

recuperación de la verticalidad de un edificio

Consultores: RAFAEL ESCOLA y ALBERTO OROVIOGOICOECHEA,
ingenieros industriales

Proyectistas: ANDRES ITURRASPE, JESUS GÜEMES y RESTITUTO VALCARCEL,
ingenieros industriales

Realizador: PEDRO MADARIAGA,
ingeniero industrial

505 - 1

sinopsis Se describen en el artículo las operaciones de alta especialización realizadas para devolver la verticalidad a un edificio de 4 plantas, destinado a viviendas, que había sufrido un fuerte asiento de cimientos, después de detener el proceso de dichos asientos.

Se han elevado con gatos los pilares que habían descendido más, explicándose, asimismo, el procedimiento seguido en las fachadas sin pilares, geometría de recuperación, elementos de elevación, sujeción de la estructura rota, retirado de apoyos, etc.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Un edificio de viviendas en Guernica, con estructura de hormigón armado de 4 plantas, presentaba un problema de falta de verticalidad, después de haber sufrido un fuerte asiento de cimientos claramente asimétrico: una esquina tenía desplome de 304 mm y las fachadas variaban entre 87 y 290 mm.

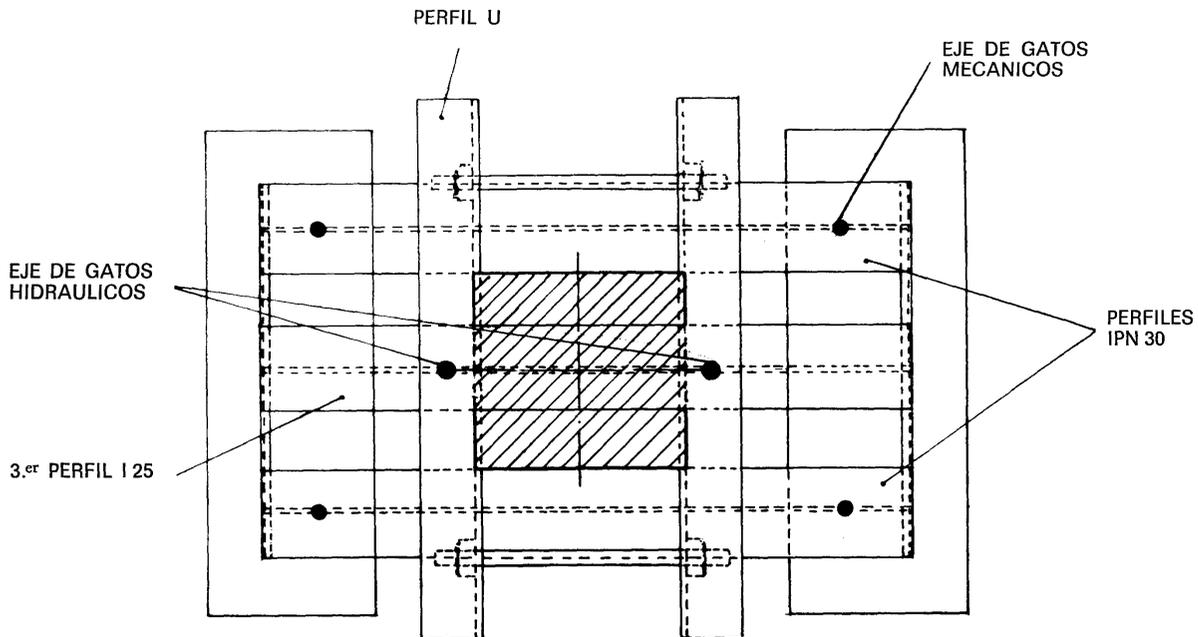
Para detener aquellos asientos se habían construido pilotes exteriores a la planta y, apoyando en ellos, una vigas para soportar la base de pilares; con ello se detuvo el progreso de los asientos, pero quedó la inclinación consecuencia de la asimetría de aquéllos.

Se planteó la necesidad de devolver al inmueble la verticalidad. Después de considerar algunas soluciones encaminadas a provocar asientos desiguales y de sentido contrario a los anteriores, se decidió adoptar la solución de elevar con gatos hidráulicos los pilares cuyas bases habían descendido más, para lo cual era necesario romper su continuidad a una cota lo más baja posible.

