

FALLAS EN FUNDACIONES

Acad. Ing. Alberto Ponce Delgado

Decano

Facultad de Ingeniería.- Universidad de Montevideo

Tema presentado en las

PRIMERAS JORNADAS EN INGENIERÍA DE CIMENTACIONES

El tema enunciado en el título es de enorme amplitud, sin embargo, en esta presentación interpretamos que debemos hacerlo desde distintos puntos de vista como son:

- 1) Obras terminadas en la que se producen averías por defectos en las fundaciones y si es posible de acuerdo a la magnitud de las averías comunes qué hacer para reparar las fundaciones y las averías producidas. En caso contrario cuales fueron los daños producidos y sus consecuencias.
- 2) Obras en construcción en las cuales se producen fallas de fundaciones que se corrigen sobre la marcha y se llega a un buen resultado. En esos casos se describirá la forma en que se hicieron las correcciones.
- 3) Obras en que las fallas de fundación fueron debidas a la solución estructural elegida y/o a los procedimientos constructivos, y se describirán sus consecuencias sobre la obra y/o sobre el personal involucrado en la misma.
- 4) Algunos ejemplos de fallas de esos tipos en obras contemporáneas y conocidas aquí en Uruguay.

Estos ejemplos, por una razón de ética se describirán sin mencionar lugar ni autor, pero constituyen casos interesantes y que son ilustrativos para impedir el incurrir en futuros errores similares.

- 5) Algunos casos históricos y bien conocidos de fallas de fundaciones y la forma en que se encuentran actualmente, qué procedimiento se utilizó para controlarlos, si eso fue posible o no según la forma, y tipo de fallas.

Se trataran además casos de fundaciones que fallaron en distintos tipos de obras: edificios, singulares por su magnitud, por la espectacularidad de la falla, o por la fama arquitectónica o histórica; puentes, represas, puertos, etc.

Bajo otro aspecto las fallas de fundación pueden provenir por distintas causas:

- a) Errores en el proyecto. Mala elección de la solución para un caso determinado.
- b) Falta de exigencia en la exploración geológica. Generalmente la omisión no es del Geólogo sino el proyectista, al no comprender la relación entre la importancia de la obra y el alcance y forma de la investigación necesaria.
- c) Hechos difícilmente predecibles como: deslizamientos, sismos en zonas de baja o nula sismicidad, sifonajes, etc.
- d) En puentes, por socavaciones no bien previstas, en los desagües o magnitud de las crecidas.
- e) Fallas por punzonados en los patines de fundación.
- f) Errores o accidentes en la construcción de pilotajes.
- g) Accidentes que afectaron a personas .

En cuanto a los errores en el proyecto, pueden ser errores constructivos o de cálculo estructural, o errores en las estimaciones de velocidad de desagüe en el caso de proyecto de fundaciones de pilas de un puente.

Todas estas causas de fallas se describen mejor a través de algunos ejemplos.

Consideramos en primer lugar el caso de edificios: Cuando existen terrenos de mala calidad, o con rellenos heterogéneos, a veces analizamos más conveniente proyectar fundaciones sobre plateas de hormigón.

Ello puede ser acertado, si se estudia el terreno en cuanto a la posibilidad de que se produzcan asentamientos diferenciales, lo cual deberá relacionarse con la posibilidad de que la platea pueda resistirlos, que a su vez depende de la extensión de la platea y de su resistencia a esas deformaciones diferenciales. También debe considerarse si la estructura del edificio sobre ella pudiese colaborar a resistir.

Es así que ha habido casos de edificios terminados que luego han debido ser desalojados por las grandes averías estructurales que al tiempo se produjeron. Se corrigió posteriormente el problema general reforzando la estructura del edificio para que el conjunto de la platea y la estructura del edificio pudiera soportar las solicitaciones parásitas provocadas por las flexiones y torsiones de la platea de fundación.

Otros problemas de fundación que se han producido en edificios, se refieren a defectos en los patines o los pilotes.

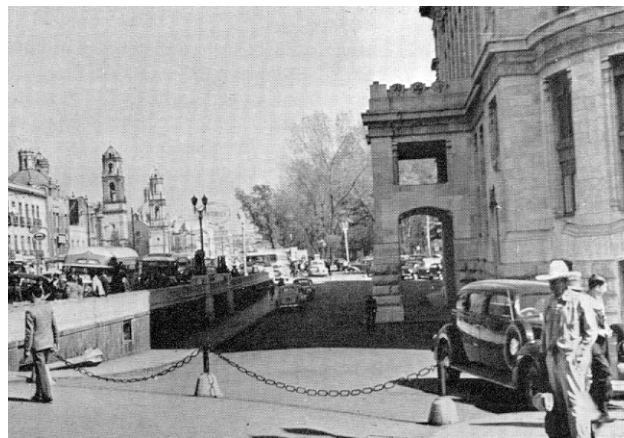
En el caso de fundaciones directas pueden ser debidas al mal cálculo de los patines, a tener más carga que las tensiones admisibles del suelo al nivel de fundación, o por mal proyecto de los patines, que se perforaron por punzonado.

Así, en Punta del Este un edificio se hundió enteramente al fallar por punzonado el apoyo de los pilares en los patines.

Es curioso observar como un edificio se puede hundir sin perder su forma, lamentablemente por una falla evitable teóricamente.

A veces hay hundimientos provocados por la lenta consolidación de todo el entorno de un edificio, como sucede en la ciudad de México.

