지 않습니다. 따라서, 서브 미크론의 이송도 가능합니다. LM 시스템의 마찰저항은 LM 시스템의 형식, 예압량, 윤활제의 점성저항, LM 시스템에 작용하는 하중 등에 따라서 변화합니다.

특히, 모멘트하중이 부하되는 경우나 강성을 향상시키기 위하여 예압(Preload)을 부여한 경우에는 마찰저항은 증가합니다.

통상의 마찰계수는 LM 시스템의 형식에 의하여 표5와 같이 됩니다.

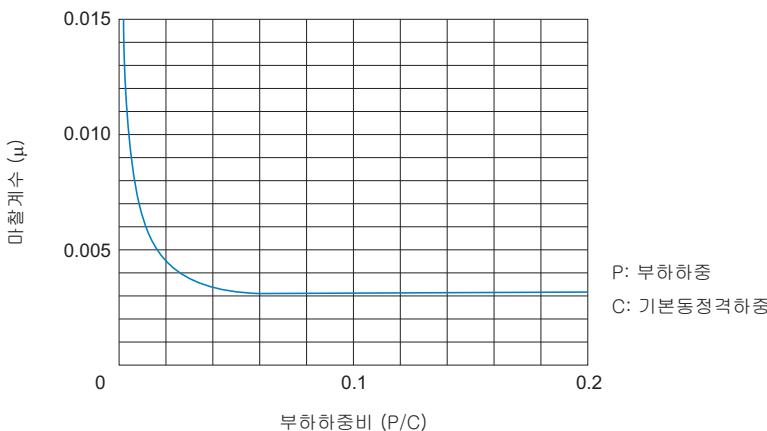


그림7 부하하중비와 마찰계수의 관계

표5 각 LM 시스템의 마찰계수 ( $\mu$ )

LM 시스템의 종류	주요 형식	마찰계수 ( $\mu$ )
LM 가이드	SSR, SHS, SRS, RSR, HSR, NR/NRS	0.002 ~ 0.003
	SRG, SRN	0.001 ~ 0.002
볼스플라인	LBS, LBF, LT, LF	0.002 ~ 0.003
리니어 부쉬	LM, LMK, LMF, SC	0.001 ~ 0.003
LM 스트로크	MST, ST	0.0006 ~ 0.0012
LM 롤러	LR, LRA	0.005 ~ 0.01
플랫트 롤러	FT, FTW	0.001 ~ 0.0025
크로스 롤러 가이드/크로스 롤러 테이블	VR, VRU, VRT	0.001 ~ 0.0025
리니어 볼슬라이드	LS	0.0006 ~ 0.0012
캠플로워/롤러 플로워	CF, NAST	0.0015 ~ 0.0025

# 정도

LM 시스템의 운동정도로는, 평면에서 고정하는 형식은 주행 정도로, 축을 지지하는 형식은 흔들림 정도로 규정되어 있으며, 각각의 정도등급은 정해져 있습니다.

상세한 부분에 대해서는 각 제품에 관련된 페이지를 참조해 주시기 바랍니다.

# 윤활

LM 시스템의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는, 사용조건에 따라 윤활을 하여 주십시오. 급유하지 않은 상태로 사용하면 전동부의 마모가 증가하여 수명이 단축되는 원인이 될 수 있습니다.

윤활제는 아래와 같은 작용을 합니다.

- (1) 각 운동부의 마찰을 작게하고 놀어붙음을 방지하며 마모를 적게 합니다.
- (2) 전동면에 유막을 형성하여 표면에 작용하는 응력을 감소시키고 구름 피로 수명을 늘립니다.
- (3) 금속표면을 유막으로 덮어 녹발생을 방지합니다.

또한 LM시스템은 씰이 부착되어 있어도 내부의 윤활제가 운동중에 조금씩 외부로 유출되므로 사용 조건에 맞춰 적당한 간격의 급유가 필요합니다.

