

ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณทางเทคนิคหาได้ที่ <http://fa.misumi.jp/> เพื่อให้คำนวณสูตรที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น (ไม่เสียค่าใช้จ่าย/ภาษาญี่ปุ่นเท่านั้น)

โหลดที่ยอมรับได้ (Allowable load)

- แรงพลวัตประเมน (C)
แรงพลวัตประเมน คือ แรงคงที่ที่กระทำในทิศทางตรง ซึ่งทำให้แ่ชุดรางเลื่อนเชิงเส้นนั้นเคลื่อนที่ไป 50×10³ ม. ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานเดียวกัน โดย 90% ของวัสดุไม่ได้รับความเสียหายจากความล้าจากการกลิ้ง
- แรงสถิตประเมน (CO)
แรงสถิตประเมน คือ แรงสถิตที่กระทำบนชิ้นส่วนที่มีการสัมผัสภายใต้ความเค้นสูงสุด ซึ่งผลรวมของการยุบตัวถาวรของเม็ดลูกปืนและหน้าสัมผัสที่ไถ่กลิ้งเท่ากับ 0.0001 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดลูกปืน
- โมเมนต์สถิตที่ยอมให้มีได้ (Mp, My, Mr)
โมเมนต์สถิตที่ยอมให้มีได้ คือ ค่าโหลดโมเมนต์สถิตวิกฤติที่กระทำต่อระบบขณะรับโหลด มันจะถูกกำหนดให้สอดคล้องกับการยุบตัวถาวรเช่นเดียวกับแรงสถิตประเมน CO
- ค่าเพื่อความปลอดภัย (fs)
ค่าเพื่อความปลอดภัยที่กำหนดในตาราง-1 เมื่อระบบเชิงเส้นอยู่กับที่ หรือเคลื่อนที่ช้า แรงสถิตประเมน CO ต้องหารด้วย (fs) ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการใช้งาน

ตาราง-1 ค่าเพื่อความปลอดภัย (ค่าใช้งานต่ำสุด fs)

เงื่อนไขการใช้งาน	ค่าใช้งานต่ำสุด fs
ภายใต้การใช้งานปกติ	1~2
เมื่อต้องการการเคลื่อนที่ที่ราบเรียบ	2~4
เมื่อได้รับแรงสั่นสะเทือน แรงกระแทก	3~5

โหลดที่ยอมรับได้ (N) ≤ Co/fs

โมเมนต์ที่ยอมรับได้ (N-m) ≤ (Mp, My, Mr)/fs

fs: ค่าเพื่อความปลอดภัย Co: แรงสถิตประเมน (N)
Mp, My, Mr: โมเมนต์สถิตที่ยอมรับได้ (N-m)

อายุการใช้งาน

เมื่อมีโหลดกระทำต่อชุดรางเลื่อนเชิงเส้น ระบบจะวิ่งไปมาหน้าและหลังในแนวเส้นตรง ระหว่างขั้นตอนดังกล่าว จะเกิดความเค้นต่อเม็ดลูกปืนและหน้าสัมผัสที่ใช้ซ้ำไปซ้ำมา ทำให้เกิดความเสียหายที่เรียกว่า สะเก็ด (Flaking) อันเนื่องจากความล้าของวัสดุ
อายุการใช้งานของชุดรางเลื่อนเชิงเส้นจะอาศัยค่าระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดครอบคลุมตั้งแต่ระบบเริ่มทำงานจนกระทั่งเกิดสะเก็ดแตกถลอก (Flaking)

- อายุประเมน (L)
อายุประเมน คือ การทดสอบหาระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดรวมกันของชุดรางเลื่อน ขณะที่ทำการทดสอบจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยจำนวนของชุดรางเลื่อนจะต้องไม่เกิดความเสียหาย เนื่องจากการเกิดสะเก็ดแตกถลอก (Flaking) เกินกว่า 90% ของจำนวนชุดรางเลื่อนทั้งหมดที่นำมาทดสอบ

อายุประเมนสามารถหาได้จากแรงพลวัตประเมนและโหลดค่าต่างๆ ที่กระทำต่อชุดรางเลื่อนเชิงเส้น