SISTEMA DE APOYO

La experiencia de otros casos había permitido conocer que no existe riesgo al transmitir esfuerzos a un pilar, practicándose en él unas rozas de poca profundidad a lo largo de un perímetro transversal y metiendo en ellas un collar soldado, sobre el que actúen los esfuerzos necesarios para la elevación. En efecto: aunque el «cuello» tenga poca profundidad, el collar que se suelda rodeándolo, no solamente no puede deslizar a lo largo de la columna, sino que crea líneas de compresión, curvadas hacia el interior: pueden aplastarse los primeros puntos de apoyo, pero esto no produce peligro alguno de «desconchamiento» o «peladura» de la columna.

Realizadas las rozas de 1 ó 2 cm de profundidad, se eligieron perfiles UPN 30 entrantes en ellas. Debajo de este collar se cruzaron perfiles IPN 30, los cuales apoyaban sobre elementos metálicos cuya altura podía incrementarse con unos gatos mecánicos asentados cada uno sobre calzos de chapa gruesa. De esta forma se apoyaron fácilmente todos



los gatos sobre dados de hormigón contru-
idos directamente sobre los pavimentos del
semisótano.

Con objeto de apretar las U a la columna,
se colocaron dos barras roscadas $\varnothing 40$ con
tuercas que apretaban sobre las U del collar.

En cuanto se pudo demoler un trozo de pilar
inferior, se cruzó un tercer perfil bajo el co-
llar, situándolo en el eje del pilar y destinán-
dolo a recibir el esfuerzo de los gatos hidráu-
licos. Bajo este perfil se iban añadiendo cha-
pas de calzo como medida de seguridad con-
tra el posible fallo de los gatos.

FACHADAS SIN PILARES

En el perímetro del edificio, los pilares ter-
minaban insertándose en muro de mamposte-
ría. Ante la dificultad que suponía la prolon-
gación de los pilares desde el primer piso
hasta la zapata, se decidió comunicar el es-
fuerzo a los pilares por encima de este muro,
por no encontrar suficiente espacio dispo-
nible para actuar, ni apoyo fácil para los gatos.
Se adoptó la construcción de un sistema de
perfiles metálicos cuya base superior de apo-
yo fue la viga de borde del forjado del primer
piso. Estos perfiles se colocaron atravesando

el muro y lo más próximos posible a las ca-
ras de los pilares, sin privarles de apoyo en
el citado muro: Las bases inferiores apoyaron
en los gatos y éstos sobre dados de hormi-
gón en masa encofrados sobre el semisótano
y la acera. El ajuste de las longitudes verti-
cales disponibles se consiguió por calzos de
chapa de espesores variados.

Quando pudieron demolerse trozos inferiores
de pilar, se añadió un tercer perfil I (en los
pilares de esquina cruzado y soldado a los
IPN 30) en el que actuaban los gatos hidráu-
licos.

GEOMETRIA DE LA RECUPERACION

Al no comportarse el edificio como un con-
junto rígido, los asentós desiguales de los
diversos puntos de su planta, además de in-
clinarse el conjunto en general hacia uno de
los vértices del rectángulo de la base, habían
deformado el prisma. Debido a esta desigual-
dad, el desplome d , medido junto al suelo,
era variable a lo largo de las 4 fachadas; la
restitución de la figura deformada a la del
prisma vertical primitivo exigía elevar cada
uno de los pilares, tanto cuanto hubiera des-
cendido su cimiento respecto del que menos
lo hubiera hecho. La elevación cero corres-

pondía así al punto menos asentado; su pilar no tendría más movimiento que el de un quiebro en su pie haciendo de visagra, y todos los demás pilares tendrían que partirse y aumentar su longitud una magnitud determinada. Este incremento de longitud exigía (partido el pilar) que la parte superior tuviera una elevación:

$$e = (b \cdot d) / a ;$$

siendo:

- a** = la altura del edificio;
- b** = la distancia de cada pilar al de elevación cero.
- d** = desplome.

