

lo que se debe a las cimentaciones

ALBERTO OROVIOGOICOECHEA y RAFAEL ESCOLA,
Dres. Ings. Industriales

820 - 3

sinopsis En el artículo se describen: los problemas que surgen cuando la cimentación ha de actuar sobre terrenos poco consistentes o cuando se quieren cumplir tolerancias muy estrechas; de dónde provienen dichos problemas; las exigencias que no son realmente necesarias, con ejemplos apropiados; las magnitudes absolutas y relativas admisibles de asentamientos diferenciales, en estructuras de hormigón, muros, tabiques y estructuras metálicas; las tolerancias para instalaciones mecánicas; recomendaciones para proyecto, y una tabla que recoge las tolerancias propuestas para asentamientos relativos.

PROBLEMAS FRECUENTES

Cuando una cimentación gravita sobre terrenos de poca consistencia y recibe cargas importantes, el Proyecto puede conducir a soluciones costosísimas: esto sucede a menudo en la edificación, pero también es frecuente al cimentar equipos industriales pesados o sometidos a grandes esfuerzos dinámicos.

También sucede por querer cumplir tolerancias muy estrechas exigidas por la precisión mecánica de algunas máquinas.

Cuando se buscan esfuerzos unitarios muy bajos para el terreno, el cimiento necesita gran superficie en planta, y para alcanzar capas del suelo con más resistencia se incrementa a veces la profundidad, que es

la tercera dimensión, con lo cual se llega a volúmenes económicos prohibitivos y cuyo peso, además, agrava el problema de cargas.

Si las soluciones se buscan pilotando, se llega también a menudo a un número y longitud de pilotes cuyo coste y riesgos inherentes permiten dudar sobre el acierto de tales soluciones.

RAIZ DE LOS PROBLEMAS

El motivo que se tiene para intentar conseguir cargas unitarias muy bajas sobre el terreno es siempre el temor a que éste se deforme algo, dando lugar a asentamientos en la cimentación: en el caso de exigencias mecánicas de precisión se quiere lograr que los cimientos no puedan moverse más de lo que se admite como un límite, y éste, a veces, se define en magnitudes pequeñísimas; en los casos de estructuras con puntos de cimentación independientes se exige que entre unas y otras no existan asentamientos muy

diferenciados, limitando estas diferencias con unos valores muy exigentes. En ambos casos, la baja magnitud que se ha impuesto a la infraestructura para tolerancia de los asentamientos del terreno viene de que así lo exigen los que intervienen en la superestructura: en un caso serán los mecánicos que pidan esta tolerancia estrecha por sus posibles repercusiones en la precisión de las máquinas o en su funcionamiento; en otro caso son los calculistas hiperestáticos, que limitan los asentamientos desiguales de los diversos apoyos de una estructura, por su repercusión en la distribución de esfuerzos y momentos flectores que un cambio de forma estructural podría reportar.

EXIGENCIAS NO NECESARIAS

Estas estrechas tolerancias de asiento que los mecánicos y los hiperestáticos piden a los proyectistas de cimientos, muchas veces no resisten un análisis científico: en la mayor parte de los casos se encuentran errores por confusión de conceptos en las tolerancias; en el resto de los casos, por desconocer las magnitudes realmente exigibles dentro de los conceptos adecuados.

Las tolerancias de asiento pueden ser:

- 1) de asiento absoluto;
- 2) de diferencia absoluta;
- 3) de diferencia relativa;
- a) de magnitud probable futura;
- b) de magnitud a corto plazo;
- c) de deformación repentina.

Combinando las tres primeras con las tres segundas cabría considerar hasta nueve clases posibles de conceptos. En cada caso puede ser o no adecuado considerar unos u otros: sólo aquellos que técnicamente resulte conveniente exigir deben citarse cuando se imponen tolerancias a un proyecto de cimientos y, en tales casos, hay que saber asignar magnitudes «tope» que realmente supongan un peligro para la superestructura y no pedir, por el contrario, unas tolerancias mucho más estrechas que aquellas realmente necesarias, para «curarse en salud», sin darse cuenta de la dificultad a que someten al proyectista de las cimentaciones. Este debe poder dialogar con quien marcó las tolerancias y quien las marque debe ser consciente de las consecuencias económicas de lo que pide; como tantas veces, un proyecto puede ser disparatado por falta de diálogo entre los especialistas.