สำหรับเม็ดลูกปืนแบบกลม

$$L=\left(\frac{C}{P}\right)^3\cdot 50$$

สำหรับเม็ดลูกปืนแบบทรงกระบอก

$$L=\left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}\cdot 50$$

L : อายุประเมน (Km)
C : แรงพลวัตประเมน (N)
P : โหลดที่ต้องรับจริง (N)

เมื่อระบบเชิงเส้นถูกใช้งานจริง สิ่งแรกที่ต้องทำคือ การคำนวณโหลด เป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องพิจารณาโหลดในส่วนของแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน เช่นเดียวกับการกระจายของโหลดทั่วทั้งระบบเชิงเส้นในขณะที่เคลื่อนไปข้างหน้าและหลังในแนวเส้นตรง ซึ่งการคำนวณกระทำได้ไม่ยากนัก อุณหภูมิของทำงานก็มีส่วนสำคัญต่ออายุการใช้งานเช่นกัน เมื่อพารามิเตอร์เหล่านี้ถูกนำมาพิจารณา สูตรข้างต้นจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็น :

สำหรับเม็ดลูกปืนแบบกลม

$$L=\left(\frac{f_H\cdot f_T\cdot f_C}{f_W}\cdot\frac{C}{P}\right)^3\cdot 50$$

สำหรับร่องเม็ดลูกปืนแบบทรงกระบอก

$$L=\left(\frac{f_H\cdot f_T\cdot f_C}{f_W}\cdot\frac{C}{P}\right)^{10/3}\cdot 50$$

L : อายุประเมน (km)
f_H : สัมประสิทธิ์ความแข็งแรง (ดูรูป 1)
C : แรงพลวัตประเมน (N)
f_T : สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (ดูรูป 2)
P : โหลดที่ต้องรับจริง (N)
f_C : สัมประสิทธิ์การสัมผัส (ดู ตารางที่ 3)
f_W : สัมประสิทธิ์โหลด (ดู ตารางที่ 4)

อายุการใช้งานสามารถคำนวณออกมาเป็นจำนวนชั่วโมง โดยใช้ระยะทางการเคลื่อนที่เป็นหน่วยของเวลา
อายุการใช้งานสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้ โดยถือว่าความยาวของระยะการเคลื่อนที่ (stroke length) และจำนวนรอบการเคลื่อนที่ไปและกลับ (stroke cycle) เป็นค่าคงที่

$$L_h=\frac{L\cdot 10^3}{2\cdot L_S\cdot n_1\cdot 60}$$

L_h : จำนวนอายุการใช้งาน (hr)
L_S : ความยาวของระยะชัก (m)
L : อายุประเมน (km)
n₁ : จำนวนครั้งที่เคลื่อนไปกลับต่อนาที (cpm)

แรงขับเคลื่อนในแนวแกนที่ต้องการ เพื่อชนะความฝืดของชุดรางเลื่อน

ใช้สูตรต่อไปนี้เพื่อคำนวณหา ความต้านทานการเสียดทาน (แรงดันที่ต้องใช้) หาได้จากโหลด และความต้านทานของซิลที่ระบุไว้ที่ระบบ

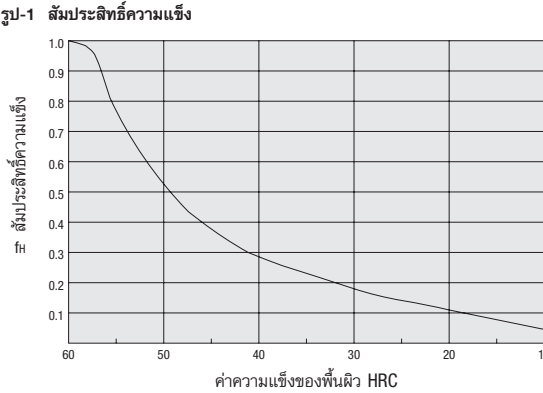
$$F=\mu\cdot W+f$$

F : ความต้านทานการเสียดทาน (N)
μ : สัมประสิทธิ์การเสียดทานพลวัต
W : น้ำหนักของโหลด
f : ความต้านทานของซิล (2N~5N)

