

INSPECCIÓN DE LAS SOLDADURAS DE UN PUENTE DE ACERO

Ernesto GOMEZ *

RESUMEN

Se informa sobre la inspección del procedimiento de ejecución y de la calidad de las uniones soldadas de un puente ferroviario de acero.

Además, se presentan comentarios y conclusiones respecto a la importancia de las diversas disposiciones de la norma aplicada para la inspección.

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE

La Compañía Chilena de Electricidad hizo construir un puente ferroviario sobre el Mapocho para su Planta Termoeléctrica de Renca, el cual se proyectó y ejecutó en la Maestranza Ward, Latham y Cía.

La solución adoptada consistió en una estructura soldada formada por dos vigas metálicas doble T, continuas de tres tramos, de 30,400 m de luz cada uno.

Las vigas tenían alma de 2400 mm de altura, formada por dos planchas de 16 mm de espesor y 1200 mm de altura cada una, unidas longitudinalmente con soldadura de tope con bisel en V doble; y alas de 400 mm de ancho y

* Ingeniero Civil, Jefe Depto. Ensayos del IDIEM. Profesor de Materiales de Construcción de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.



FIG. 1. Vista del puente terminado.

28 mm de espesor unidas al alma con soldadura de filete con bisel. En algunos sectores las alas estaban reforzadas con platabandas de igual espesor.

En las vigas incidían travesaños doble T, con alma de 650 mm de altura y 12 mm de espesor y alas de 300 mm de ancho y 30 mm de espesor, colocados a 3,750 m de distancia entre sí.

Las longuerinas estaban constituidas por perfiles doble T con alma de 50 mm de altura y 12 mm de espesor y alas de 250 mm de ancho y 15 mm de espesor.

Se consultaban en el proyecto los correspondientes detalles de atiesamiento y arriostramiento.

La ejecución se llevó a cabo en taller, en secciones que se trasladaron al sitio de colocación donde se unieron entre sí con uniones de remaches.

Atendiendo a la importancia de la obra, la Compañía Chilena de Electricidad estimó que era necesario hacer una inspección especial de las soldaduras y solicitó a IDIEM que la llevara a cabo, aprovechando la experiencia que este Instituto tiene en trabajos de esta índole.

Hay que tener presente que sólo en el caso de hacer una inspección radiográfica 100% se puede tener un conocimiento completo del estado de las soldaduras. Sin embargo, se ha llegado a reconocer que, en ciertos

casos, es suficiente radiografiar un determinado porcentaje de las soldaduras y vigilar el procedimiento de soldar.

En algunas soldaduras, como las de filete, por ejemplo, las radiografías no son de interpretación fácil ni segura y entonces se suple esa inspección por un control y vigilancia cuidadosos de cada etapa de las operaciones de soldadura, exigiendo que se haga conforme a las prácticas recomendadas por alguna norma a la cual se le reconozca autoridad.

En tales condiciones, se ha llegado a comprobar que se obtienen soldaduras de buena calidad.

METODO DE INSPECCION

Antes de iniciar las faenas se discutieron ampliamente, entre las tres partes que intervenían, las modalidades y el alcance de la inspección y los requisitos y condiciones que se exigirían a las uniones soldadas.

Cómo resultado de las conversaciones previas, se aceptó adoptar como norma de aceptación de las uniones soldadas el Standard for Welded Highway and Railway Bridges de la American Welding Society, cuyas exigencias derivan de una larga experiencia y dan garantías razonables de obtener buenas soldaduras.

Conforme a las normas citadas se estableció un programa de inspección que consultaba las siguientes etapas:

Clasificación de soldadores para soldadura manual, en uniones de tope con bisel y en uniones de filete.

Clasificación de soldadura automática, tanto en lo que se refiere a los detalles del procedimiento de soldar, como a los electrodos y a los operadores.

Verificación de dimensiones y detalles de las uniones de las planchas, de la alineación, fijación de las piezas entre sí y ajuste entre piezas.

Verificación de las condiciones de superficie de las planchas, en cuanto a humedad, limpieza, eliminación de escamas y óxidos.

Verificación del tipo y diámetro de los electrodos, ajuste de la máquina de soldar, posición de soldar y condiciones de temperatura y protección de las lluvias y corrientes de aire.

