

# **CAPITULO 4**

# **EXPERIMENTACIÓN**

# 4.1 Ensayos de piezas de enlace

Intento 1 :

- Consiste en un tubo cuadrado de 75 mm \* 4 mm de espesor, sellado en los extremos con aros para el paso del torón de  $\phi = 1/2''$ . Para unirlos se usó soldadura 118/11. (alta resistencia)

## 4.1 Ensayos de piezas de enlace

- Pega de la platina de carbono sobre una de las caras del tubo cuadrado
- El torón pasa a través de los aros (soldados al tubo).
- Posteriormente es tensado por un gato, el cual se apoya en una viga para ejercer la acción de tensión.

# 4.1 Ensayos de piezas de enlace

## Intento 2 :

- Consiste en una platina de acero A37 de ancho 75 cm,  $e=12$  mm y 60 cm de longitud, con un pasador o agujero (bordes suavizados), de 15 mm a 5 cm. de uno de sus extremos, por el cual circulará el torón de  $\phi = 1/2$  “

# 4.1 Ensayos de piezas de enlace

- Pega de la platina de carbono sobre una de las caras de la platina (50 cm lineales)  
Se procede luego igual que el intento 1.
- La ventaja de este sistema respecto al anterior es que los esfuerzos pasan por una sola línea de acción lo que los hace trabajar únicamente a tensión y no se producen combinación de esfuerzos.



# ENSAYO DE PRUEBA DE TENSIÓN DE PIEZA DE ENLACE

## TUBO CUADRADO:

- EN ESTE SISTEMA LOS ESFUERZOS NO SE PROVOCAN EN UNA MISMA LÍNEA DE ACCIÓN, LO QUE LLEVA A PRESENTARSE COMBINACIÓN DE ESFUERZOS DIFÍCILES DE CUANTIFICAR.

# **ENSAYO DE PRUEBA DE TENSIÓN DE PIEZA DE ENLACE**

- **EN LOS ENSAYOS ANTES DESCRITOS, ESPECIALMENTE EN EL SEGUNDO, HUBO LA PRESENCIA DEL RESBALAMIENTO DEL CABLE CON RESPECTO A LAS MORDAZAS, LO CUAL OBLIGA A QUE SE PRUEBE EN ESCALA REAL.**

## 4.3 Resultados de pruebas de tensión

- **A: Sin usar el torón:** La carga de rotura obtenida en los aros de acero fue de 9100 Kg, mientras que las tapas junto con el tubo no fueron afectados.
- **B: Usando el torón:** Se llegó a los 2000 Kg., donde por no existir mayor adherencia con las mordazas de la prensa, el torón resbala.



## 4.4 Procedimiento de ensayo:

1. Se escoge un elemento tipo de hormigón, preferentemente con deflexión (flecha) o con contraflecha no muy excesiva.



**Foto 4.1 Selección de Elementos a Ensayar**



**Foto 4.2. Especímenes de Ensayo**

## 4.4 Procedimiento de ensayo:

2. Determinación de la flecha o contraflecha inicial, para lo cual se utiliza un deformímetro de precisión como se muestra en el siguiente esquema .





**Foto 4.3. Deformímetro (Sensibilidad = 0.001" )**

# Procedimiento de ensayo:

3. De ser evidente una contraflecha en el elemento prueba, se procede a cargar la viga, simulando cargas reales uniformemente distribuidas.