La medición continua de las magnitudes **e** a lo largo de todo el proceso de recuperación de verticalidad no podía hacerse tomando como referencia la carrera de los gatos elevadores, porque las soleras de apoyo de los dados de hormigón eran débiles y el terreno

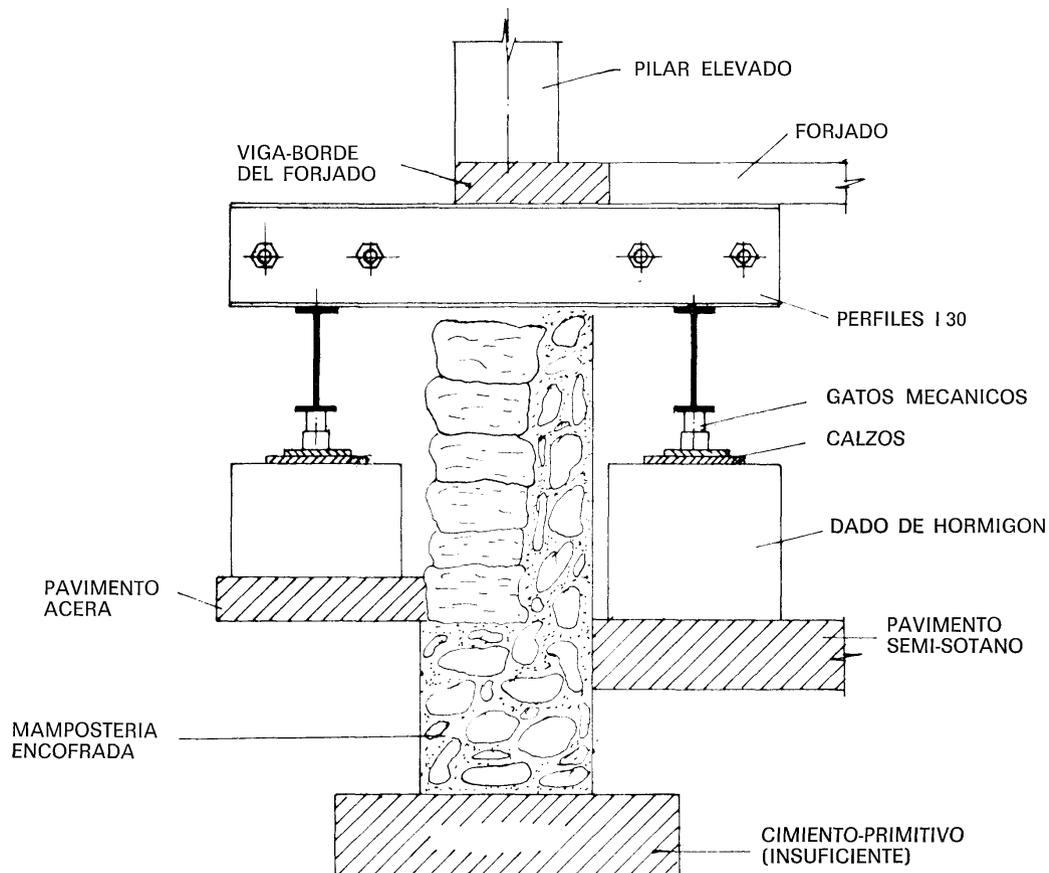
inmediato no estaba estabilizado, como pudo comprobarse luego. Fue preciso controlar las carreras de elevación midiendo distancias entre las partes superior e inferior de cada pilar cortado; ello nos daba las magnitudes locales de restitución del prisma relativas a los cimientos: una magnitud absoluta respecto del terreno, se tuvo siempre midiendo la abertura de tuberías de calefacción.

Se pudo así trazar un plan de incrementos locales escalonados para que, uno por uno, fueran avanzando las magnitudes de elevación de 19 pilares.

El pilar-visagra no debía elevarse pero sí era necesario soportarlo también antes de su quiebro.