Inspección con Rayos X de todas las uniones de tope con bisel entre trozos de ala y de algunos puntos de la unión longitudinal entre planchas del alma. Inspección visual de cada cordón de soldadura ejecutado, para constatar la eliminación de escorias, señalar los defectos y comprobar las reparaciones y enmiendas posteriores.

El Standard elegido no fija el procedimiento para calificar las soldaduras inspeccionadas radiográficamente: por esto se eligió como patrón de referencia el álbum del International Institute of Welding, I.I.W., que está formado por radiografías típicas de soldaduras, agrupadas según la importancia de los defectos. Previamente se acordó cuáles eran los grupos que se considerarían aceptables.

Los inspectores de IDIEM estuvieron presentes en cada una de las etapas de la construcción, constatando los detalles de las uniones soldadas en la forma establecida en el programa.

La aceptación de las soldaduras de filete se hizo por inspección visual y comprobación del procedimiento de soldar, porque ellas no se pueden radiografiar con éxito. En cambio, las soldaduras de tope de las alas se calificaron por examen radiográfico; lo mismo se hizo con las soldaduras de tope de almas.

En total, se tomaron 24 radiografías de las soldaduras de las alas y 64 radiografías de las soldaduras de las almas. La técnica radiográfica se ajustó a la norma DIN 1914. La interpretación se hizo por comparación con las reproducciones del álbum I.I.W.

En las primeras radiografías tomadas a las soldaduras del alma se encontraron defectos de falta de penetración, que se corrigieron colocando cubrejuntas sobre las uniones defectuosas y además, para prevenir nuevos defectos, se introdujeron modificaciones en los biseles y separaciones para obtener más penetración. Como resultado de estos cambios, todas las otras soldaduras de este tipo resultaron buenas.

COMENTARIOS

Durante la inspección fué posible analizar con espíritu crítico el alcance y la importancia de cada una de las exigencias de la norma.

Se llegó a la conclusión de que, aunque algunas de las disposiciones de la norma dan una primera impresión de ser superfluas, todas ellas deben respetarse porque contribuyen a obtener el resultado perseguido.

Cada vez que se descuidaba alguna de las exigencias, aparecían defectos en las soldaduras que luego había que reparar y corregir.

Pero hay disposiciones que pueden considerarse como fundamentales y de primera importancia, porque su incumplimiento da origen a defectos o inconvenientes muy difíciles de resolver.

Hay que mencionar en primer lugar, la aptitud de los soldadores manuales u operadores de máquinas automáticas y el buen estado de las máquinas de soldar y de las instalaciones eléctricas. Las experiencias recogidas a lo largo de mucho tiempo han demostrado que ambas son condiciones sine qua non para obtener buenas soldaduras. Por esto, la calificación de los soldadores es el paso inicial de cualquier inspección, y ella involucra también la prueba del equipo de soldar.

En nuestro caso se trataba de una obra soldada en taller, de manera que en ella, como es usual, se hizo aplicación de una serie de dispositivos para variar la posición de las piezas que se iban a unir, con la finalidad de que todas las soldaduras se ejecutaran en posición plana u horizontal. Estas son las posiciones de soldar más sencillas, y la calificación de los soldadores consiste en la ejecución de soldaduras en esas mismas posiciones y su ensayo a la dobladura guiada. Todos los operarios que se presentaron a la prueba resultaron aprobados. No se exige, en la norma de la AWS, una calificación teórica de los soldadores, como sucede en otras normas, entre ellas el proyecto INDITECNOR 34-80. Se observó durante esta inspección que sería muy conveniente que los soldadores tuvieran conocimiento de los fundamentos teóricos de la soldadura, porque sólo en ese caso estarían preparados para adaptar sus condiciones de trabajo a las pequeñas variaciones eventuales que se producen en la faena, o para interrumpir la operación cuando esas variaciones son muy grandes, sin tener que esperar instrucciones del personal superior que pueden llegar a veces después de haberse ejecutado longitudes importantes de soldaduras defectuosas. En el caso del puente de Renca era la inspección de IDIEM la que impartía las instrucciones técnicas a los soldadores: la falta de conocimientos de éstos hacía que aumentara la frecuencia de los defectos en los intervalos de ausencia de los inspectores.