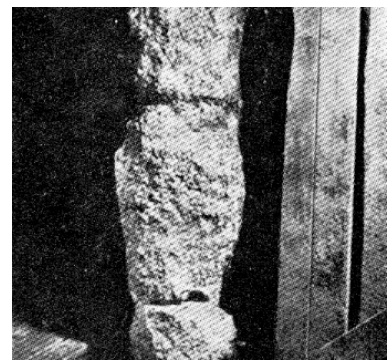
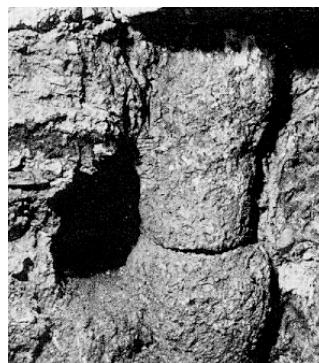
Aquí se ve una imagen, el Museo de Bellas Artes de México, en donde el descenso en la calle de acceso y de todo el edificio alcanza a 3 metros.



Museo de Bellas Artes de México.-

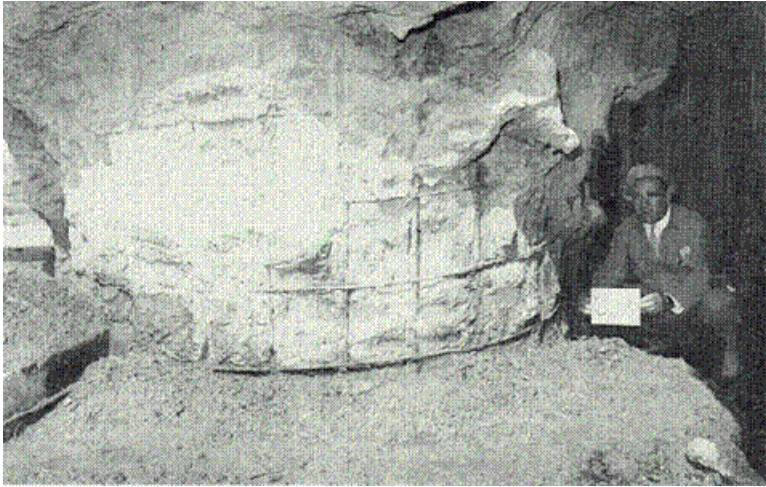
En el caso de **fundaciones indirectas**, con **pilotes**, en ocasiones se producen fallas, por distintas causas.

Para una rápida descripción de algunas de esas fallas veremos algunas fotografías de pilotes que fueron expuestos a la vista por excavación en estructuras que presentaron averías.

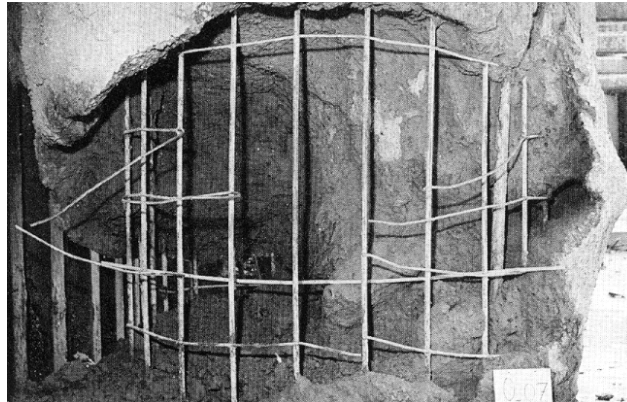


-Discontinuidades por cortes de llenados

Armaduras sin recubrimiento por malla muy cerrada y hormigón muy seco.-



Pilote mal llenado por invasión de barro.-



Algunas veces la falla no es de la propia estructura de la fundación, sino del comportamiento hidrodinámico de su entorno.

Hacemos referencia al caso de puentes, en donde la estructura no sólo debe resistir las cargas permanentes y sobrecargas, sino que además debe soportar otros efectos, y entre ellos uno muy importante es el del comportamiento geológico del cauce con respecto a la corriente del agua y su relación con el diseño de la fundación del puente.

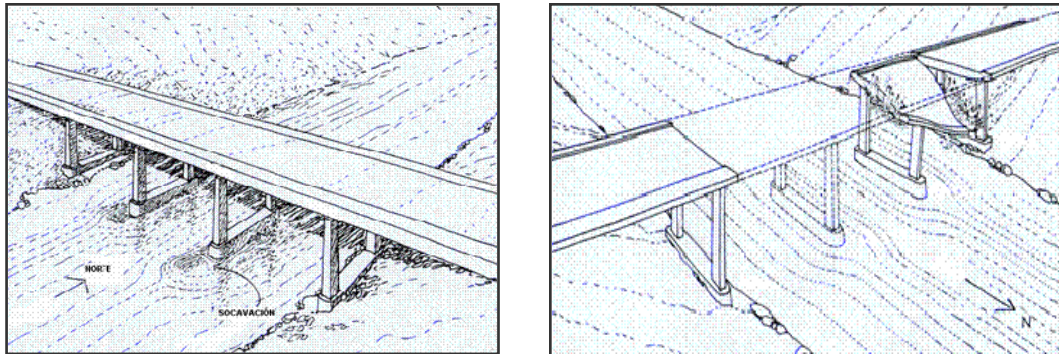
Se conoce que la circulación del agua, si supera una cierta velocidad que es función de la naturaleza de cada capa del fondo, levantará y llevará en suspensión los granos del suelo que constituye ese fondo. Esa cierta velocidad es la velocidad crítica asociada a cada tipo y consistencia de ese suelo.

Por lo tanto, si en creciente se supera la velocidad crítica del material de fondo, éste se socavarán, es decir, se levantará ese material hasta una profundidad que técnicamente se puede calcular en función de las capas de los distintos tipos de suelos existentes, a veces hasta llegar a la roca.