ELEMENTOS DE ELEVACION

Por exigencias geométricas de forma, eran necesarios 4 apoyos por castillete; debían



seccionarse y elevarse 19 pilares; eran, pues, precisos 76 gatos mecánicos. Con objeto de economizar en lo posible el valor de esta partida, se utilizaron gatos muy sencillos de obtener, constituidos por manguitos roscados normales y trozos de tubo roscado con una chapa-base soldada; ensayando en prensa hidráulica un conjunto de este tipo (de 3 pulgadas de diámetro), resistió 30 Mp. Asignando 4 unidades a cada pilar, al más cargado le quedaba un coeficiente de seguridad mayor de 3.

ELEVACION

Comprobado el avance vertical al girar los manguitos con una llave de cadena, se abordó la maniobra de elevación; para ello, a cada pilar se añadían 2 gatos hidráulicos de 40 Mp cada uno, situados entre cada dos gatos mecánicos. Se tararon en laboratorio las escalas de los manómetros en función del esfuerzo del gato, y se colocaron bajo los perfiles I del castillete; para no acercarse al fin de la carrera de los gatos se calzaban éstos con chapas, bajando el pistón todo lo posible.

De esta forma se dio presión a los 2 gatos hasta provocar el agrietamiento de cada pilar, signo de que no transmitían ya esfuerzo a sus cimientos; cuando la grieta alcanzaba 0,5 mm se suspendía la operación accionando los gatos mecánicos situados a ambos lados del gato hidráulico; se veía claramente en la aguja del manómetro el instante en el cual los gatos mecánicos empezaban a descargarlos; a partir de este estado, nuevos giros dados a la llave de cadena, movían hacia atrás la aguja del manómetro; se tensaban los gatos mecánicos hasta llevar la aguja a la mitad de su indicación primitiva, entonces se quitaba presión y se retiraba el gato hidráulico. Se adoptó esta medida pensando que, de no hacerlo así, la suma de esfuerzos introducidos sobrepasaría el esfuerzo anterior dado por el gato hidráulico, ya que la compresibilidad del castillete y la elasticidad de calzos no permiten reducir a cero el esfuerzo del gato hidráulico hasta haber sobrepasado la posición primitiva.

Alcanzados 2 mm de abertura, se considera que el collar ha vencido ya todos los puntos de apoyo en la ranura que pudieran ceder por «aplastamiento de puntas» y, por tanto, que la parte superior del conjunto roto apoya normalmente sobre el sistema metálico.

A partir de esta posición de apoyo, pudieron descubrirse las armaduras longitudinales y cortarlas con soplete, lo cual permitía que la abertura se ensanchara hasta la magnitud deseada, introduciendo el tercer perfil I antes citado.

La elevación de cada pilar debía progresar en proporción al desplome inicial, pero cualquier elevación importante de un pilar, sin variar sus contiguos, introduce en la estructura una deformación diferencial; era pues preciso lograr las elevaciones definitivas por etapas pequeñas para evitar el peligro en la estructura de deformaciones diferenciales excesivas.

Además existía el peligro de grietas en paredes, cielorrasos y decoración de escayola por tener estos paramentos menor tolerancia a las deformaciones que la estructura.

El esfuerzo vertical comunicado a cada pilar mientras avanza la carrera del gato, es el correspondiente a su carga, más el momento consecuencia de la flexión de vigas dividido por su luz; esta flexión es proporcional a la deformación del pórtico, que crece con el avance diferencial de cada pilar respecto a sus vecinos.

Se ensayaron diversas magnitudes que no excedieran a las tolerancias máximas de deformación diferencial y se observó que hasta 10 ó 12 mm no había problema alguno; para una separación de pilares de 3 m, ello supone un 4 % de deformación relativa; Skempton y McDoneld en un estudio proponían el 3,3 % para no dañar la albañilería y el 6,6 para la estructura. Aquí se confirma este orden de magnitud de deformaciones admisibles y además se vio que sólo deben limitarse por sus consecuencias en la planta inmediata a la que recibe los esfuerzos; en plantas superiores se diluyen aquéllos, de manera que se acusan mucho menos las deformaciones diferenciales. Sirve, pues, este ensayo para calibrar los asientos rápidos estructurales; los lentos pueden admitir aún más.