EXIGENCIAS DE PRECISION MECANICA

Se dice a veces que los ingenieros del hormigón hablan en centímetros y los mecánicos en milímetros y ésta es ya una diferencia de lenguaje que explica muchos malentendidos entre ambos.

Pero desgraciadamente en la mecánica de precisión se habla a menudo de centésimas de milímetro y los que manejan este nivel de precisión quieren, a veces, partir de una base tan sólida como una roca, sobre la que, sin deformación

alguna, funcionen sin problemas aquellos mecanismos; así hemos visto en ciertos casos imponer este orden de magnitud del 1/100 de mm a los posibles «movimientos» de la cimentación, ignorando que no ya el 1/100, sino el 1/10 se sobrepasaría en cualquier cimentación solamente por la retracción de sus masas, aunque el terreno fuera absolutamente indeformable.

EXIGENCIAS DE LOS CÁLCULOS HIPERESTÁTICOS

Los ingenieros dedicados a cálculos de estructuras, en cuanto éstas no son isostáticas, temen cualquier cambio en la distribución de esfuerzos y momentos provocados por asiento diferencial entre sus puntos de apoyo.

Muchas veces olvidan que tales asientos se deben, en buena parte, a las cargas del peso propio, y éstas van sobreviniendo durante la construcción; mientras no se rigidizan todos los nudos se deforma la estructura en régimen isostático o por lo menos semiplástico sin peligro de fisuración.

Los asientos diferenciales con influencia posible en los momentos de los nudos, sólo serán los correspondientes a las cargas posteriores a la construcción: éstas son siempre menores, en la práctica, que las de cálculo, con lo cual es muy frecuente que las cargas reales de uso provoquen asientos menores de la mitad que los calculados.

Cuando se han previsto acciones dinámicas y se han llevado al cálculo estructural convirtiéndolas en otras ficticias de tipo estático, que se consideran equivalentes a efectos de influencias en la estructura, se comete casi siempre un error: las equivalencias,

que pueden ser adecuadas para solicitaciones a flexión y para compresión de elementos verticales, no reflejan en absoluto su posible incidencia en cimientos; olvidando esto se exigen en el cálculo de cimentaciones unas cargas y momentos sobre el terreno que no tienen nada que ver con la realidad.

Cuando las acciones dinámicas son de muy corta duración —cosa frecuente en la práctica— puede incluso suceder que en el terreno bajo cimientos no se inicie siquiera la actuación de las acciones que en el cálculo

se supusieron transmitidas a él, pues la elasticidad estructural las absorbe por inercia de masas mecánicas con dilución en sus múltiples elementos; y si se considera el conjunto de la estructura, aquellos esfuerzos de corta duración resultan despreciables por la desproporción entre la masa de aquel conjunto y la energía de las acciones dinámicas.

Estas y otras razones inclinan a revisar en muchas ocasiones las magnitudes de carga vertical y horizontal o los momentos que los cálculos asignan a los puntos de apoyo de las estructuras.

EJEMPLOS DE EXIGENCIAS IRREALES

1) Hemos visto un proyecto de cimentación de una larga bancada de máquina rectificadora cuyo trabajo tiene tolerancias del orden de la centésima de milímetro; los mecánicos montadores intentaron exigir a los proyectistas de los cimientos que éstos «no pudieran

moverse» más que con esta misma tolerancia o, a ser posible, de un orden menor. Hubo que hacerles ver que no solamente las retracciones (inmediata y diferida) de las masas de hormigón son de un orden ya mayor que éste, sino que hasta los cambios de nivel freático modificaban los empujes del bloque principal de hormigón en magnitudes mayores de 1 t/m^2 , lo cual suponía movimientos de varias décimas de milímetro, en régimen elástico, de los pilotes que soportaban dicha bancada.

En primer lugar hubo que aclarar el significado de la tolerancia del trabajo de la rectificadora: naturalmente no significaba que la centésima de milímetro fuera exigible como alejamiento de una recta ideal a lo largo de toda la máquina, pues tal cosa no sólo es imposible de lograr sino de saber si se logra, porque no existe forma de ser analizada.