Siempre existe una profundidad de equilibrio. Una vez determinada esa profundidad, o cuando se produce en realidad una socavación, ese nivel debe haberse previsto en el proyecto.

Si se hubiera superado esa previsión, podría socavarse una fundación directa descalzándola de su apoyo, o una fundación con pilotes perderá al menos una parte de su resistencia al perder longitud de fricción.

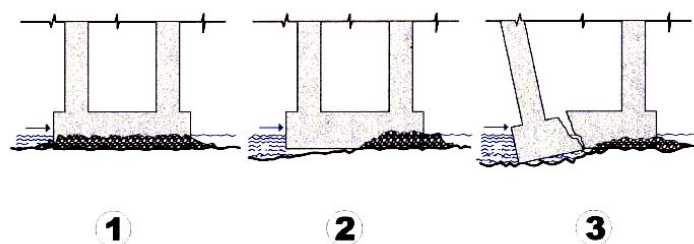
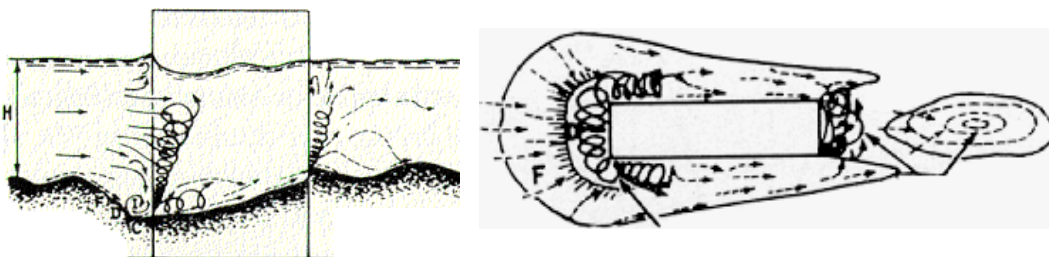
Presentamos una socavación debida a estas razones hidráulicas en un puente de 5 tramos de 33 metros de luz en EE.UU. en una autopista entre Nueva York y Búfalo sobre el arroyo Schoharie, donde dicha socavación provocó la destrucción de la superestructura. Ello provocó la caída de varios vehículos y la pérdida de vida de 10 personas.



Continuando con la explicación del proceso de socavación decimos que la socavación se produce en todo el cauce, pero posteriormente se restituye –en parte o en todo- lo socavado, cuando la creciente disminuye, el flujo de agua se enlentece, y al disminuir su velocidad por debajo de la crítica del material que lleva en suspensión, el material se deposita manteniendo un equilibrio del cauce, en una profundidad que depende del tipo de fondo, y de la ubicación con respecto a la de las pilas del puente.

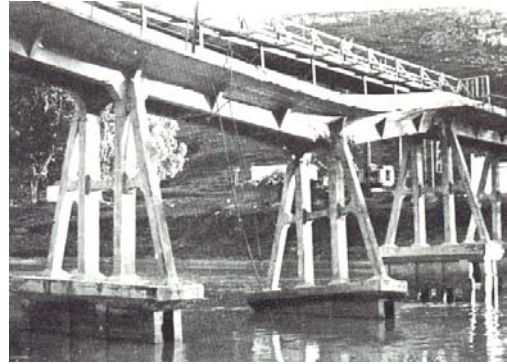
En correspondencia con las pilas del puente el proceso es distinto al de la generalidad del cauce. Allí se forman turbulencias, remolinos, que aceleran las velocidades locales y se produce una mayor socavación que en el resto del cauce.

En el dibujo aquí mostrado se esquematiza este fenómeno indicando que en el lugar donde choca el agua contra la pila se producen mayores turbulencias aguas arriba que aguas abajo, y por eso, en general, la socavación es más intensa aguas arriba de la pila que aguas abajo.



También eso se mostraba en el dibujo del Puente anterior de EE.UU. en donde la socavación mayor estuvo en puntos aguas arriba de las pilas.

Esto produce un fenómeno que, a primera vista parece curioso, pero sin embargo es lo lógico. En la foto contigua se observa un puente en el que se produjo una fuerte socavación en la parte de aguas arriba en una de las pilas. Por ese motivo el puente se quebró y la pila se inclinó hacia el lado aguas arriba, es decir desde donde, además de la socavación, se aplicaban fuerzas de la corriente hacia el lado contrario de la inclinación.

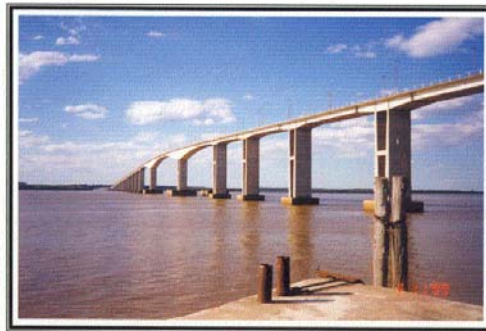


Cuando se cumplían los 25 años de la inauguración de los Puentes Internacionales Gral. Artigas y Libertador Gral. San Martín efectuamos una inspección del estado estructural.