**Foto 4.4 Inicio de Recarga en Especímenes**



**Foto 4.5 Vigas Cargadas.**





**4. Escarificación de la superficie de la viga.**



## **5. Limpieza de Platina Metálica.**

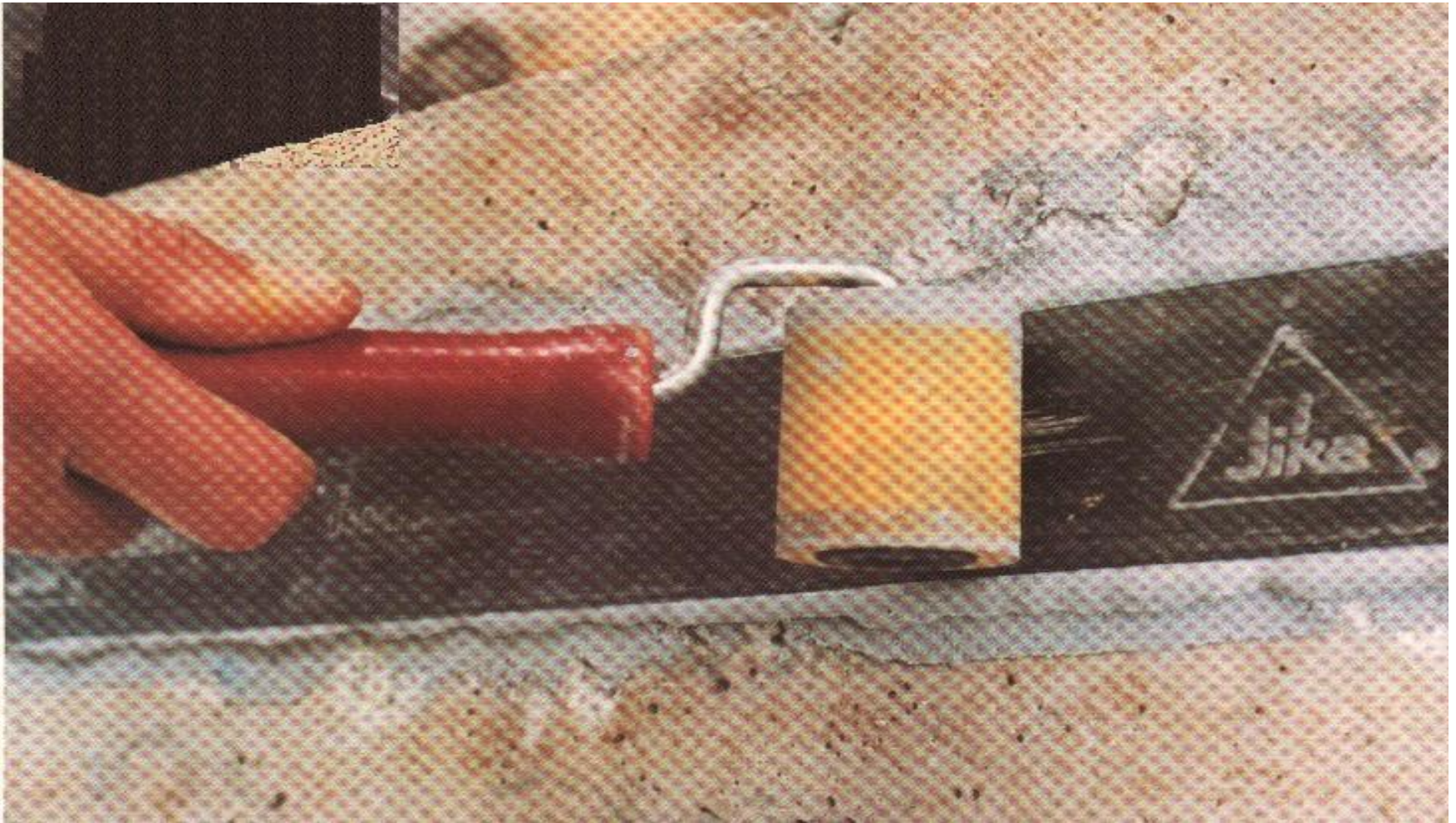


**6. Limpieza de la superficie de la platina de carbono CFRP.**



**7. Mezcla del componente A y el componente B del adhesivo Sikadur-30.**





**8. El procedimiento de pegado platina carbono-platina metálica se debe realizar por lo menos 24 horas antes de proceder al tensado.**



**9. Se coloca el elemento a ser tensado (platina metálica – platina carbono) en el banco de pretensado.**



# Procedimiento de ensayo:

- 10. Se procede a instalar el torón a través de la platina metálica con un dobles de 90 y sujeto con una cuña.**
- 11. Se limpia la superficie de la platina de carbono a ser adherida a la viga.**



**Sistema torón, Platina Metálica, Platina de Carbono.**





**12. Se da una carga inicial con el gato hidráulico al sistema para dejarlo en la línea de acción.**

# Procedimiento de ensayo:

13. Restricción de la rotación del elemento en el momento de la aplicación de la carga.

14. Se procede a la aplicación de carga con una velocidad constante de 2.2 KN /seg.



**Foto 4.14. Elemento que restringe  
Movimiento Torsional.**

# Procedimiento de ensayo:

15. Suspensión de la aplicación de carga en 6 Ton, de acuerdo al cálculo de esfuerzos realizados.

16. Mezcla de el componente A y el componente B del adhesivo Sikadur-30 y pega de la platina de carbono a la viga prueba.



# Procedimiento de ensayo:

17. Colocación la viga prueba sobre la platina CFRP (por efectos de ensayo), a través de una grúa, pluma o montacargas; y pega de ambos a través del adhesivo Sikadur-30.

18. Se espera un tiempo prudencial de 24 horas aproximadamente hasta que el adhesivo fragüe.

# Procedimiento de ensayo:

19. Disminución gradual de la tensión en el cable, para evitar el regreso descontrolado del cable.

20. Registro de la deflexión al momento de transferencia de esfuerzos y en los días posteriores. (Gráfica 4.3)

## 4.5 Resultados – ensayo con CFRP

En base a los cálculos realizados y de acuerdo a los requerimientos de las vigas, estos elementos podían soportar :

