

Refuerzos de puentes metálicos en los Ferrocarriles del Estado

(Conclusión)

CAPITULO X

Refuerzos tipo F

Este refuerzo consiste en colocar una cadena con tensión que por medio de tirantes trasmite esfuerzos hacia arriba a las vigas por reforzar; transforma el puente corriente en una especie de puente suspendido. La cadena, impropia-mente llamada así, es en realidad, una cinta metálica compuesta por varias suelas que tienen el ancho de la cabeza o menor que el de ella.

La tensión dada a la cadena se consigue por un sistema de contrapesos situados antes de los estribos. Los contrapesos, sus puntos de apoyo y sus anclajes van colocados en cámaras de concreto armado, en este caso una por cada contrapeso. A veces se coloca un solo contrapeso para las dos vigas como se hizo en el Cautín.

Esta última solución, que tiene la ventaja de exigir una cámara amplia fácil, de revisar, debe evitarse porque cualquier desperfecto en la cadena de una viga como ser la cortadura de un tirante, afecta a la otra y ha sucedido que la diferencia de tensiones ha hecho saltar al contrapeso de sus puntos de apoyo.

Se colocan contrapesos en los 2 estribos, es decir, la tensión la recibe la cadena en sus dos extremos; a veces como en el Cautín y Toltén se proyectan contrapesos en un extremo y en el otro anclajes que resisten el esfuerzo de tensión.

La cadena sigue una curva parabólica con una luz generalmente igual a la de los tramos por reforzar. En los apoyos intermedios van colocados montantes que forman marcos con apoyos con rótulas que les permite tomar la inclinación exigida por la dilatación de cadena producida por los cambios de temperatura. Las vigas quedan suspendidas de la cadena por barras de suspensión o tirantes, uno o dos a plomo de cada montante.

Como se vió anteriormente, a la cadena se le da una sección rectangular formada por suelas generalmente del ancho de las que hay en las cabezas; las barras de suspensión se proyectan de sección circular. Las uniones de las barras de suspensión a la viga y a la cadena deben permitir que puedan girar libremente, tanto en sentido longitudinal como transversal al puente. Esto se consigue por medio de piezas y sillan especiales que realizan una suspensión Cardan.

El dispositivo de estas uniones es uno de los puntos delicados de este tipo de refuerzo. Si por cualquier motivo estas barras no pueden girar, se producen momentos que desarrollan fuertes tensiones que han llegado hasta cortarlas en algunos casos.

En los puentes Maule y Ñuble se estudiaron cuidadosamente estos dispositivos que dieron buen resultado; pero como eran demasiado costosos, en los re-

fuerzos de los puentes Cautín y Toltén se estudiaron mecanismos más económicos y se exigió un acero de mayor resistencia para las barras de suspensión. Dió mal resultado; los tirantes se cortaron varias veces con grave peligro de que se hubiesen producido accidentes de grandes proporciones.

Al ensayar las barras cortadas se encontró que algunas no eran del material que se había exigido; pero por el estudio hecho se llegó a la conclusión de que aunque hubieran sido de este material siempre se habrían cortado. Hubo que modificar en las partes más peligrosas el sistema de suspensión.

La solución adoptada en el Maule y Ñuble de colocar contrapesos en los dos extremos de la cadena y separados para cada una es preferible a la de colocar contrapeso en un extremo y anclaje en el otro como se ha hecho en el Cautín y Toltén. Es peligroso también proyectar este refuerzo para puentes de vía superior en que las barras de suspensión quedan expuestas a los golpes del equipo mal entibado.

No es conveniente tampoco usar este sistema en la forma como se hizo en el Cautín. Este puente que está formado por un tramo de 60 metros, seis de 30 metros divididos en dos series continuas de tres tramos cada una y 3 tramos continuos de 60 metros cada tramo, se reforzó con cadena. Se le dió 60 m. de luz a la parábola para los tramos de 60 m. y 90 en los de 30 para tomar con cada parábola cada serie continua de 3 tramos. El esfuerzo producido en las barras de suspensión era superior al correspondiente al del peso propio en los tramos de 30 m., de tal manera que permanecían fijos los extremos de las vigas continuas en que iban los marcos de la terminación de la parábola, tendiendo a levantarse el resto de los tramos primero y tercero y totalmente el central. Hubo entonces que construir macizos de concreto en los tramos a plomo de los apoyos intermedios para equilibrar estos esfuerzos. Los macizos que se han agrietado con las vibraciones del puente dejan pasar el agua de las lluvias e impiden que se puedan pintar los travesaños que le sirven de límite sin poder determinar hasta qué punto la oxidación los ha debilitado.

Cuando se da una tensión que produce en las barras de suspensión esfuerzos resultantes hacia arriba, hay que estudiar cuidadosamente sus efectos, porque pueden ocurrir casos como el del Cautín, ya indicado, o el del Ñuble en que hubo que reforzar las diagonales que trabajaban a la tracción para que resistieran un esfuerzo de compresión aumentado por el peligro de flambaje.