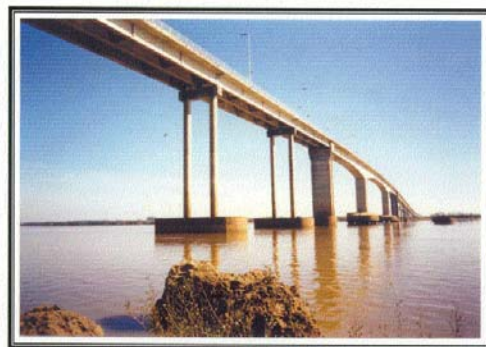
INFORMES SOBRE LA INSPECCIÓN

DE LOS PUENTES :

“LIBERTADOR GENERAL SAN MARTÍN”



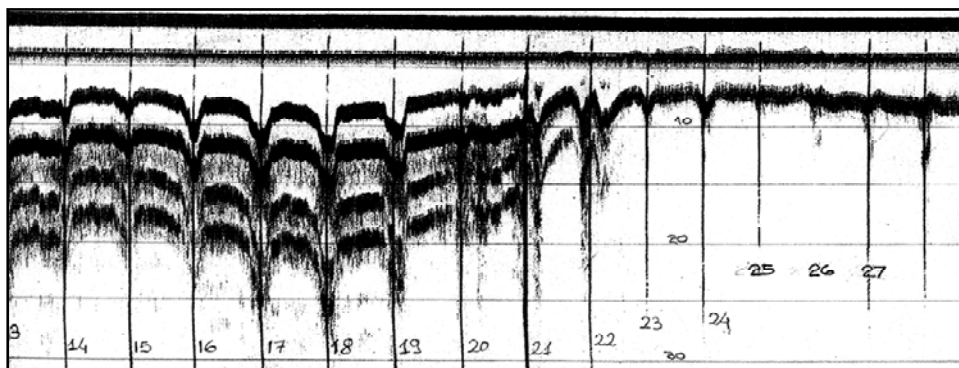
“GENERAL JOSÉ ARTIGAS”



ING. ALBERTO PONCE

En los estudios realizados en ambos puentes se verificaron las profundidades del cauce en 2 secciones paralelas al puente, una inmediatamente aguas arriba y otra inmediatamente aguas abajo, por medio de un ecosonda.

En la reproducción de la figura adjunta se observan varias curvas de ese relevamiento pero debemos sólo atender a la superior. Los inferiores son ondas reflejadas. Vemos las socavaciones que se producen en correspondencia con cada una de las pilas que están representadas por líneas verticales. Las rectas horizontales son las referencias de cotas.



Batimetría aguas debajo de la pila 13 a la pila 29 . - Puente Fray Bentos – Puerto Unzué.

Este caso es del **Puente Fray Bentos-Puerto Unzué**. Estas socavaciones estaban previstas y controladas haciendo fundaciones de pilotes o cajones empotrados en terrenos resistentes o a gran profundidad.

En el caso del **Puente Paysandú-Colón** se muestra una tabla con los valores de las cotas en correspondencia con cada una de las pilas.

BATIMETRÍA PUENTE PAYSANDÚ - COLÓN

PILAR	COTA ANTES	SOCAVACIÓN		DEPÓSITO	
		AGUAS ARRIBA	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ABAJO
		COTA ACTUAL	COTA ACTUAL - COTA ANTES	COTA ACTUAL	COTA ACTUAL - COTA ANTES
8	-7	-11,75	-4,75	-10,75	-3,75
9	-10	-12,75	-2,75	-12,75	-2,75
10	-13	-15,25	-2,25	-13,75	-0,75
11	-10	-13,25	-3,25	-12,75	-2,75
12	-9	-13,25	-4,25	-12,75	-3,75
13	-9	-13,75	-4,75	-12,75	-3,75
14	-7	-12,75	-5,75	-11,75	-4,75
15	-7	-7,75	-0,75	-8,75	-1,75
16	-3	-6,25	-3,25	-8,25	-5,25

Planilla N° 2 .- Batimetría aguas arriba y aguas abajo de pilas 8 a 16. Cuadro comparativo de cotas originales y las cotas actuales.

Se observan las profundidades de socavación aguas arriba y aguas abajo, al comparar las profundidades antes de hacer el puente y las profundidades en el momento de hacer el relevamiento, aguas arriba y aguas abajo, a los 25 años de su inauguración. En este caso tampoco afectaron esas socavaciones, porque los pilotes se llevaron hasta la roca.

Estos fenómenos de socavación son una de las causas más frecuentes de fallas en otros casos.

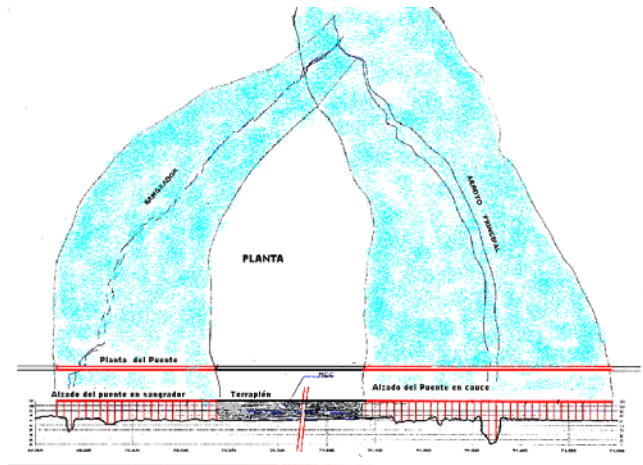
A veces, estos fenómenos de socavación están asociados a procesos constructivos aún no terminados. Es el caso que se describe a continuación en una carretera que cruza dos cauces de un mismo arroyo.

Uno es el cauce principal. El otro es un cauce secundario que sólo recibe caudal cuando viene una creciente en el cauce principal, aumenta la cota del agua hasta que desborda en el cauce secundario y entonces corren los dos en proceso de creciente. El segundo es lo que se llama un sangrador.

El esquema de ambos perfiles de los cauces se observa en la figura adjunta.