En segundo lugar hubo que hacer ver que no había inconveniente en admitir cualquier movimiento no diferencial a lo largo de toda la bancada, tanto en el régimen de asientos como en el de retracciones y cambios freáticos; pero sobre todo, hubo de analizarse

el poco sentido que tenía exigir al hormigón tolerancias más estrechas que las que tenían las piezas de fundición o chapa soldada que formaban los tramos de la bancada, así como sus anclajes, cuyo apriete modifica las indicaciones de nivel de cada tramo aun sin emplear los aparatos de mayor precisión.

De las nueve clases de tolerancias sólo tenía allí sentido la diferencia relativa (en relación con la longitud) referida nada más que a sus magnitudes probables futuras. Todos los demás defectos pueden ser corregidos en el montaje, aun aquel que no se admite puede alcanzar varias centésimas de mm/m de longitud, sin problemas para la precisión del rectificado: ello equivale a varias décimas en la longitud total de la bancada.

Con ello pudieron proyectarse unos cimientos relativamente normales, sin preocuparse de las retracciones del hormigón ni de los niveles freáticos, ni de la elasticidad de los pilotes, lo cual no hubiera sido posible sin la crítica aplicación de estas ideas.

2) Vimos también el caso de un montador de un grupo rotativo de eje horizontal, que pretendía lograr una nivelación comprobada con instrumentos de alta precisión: se encontraba diariamente con lo que se había descorregido la nivelación lograda y a los 15 días desistió de su empeño. La sencilla razón estaba en que las retracciones del hormigón eran distintas a lo largo de la bancada porque unos bloques y otros se habían llenado de diversas formas, unos por tongadas y otros por un solo volumen:

han pasado ya 15 años y las diferencias en la nivelación son hoy día quizá de un orden diez veces mayor que el que se buscaba entonces, pero el grupo sigue rodando sin problema alguno.

Es frecuente, sin embargo, que los fabricantes de maquinaria rotativa de gran tamaño (grupos turbogeneradores, etc.) escriban en sus instrucciones que las tolerancias de cimentación son de algunas centésimas de milímetro o milésimas de pulgada, pudiendo luego medirse asientos diferenciales 100 veces mayores sin el menor problema para estos grupos. Se han llegado a pedir para algunas turbinas, además de la indeformabilidad de sus cimientos, tolerancias estrechas de nivelación absoluta, cuando otras turbinas de tipo prácticamente igual se instalan en buques donde no cabe hablar de nivelación.

las cargas verticales es, sin duda, muy inferior al empuje horizontal que realmente se produce.

3) Las normas DIN que definen los esfuerzos que las grúas-puente transmiten a la estructura, prescriben una fuerza horizontal del 10 % de la carga por rueda: cuando la estructura es muy alta, este esfuerzo significa que en los pies de las columnas hay un momento flector tan grande, que los macizos de cimentación se proyectan de varios metros de anchura para que la resultante pase por su tercio central o por lo menos por sus 2/3.

En una nave metálica con grúas de 80 t este momento era ya muy grande y se estudió la posibilidad de introducir grúas de 150 t: se reforzó la estructura metálica, y mientras se dudaba sobre la calidad del terreno para soportar en el borde de zapatas la carga unitaria con la nueva hipótesis de cálculo, se descubrió que una columna carecía de anclajes y había recibido las cargas horizontales de la grúa durante 49 años, lo cual mostraba claramente que la transmisión de momentos a la zapata estaba fuera de la realidad, porque aquellos esfuerzos son dinámicos y de corta duración.

La Norma no distingue entre grúas rápidas y lentas, y en estas últimas el 10 % de

4) Es clásico discutir la tolerancia de asiento diferencial de columnas para que las vigas-carriles no tengan inclinaciones mayores del 1 ‰, sin recordar que todo ello se refiere a asientos diferidos: los que se producen al principio pueden ser objeto de muy fácil corrección calzando las vigas-carriles; hay que referir pues la exigencia a las posibles deformaciones del terreno después de haber recibido éste los esfuerzos máximos una o varias veces.