En una de estas operaciones con etapas de 10 mm se observó una falta de proporcionalidad entre los avances y las indicaciones de la plomada, además de un descenso en la aguja del manómetro del gato; recorrido el pilar correspondiente, se encontró en la planta inmediata superior un agrietamiento típico de compresión. Analizando con un detector magnético se localizó en el pilar un tramo

sin cercos, seguramente debido a que aquellos bajaron al retacar el hormigón cuando se construyó.

Se soldó a su alrededor una jaula de angulares y presillas, rellenando con resina los intersticios de manera que el efecto-zuncho fuera perfecto; con ello pudo proseguir la elevación del pilar.

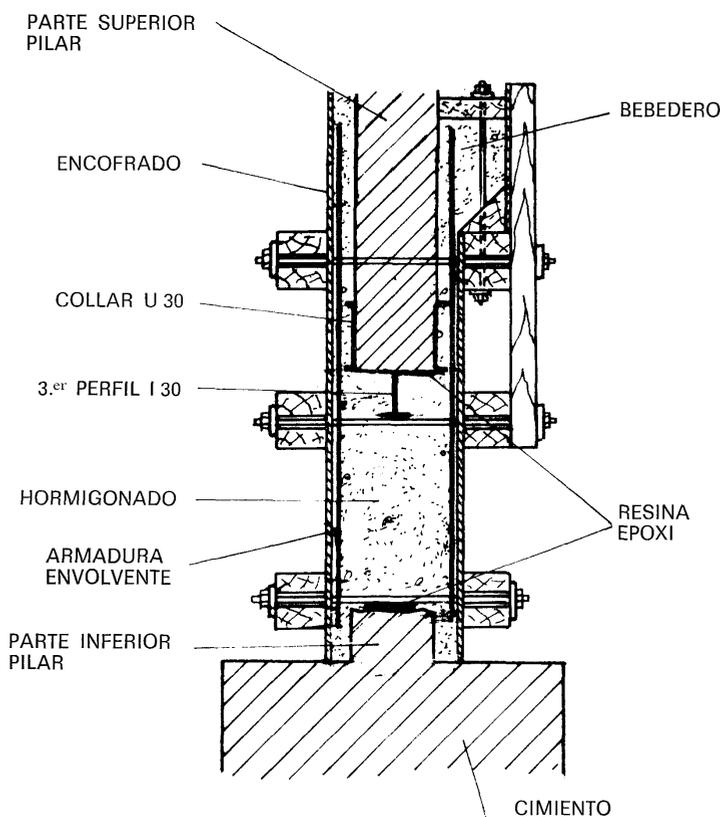
Siempre se operó manteniendo, durante las carreras de elevación, una constancia de presión de gatos y una proporcionalidad entre avance vertical y movimiento de plomada.

Se detenía cada etapa de elevación cuando se observaba la falta de proporcionalidad entre las carreras de los gatos y las de las plomadas, casi siempre por mayor rigidez de la parte central de la estructura respecto de la perimetral cuando se actuaba con los gatos en ésta. Entonces, sin lograr inclinar el conjunto más que parcialmente, sucedía que una parte de las magnitudes elevadas se empleaba en deformar el pórtico, y que crecían las indica-

ciones del manómetro; con carreras más cortas en algunos avances, se llegó hasta el fin previsto, aunque muy cerca del final la falta de proporcionalidad de gato y plomada se acusó mucho, junto con las elevaciones de presión del gato: la rigidez de la parte central del edificio influía mucho sobre la facilidad de deformación del pórtico perimetral.

SUJECION DE LA ESTRUCTURA ROTA

Obtenidas las recuperaciones calculadas, se rehicieron los pilares; para ello, colocada una armadura alrededor de cada pilar y cubriendo las secciones rotas se encofró con una holgura de 10 cm para llenar luego de hormigón todo el tramo del pilar correspondiente al semisótano. Se dispusieron bebederos situados a la cota 0,40 m por encima del piso, para asegurarse de que la presión hidrostática de la pasta comprimiera ésta contra su techo (cara inferior de pilares cortados). La principal calidad del nuevo hormigón debía ser su



casi nula retracción; con este fin se adoptó la mezcla de áridos de 1/3 grava de 18-20; 1/3 gravilla 6-72; 1/3 arena de machaqueo. Esta composición permitió rebajar la riqueza de cemento y la cantidad de agua necesaria, lo que llevó a retracciones ínfimas.

