

ANALISIS EN TEORIA DE SEGUNDO ORDEN DE PILAS ALTAS DE VIADUCTOS. APLICACION AL PROYECTO DE PILAS DE PUENTES CONSTRUIDOS POR AVANCE EN VOLADIZO*

Luis Villegas Cabredo

Dr. Ingeniero de Caminos y Profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Santander

Director de tesis:

Juan José Arenas de Pablo

Dr. Ingeniero de Caminos, Catedrático de Puentes de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos de Santander y Director del Departamento de Tecnología de las Estructuras de la misma.

423-3

EN estos últimos años, algunos ingenieros han puesto de manifiesto la necesidad de estudiar con rigor la estabilidad de las pilas altas de los viaductos construidos por avance en voladizo, a partir de las mismas. Tales pilas pasan por una situación crítica durante la fase final de la construcción del dintel, en la cual, funcionando como grandes ménsulas, deben hacer frente a importantes cargas excéntricas en su coronación, al mismo tiempo que ofrecen una gran superficie al viento transversal.

La importancia y dimensiones de estos elementos estructurales puede quedar reflejada en las pilas principales del puente Kochertal, importante viaducto alemán perteneciente a la autopista europea París-Praga, que se representan en la figura 1.

El objetivo de esta Tesis ha sido obtener la respuesta resistente de las pilas altas de viaductos que, en general, presentan sección y armadura variables a lo largo de su altura, y se encuentran solicitadas por cargas contenidas en uno o en sus dos planos principales (flexo-compresiones planas o

* Esta tesis, leída en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de la Universidad de Santander, en diciembre 1981, obtuvo la calificación de sobresaliente «cum laude».

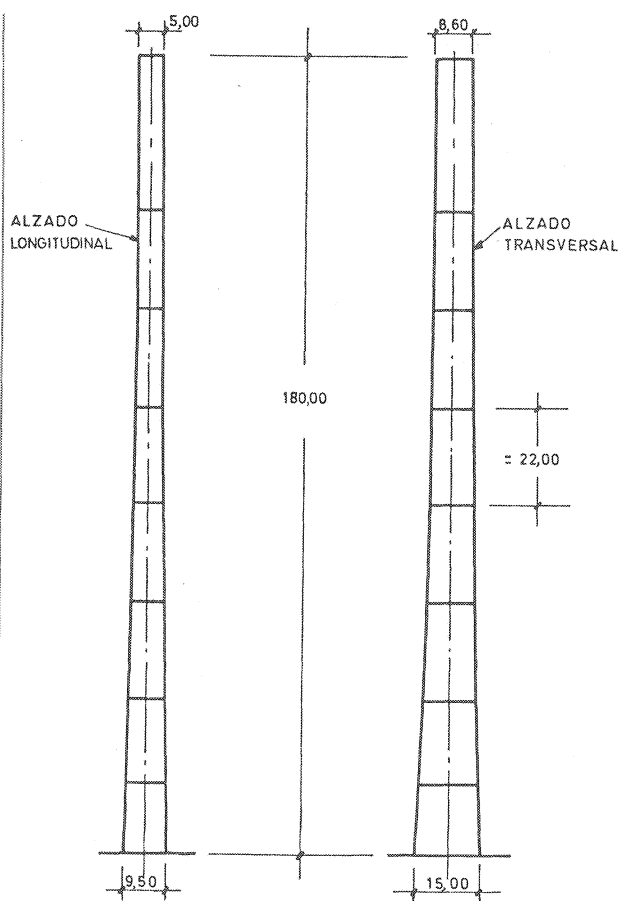


Fig. 1. Pilas principales del puente KOCHERTAL (Stuttgart) 1979

biaxiales). Dicho análisis se aborda en teoría de segundo orden, o sea, teniendo en cuenta la influencia de las deformaciones en los esfuerzos que solicitan a la pila, contemplándose, además, el comportamiento real de sus materiales constituyentes, hormigón y acero, a través de las relaciones tenso-deformacionales de los mismos.

Las bases de partida de este trabajo de investigación se encuentran principalmente en la Normativa actual sobre inestabilidad y en los estudios teóricos de los ingenieros ARENAS, FOURE, MATHIVAT y MORISSET.

La Tesis está dividida en dos partes claramente diferenciadas:

La primera, de tipo teórico, comienza con el estudio de una sección genérica de hormigón

armado, ligando los esfuerzos normales (N , M_x , M_y) que la solicitan con las curvaturas (C_x , C_y) que en ella originan. La obtención de las relaciones ($N - M_x - M_y - C_x - C_y$) constituye la base de partida del elemento «pila esbelta», cuyo estudio se aborda a continuación desarrollando el método de análisis propuesto en esta Tesis. Sus resultados se contrastan con los de ensayos experimentales de inestabilidad y, en el caso de sección y armadura constante, con los del método aproximado de la deformada senoidal. Como parte esencial de la respuesta de la pila se obtiene, en cada caso (fig. 2), la deformada espacial de la misma.