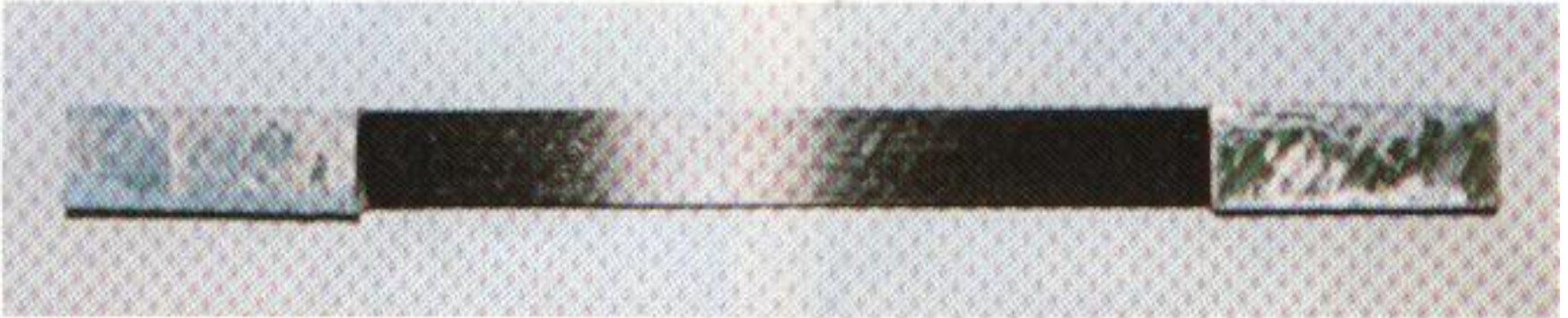
- Tensado del sistema hasta 6 Tons.
- Sin embargo, falló a los 4.5 Tons
- Se observan 2 tipos de falla:
  - Delaminación del CFRP (falla de adherencia).
  - Falla de tensión.



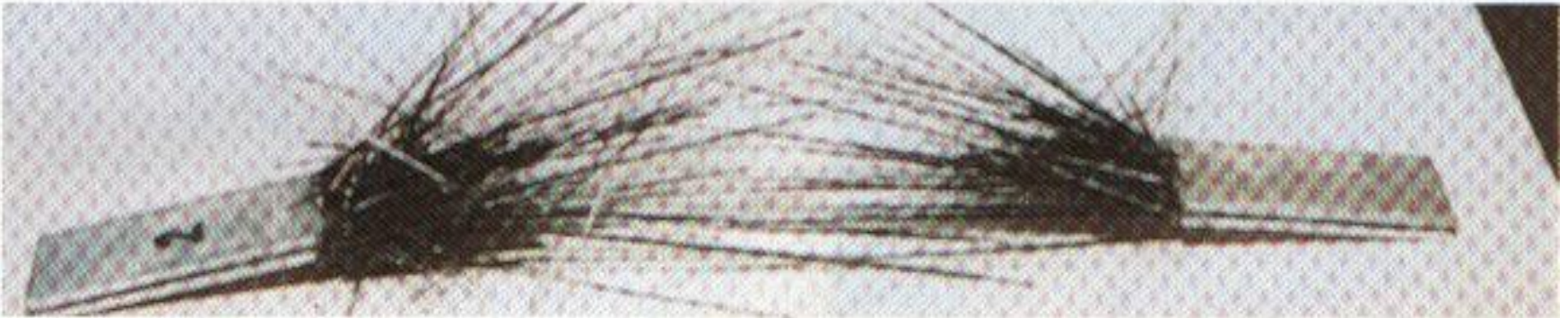


**Foto 4.15. Falla Tipo a Tensión Ensayo  
Proyecto**





*Probeta de ensayo Lámina Sika CarboDur.*



*Probeta después de carga a la rotura.*

## Foto 4.16. Falla Tipo a Tensión Ensayo Sika

# Resultados – ensayo con CFRP

- Las causas de la falla fueron:
  - a) Exceso de esfuerzos en el epóxico: (Adherencia)
  - b) Corte longitudinal en el CFRP, debido a desigualdad de esfuerzos : (Tensión).



# Resultados – ensayo con CFRP

- La posibilidad de recuperar flechas en elementos de hormigón con CFRP se demuestra a continuación:

De acuerdo a lo realizado y hallado:

- Fuerza de tensado  $P = 6000 \text{ Kg.}$
- Excentricidad  $e = 16.1 \text{ cm.}$
- Longitud de la viga  $L = 720 \text{ cm.}$

$$M = P * e = \frac{w_{eq} * l^2}{8}$$

$$w_{eq} = \frac{8 * 6000 * 16.1}{720^2} = 1.49 \text{ Kg / cm}$$

$$\Delta = \frac{5 * 1.49 * 720^4}{384 * 309451.91 * 31287.075} = 0.539 \text{ cm}$$



# Resultados – ensayo con CFRP

- La carga equivalente a la fuerza horizontal de tensado produce esfuerzos de tensión y compresión en el elemento.
- Comparando con la deflexión máxima teórica (1.97 cm) se tiene un 27 % de recuperación de flecha.

# Resultados – ensayo con CFRP

- Es posible llegar a valores mayores de recuperación de deflexión, si se utilizan factores más liberales en el análisis de esfuerzos.
- Una opción válida es utilizar el método de resistencia última, con el cual se podría llegar a valores incluso del 50%.