Este hormigón embebió los calzos de seguridad utilizados durante la maniobra de elevación, así como el trozo de U e I correspondiente a una longitud algo mayor que el ancho de los pilares primitivos; aquellos perfiles habían sido cortados a soplete poco antes de hormigonar.

Ensayadas dos probetas en laboratorio dieron ya, a los 7 días, una resistencia de 214-215 kilopondios/centímetro cuadrado, lo cual permitió asegurar que la resistencia a los 15 días sería más que suficiente.

Al objeto de que la unión del nuevo hormigón con el antiguo fuera lo más perfecta posible, se pensó en la utilización de resinas epoxi, que constan de una resina fluida que, en contacto con un polimerizador en polvo, fragua en un tiempo de 4 a 6 horas, llegando a alcanzar resistencias de hasta 3.400 kp/cm², lo cual hace de gran fiabilidad, el relleno.

El hecho de que la consistencia pueda ser regulada a voluntad mediante la adición a la

mezcla de cantidades variables de arena silíceo desecada en horno, resulta de gran utilidad por permitir también el llenado de los pequeños huecos que quedan en el hormigón.

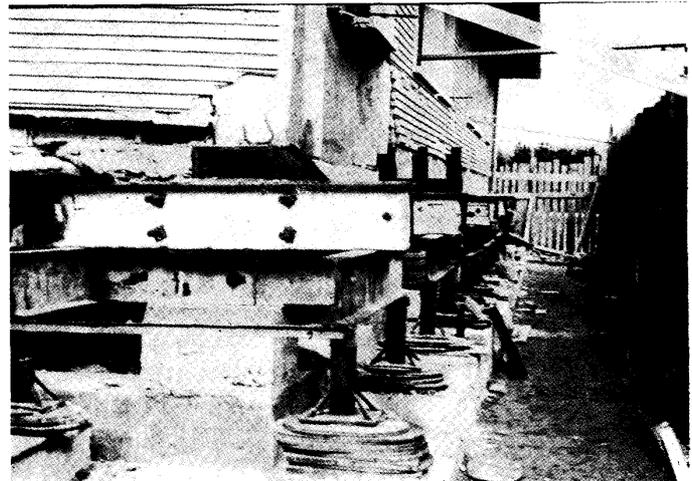
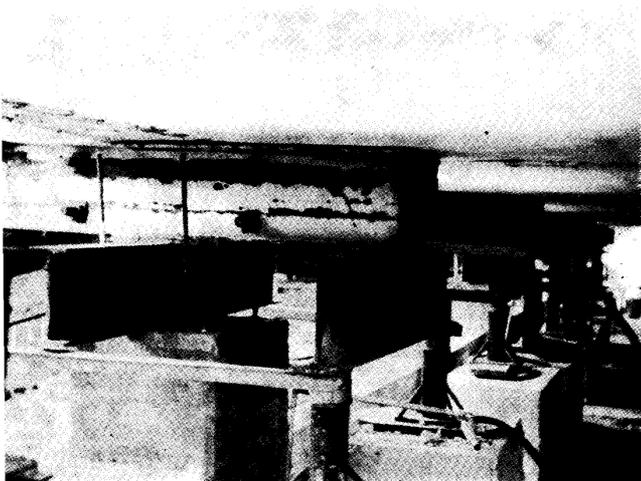
La única dificultad estriba en el esmerado cuidado que hay que tener en que las superficies a unir estén perfectamente limpias, desengrasadas y carentes de toda humedad; factor este último que puede llegar a parar o incluso a impedir el proceso de polimerización. Fueron utilizadas estas resinas, con diferentes consistencias, dando muy buenos resultados.

Con ello quedó asegurada la irreversibilidad de la operación.

