

ESTUDIO DE DOS TIPOS DE PUENTES DE MADERA

UNO CON VIGA SOPANDA I OTRO CON TORNAPUNTA

POR

LEONARDO LIRA

(Continuacion)

Carga en la seccion 0.675 l₁

Este caso da:

$$M = 2740 \text{ kgr-mts}$$

Los trabajos máximos se producen en las secciones 0.675 l₁ i en el apoyo del medio.
Con una seccion resistente en la seccion 0.675 l₁ i vale:

$$R = \frac{210000}{4500} = 46.5 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en el apoyo, i vale:

$$R = \frac{274000}{40500} = 7 \text{ kg/cm}^2$$

Carga en la seccion 0.8 l₁

Para esta seccion resulta:

$$M = 1745 \text{ kgr-mts}$$

El trabajo máximo se produce en las secciones 0,675 l₁ i 0,8 l₁, i en el apoyo.

Con una seccion resistente en la seccion $0.675 l_1$, i vale:

$$R = \frac{125000}{4500} = 29 \text{ kg/cm}^2$$

Con dos secciones resistentes en la seccion $0.8 l_1$, i vale:

$$R = \frac{148508}{18000} = 8 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en el apoyo, i vale:

$$R = \frac{174500}{40500} = 4.3 \text{ kg/cm}^2$$

Carga en la seccion del M máx.

Para tener mas aproximadamente el M máx., he construido la curva de la figura 14, con los valores calculados, la que permite deducir con cierta aproximacion la situacion que debe darse a la carga para tener el M máx.

Se ve que el M máx. se producirá colocando la carga en la seccion $0.35 l_1$, i que valdrá aproximadamente 3150 kgr-mts.

Observacion. — Antes de pasar a considerar otros casos de solicitacion, creo conveniente consignar aquí dos observaciones practicadas por los señores Ernesto Rios i Julio de Ruyt, injenieros de la Inspeccion Jeneral de Puentes i Caminos, que vienen a robustecer los cálculos hechos en lo que se refiere a la reparticion de la carga por el entablado de resistencia. El señor Ernesto Rios me ha declarado que, al hacer la recepcion del puente «Colorado» sobre el rio Guayquillo en Curicó, midió las flechas de las vigas centrales producidas por el paso de una carreta de 6 T i pudo observar que ellas eran mas o ménos iguales. El señor Julio de Ruyt me dice, que ha hecho pasar una carreta de 6 T por el puente actual del Rehue en Angol (tipo Fink) ántes de estar concluido el puente i estando el entablado de resistencia sin clavar i sólo apretados los tirantes de las tres vigas centrales, i ha observado que los tirantes de las vigas laterales que estaban algo sueltos, sin dar la contraflecha, se apretaban al paso de la carreta.

Estas dos observaciones prueban que la reparticion de las cargas hecha por el entablado es considerable i especialmente, la del señor Rios, es una comprobacion práctica de la lei de reparticion indicada por el cálculo.

TRES TRAMOS

He calculado los momentos para la viga de la figura 2, estendida sobre 4 apoyos i con cargas en las secciones $0.325 l_1$ i $0.675 l_2$.

Procediendo como en los casos anteriores, se obtiene:

$$M = 1730 \text{ kg}$$

Los trabajos máximos se producen en las secciones $0.2 l_1$, $0.325 l_1$ i en los apoyos centrales.

Con una seccion resistente en la seccion $0.325 l_1$ i vale:

$$R = \frac{3388}{4500} = 75 \text{ kg/cm}^2$$

Con dos secciones resistentes en la seccion $0.2 l_1$ i vale:

$$R = \frac{2100}{180} = 11.7 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en los apoyos centrales i vale:

$$R = \frac{173000}{40500} = 4.3 \text{ kg/cm}^2$$

Para el objeto de este estudio, indicado en las primeras páginas, bastan los casos considerados.

DOS TRAMOS

Carga uniformemente repartida

He aplicado el teorema jeneral de tres momentos dividiendo la superficie de momentos en triángulos o trapecios que se acercan a la forma efectiva del lugar de momentos.

Operaciones análogas a las ejecutadas en los demas casos, me han conducido al valor de M .

$$M = 18800 \text{ kgr-mts}$$

Los trabajos máximos se producen en las secciones $0.28 l_1$, $0.325 l_1$ i en el apoyo.