윤활에 대한 자세한 내용은 **B24-1**을 참조하여 주십시오.

## 【윤활제의 종류】

LM 시스템의 윤활제는 주로 그리스나 습동면유가 사용됩니다.

윤활제에 요구되는 조건은 일반적으로 다음과 같습니다.

- (1) 극압성이 높을 것.
- (2) 마찰이 작을 것.
- (3) 내마모성이 뛰어날 것.
- (4) 열 안정성이 뛰어날 것.
- (5) 방청성이 뛰어날 것.
- (6) 유동성이 뛰어날 것.
- (7) 그리스가 반복교반되어도 큰 조도 변화가 없을 것.

표6 일반 사용의 윤활제

윤활제	종류	상품명
오일	습동면유 또는 터빈유 ISOVG32 ~ 68	다후니 슈퍼 멀티 오일(이데미쓰 고산) 모빌 박트라 오일 넘버즈 시리즈(액슨모빌) 모빌 박트라 오일 No.2SLC(액슨 모빌) 모빌 DTE 오일 시리즈(액슨 모빌) 쉘 토나 S3 M(쇼와쉘 석유) 상당품

표7 특수환경에서 사용하는 윤활제

사용 환경 및 조건	윤활 대책	THK 제품에 대한 대책
쿨런트가비산하는 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>쿨런트에 의한 유화를 막고 잘 세정되지 않는 그리스를 사용하여 주십시오.</li> <li>극압성이 높고 방청성이 좋은 그리스를 사용하여 주십시오.</li> </ul> <p>* 특히 수용성의 쿨런트가 비산하는 환경에서는 중간 정도의 윤활유를 사용해도 쿨런트의 종류에 따라서 유화나 물세척에 의하여 윤활성이 현저하게 저하되어 적절한 유막 형성이 어려운 경우도 있기 때문에 쿨런트와 윤활유의 호환을 확인하여 주십시오.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●L450 그리스(THK)</li> <li>●다우니 슈퍼 텔터 오일(이데미쓰 고산)</li> <li>●모빌 박트라 오일 No.25LC(엑슨 모빌)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>쿨런트가 직접 THK 제품에 닿으면 수지, 고무재 등의 부분에 악영향을 끼칠 우려가 있으므로 주의가 필요합니다.</li> <li>THK 제품에 직접 쿨런트가 닿지 않도록 장치 설계를 검토하여 주십시오. (커버, 자바라 검토)</li> <li>THK 제품 안으로 쿨런트가 유입되는 것을 방지하기 위한 각종 방진 옵션을 검토하여 주십시오.</li> </ul>
고온 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도가 높아질수록 그리스의 오일이 분리되어 윤활 성능이 저하될 우려가 있으므로 주의가 필요합니다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고온 사양의 각 제품이 준비되어 있으므로 삼익 THK에 문의하여 주십시오.</li> </ul>
클린룸	<ul style="list-style-type: none"> <li>삼익THK에서는 클린룸 대용 그리스가 준비되어 있습니다.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●AFE-CA 그리스(THK)</li> <li>●AFF 그리스(THK)</li> <li>●L100 그리스(THK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발진의 원인 중 하나는 전동체 간의 상호 마찰 및 금속 접촉입니다. 삼익THK에서는 전동체 간의 상호 마찰 및 금속 접촉을 최대한 줄일 수 있는 리테이너 제품이 준비되어 있습니다. 리테이너는 윤활제를 유지하는 구조로 되어 있으므로 클린 환경에 적합한 제품입니다.</li> <li>표준 사양에서는 방청유가 도포되어 있으므로 불필요할 때는 사전에 지정하여 주십시오.</li> </ul>
진공 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>불소계 진공용 윤활제를 사용하여 주십시오. (상품에 따라 증기압이 다릅니다)</li> <li>진공 그리스를 사용한 경우, 일반적인 공업용 그리스에 비해 극압성이 적기 때문에 유막 끊김이 쉽게 발생합니다. 평소보다 금유 횟수를 늘리는 등의 방법으로 전동면에 유분을 확실하게 공급하여 유막 끊김을 일으키지 않도록 주의하여 주십시오.</li> </ul> <p>* 진공용 그리스를 사용하는 경우에는 범용 그리스에 비해 구동저항이 수배 높은 것도 있으므로 주의하여 주십시오.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>진공 환경에서는 수지재, 고무재에서 방출되는 가스에 의해 진공도 레벨이 저하될 우려가 있으므로 주의하여 주십시오.</li> <li>방청 대책으로 스테인리스강 제품, 표면 처리 제품을 검토하여 주십시오.</li> </ul>