Es frecuente hablar de tolerancias 1/600 y hasta 1/1.000 para inclinación de vigas-carriles.

Hemos visto puentes-grúa funcionando sin problemas después de haber sufrido sus columnas asientos diferenciales conducentes a mucho más de 1/100 de la luz de vigas-carriles; si se corrigen éstas calzando los apoyos, podrían soportar otra serie de años con nuevos asientos diferenciales.

5) Muchas veces se imponen límites a los asientos en su magnitud absoluta y se habla de mm. En México, D. F., los cuentan por cientos de mm. El Presidente del Comité Organizador del Congreso Mundial de Mecánica del Suelo que se celebró en 1972 en México, D. F., en su discurso inaugural, declaró que el edificio que estaba alojando a los congresistas había descendido 1 mm en el tiempo de aquella sesión. Para tranquilizarles añadió que hasta llegar al nivel del mar todavía faltaban más de 2 millones de milímetros.

6) Otro ejemplo que muestra que, a veces, las exigencias se salen de lo que en la práctica es razonable, es lo sucedido a un pórtico de hormigón armado constituido por dos grupos de pilotes de 1 m de Ø, separados 15 m y unidos por un dintel de gran canto, destinado a soportar el turbo-alternador de una gran central térmica: los pilotes de un lado descendieron 20 mm (lo cual supone 1,3 ‰ de la luz). No solamente no surgió problema alguno sino que nadie supo encontrar grietas en este pórtico.

Los suministradores del grupo pedían tolerancia de 5/10.000, pero, como se ve, no estaban con ello en la realidad.

7) Los autores de este artículo proyectaron una operación destinada a recuperar la verticalidad de una estructura de hormigón inclinada; para ello cortaron los pilares junto a

MAGNITUDES ABSOLUTAS ADMISIBLES

En principio, no hay limitación alguna para los asientos si puede controlarse el proceso: en algunos casos éste se ha controlado hasta descensos mayores de 1 m. La única limitación técnica es la posible rotura del terreno.

Naturalmente, habrá que tener una seguridad proporcionada a las consecuencias posibles en cada caso: no son las mismas, por ejemplo, en un pavimento que en una obra hidráulica o en una estructura de gran altura.

Cuando el control no se puede garantizar, pero las estructuras admiten fisuración (obras no hidráulicas), cabrá admitir 10 mm en los casos más pesimistas y hasta 50 mm en los más optimistas.

La Norma MV 101 admite entre 12 y 75 mm para casos de difícil control. Skempton admite los 60 mm en algunos casos de terreno arcilloso y 40 mm en terrenos arenosos; pero si en lugar de zapatas se organiza la cimentación sobre placa, estas cifras las eleva a 100 y 60 mm, respectivamente.

Terzaghi, más prudente, propone 25 mm en zapatas y 50 mm en placas. Cuando se puede calcular un asiento por conocer las características mecánicas del terreno, algunos autores proponen un coeficiente de seguridad de 1,5 para no sobrepasar el asiento tolerable que se haya considerado adecuado al caso. Polshin y Tokar (Inst. Inv. Ciment. Moscú) proponen coeficientes de seguridad variables: en general, muchos autores asignan coeficientes

entre 1,5 y 2, creciendo en la medida en la que las arcillas sean más blandas y de mayor susceptibilidad tixotrópica. Naturalmente, estos coeficientes dependen de la garantía de los ensayos realizados.

MAGNITUDES RELATIVAS ADMISIBLES

Llamando asiento relativo al cociente de su magnitud dividida por la luz del pórtico que se considera, se suele dar este cociente en milésimas o en un quebrado con la unidad en el numerador.

Llamando canto relativo al cociente entre él y la luz de pórtico, nuestra opinión es que el asiento relativo admisible, en cada caso, debe depender del canto relativo correspondiente al elemento del pórtico en el que quiera evitarse el agrietamiento.