La importancia del estado del equipo y de las instalaciones eléctricas, se hizo sentir en forma muy clara. En efecto, por recargo de consumos en el sector se producían, al comienzo, caídas de tensión tan grandes que era imposible lograr buenas soldaduras. Hubo que interrumpir la faena hasta que se colocó un nuevo empalme y además hacer las soldaduras durante la noche. Esta solución era la mejor que se podía lograr en las circunstancias reinantes en la obra; pero no es una buena solución, porque el trabajo nocturno tiene varias consecuencias desfavorables. El rendimiento, la vigilancia y el cuidado en la obra son inferiores que en los trabajos durante el día; por otra parte las temperaturas pueden ser bajas (lo fueron

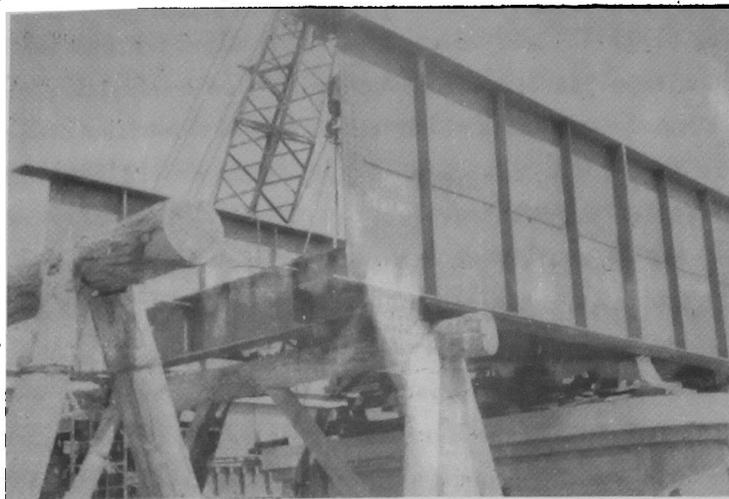


FIG. 2. Vista de un tramo del puente durante el montaje.

a menudo durante la faena) agravando más los aspectos citados anteriormente y haciendo más agudas las condiciones de enfriamiento de las soldaduras.

La solución efectiva del problema es tener equipo de estabilización de voltaje con los correspondientes instrumentos de medida de intensidad y tensión, que permitan visualizar las variaciones que se producen.

Otro punto de gran importancia es la organización del trabajo, en el sentido de que exista un programa que fije con bastante precisión el avance y la sucesión de las diversas etapas de la obra. Este aspecto es la clave para la actuación sincronizada de la inspección y para que ella pueda programar también sus funciones en forma anticipada. En la obra que comentamos, éste fué uno de los puntos débiles; por no existir un programa bien delineado, el costo de inspección se recargó bastante.

Sobre este mismo punto vale decir que al programar hay que considerar a la inspección como proceso integrante de la fabricación.

El último punto cuya importancia hay que destacar es que las atribuciones de la inspección deben ser bien definidas y que deben establecerse explícitamente los casos en que ella pueda aprobar rechazar y ordenar reparaciones, sin apelación. Durante la ejecución del Puente de Renca, en ciertas oportunidades se suscitaron discusiones sobre este punto, porque la situación no estaba suficientemente clarada; se comprende que esto, en el mejor de los casos, da origen a confusiones y molestias, que es preferible evitar por anticipado; y en otras circunstancias podría anular

la eficacia de la inspección.

A pesar de la serie de inconvenientes que se han mencionado, se puede afirmar que las soldaduras principales de la estructura inspeccionada están conforme a la norma AWS y no tienen defectos. Se puede deducir también, que cualquier estructura soldada que se inspeccione y controle estrictamente, sea que se fabrique en taller o en terreno, merece tanta confianza en su seguridad como una estructura remachada igualmente controlada. Se comprende que en el caso de ejecución en terreno las precauciones deben ser mucho mayores y no se puede admitir ninguna desviación con respecto a la norma.

INSPECTION OF THE WELDINGS FOR A BRIDGE

SUMMARY

A report is made on the inspection of the welding procedure and quality of welded joints for a steel railway bridge.

Some comments and conclusions are drawn about the standards on which the inspection was based.