고속 이동부	<ul style="list-style-type: none"> <li>윤활제의 저항에 의한 발열을 억제하기 위해 기유 등 점도가 낮은 윤활제를 사용하여 주십시오.</li> <li>삼익THK에서는 고속 사양이 뛰어난 그리스를 갖추고 있습니다.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●AFA 그리스(THK)</li> <li>●AFG 그리스(THK)</li> <li>●AJ 그리스(THK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품 내부에서 발생하는 전동체 간의 상호 마찰 및 금속 접촉은 소음 발생 및 조기 파손으로 이어집니다.</li> <li>삼익THK에서는 고속성, 저소음성이 뛰어난 리테이너 포함 제품을 갖추고 있습니다.</li> </ul>
물이 달는 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>내수성이 뛰어난 그리스를 사용하여 주십시오.</li> <li>극압성이 높아 잘 흐르지 않는 윤활제를 사용하여 주십시오.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●L450 그리스(THK)</li> <li>●L700 그리스(THK)</li> </ul> <p>물과 관련된 윤활 방법에 대해서는 삼익THK에 문의하여 주십시오.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>THK 제품에 물이 닿지 않도록 장치 설계를 검토하여 주십시오. (자바라 및 커버 검토)</li> <li>방청 대책으로 스테인리스강 제품, 표면 처리 제품을 검토하여 주십시오.</li> <li>제품 안으로 물이 유입되는 것을 방지하기 위한 각종 방진 옵션을 검토하여 주십시오.</li> </ul>
식품 기계의 경우	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체에 안심할 수 있는 식품용 그리스 검토가 필요합니다.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●L700 그리스(THK) (NSF H1 규격에 인증 등록)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>윤활제가 만일에 비산했을 때를 예상하여 커버 등을 검토하여 주십시오.</li> </ul>
미세진동	<ul style="list-style-type: none"> <li>삼익THK에서는 미세진동에 유효한 그리스를 갖추고 있습니다.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>●AFC 그리스(THK)</li> <li>●L450 그리스(THK)</li> <li>●AJ 그리스(THK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전동체와 전동면의 접촉부에 형성되어 있는 유막이 쉽게 끊기는 환경입니다.</li> <li>정기적으로 오버 스트로크하면 전동체와 전동면의 접촉부에 윤활유의 유막이 형성됩니다.</li> </ul>

# 안전설계

LM 시스템은 다양한 환경에서 사용됩니다. LM 시스템을 진공, 내식, 고온, 저온과 같은 특수환경에서 사용하는 경우에는, 사용환경에 알맞은 재질과 표면처리를 선택할 필요가 있습니다.

다양한 특수환경에서의 사용을 대응하기 위해서, THK는 LM 시스템용으로 다음과 같은 재질과 표면처리를 제공합니다.

내용	형번	특징/능력
제작	마르텐사이트 스테인리스강	
	마르텐사이트 스테인리스강	
	오스테나이트 스테인리스강	
표면처리	AP-HC	
	AP-C	
	AP-CF	

\* 위 제품 이외의 표면처리를 희망하시는 경우에는, 삼익THK로 문의하여 주십시오.