Con una seccion resistente, en la seccion $0.325 l_1$ i vale:

$$R = \frac{372000}{4500} = 83.5 \text{ kg/cm}^2$$

Con dos secciones resistentes, en la seccion $0.28 l_1$, i vale:

$$R = \frac{380008}{18008} = 21 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes, en el apoyo i vale:

$$R = \frac{1880000}{40500} = 46.5 \text{ kg/cm}^2$$

Peso muerto

Este caso se deduce del anterior reduciendo los momentos proporcionalmente a las vigas. Los trabajos máximos se producen en las secciones $0.3 l_1$, $0.325 l_1$, i en el apoyo.

Con una seccion resistente en la seccion $0.325 l_1$, i vale:

$$R = \frac{180000}{4500} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

Con dos secciones resistentes en la seccion $0.3 l_1$, i vale:

$$R = \frac{182000}{18000} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en el apoyo, i vale:

$$R = \frac{875000}{40500} = 22 \text{ kg/cm}^2$$

TRES TRAMOS.

Peso muerto

Los trabajos máximos se producen en las secciones $0.325 l_1$, $0.355 l_1$, i en los apoyos reales.

Con dos secciones resistentes en la seccion $0.325 l_1$, i vale:

$$R = \frac{260000}{18000} = 14.5 \text{ kg/cm}^2$$

Con una seccion resistente en la seccion $0.355 l_1$, i vale:

$$R = \frac{260000}{4500} = 58 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en el apoyo, i vale:

$$R = \frac{612000}{40500} = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Carga uniformemente repartida

Se resuelve como queda indicado en el caso anterior.

Los trabajos máximos se producen en las secciones $0.36 l_1$ i en los apoyos centrales.

Con una seccion resistente en la seccion $0.36 l_1$, i vale:

$$R = \frac{560000}{4500} = 124 \text{ kg/cm}^2$$

Con tres secciones resistentes en los apoyos, i vale:

$$R = \frac{1315000}{40500} = 32.5 \text{ kg/cm}^2$$

Resúmen

De los cálculos espuestos se deduce que en la seccion peligrosa $0.325 l_1$, se producen los siguientes trabajos:

Con dos tramos

peso muerto 420 kg	$R = 40 \text{ kg/cm}^2$
carga unif. repartida 900 kg	$R = 83.5 \text{ kg/cm}^2$
carreta de T	$R = 70 \text{ kg/cm}^2$

Con tres tramos

peso muerto 420 kg	$R = 58 \text{ kg/cm}^2$
carga unif. repartida 900 kg	$R = 124 \text{ kg/cm}^2$
carreta de T	$R = 75 \text{ kg/cm}^2$

De modo que los trabajos máximos en esa seccion peligrosa al paso de la carreta serán:

con dos tramos $R=110 \text{ kg/cm}^2$

con tres tramos $R=133 \text{ kg/cm}^2$

Queda por consiguiente probado que no es posible salvar la luz de 10 m con la viga sopanda, en el caso de solicitacion por una carreta de 6 T o carga uniformemente repartida de 400 kg/m^2 de puente.

CAPITULO II

VIGA CON TORNAPUNTAS

Observacion.—No he hecho de este tipo un estudio tan detallado como del anterior, porque la práctica ha demostrado el mal resultado de las tornapuntas: debido en parte a las malas condiciones en que se obtiene la madera (imperfectamente seca) i en parte tambien a la imperfeccion de la obra de carpintería, las tornapuntas quedan sueltas al cabo de poco tiempo i no forman un elemento resistente del puente. La Direccion de Obras Públicas se ha visto obligada a rechazar este tipo por estas circunstancias.

Me he limitado a suponer en los depurados una pequeña reparticion de 500 kg hecha por el entablado i he calculado tres tipos todos con una sopanda: el primero con viga de 0.25×0.30 i tornapuntas de 0.25×0.25 a 2 m del cabezal; el segundo con viga de 0.30×0.30 i tornapuntas de 0.30×0.30 a 2.50 m del cabezal i el tercero con viga de 0.30×0.30 i tornapuntas de 0.30×0.30 a 2 m del cabezal.

Las fuerzas solicitantes son: una carga concentrada de 2 500 kg i una carga uniformemente repartida de 780 kg. El método de cálculo adoptado es el de las deformaciones empleado por el señor Otten con la sola modificacion de considerar una doble seccion resistente en toda la estension de la sopanda.