RETIRADO DE APOYOS

Transcurridos 15 días se retiraron los castilletes. Hubieran podido acusarse los asientos diferidos, pues al aflojar con la llave de cadena podían contar las vueltas hasta que se soltaban los gatos por no tener más compresión que el peso del castillete. En ningún caso llamó la atención una especial diferencia de carreras. Las plomadas tampoco marcaron ningún movimiento.

Se realizó la operación completa sin que apreciaran grietas en la estructura.



résumé

Redressement d'un bâtiment

Ingénieurs-Conseil: R. Escolá et A. Oroviogioicochea

Projet: A. Iturraspe, J. Güemes et R. Valcárcel, ingénieurs industriels

Réalisation: P. Madariaga

Dans cette article, les auteurs décrivent les opérations de haute spécialisation effectuées pour redresser un bâtiment à 4 niveaux, destiné à des logements, qui avait subi un affaissement de fondations, après avoir interrompu le processus de l'affaissement.

Les poteaux qui s'étaient plus affaiblis ont été élevés à l'aide de vérins. Les auteurs expliquent également le procédé suivi pour les façades sans poteau, géométrie de récupération, appareils de levage, fixation de la structure abîmée, suppression des appuis, etc.

summary

Recovery of the verticality of a building

Engineers-Consultants: R. Escolá and A. Oroviogioicochea

Design: A. Iturraspe, J. Güemes and R. Valcárcel, industrial engineers

Execution: P. Madariaga

This article describes the highly specialized operations undertaken in order to restore the verticality of a 4-storey building, devoted to flats, whose foundations had suffered a severe settlement; after having previously stopped the settlement process.

The pillars were lifted with jacks. The paper also describes the operations applied to the walls the jacking and recuperating means, the control of the damaged structure, withdrawal of supports, etc.

zusammenfassung

Rückgewinnung der Vertikalität eines Gebäudes

Ingenieure-Berater: R. Escolá und A. Oroviogioicochea

Entwurf: A. Iturraspe, J. Güemes und R. Valcárcel, Gewerbeingenieure

Ausführung: P. Madariaga

Dieser Artikel beschreibt die äusserst spezialisierten Arbeiten, um die Vertikalität eines 4-stöckigen, für Wohnungen abgesehenen Gebäudes, das eine Senkung des Zements gelitten hatte, wiederherzustellen.

Die noch tiefer gesunkenen Pfeiler wurden durch Winden gehoben. Gleichzeitig wird der ununterbrochenen Prozess an den pfeilerlosen Fassaden erklärt, die Rückgewinnungsgeometrie, die Erhebungselemente, Befestigung der beschädigten Struktur, Entziehung der Stützen, usw.

publicación del i. e. t. c. c.

LAMINAS DE HORMIGON

A. M. Haas

Dr. Ingeniero

Traducción de **José M.^a Urcelay**

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El profesor A. M. Haas es personalidad muy conocida en todo el mundo dentro del campo de las estructuras laminares.

El libro, que ha sido traducido a varios idiomas, es de exposición clara e intuitiva, y destaca los conceptos fundamentales sobre los desarrollos matemáticos.

En su primera parte, el libro trata de la teoría de membrana en láminas de revolución. A continuación se aplica esta teoría, para el caso en que las cargas sean también de revolución, a las láminas de revolución más usuales: cúpulas esférica y elíptica, láminas cónicas, depósitos.

Se estudian seguidamente las láminas de revolución sometidas a cargas que no sean de revolución, así como las tensiones secundarias debidas a flexiones en láminas de revolución.

Se termina la primera parte con un capítulo dedicado a la construcción de láminas.

En la segunda parte se estudia la teoría de membrana para láminas rebajadas, dedicando sendos capítulos a las láminas en paraboloides hiperbólico, en paraboloides elíptico y en conoide.

A continuación se dedica un extenso capítulo a la flexión.

Seguidamente se estudia el caso de pequeñas cargas que originan fuertes tensiones por flexión.

Finalmente, el libro dedica un capítulo al pandeo.

Un volumen encuadernado en tela, brillantemente presentado, de 17 × 24,5 cm, compuesto de 420 páginas, numerosas figuras, tablas y ábacos. Precios: España, 1.250 ptas.; extranjero, \$ 25.