## 재질의 결정

LM 시스템은 통상의 사용조건의 경우, LM 시스템용 강제를 사용하고 있습니다만, 특수환경하에서 사용되는 경우, 사용환경에 적절한 재질의 선정이 필요합니다.

특히, 내식성을 필요로하는 곳에서는 스테인리스강이 사용됩니다.

재질 사양

### 스테인리스타입

- 재질…마르텐사이트 스테인리스강/오스테나이트 스테인리스강



내식성이 필요한 환경에서 사용하는 경우, 마르텐사이트 스테인리스강으로 대응 가능한 제품이 있습니다.

LM 시스템의 호칭형번에 기호 M0이 포함된 경우, 그 제품은 스테인리스강으로 만들어졌다는 것을 의미하므로, 각 제품의 소개부분을 참조하여 주시기 바랍니다.

#### 호칭형번의 구성예

<b>HSR25</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>QZ</b>	<b>UU</b>	<b>C0</b>	<b>M</b>	<b>+1200L</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	<b>-II</b>
호칭형번			윤활장치 QZ 부착		레이디얼 클리어런스 기호		LM 레일 길이 (mm)		동일면에 사용되는 레일의 축수 기호	
			1축에 조합되는 LM 블록의 갯수		방진부품기호		스테인리스강 LM 블록		스테인리스강 LM 레일	
			LM 블록의 종류					정도 기호		

## 표면처리

LM 시스템의 레일과 축에는 방청과 미관의 목적으로 표면처리를 할 수 있습니다.

THK는 LM 시스템에 최적인 표면처리 THK-AP처리를 제공합니다.

THK-AP처리에는 아래와 같이 3종류가 있습니다.

### AP-HC

- 표면처리…공업용 경질크롬도금
- 피막경도…750HV이상



공업용 경질크롬도금에 상당하는 것으로 AP-HC는 마르텐사이트 스테인리스강과 거의 동등한 내식성을 가집니다. 또한, 피막경도가 750HV이상으로 매우 높기 때문에 내마모성이 우수합니다.

### AP-C

- 표면처리…공업용 흑크롬 피막처리



내식성 향상을 목적으로 한 공업용 흑크롬 피막처리로, 마르滕사이트 스테인리스강에 비교해 저가이며, 그 이상의 내식성이 얻어집니다.

### AP-CF

- 표면처리…공업용 흑크롬 피막처리 + 특수불소계 수지코팅

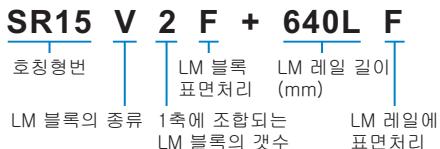


흑크롬 피막처리 + 특수불소 수지피막처리를 조합한 복합표면처리로, 높은 내식성을 필요로하는 용도에 적합합니다.

위의 처리 이외에도, 알칼리착색처리(흑염)과 유색 알루마이트 처리와 같은 전동면 이외의 부분에 다른 표면처리가 종종 실행됩니다. 그렇지만, 일부는 LM 시스템에 적합하지 않는 표면처리가 있으므로, 상세한 내용은 삼익THK로 문의하여 주십시오.

전동면이 표면처리된 LM 시스템을 사용하는 경우, 안전계수를 높게 선정하여 주시기 바랍니다.