La segunda parte es de aplicación práctica del método propuesto. En primer lugar, se estudia la influencia de los diferentes parámetros (distribución de las armaduras a lo largo de la pila, espesor de la pared del cajón, volumen de acero, etc.) que intervienen en el comportamiento de las pilas esbeltas, tratando de «tomar el pulso» a estos elementos estructurales.

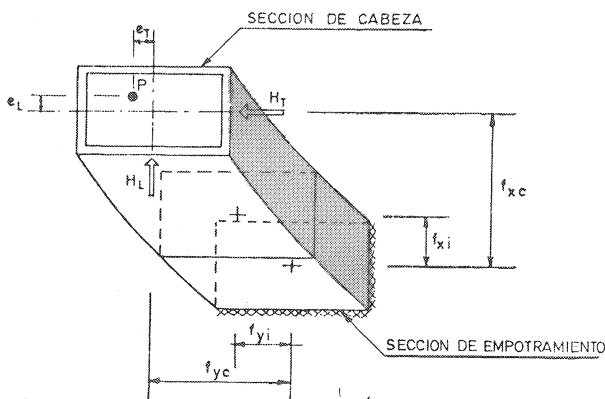


Fig. 2

A continuación se estudian las pilas altas de viaductos construidos por avance en voladizo, en las que, a causa de los desequilibrios inducidos por el procedimiento constructivo, aparece con toda su fuerza el problema resistente, planteándonos la problemática global de su proyecto, construcción y seguridad.

La Tesis incluye amplias consideraciones relativas a la seguridad del elemento en T, exento durante construcción y, sobre la base de la vigente Instrucción EH-80, especifica las diversas hipótesis de cálculo que, en dicha fase, deben contemplarse en un puente de este tipo (fig. 3). La importancia

de las solicitaciones derivadas de los esfuerzos desequilibrados que, según la Normativa vigente, deben considerarse, nos conduce a recomendar una revisión de los coeficientes de seguridad γ_f , en estrecha relación con el nivel de control de precisión geométrica de la obra.

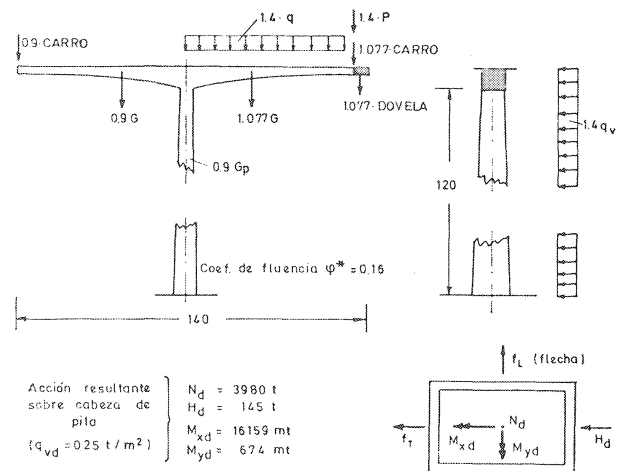


Fig. 3

Resultado importante de esta Tesis es la confirmación numérica de la pérdida de rigidez que la pila experimenta en uno de sus planos principales, cuando se ve solicitada por fuerzas contenidas en el otro. La figura 4 visualiza, a través de diagramas flecha longitudinal-presión de viento transversal, la respuesta de un diseño de pila de 100 m de altura y sección celular de geometría constante.

Con objeto de «barrer» adecuadamente el campo de luces óptimo del procedimiento constructivo de avance en voladizo, vanos de 60 a unos 150 m, se han elegido tres tipos de dintel, con luces principales de 140, 100 y 70 m, y, dentro de cada uno, tres pilas diferentes, de hasta 120 m, buscando cubrir, en mayor o menor medida, los diferentes casos posibles.

Verificando sucesivos diseños de geometría y armaduras, se ha llegado a lo que consideramos soluciones óptimas que, dentro del buen estilo arquitectónico de los puentes actuales, minimizan el gasto de materiales.

Los resultados de este estudio se presentan en forma tabulada, intentando que puedan servir de guía y orientación a los proyectistas en el diseño de este tipo de pilas, y ofreciendo criterios de

predimensionamiento (fig. 5) que permiten un primer encaje de las mismas.