Ambos cauces están separados 900 mts. sobre la ruta.

La primera etapa del proceso constructivo fue hacer solamente un puente en el cauce principal. Ello provocó, en una creciente, altas velocidades de flujo que provocó una socavación mayor que la prevista y el descalce de un pilote en la ubicación cercana al estribo que es la más expuesta en ese sentido.



Como resultado de la socavación, el pilote perdió resistencia y se hundió. Y a continuación el tramo de puente afectado se deformó como se ve en las 2 fotos adjuntas.



Se decidió reparar el puente demoliendo esos tramos y posteriormente proveer de otro puente en el sangrador, con lo cual se mejoró el comportamiento hidráulico del conjunto.

Otro caso de cedimiento de pilotes fue en este otro puente .

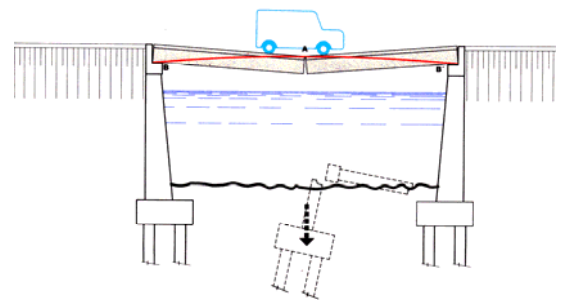
Falló una pila, y la superestructura se quebró como se ve en varias de las fotos adjuntas.



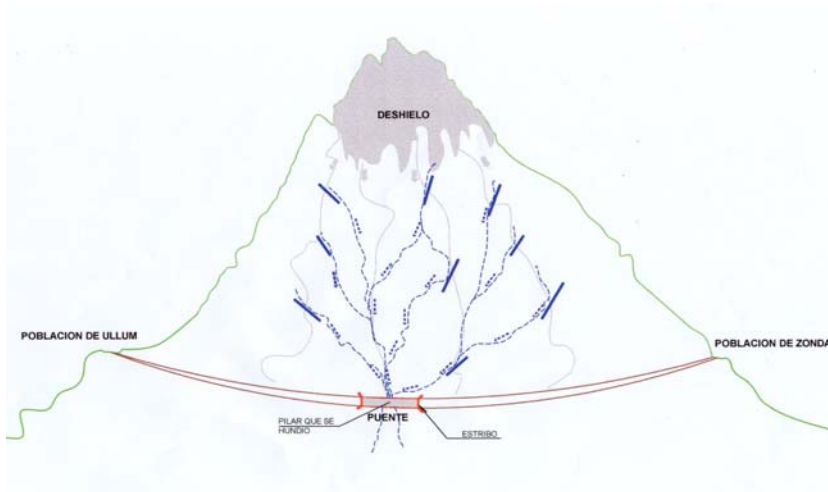
Otro ejemplo fue el de un puente en la Provincia de San Juan (Argentina), donde se efectuó un peritaje para analizar las causas y los “remedios” de un puente de dos tramos cuya pila central desapareció hundida en el aluvión sobre el cual estaba fundada.

Lo más sorprendente todavía fue que después de haber desaparecido la pila central, siguieron pasando autos.

Se explica porque la funicular de cargas pudo producirse como se ve en el 2º. Esquema, en donde las losas se acuñaron entre sí, y con los estribos, quedando ambas apoyadas en el punto A como indica la figura, y en los puntos B y B' más bajos que el punto A formando el equivalente a un arco de 3 articulaciones.



La enorme socavación sucedió porque se trataba de un cono de deshielo de la montaña adyacente y concentró el agua del deshielo bajo el puente en forma brusca provocando el hundimiento total de la pila central.



Una operación necesaria después de reparar una falla de fundación es someter a ensayo esa parte de la estructura o la estructura total en forma global.

Si la falla es de fundación, lo más directo sería someter esa parte a un ensayo de carga.

También, aunque no sea motivada por una falla, si

se desea tener una gran seguridad de una fundación existente, es lógico no sólo hacer una estimación de cálculo, sino también someter esa parte, a una prueba de carga.

En ciertas zonas de las fundaciones de una obra puede haber una situación especial. Por ejemplo en la obra del Puente Fray Bentos – Puerto Unzué (Libertador Gral. San Martín), se encontraron dos cauces geológicamente antiguos que estaban rellenos con 50 mts. de barro.

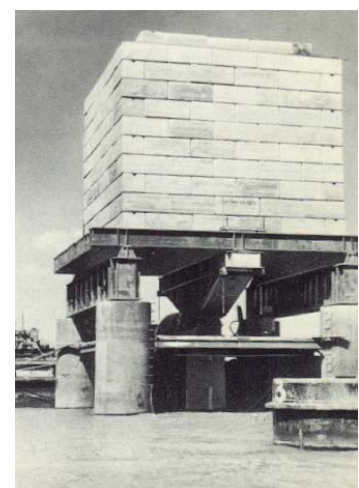
Se analizó la conveniencia de –antes de construir las fundaciones del puente- hacer un ensayo de un pilote de prueba en cada uno de ellos.

El procedimiento empleado fue construir 4 pilotes auxiliares con una estructura metálica apoyada en ellos conformando una “mesa” sobre la cual se colocaron 1100 Tons. con pesas de hormigón especialmente construidas para este ensayo.

En el centro, estaba el pilote de prueba sobre el cual se apoyaron 6 gatos de 200 Tons.

Se le dio carga al pilote a través de una viga metálica de doble ménsula que hacía reacción en la carga superior y se fueron midiendo los descensos del pilote, con niveles ópticos desde dos puntos en ángulos de 90° entre ellos.

