

DESPLAZAMIENTO DE MASAS DE GRAN TONELAJE POR DESLIZAMIENTO

Por RAUL FERNANDEZ GARRIDO
Ingeniero de lubricación de KRAFFT S. A.

Teoría.

Los trabajos de construcción y obras públicas con relativa frecuencia se encuentran frente al problema de tener que desplazar una masa importante; a veces, llega a cientos de toneladas un espacio de varios metros. El caso más común es el de los reemplazamientos de puentes.

El desplazamiento de cargas tan importantes, con una masa que da un momento de inercia extraordinario, no es siempre posible hacerlo por rodadura; los elementos para ello, ruedas, rodillos, cojinetes, etc., exigen un diseño más complicado y encierran el peligro de desalineación. El desplazamiento deslizante evita esos dos inconvenientes, pero encierran un tercero, el fuerte incremento del coeficiente de fricción.

Teóricamente un coeficiente superior al 0,15 supera el régimen de la lubricación límite, produciendo fuertes desgastes y un movimiento discontinuo, a golpes (*stick-slip*), sumamente peligroso en el caso que nos ocupa. Un fenómeno similar se observa a menudo en el caso de bandadas en la máquina-herramienta.

Desgraciadamente, este coeficiente en seco se supera con todos los materiales de construcción habituales. Citamos a título orientativo:

| | |
|------------------------------|------|
| — acero sobre acero | 0,17 |
| — madera sobre madera | 0,60 |

Otra faceta que hay que tener en cuenta es la siguiente: el mecanismo que acciona la masa ejerce presión hasta que la pone en movimiento — en este momento se necesita más fuerza para que la masa inicie el movimiento que para mantenerlo —; ésta se desliza hacia adelante por la inercia y siempre por delante del mecanismo que la acciona; luego espera a que éste haya absorbido la contrapresión y la alcance,

repitiéndose el proceso. Este proceso de deslizamiento a golpes viene dado en definitiva por la diferencia entre el coeficiente de fricción dinámico y estático de los diversos materiales.

La solución no podemos buscarla en la lubricación hidrodinámica, puesto que bajo elevadas cargas y velocidad lenta, ésta no tiene lugar; hay que encontrarla en la lubricación por sólidos. Los cuerpos sólidos con máximas propiedades deslizantes son el grafito ($f=0,1$) y el disulfuro de molibdeno ($f=0,05$), ambos con estructuras cristalinas laminares parecidas.

La solución teórica en consecuencia es el interponer entre las superficies rozantes a desplazar una capa de grafito o MoS_2 (fórmula química del disulfuro de molibdeno). La forma más cómoda de aplicación es bajo la de "pasta" con una alta concentración de producto sólido.

La ventaja del disulfuro de molibdeno está, además de su bajo coeficiente de fricción, en su extraordinaria resistencia a las cargas. Una película homogénea de MoS_2 es capaz de soportar presiones verticales superiores a las 10 toneladas métricas/cm.².

Ensayo de laboratorio.

Basándonos en la teoría anteriormente expuesta, en 1957 se planteó el primer caso serio de desplazamiento lateral, por deslizamiento, de una masa de 5 000 Tm. en el puente de Magfall, sobre la autopista Munich-Salzburgo, que obligó a una comprobación minuciosa de todos los parámetros antes de su aplicación práctica.

Los ensayos se realizaron en la Bayerische Landesgewerbeanstalt de Nurember, sobre una máquina cuyo dispositivo muestra la figura 1.^a, y cuyos resultados nos han facilitado amablemente para su publicación. En su interpretación hay que considerar que el frotamiento de los