#### 호칭형번의 구성예

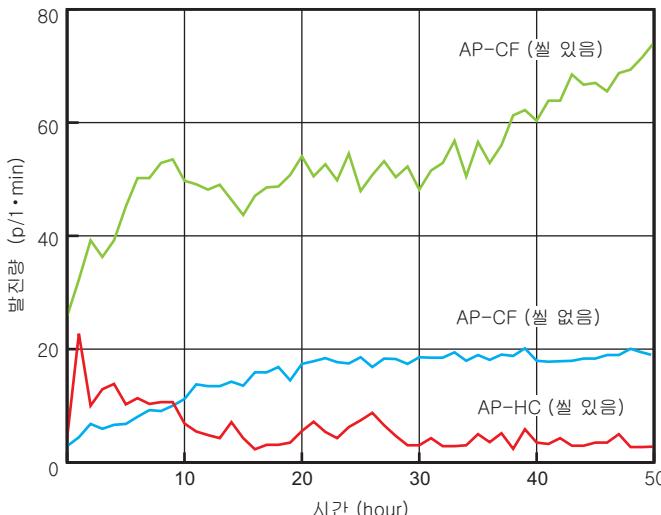


주) 장착 구멍의 내부는 표면처리가 되지 않으므로 주의하여 주시기 바랍니다.

## 【AP처리의 발진 비교 데이터】

&lt; 시험 조건 &gt;

항목	내용
LM 가이드 형변	SSR20WF+280LF (AP-CF, 씰 없음)
	SSR20UUF+280LF (AP-CF, 씰 있음)
	SSR20WUUUF+280LF (AP-HC, 씰 있음)
주입 그리스	THK AFE-CA 그리스
그리스 주입량	1cc (LM 블록당)
속도	30m/min(MAX)
스트로크	200mm
계측유량	1ℓ/min
클린룸 용적	1.7ℓ (아크릴 케이스)
계측기	더스트 카운터
측정 입자경	0.3μm 이상



THK AP-HC처리는 높은 표면경도와 높은 내마모성을 제공합니다. 위의 그래프에서 초기 단계의 마모가 많은 것은 엔드씰의 초기 마모에 의한 것으로 간주됩니다.

주) THK AP-HC처리 (경질크롬도금에 상당)

THK AP-CF처리 (혹크롬 피막처리 + 불소수지 코팅)

## 【방청 비교 데이터】

<염수분무 사이클 시험>

항목	내용
분무액	1% NaCl 용액
사이클	6시간 분무, 6시간 건조
온도 조건	분무 시 35°C 건조 시 60°C

시료 소재	오스테나이트 스테인리스강	마르滕사이트 스테인리스강	THK AP-HC	THK AP-C	THK AP-CF
시간					
시험 전					
6시간					
24시간					
96시간					
기록 판정 표	방청능력	◎	○	○	◎
	내마모성	○	◎	◎	△
	표면 경도	△	◎	◎	△
	밀착성	—	—	◎	△
	외관	금속광택	금속광택	금속광택	특색광택

## 방진

LM 시스템의 사용에 있어서 방진은 아주 중요합니다. LM 시스템에 먼지나 이물질이 흔입되면 이상 마모나 조기수명의 원인이 됩니다.

따라서, 먼지나 이물질의 흔입이 예상되는 경우는 사용환경조건에 맞는 효과적인 밀봉장치나 방진 장치를 선정하실 필요가 있습니다.

### (1) LM 시스템 전용 썰

각 LM 시스템에는 방진 썰로서, 아래 그림과 같은 내마모성이 높은 특수합성 고무제의 썰(적층형 접촉 스크레이퍼 LaCS등)과 와이퍼링 등을 준비하고 있습니다.

또, 사용환경이 열악한 곳에는 전용 자바라와 전용 커버등이 형번에 따라 준비되어 있습니다.

상세한 내용과 썰 기호에 대해서는 각 제품의 옵션(방진) 부분을 참조하여 주시기 바랍니다.

또, 절삭침이나 절삭액 등이 비산하는 사용환경에서 볼나사의 방진도 동시에 할 경우에는 전체를 커버하는 텔레스코픽 커버나 대형 자바라를 사용합니다.

### (2) 전용 자바라

LM 가이드의 경우, 규격화된 전용 자바라가 준비되어 있습니다.

볼나사와 볼스플라인 등 기타 LM 시스템에 대해서도 전용 자바라를 제작하므로, 상세한 내용은 삼익THK로 문의하여 주시기 바랍니다.