Se cargó el pilote, aumentando la carga gradualmente y luego descargando en escalones parciales de carga.



Se observó la deformación alcanzada y la eventual deformación residual correspondiente en cada estado de carga.

No se muestran las gráficas correspondientes por no abundar en detalles comunes, pero los ensayos alcanzaron la carga de 1000 Tons con deformaciones muy aceptables y una excelente recuperación. También se realizaron ensayos de carga con fuerzas horizontales, usando como reacción uno de los pilotes auxiliares.

Otro ensayo interesante por su originalidad fue el de los pilotes del antiguo puente sobre el Arroyo Pan de Azúcar en ruta 9.

Se proponía reforzar el Puente que fue construido en 1917. El refuerzo de la superestructura estaba previsto con cables de postensado. Se manejó la hipótesis de que por cálculo no era necesario reforzar las fundaciones de pilotes. Dichas fundaciones eran con pilotes prefabricados de hormigón de sección 30x30.

Había el problema de que cada pila estaba constituida por 5 pilares que se apoyaban cada uno en un pilote de sus mismas dimensiones. Por lo tanto, si se querían ensayar en conjunto el procedimiento sencillo hubiera sido cargar la superestructura de manera de ensayar los cinco a la vez. La carga necesaria hubiera sido demasiado grande y la superestructura –que requería un proyecto de refuerzo- no aguantaría.

Por eso el procedimiento que se ideó fue cortar el pilar del medio de los 5 pilares existentes en dos secciones y colocar un gato entre esas superficies de corte, reforzadas con planchas de acero.

Los otros 4 pilotes tendrían entonces la función de pilotes de tracción, dado que la pila tiene una viga transversal triangulada, que reforzada convenientemente con cables postensados provisionarios, resistiría los esfuerzos provocados por la carga comunicada por el gato. En las fotos adjuntas se observan las distintas etapas de ese proceso.



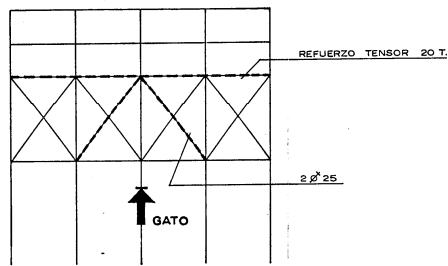
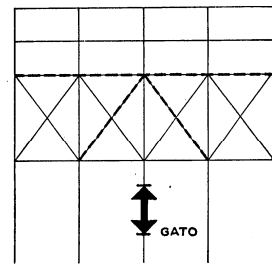
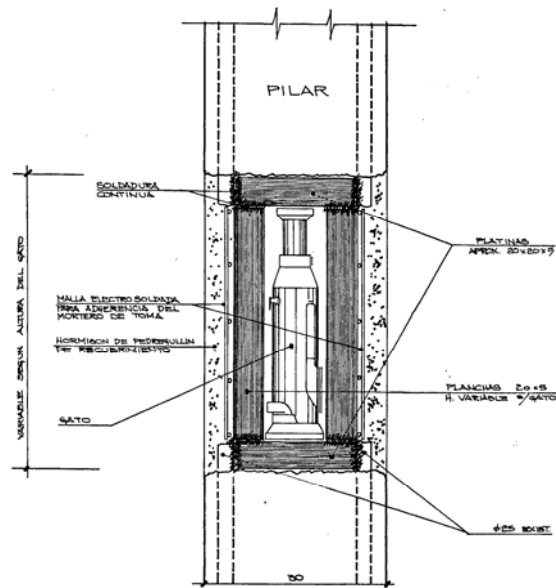


FIGURA N° 1



RECONSTRUCCION DE PILAR.



El resultado fue muy satisfactorio, y permitió reforzar la superestructura y mantener las pilas como estaban de origen.

Otro caso de verificación de resistencia de un plano de fundación en roca, fue en el puente de Ruta 2 sobre el Río Negro en la ciudad de Mercedes.

Fue necesario hacer un ensayo de placa en el fondo del Río, a 18 mts. de profundidad en ese momento. El ensayo verificó que ese plano de fundación brindaba una muy buena resistencia.

El ensayo lo realicé personalmente. El proceso de cargas y descargas y tiempos de verificación de estabilización hizo que el proceso completo durara 8 horas.

En la foto adjunta aparezco dentro de la campana neumática tirado en el fondo de la fundación en roca, realizando las operaciones de carga y las lecturas de deformaciones.



A mi salida a la superficie, como eran las 9 de la noche, al encargado de las operaciones de control de aire comprimido, se le ocurrió hacer la descompresión en 15 minutos y no en dos horas como se debió realizarse. Al poco rato tuve una embolia gaseosa que me costó 6 años con muletas.

Considero esto una falla de fundaciones. O por lo menos una falla de los procedimientos de fundaciones, y de la seguridad laboral.

Otra falla de procedimiento constructivo, puede darse en el caso de construirse pilotes sobre un equipo flotante, sobretodo cuando hay que perforar en roca.

Si consideramos una chata sobre la cual está montado un equipo de pilotaje, esa chata deberá fijarse lo más firmemente posible por medio de 4 muertos en sus esquinas.

Cuando se atraviesan capas blandas, se perfora con cuchara, que no provoca ningún par torsor. Cuando se



llega a la roca, se cambia la cuchara por un trépano, que por giro la rompe, y continua la excavación para conseguir el empotramiento del pilote en la roca. Pero el trépano para romper la roca requiere un par torsor importante.