Este tipo F tiene la ventaja de que su cálculo no es difícil y de que el refuerzo es fácil desmontarlo y deja las vigas en las mismas condiciones que antes, listas para reforzarlas en otra forma. Por desgracia, sus inconvenientes son mayores que sus ventajas. En primer lugar tiene el gravísimo inconveniente de que toda la eficacia del refuerzo depende de un mecanismo independiente del funcionamiento del puente que es el contrapeso. Si éste por cualquier motivo no funciona, el efecto del refuerzo no existe. Hay que exigir, entonces, una cuidadosa vigilancia que, prácticamente dada la psicología de nuestro personal no se puede mantener. Así ocurrió en el puente Ñuble en que al revisarlo se vió que la cadena de un lado no funcionaba debido a que el contrapeso de un extremo estaba atascado y el del otro tropezaba con la parte inferior. Al desarmarlos se pudo comprobar que sus desperfectos no eran recientes.

Las variaciones de la temperatura producen grandes cambios en la tensión debido a que varía la relación entre los brazos de la palanca del contrapeso lo que

debe vigilarse constantemente. Por estos motivos, no debe usarse el sistema F; en los puentes Cautín y Toltén fué un completo fracaso. La Empresa se ha visto obligada a estudiar la manera más económica de reemplazar este sistema por otro en todos los puentes en que se ha colocado.

Tampoco es económico, como lo vamos a ver. El costo del refuerzo se compone de dos partes: a) Cadena, barras de suspensión y marcos a plomo de los apoyos o mejor dicho todo el material que se encuentra dentro de la zona de los tramos por reforzar.

b) Contrapesos, anclajes, cámaras, etc.; es decir, la parte que está en la zona de los estribos.

El peso por m. c. de a) depende sólo de la luz de los tramos por reforzar y su peso total de la longitud del puente. En cambio, el peso por m. c. de b) depende de la longitud del puente. Es constante para una luz y varía según el número de tramos. El peso total varía según la luz y es constante para cualquier longitud de puente.

Como los diferentes precios del fierro, concreto, piezas fundidas, etc., han variado tanto con el tiempo y lo mismo la relación que ha habido entre ellos, vamos a reducir en cada caso con los precios correspondientes todo el costo del refuerzo al costo por Kg. de refuerzo metálico, así prescindiremos de precios y compararemos solamente pesos por m. c.

Los refuerzos más costosos, que son los del tipo E, exigen 1.000 Kgs./m. c. como máximo. Tomaremos esta cifra como límite para los refuerzos F.

En un puente de tramos de 60 m. el peso b) por m. c. es 132% mayor que el a) para un tramo; en cambio para 10 tramos es 74% menor. En uno de 50 m. b) es 130% mayor que a) por tramo y para 10 tramos 77% veces menor.

Se puede llegar a la conclusión que para obtener un peso de cerca de 1000 Kgs./m. c. el puente debe tener como minimum 8 tramos; con este número se tiene que b) es un 33% de a). Con menos de 8 tramos el sistema es completamente antieconómico.

Para los puentes Cautín y Toltén en que se simplificó el sistema en lo posible, se tiene como peso por m. c.:

Cautín.....	1071 Kgs./m. c.
Toltén.....	988 Kgs./m. c.
Término medio.....	1030 Kgs./m. c.

Para estas luces los pesos de los refuerzos serían:

Refuerzo tipo D.....	694 Kgs./m. c.
Refuerzo tipo E.....	820 Kgs./m. c.

Se ve que es 48% más caro que el tipo D y 25% más que el E que es uno de los menos económicos.

El refuerzo tipo F no debe usarse en ninguna forma; no es económico y tiene graves defectos. Puede justificarse solamente como un refuerzo provisional en un caso de absoluta necesidad.

Refuerzos tipo G.

Este sistema de refuerzo es sólo en realidad una variante del tipo F. La tensión dada por el contrapeso en el refuerzo anterior se consigue en éste haciendo actuar sobre la cadena la reacción producida por el peso propio de los tramos extremos del puente.

La gran ventaja de este tipo sobre el anterior está en la supresión del contrapeso y anclajes. Habíamos visto que tenía el inconveniente de que la efectividad del refuerzo dependía de un mecanismo fácil de entorpecer, pero tenía la ventaja de que daba una tensión conocida fácil de controlar en las variaciones producidas por los cambios de temperatura. En cambio el tipo G tiene el defecto de que no hay exactitud en el valor de la tensión dada.

Los perfiles empleados para la cadena, barras de suspensión y demás dispositivos son análogos al caso anterior.

Este sistema de refuerzo sólo se ha empleado una vez; con él fué reforzado el puente Bío-Bío que se compone de 10 tramos metálicos de 50 m. de luz de vía superior. Los tramos se unieron en su cabeza inferior y se cambiaron los apoyos fijos, menos uno, por móviles. Como el puente es angosto, 3,00 m. de ancho, la cadena se colocó exteriormente a las vigas. Las barras de suspensión transmiten su esfuerzo por medio de travesaños colocados debajo de las vigas a plomo de los montantes.

El peso del refuerzo de las vigas fué de 1000 Kgs./m. c., es decir, 5,4% más económico que el tipo F y por lo tanto tiene un recargo de 44 y 22% sobre los tipos D y E respectivamente.

Además de ser un refuerzo caro, que no es económico, tiene dos defectos:

- 1.º) No hay seguridad sobre el monto de la tensión dada.
- 2.º) La unión de los tramos transforma el puente en otro de vigas continuas de gran longitud total, lo que es un inconveniente por la dilatación debida a la temperatura.

En el caso del Bío-Bío la viga continua tiene 500 m. de longitud en total.

Se ve que es un sistema que no debe aceptarse sino sólo ante la absoluta necesidad de refuerzo y ante la imposibilidad de aplicar otro sistema.