No parecen así acertados los autores que establecen tolerancias de asiento relativo sin relacionarlo con los elementos de la estructura, aunque aquellas tolerancias las den entre dos límites: así, Skempton y Bjerrum hablan de 1/150 para grietas

cimientos, elevando a continuación la superestructura con gatos hidráulicos. Durante una elevación total de 200 mm observaron que sólo al llegar a diferencias de 14 mm entre un pilar y el contiguo, que distaba 3 m, se producían las primeras grietas: esto supone casi un 5/1.000 y sobrepasa el doble del 1/500 que algunos citan como tope.

Fue también notable que las grietas sólo se producían en los nudos inmediatos a los puntos que recibían el esfuerzo; en las plantas superiores no se apreciaba el fenómeno, debido sin duda al gran efecto de dilución que tiene lugar al avanzar la transmisión de las acciones por los elementos de la estructura.

Skempton y McDonald admiten 1/150 para daños estructurales y 1/300 para lo que ellos llaman daños arquitectónicos.

Esta escala vale perfectamente para estructuras que podríamos denominar normales (relaciones canto/luz de 1/10 a 1/15). En cambio, cuando este canto relativo es mucho mayor o menor, nuestra opinión es que el producto del canto relativo por el asiento relativo puede llegar a 0,00025, o sea, que el asiento relativo puede llegar a 1/4.000 del cociente luz/canto (inverso del canto relativo). Así, un asiento diferencial absoluto provoca la fisuración cuando alcanza un valor calculable: 0,00025 por la luz al cuadrado, dividida por el canto.

en estructuras y recomiendan la tolerancia de 1/500; este mismo valor se encuentra en la Instrucción rusa; Sowers (del Georgia Inst. Of. Tech.) asegura que sólo son peligrosos los asientos relativos de 1/400 si son repentinos, y aumenta la tolerancia en los lentos.

Bjerrum, refiriéndose a estructuras de hormigón, llega a proponer una serie de tolerancias:

- 1/150: Daños estructurales considerables y agrietamiento importante en muros.
- 1/300: Comienzo de fisuras en tabiques y muros.
- 1/350: Iniciación de fisuras en estructuras (peligro para estructuras rígidas).
- 1/600: Peligro para estructuras con diagonales.
- 1/750: No admisible para máquinas.

Estructuras de hormigón

Es muy frecuente en estructuras de hormigón dar a las vigas cantos relativos del orden de 1/10; ello equivale a decir que el asiento relativo admisible será 1/400, lo cual coincide con el criterio de los autores que establecen tolerancias fijas: puede decirse que se refieren a estructuras de vigas normales. Sin embargo, cuando hay placas sin vigas en el plano del pórtico, los cantos relativos normales son de 1/40 y hasta 1/60, lo cual, con nuestro criterio, admite asientos relativos cuatro o seis veces mayores. Los pabellones industriales formados por pórticos longitudinales, y placas entre ellos, admiten sin peligro asientos relativos de 1/100.

Hay que notar que, en muchos casos, el conjunto pilares-dintel no ha sido calculado como pórtico, sino como viga simplemente apoyada sobre los pilares: en tal caso, el canto relativo puede ser el de los pilares, que suele ser mucho menor que el del dintel. Entonces se admite como límite el agrietamiento del apoyo del dintel en el pilar.

Aplicando el criterio para examinar las dos estructuras citadas anteriormente, que pueden considerarse de canto relativo normal, al pórtico de 15 m con pilares de 1 m de $\varnothing$, no se agrietaría hasta que el asiento diferencial alcanzara

$$\frac{225}{1 \times 4.000} = 0,056 \text{ m : (56 mm)}$$

y, por tanto, es lógico que con 20 mm de asiento diferencial siguiera sin problemas.

La estructura con pilares a 3 m y vigas de 0,30 m de canto, podría admitir deformaciones verticales diferenciales de

$$\frac{9}{0,3 \times 4.000} = 0,0075 \text{ (7,5 mm)},$$

lo que explica que presentara grietas visibles a los 14 mm de asiento diferencial.

pueda aumentarse la tolerancia de deformación de los unos, a efectos de agrietamiento de los otros que no están unidos a ellos monolíticamente, cual es el caso de los tabiques de albañilería contruidos llenando rectángulos estructurales: éstos comunican a los tabiques su deformación después de una holgura aproximada de 1/500.