ตาราง-2 สัมประสิทธิ์การเสียดทานพลวัต

ประเภท	สัมประสิทธิ์การเสียดทานพลวัต
Miniature Slide Guides	0.004~0.006
Medium Load Slide Guides	0.002~0.003
Slide Ways	0.001~0.003
Slide Tables	0.001~0.003
Linear Bushings	0.002~0.003
Linear Ball Bushings	0.0006~0.0012

- สัมประสิทธิ์ความแข็งแรง (f_H)
ในชุดรางเลื่อนเชิงเส้น รางต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้องสัมผัสกับเม็ดลูกปืน ถ้าความแข็งแรงไม่เพียงพอ โหลดจะรับภาระได้น้อยลง ผลทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นการใช้งานของรางเลื่อนสามารถชดเชยอายุประเมนด้วยสัมประสิทธิ์ความแข็งแรง



- สัมประสิทธิ์ผิวสัมผัส (f_C)

โดยทั่วไป 1 แขนการเคลื่อนที่อาจจะมียางเส้นตั้งแต่ 2 รางขึ้นไป โหลดจากภายนอกที่กระทำบนรางเลื่อนแต่ละชุดนั้นมีความแตกต่างกันไปตามความเที่ยงตรงและแม่นยำของการตัดเฉือนที่ต้องการ ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดรูปแบบโหลดที่กระทำบนรางเลื่อนได้แน่นอน ภาระที่ยอมให้ได้ต่อหนึ่งรางเลื่อนขึ้นอยู่กับจำนวนของรางเลื่อนบน 1 แขนการเคลื่อนที่ ด้วยผลดังกล่าวภาระที่ยอมให้ได้ต่อ 1 รางเลื่อนขึ้นอยู่กับจำนวนราง ดังนั้นในการคำนวณอายุการใช้งานของชุดแกนการเคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ผิวสัมผัสเพื่อชดเชยอายุการใช้งานตามจำนวนของรางเลื่อนที่มีจากตารางที่ 3

- สัมประสิทธิ์ของโหลด (f_W)

เมื่อคำนวณโหลดที่กระทำจริงบนชุดรางเลื่อน มันจำเป็นต้องรู้ค่าที่แน่นอนของวัสดุแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้น จากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว การบิดตัวของโหลด ซึ่งทั้งหมดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในขณะที่ทำงาน อย่างไรก็ตามเป็นเรื่องยากที่จะคำนวณให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำ สำหรับการเคลื่อนที่แบบแกว่งตัวไปมาภายใต้การออกตัวและหยุดซ้ำแล้วซ้ำอีก แม้กระทั่งการสั่นสะเทือนหรือกระแทกก็ต้องนำมาพิจารณา ดังนั้นการคำนวณอายุการใช้งานของชุดเคลื่อนที่อย่างง่ายจึงมีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์โหลดตามเงื่อนไขการทำงานจริง ในตารางที่ 4

ปลอกนำเลื่อนตรงแบบสัมผัส (Linear Bushings)

อายุประเมนสามารถคำนวณได้จากแรงพลวัตประเมนและโหลดที่กระทำต่อปลอกแบบเส้นตรง

$$L=\left(\frac{f_H\cdot f_T\cdot f_C}{f_W}\cdot\frac{C}{P}\right)^3\cdot 50$$

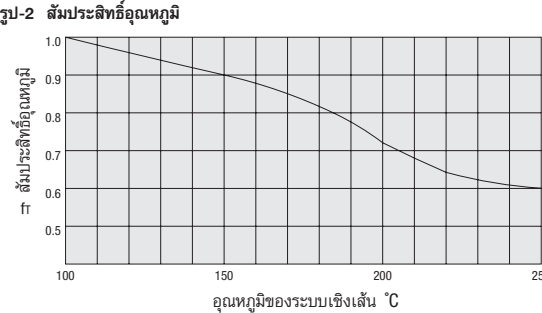
L : อายุประเมน (km)
C : แรงพลวัตประเมน (N)
P : โหลดที่ต้องรับจริง (N)
f_W : สัมประสิทธิ์โหลด (ดู ตาราง 4)
f_H : สัมประสิทธิ์ความแข็งแรง (ดู รูป 1)
f_T : สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (ดู รูป 2)
f_C : สัมประสิทธิ์การสัมผัส (ดู ตาราง 3)