NOTA.—Para llegar a resultados bien concluyentes en los cálculos que siguen, se ha tomado como carga concentrada la de 1 800 kg, es decir una reparticion en las mejores condiciones i como carga uniformemente repartida la de 900 kg i peso muerto la de 420 kg que corresponden mas a la realidad. Por una simple proporcion entre las intensidades de las fuerzas, se deducen las flechas que figuran en los cálculos, de las que figuran en los depurados.

I

VIGA DE 0.25×0.30 CON TORNAPUNTAS DE 0.25×0.25 A 2.00

Carga concentrada de 1 800 kgs.—Adoptando las mismas notaciones del señor Otten, se tienen las ecuaciones:

$$P + Q \cos \alpha = 900 \text{ kg} \quad (1)$$

$$Q = E_1 \omega_1 f \frac{\cos \alpha}{s} \quad (2)$$

$$f = f_p - f_Q \cos \alpha \quad (3)$$

De los depurados (fig. 18 i 19) se deduce

$$f_Q \cos \alpha = 0,0015 Q \cos \alpha$$

i de la fig. 20 i 21 se deduce

$$f_p = 2,6 \text{ cms.}$$

Introduciendo los valores en la ecuacion (2), se tiene

$$Q = 100\,000 \cdot 625 \cdot \frac{26 - 0,0015 Q \cdot 0,707}{280} \cdot 0,707$$

de donde

$$Q = 2\,480 \text{ kg} \quad Q \cos \alpha = -1\,750 \text{ kg}$$

Introduciendo en (1), resulta

$$P + 2\,480 \cdot 0,707 = 900$$

$$P = 850 \text{ kg.}$$

Peso muerto. — Del depurado (fig. 22 i 23) se deduce de la flecha para la carga de 780 kg la para la carga de 420 kg.

$$f_p = 3,6 \text{ cms.}$$

Introduciendo en (2) se obtiene

$$Q = 100\,000 \cdot 625 \cdot \frac{3,6 - 0,0015 Q \cdot 0,707}{280} \cdot 0,707$$

de donde

$$Q = 3\,480 \text{ kg.} \quad Q \cos \alpha = -2\,460 \text{ kg.}$$

La relación (1) en este caso es:

$$P + 3\,480 \cdot 0,707 = 2\,100$$

$$P = 360 \text{ kg.}$$

Por consiguiente el momento a plomo de la fuerza será:

$$M = +1\,210 \cdot 5 - 4\,210 \cdot 3$$

$$= 6\,580 \text{ kgrm.}$$

Resulta la tasa de trabajo igual a

$$R = \frac{6\,580\,000}{3\,750} = 175 \text{ kg/cm}^2$$

II

VIGA DE $0,30 \times 0,30$ CON TORNAPUNTA DE $0,30 \times 0,30$ A 2,50 M

Cargas concentradas de 1 800 kgs.—De depurados análogos a los anteriores se deduce

$$f_{Q \cos \alpha} = 0,0018 \text{ cm. } R. = 0,0018 \text{ cm. } Q \cos \alpha.$$

$$f_P = 2,6 \text{ cms.}$$

Introduciendo en (2) se tiene:

$$Q = 100\,000 \cdot 900 \cdot \frac{2,6 - 0,0018 Q \cdot 0,707}{350} \cdot 0,707$$

de donde

$$Q = 2\,460 \text{ kg.} \quad Q \cos \alpha = -1\,440 \text{ kg.}$$

Introduciendo en (1) se tiene

$$P + 2\,460 \cdot 0,707 = 900$$

$$P = 540 \text{ kg.}$$

Peso muerto.—De depurados análogos a los anteriores se deduce:

$$f_P = 3,5 \text{ cms.}$$

Introduciendo en (2) se tiene:

$$Q = 100\,000 \cdot 900 \frac{3,5 - 0,0018 Q \cdot 0,707}{350} \cdot 0,707,$$

de donde

$$Q = 2\,800 \quad Q \cos \alpha = -1\,980,$$

Introduciendo en (1) se tiene:

$$P + 2\,800 \cdot 0,707 = 2\,100,$$

$$P = -120 \text{ kg.}$$

Por consiguiente el momento a plomo de la fuerza será

$$M = 420 \cdot 5 - 3\,420 \cdot 3$$

$$= 8\,160 \text{ kgrmts.}$$

Resulta un trabajo de

$$R = \frac{816\,000}{4\,500} = 180 \text{ kg/cm}^2$$

(Continuará).