Muros y tabiques

Con esta forma de determinar los asientos que producen fisuración, los muros y tabiques no son más que un caso particular: los muros pueden ser más altos o más bajos y, en cada caso, admitirán un asiento diferencial relativo adecuado a la altura.

Por encima de un canto relativo de 1/3 los muros no se comportarían ya como elementos longitudinales, lo cual hace, en la práctica, que esta cifra sea un máximo a considerar.

Los tabiques de edificios normales tienen una longitud pequeña en relación con la altura, y al igual que los muros se deben considerar con un canto relativo 1/3 (máximo).

Cuando unos elementos han sido contruidos después de otros, es indudable que

El asiento relativo admisible será 1/4.000 del inverso del canto relativo del tabique (1/3), pero la falta de monolitismo entre los paños de tabique y los contornos de la estructura permite sumar 3/4.000 con el 1/500 de aquella holgura: se permiten así unos asientos relativos

$$\frac{3 + 8}{4.000} \simeq \frac{1}{400}.$$

El coeficiente de seguridad para asientos relativos podría ser también del orden de 1,5 para casos normales, pero nuestra opinión es que debe elevarse en la medida en la que el asiento pueda ser más repentino (arenas), y las fisuras puedan ser más visibles (decoración con yeso, formas muy delicadas, etc.), pero, sobre todo, en la medida en la que una rotura pueda tener consecuencias estructurales: los muros y tabiques representan el caso de menor importancia a estos efectos.

Estructuras metálicas

En estructuras metálicas los cantos relativos suelen ser mucho menores que en las de hormigón, y además, con frecuencia, no se considera empotramiento en los nudos: en este caso, teóricamente podrían ser amplísimas las tolerancias de asiento relativo, pero, en la práctica, cuando los nudos no son rígidos habrá diagonales o cajón rigidizador de hormigón, y en estos casos hay que considerar como canto el conjunto de la celosía arriostrada con las diagonales, o bien la luz del cajón con canto relativo 1/3.

TOLERANCIAS PARA INSTALACIONES MECANICAS

Caminos de rodadura

Con estas indicaciones pueden incluirse las estructuras metálicas en la misma ley de tolerancias de asiento relativo, antes propuesta para los de hormigón. Tratándose de orientar solamente sobre el orden de magnitud tolerable en un pórtico se ha hablado de un canto de valor medio, pues la rigidez será mayor o menor según contribuyan a ella las diversas porciones de los miembros del pórtico.

Sin embargo, cuando alguna sección disminuye en forma singular, podrá preguntarse si se admitiría sin peligro una deformación plástica en ella; esto equivale a considerar una articulación y ello traslada el caso a un sistema mucho más libre para tolerancias de asiento: si las secciones aptas para admitir articulación son más de tres, la tolerancia teóricamente sería infinita y han de ser otros elementos los que limiten un asiento diferencial, generalmente los muros y tabiques.

La rodadura de mecanismos normales tiene un rozamiento en régimen de marcha, del orden del 1 ‰, y en régimen parado del 3 ‰. Para evitar rodadura imprevista, este último es el que define la verdadera tolerancia de horizontalidad del camino de rodadura: el coeficiente de seguridad debe ser alto, porque pueden sumarse pendientes locales debidas a faltas de planeidad de las piezas o carriles. Con un coeficiente de seguridad 2, puede establecerse una tolerancia del 1,5 ‰ (1/666) para los asientos diferenciales.