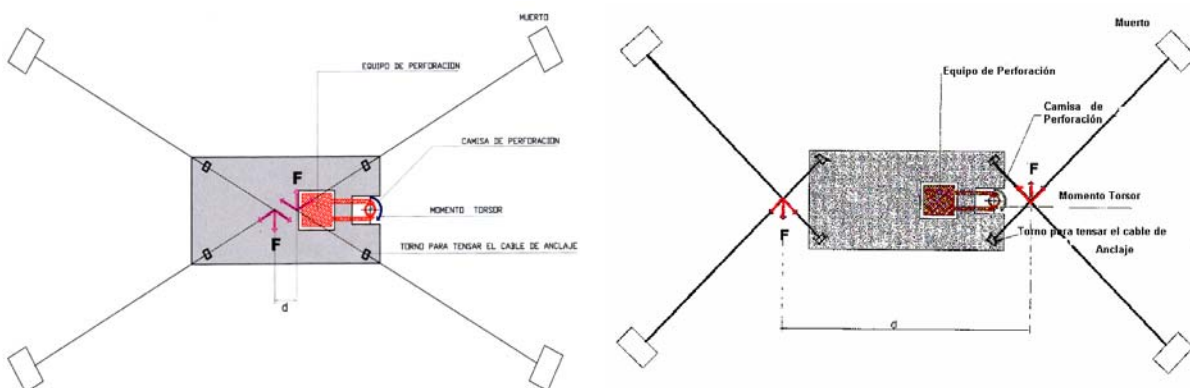
El par de reacción se aplica sobre el barco, que lo resiste por medio de sus anclajes con cables y muertos. En consecuencia el par que opone el barco es el que se representa en la figura adjunta con fuerzas F aplicadas en los puntos de intersección de los cables. Esas fuerzas al descomponerse en las dos direcciones crean variaciones de longitud en los cables, en unos alargando y en otros acortándose, lo cual crea un giro de la chata.

La chata al girar se apoya en la camisa de perforación que está incrustada solamente en las capas blandas, y que según sea la longitud de incrustación y el tipo de suelo, podrán ceder y producir la inclinación de la camisa, con lo cual si se prosigue el proceso constructivo, resultará un pilote inclinado.

¿Cómo hacer para solucionar esto?. Es relativamente sencillo. Cuando esto suceda en el proceso de excavación para el primer pilote en construcción, lo que se hace es cambiar la forma de tender los cables de anclaje de manera de reducir mucho las Fuerzas F del par resistente.

En el esquema siguiente se observa que bastaría cruzar los cables y así aumentaría considerablemente la distancia entre los puntos de cruce de los cables, o sea el brazo del par y se tendrían entonces fuerzas mucho menores.

Pero si no fuera así, porque aún para esas fuerzas menores el empotramiento de la camisa en las capas blandas fuera insuficiente, puede utilizarse una solución mixta, cruzando los cables de un lado y no del otro, tratando de que los puntos de cruce quedaran a igual distancia del centro de la camisa, con lo que el barco giraría tomando como centro la camisa de perforación y por lo tanto no se apoyaría en ella.

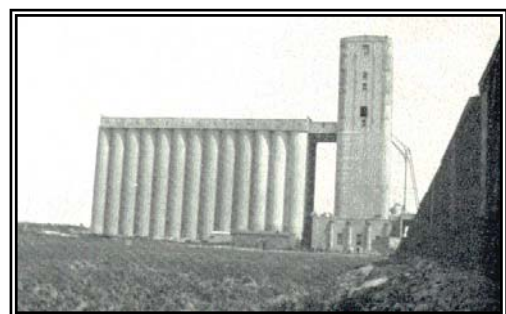


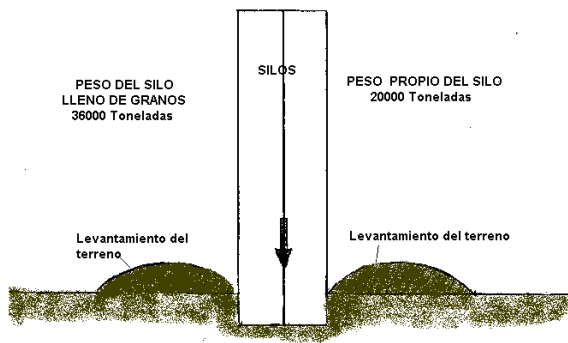
Pasando a casos famosos de fallas de fundaciones recordamos el de los **silos de Transcona** en Canadá, recién terminados en 1913 cuya foto se ve adjunta.

Se observa una torre con sala de máquinas, y los silos que tienen una altura de 31 mts. sobre una losa de fundación de 60 cms de espesor y un área de 23.50 x 59.00.

Se calculó una tensión de apoyo de 3 Kg/cm².

Debajo de la fundación existe un manto de arcilla de 12 metros de espesor.





Poco después de construidos los silos, se hundieron aproximadamente un metro, produciendo los conocidos levantamientos a ambos lados de la construcción.

Se reforzó el terreno circundante con pilotes de 18 mts. de longitud que se hincaron hasta anclarse en un terreno más resistente.

A pesar de la medida tomada, cuando casi se llenaron los silos con granos se produjo primero un asentamiento vertical y en 24 horas alcanzó

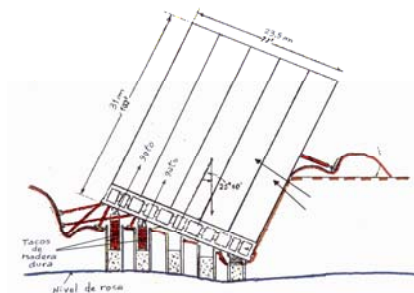
un ángulo de 25°. Los silos sin embargo no se averiaron mayormente. La torre de máquinas se mantuvo en su posición.