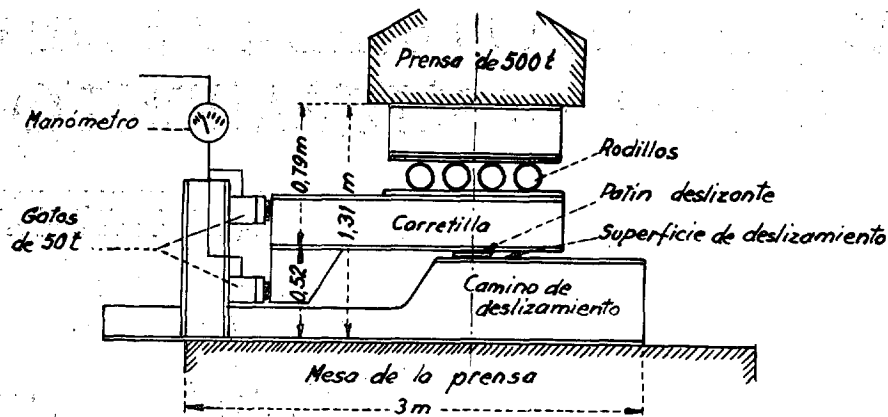


Fig. 1.ª — Esquema del dispositivo de ensayos de frotamiento.

rodillos sobre el carro es despreciable, teniendo sólo como función la normal transmisión de la carga sobre el patín de deslizamiento.

Las pruebas de deslizamiento se realizaron con las superficies no engrasadas, en baño de aceite grafitado y con la pasta Molykote G, con un contenido mínimo del 60 por 100 en disulfuro de molibdeno.

Las siguientes tablas nos muestran comparativamente los resultados obtenidos:

TABLA I.

| SUPERFICIES NO ENGRASADAS | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Presión vertical | | Empuje lateral Tm. | Coeficiente de fricción | Desplazamiento del carro mm. |
| Total Tm. | Unitario Kg./cm. ² | | | |
| 40 | 72 | 21,2 | 0,530 | 0,4 |
| 60 | 107 | 28,6 | 0,477 | 0,4 |
| 80 | 143 | 38,0 | 0,475 | 0,2 |
| 100 | 179 | 47,0 | 0,470 | 0,6 |

TABLA II.

| SUPERFICIES ENGRASADAS CON UN ACEITE GRAFITADO | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Presión vertical | | Empuje lateral Tm. | Coeficiente de fricción | Desplazamiento del carro mm. |
| Total Tm. | Unitario Kg./cm. ² | | | |
| 40 | 72 | 18,4 | 0,306 | 0,3 |
| 60 | 107 | 17,0 | 0,284 | 0,3 |
| 80 | 143 | 23,0 | 0,288 | 0,3 |
| 100 | 179 | 30,0 | 0,300 | 0,5 |

TABLA III.

| SUPERFICIES ENGRASADAS CON PASTA MOLYKOTE G. | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Presión vertical | | Empuje lateral Tm. | Coeficiente de fricción | Desplazamiento del carro mm. |
| Total Tm. | Unitario Kg./cm. ² | | | |
| 40 | 72 | 6,6 | 0,165 | 0,3 |
| 60 | 107 | 10,0 | 0,166 | 0,3 |
| 80 | 143 | 13,2 | 0,165 | 0,3 |
| 100 | 179 | 16,4 | 0,164 | 0,4 |

A la vista de estos resultados se comprobó que efectivamente, el coeficiente de fricción se puede mantener con el empleo del MoS₂ alrededor del 0,15, muy inferior incluso al 0,2 y 0,3, con el que se calculan estas traslaciones para tener un margen de seguridad. En la misma proporción, consecuentemente, disminuye el empuje lateral necesario para efectuar el movimiento.

El deslizamiento lateral del puente de Mangfall sobre una película deslizante de disulfuro de molibdeno constituyó un éxito rotundo, y a partir de entonces esta técnica se ha extendido ampliamente por toda Europa.

Resultados de la práctica.

La puesta en práctica de esta técnica exige que las superficies deslizantes, antes de la aplicación de la pasta Molykote, estén perfectamente limpias para que el MoS₂ pueda adherirse fuertemente al metal gracias a las valen-

cias residuales del azufre. Esto se consigue mediante la acción ligera de un soplete y limpieza con brocha metálica rotativa. La aplicación posterior de la pasta deberá hacerse frotando enérgicamente, a ser posible con ayuda de algún instrumento mecánico mejor que con la mano.