Alineación de ejes

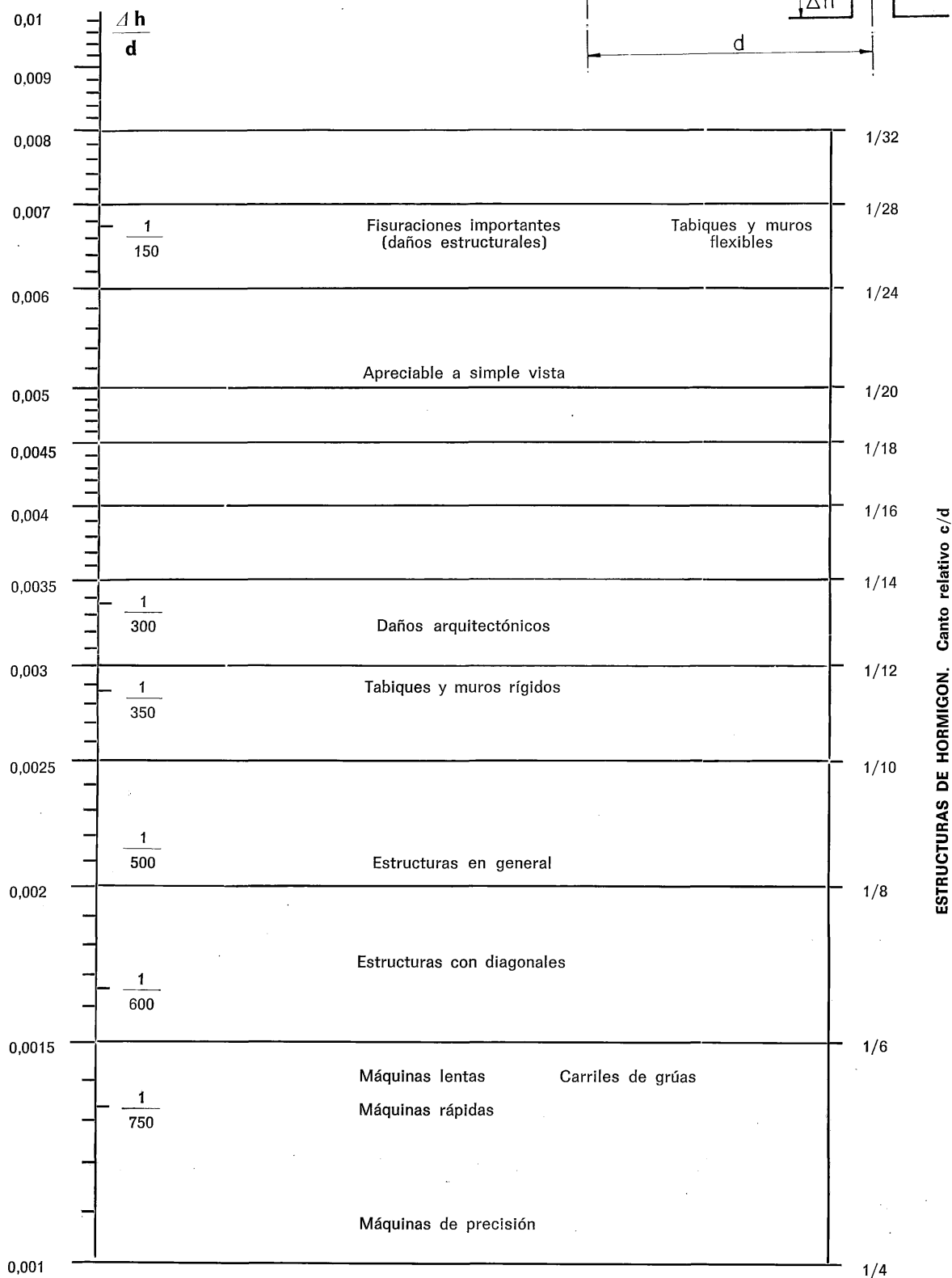
Los tramos de ejes acoplados con otros admiten ángulos muy diversos según el tipo de acoplamiento y de cojinetes, pero, sobre todo, según la velocidad de giro en relación con la flexibilidad del eje: una tolerancia que cumple bien con las mejores exigencias de tipo normal es de 1/750, pudiendo elevarse a 1/600 cuando el acoplamiento es elástico o la velocidad baja.

Movimientos alternativos

Es muy frecuente que los mecanismos tengan piezas con movimientos alternativos. Esta circunstancia, más que un problema de tolerancia de cimientos, es una exigencia de masa para ellos; cuando el conjunto de la máquina o sus operaciones son delicadas puede considerarse una exigencia de elasticidad entre anclajes y cimientos, pero todo ello son problemas para la máquina y no para los cimientos: no entran así en el tema de este artículo.

Los golpes secos con fuerza viva importante pueden ser problema para la resistencia al arranque de los anclajes o la destrucción del hormigón en las zonas de impacto o en regiones próximas a ellas.