La Tesis ocupa quinientas páginas mecanografiadas, con un total de 152 figuras, incluyendo amplia bibliografía sobre los temas a que hace referencia: piezas esbeltas y comprimidas de hormigón, y puentes construidos por avance en voladizo.

COMPORTAMIENTO DE LA PILA «C2» FRENTE AL VIENTO

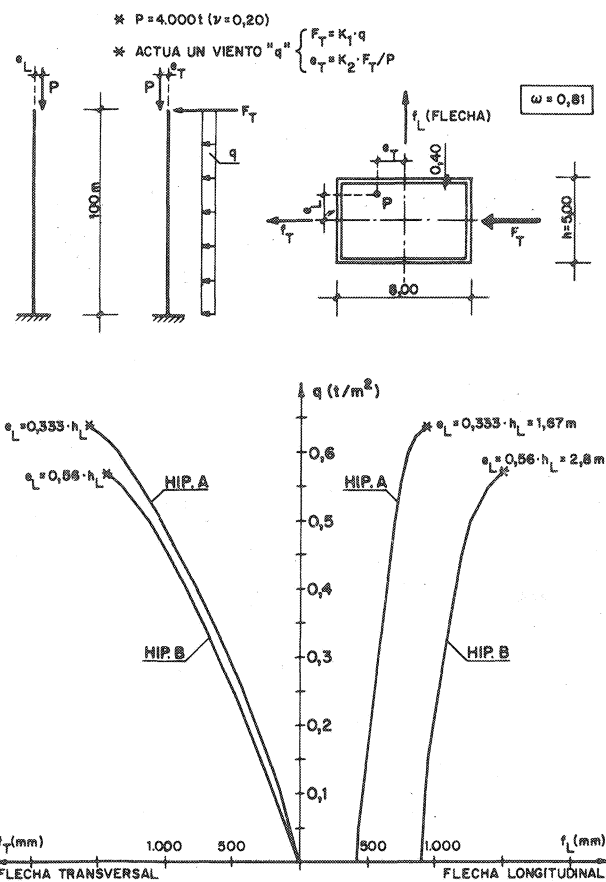
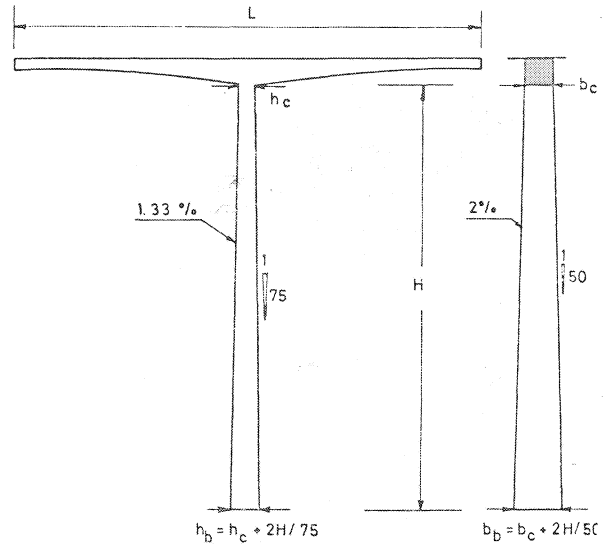


Fig. 4



SECCION DE CABEZA

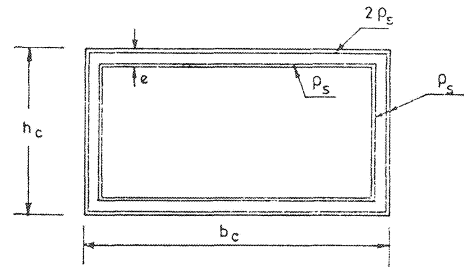


Fig. 5

CRITERIOS DE PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS PILAS ANALIZADAS

- $h_c = L/25$ a $L/30$
- $b_c =$ ancho de la sección cajón del dintel
- $h_c = L/25$ a $L/30$
- $b_c =$ ancho de la sección cajón del dintel
- $e =$ espesor de pared. Se determina de modo que, frente al máximo momento flector durante el proceso constructivo (caída de un carro de avance) se tenga

$$\mu = 0,20 \quad (\mu \cong M_d / A_c \cdot h_c \cdot f_{cd})$$

- $p_s =$ densidad de armadura ($cm^2/m.l.$). Se obtiene de modo que el caso de carga anterior, verifique el E.L.U. de agotamiento resistente.

- Taluzado de las caras de la pila

{	$h > 50$	{	$1/75$ en alzado longitudinal
			$1/50$ en alzado transversal
	$H \leq 50$		→ o (pila de sección constante)

Distribución de las armaduras a lo largo de la altura de la pila: A. constante o con variación lineal creciente hacia la base.