En estos últimos años se han venido realizando traslaciones de este tipo sumamente importantes, pero que ya han dejado de ser noticia por convertirse en un sistema normal de trabajo. Enumeramos alguna a continuación:

- Un puente de 292 m. y 2 000 Tm. sobre el Ródano, el de Pouzin, desplazado 10 metros lateralmente. Los patines de deslizamiento pueden verse en la figura 2.^a. Dado que el consumo normal de pasta Molykote G es de 20 gr./m.². El total consumido fue de 3,5 Kg. Coeficiente de fricción medio de 0,13.
- Colocación de una losa de hormigón de 550 Tm. (14,5×13,5×0,8 m.) en un paso subterráneo de peatones, bajo una línea de tranvías. El deslizamiento con la técnica Molykote se realizó de modo uniforme, sin golpes, en 19 h. y 14' con un descenso en la presión hidráulica de 160 a 60 Kg./cm.².
- Un puente de ferrocarril de 40 m. y 850 Tm. fue desplazado en Hanovre 17 metros lateralmente sin *stick-slip*, con un coeficiente de fricción medio de 0,125.

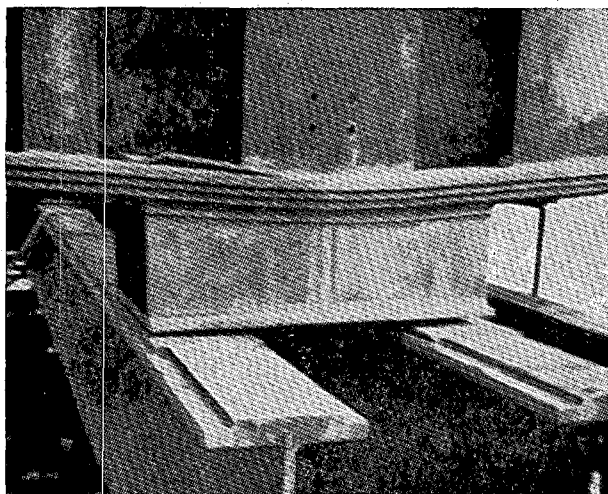


Fig. 2.^a. — Patín de deslizamiento sobre su guía. Estas dos superficies son a tratar con la pasta Molykote G.

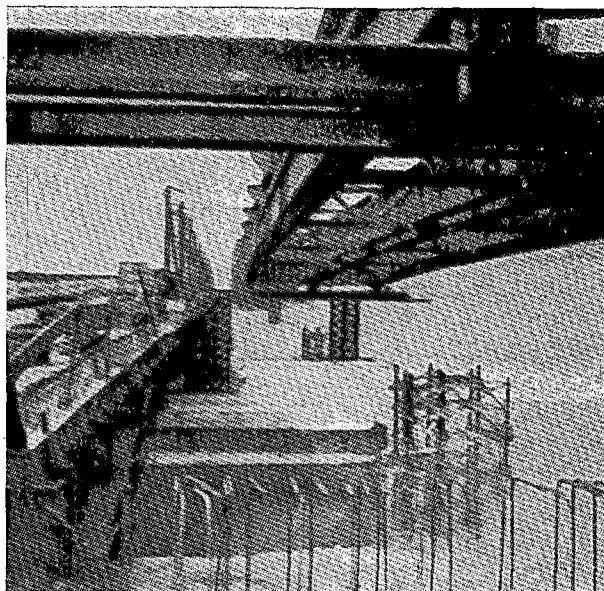


Fig. 3.^a. — Vista general del puente listo para su traslación por deslizamiento.

Una faceta complementaria a este tipo de trabajo es la que se presenta en los soportes de tuberías intemperados. Las diferencias de temperatura de invierno a verano, provocan por dilatación movimientos relativos de pequeña amplitud que siempre hay que prever. La interposición de una capa homogénea de disulfuro de molibdeno entre las superficies enfrentadas, facilita el deslizamiento evitando el grave riesgo de la ruptura del soporte.

Conclusión.

En los movimientos de grandes masas y con mucha mayor razón en las pequeñas, se puede aplicar la técnica del engrase en seco, por medio de finas capas deslizantes en disulfuro de molibdeno.

El engrase en seco, en obras públicas, significa además el obtener superficies autolubricadas de larga duración que en guías o engranajes descubiertos no se contaminarán del ambiente abrasivo de polvo, arena, etc., y en conexiones roscadas, barrenas por ejemplo, simplificarán el desmontaje futuro.