ASIENTOS RELATIVOS DE CIMIENTOS **GRADOS DE TOLERANCIA**



Solamente cuando las masas en movimiento alternativo son grandes y la frecuencia es baja, hay que considerar las fuerzas de inercia como acciones dinámicas que añadir a las estáticas. Aquéllas son especialmente interesantes porque pueden anular la posibilidad de reacción elástica de algunas arcillas, logrando vencerlas por expulsión del agua intersticial.

En tales casos, nuestro consejo es considerar los terrenos en las peores condiciones, y las cargas dinámicas como estáticas equivalentes en la más desfavorable de las hipótesis, sumándolas a las estáticas reales.

RECOMENDACIONES PARA PROYECTOS

Establecer claramente las tolerancias de asientos diferenciales admisibles (absoluto y relativo) sin exagerarlas: con la menor de las distancias entre puntos de cimentación, deducir el asiento diferencial admisible.

Sondear en diversos puntos el terreno, estableciendo la deformación en relación a la carga a las profundidades elegidas (curvas edométricas, penetraciones standard, etc.), la dispersión de valores da una idea de los probables asientos diferenciales y de los absolutos, por lo que se refiere al terreno. De no tener estos datos hay que suponer asientos diferenciales entre $1/2$ y $1/3$ del absoluto.

Calcular la deformación absoluta admisible por tolerancia, o para que su $1/2$ ó $1/3$ (o menor obtenida por dispersión de valores) quede dentro de la tolerancia de asiento diferencial. Con aquella deformación, el coeficiente de seguridad, y los datos de sondeos, se puede conocer la carga unitaria admisible.

TOLERANCIAS PARA ASIENTOS RELATIVOS

En la página anterior se expone la tabla que recoge las tolerancias que en este estudio se proponen: a la izquierda, en escala vertical, figuran los valores de asiento relativo que produce los inconvenientes cuyos conceptos están escritos al nivel correspondiente. A la derecha figuran los valores de canto relativo que, en pórticos de hormigón, corresponden a aquellos asientos relativos sin llegar a la fisuración.

résumé

Ce qui doit être exigé des fondations

Alberto Oroviogicoechea et Rafael Escolá,
Drs. Ings. Industriels

Dans cet article, les auteurs décrivent les problèmes qui se posent lorsque la fondation doit agir sur des terrains peu consistants ou lorsqu'on veut remplir des tolérances très étroites, l'origine de ces problèmes, les exigences qui ne sont pas réellement nécessaires, avec des exemples appropriés, les grandeurs absolues et relatives admissibles des tassements différenciés, avec des structures en béton, murs, cloisons et structures métalliques, les tolérances pour les installations mécaniques et les recommandations pour le projet. Ils donnent, en plus, un tableau où figurent les tolérances proposées pour les tassements relatifs.

summary

Requirements on Foundations

Alberto Oroviogicoechea and Rafael Escolá,
Drs. Ind. Engineering

This article describes: the problems that arise when the foundations has to act on soils with low consistency or when very narrow tolerances have to be met; the origin of the above mentioned problems; the requirements that are not really necessary, with suitable examples; the absolute and relative admissible magnitudes of differential settlements in concrete structures, walls, partitions and metal structures; the tolerances for mechanical installations; recommendations for projects and a table that sums up the proposed tolerances for relative foundations.

zusammenfassung

Fundamentforderungen

Alberto Oroviogicoechea und Rafael Escolá,
Industrieaudoktoren

Dieser Artikel beschreibt: die entstehenden Probleme wenn die Fundation auf Böden weniger Konsistenz wirken soll oder wenn sehr enge Toleranzen erfüllt werden sollen; den Grund dieser Probleme; die im Grunde nicht nötigen Forderungen, mit geeigneten Beispielen; die erlaubten, absoluten und relativen Größen verschiedener Fundamente in Betonstrukturen, Wänden, Trennwänden und Metallstrukturen; die Toleranzen für mechanische Anlagen; Entwurfsempfehlungen und eine Tabelle, die die vorgeschlagenen Toleranzen für relative Fundamente zusammenfasst.