Dado este resultado se decidió enderezar los silos. Se vaciaron de granos los silos a través de agujeros y luego se procedió con gatos hidráulicos sobre pilotes apoyados en la roca, y ayudados por gatos de tornillo apoyados sobre andamiajes exteriores. Los pilotes fueron de 1.20 y 1,50 mts. de diámetro, construidos con camisas de acero y rellenos con hormigón hasta cierta altura.



En el interior de las camisas de acero se colocaron tacos de madera dura sobre los cuales se apoyaron gatos que gradualmente fueron levantando los silos de manera de ponerlos verticales.



Los tacos se iban retirando o colocando gradualmente, recuperando la carrera de los gatos hasta lograr la horizontalidad de la fundación, y por lo tanto la verticalidad de los silos.

Otro ejemplo famoso de falla de fundaciones es el de la **Torre de Pisa**. (Ver foto y cortes con las capas de suelo donde se apoya).

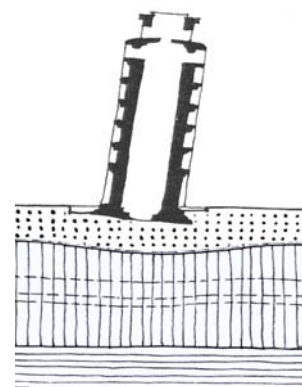


ARCILLA BLANDA
COMPRESIBLE Y ARENA

ARCILLA COMPRESIBLE
ARCILLA DURA
ARENA

ARCILLA

ARENA SATURADA CON
AGUA



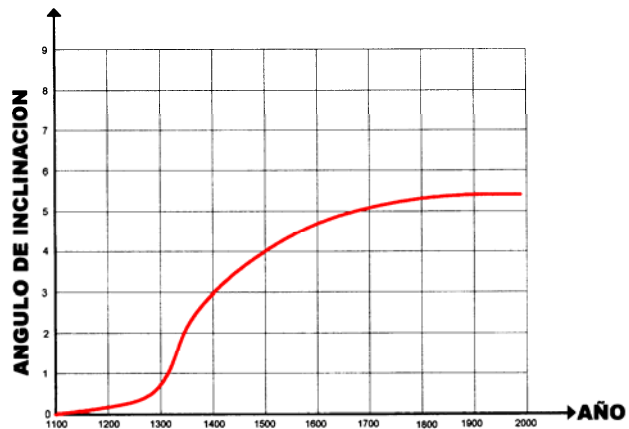
La Torre fue construida gradualmente entre 1174 y 1370.

Con la construcción hasta el tercer anillo de la Torre, ya se comenzó a inclinar como consecuencia de asentamientos diferenciales del terreno. Se interrumpieron entonces las obras en el tercer piso, lo cual permitió la lenta consolidación de las capas de arcilla bajo el peso de esa primera etapa de construcción.

Cuando se continuó y se terminó la construcción del resto de la torre, se fue inclinando a lo largo del tiempo como se ve en la gráfica adjunta.

Como recursos para evitar el desplome de la Torre se tomaron varias medidas que no han dado un resultado totalmente seguro.

Actualmente en algunos años se sigue inclinando con una medida de 1 milímetro de desplome por año en su parte superior.



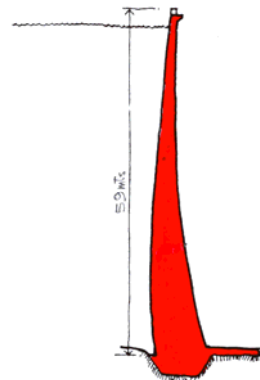
Otro caso que tuvo gran repercusión en el mundo es el caso de una represa en el Sur de Francia: **la presa de Malpasset**.

Por casualidad, y por cierta suerte personal, pasamos en auto viajando hacia Génova por la carretera al sur de la pequeña ciudad de Frejus, en el sur de Francia el 1º de diciembre de 1959, después de haber finalizado una beca de estudios.

El día siguiente, 2 de diciembre se derrumbó la presa de Malpasset, de 59 mts. de altura construida entre dos montañas y la ola de agua arrasó todo lo que encontró a su paso.



Planta



Corte

Vista de corte y planta de la Presa de Malpasset en el sur de Francia

En la ciudad de Frejus mató a 240 personas y destruyó los puentes carreteros y ferroviarios y una nueva autopista que encontró a su paso antes de calmar su empuje en el Mar Mediterráneo.

El derrumbe de la presa se produjo luego de cinco días de intensas lluvias, a los cinco años de construida.

La potencia de la ola creada se puede imaginar si se tiene en cuenta que bloques de hormigón de más de 300 toneladas de peso fueron arrastrados 1600 metros aguas abajo.

Luego de largos peritajes y acusaciones de responsabilidades técnicas, se llegó a la conclusión de que unos pequeños lisos de arcilla en la roca de las fundaciones laterales a la izquierda de la presa con pequeñas filtraciones del agua a presión actuaron como lubricantes y causaron que las fundaciones izquierdas deslizaran ligeramente, y que produjeran el quiebre del arco de la presa lo que hizo que todo se derrumbara.

Estado de la presa Malpasset destruida.-

Fallas de fundación han existido siempre desde la antigüedad hasta hoy.

Podríamos abundar en fallas en casos de puertos hundidos en el mar por deslizamiento en un fallo circular, o de edificios por muchas causas diferentes.

Pero nos hemos limitado a los casos y causas mencionadas aquí por considerar que dan una idea de la importancia de los estudios previos a la obra y durante su desarrollo, con el objeto de corregir a tiempo las posibles complicaciones que se pudieran presentar en la construcción.