อายุการใช้งานสามารถคำนวณออกมาเป็นจำนวนชั่วโมง โดยใช้ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้ โดยถือว่าความยาวของการวิ่ง (stroke length) จังหวะการวิ่ง (stroke cycle) เป็นค่าคงที่

$$L_h=\frac{L\cdot 10^3}{2\cdot L_S\cdot n_1\cdot 60}$$

L_h : จำนวนชั่วโมงอายุการใช้งาน (hr)
L_S : ความยาวของระยะชัก (m)
L : อายุการใช้งานเฉลี่ย (km)
n₁ : จำนวนครั้งที่เคลื่อนไปกลับต่อนาที (cpm)

- สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (f_T)
เมื่ออุณหภูมิในชุดรางเลื่อนเชิงเส้นเกิน 100 °C ความแข็งแรงของระบบและรางจะลดลง ทำให้โหลดสูงสุดที่สามารถรับได้ลดลงมากกว่าเมื่อระบบทำงานอยู่ในอุณหภูมิห้อง และทำให้อายุการใช้งานสั้นลง
ชดเชยอายุประเมนด้วยสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ



ตาราง-3 สัมประสิทธิ์การสัมผัส

จำนวนลูกปืนต่อราง	สัมประสิทธิ์การสัมผัส f _C
1	1.00
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

ตาราง-4 สัมประสิทธิ์โหลด

เงื่อนไขการใช้งาน	f _W
ความเร็วต่ำ โดยไม่มีแรงสั่นสะเทือนหรือแรงกระแทกภายนอก (สูงสุด 15 m/min)	1.0~1.5
ความเร็วปานกลาง โดยไม่มีแรงสั่นสะเทือนหรือแรงกระแทกภายนอกมากพอ (สูงสุด 60 m/min)	1.5~2.0
ความเร็วสูง โดยไม่มีแรงสั่นสะเทือนหรือแรงกระแทกภายนอก (เกินกว่า 60 m/min)	2.0~3.5

Linear Ball Bushings

อายุประเมนสามารถคำนวณได้จากแรงพลวัตประเมนและโหลดที่กระทำต่อปลอกนำเลื่อนตรงแบบลูกปืนแบบกลม

$$L=\left(\frac{f_H\cdot f_T\cdot f_C}{f_W}\cdot\frac{C}{P}\right)^3\cdot 50$$

L : อายุประเมน (km)
C : แรงพลวัตประเมน (N)
P : โหลดที่ต้องรับจริง (N)
f_W : สัมประสิทธิ์โหลด (ดู ตาราง 4)
f_H : สัมประสิทธิ์ความแข็งแรง (ดู รูป 1)
f_T : สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (ดู รูป 2)
f_C : สัมประสิทธิ์การสัมผัส (ดู ตาราง 3)

จำนวนชั่วโมงอายุการใช้งาน (L_h)
-สำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุน และไปกลับ

$$L_h=\frac{10^6\cdot L}{60\sqrt{(dm\cdot n)^2+(10\cdot S\cdot n_1)^2/dm}}$$

-สำหรับการเคลื่อนที่แบบไปกลับ

$$L_h=\frac{10^6\cdot L}{600\cdot S\cdot n_1/(\pi\cdot dm)}$$

L_h : จำนวนชั่วโมงอายุการใช้งาน (hr)
S : ความยาวของระยะชัก (mm)
n : จำนวนรอบต่อนาที (rpm)
n₁ : จำนวนรอบการชักต่อนาที (cpm)
dm : เส้นผ่านศูนย์กลาง (Pitch Diameter) ของลูกปืน ÷ 1.15dr

-ค่าการเคลื่อนที่แบบหมุนและไปกลับสูงสุดที่ทำได้

$$DN\geq dm\cdot n+10\cdot S\cdot n_1$$