

Estudio del comportamiento de cables amarrados con prensacables

Caori Takeuchi*

Study of the behavior of tied cables with clips

RESUMEN

Hay numerosas estructuras con cables, tales como puentes colgantes y torres con riendas. Para amarrar dichos cables es común el uso de prensacables en sus extremos. En este artículo se muestran los resultados de una investigación, realizada en el Departamento de Ingeniería Civil, sobre el comportamiento de cables amarrados con prensacables disponibles en el mercado nacional, dependiendo de la cantidad de prensacables colocada en cada extremo del cable y la forma de colocación. También se presenta el comportamiento de prensacables reutilizados.

PALABRAS CLAVES:

prensacable, cable, carga de rotura.

ABSTRACT

There are a great quantity of structures with cables, such as hanging bridges and towers with cables. To tie this cables it is common to use clips in their ends. In this paper, appear the results of one investigation carried out in the Department of Civil Engineering, about the behavior of cables tied with available clips in the domestic market, depending on the quantity of clips placed in each end of the cable and the placement form. Also the behavior of clips used more than one time is presented here.

KEYWORDS:

clip, cable, maxim load.

* Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia.

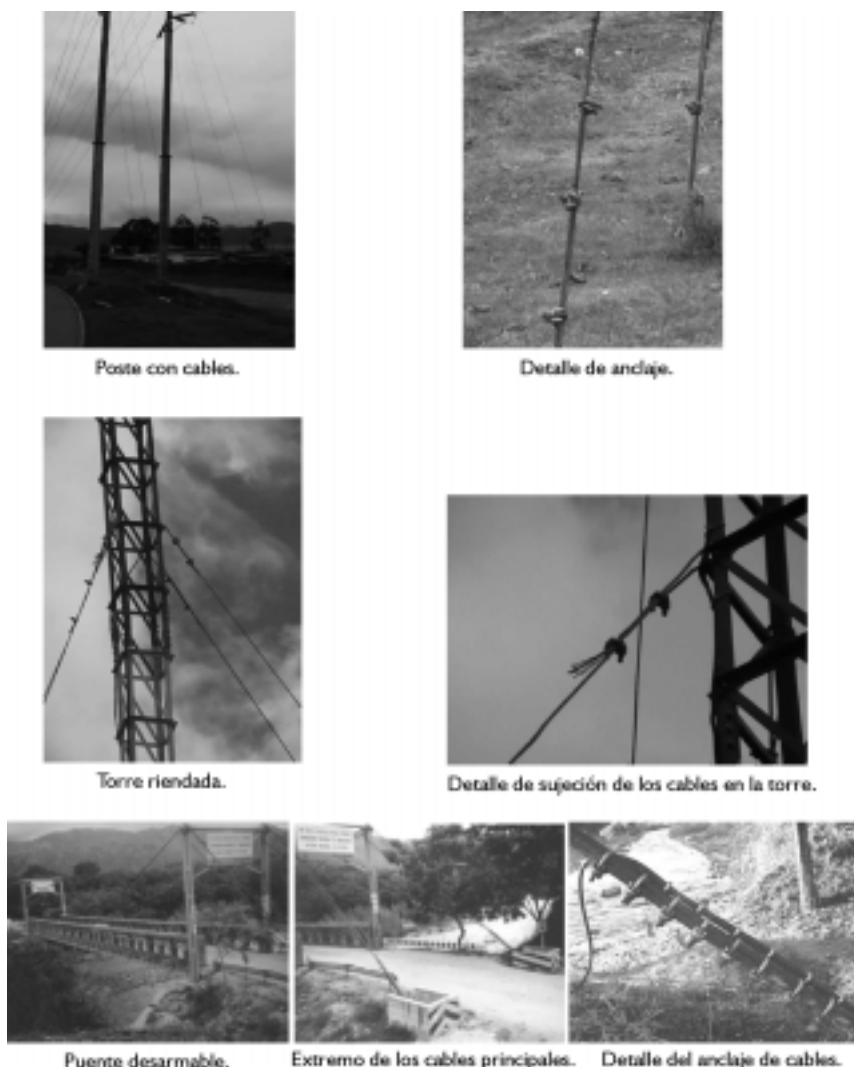


Figura 1. Estructuras con cables.

ANTECEDENTES

El uso de cables amarrados con prensacables es común en muchas estructuras, como por ejemplo torres con riendas, puentes colgantes, postes con cables, carpas y otros (figura 1). Estos cables sirven para estabilizar la estructura y disminuir los esfuerzos actuantes en los elementos. El tema de los prensacables se empezó a analizar en la Universidad Nacional de Colombia después de que se realizó un estudio para determinar las causas del colapso de una torre con riendas, utilizada para soporte de antenas. En esta estructura, los cables que garantizaban la estabilidad de la torre estaban sujetos en sus extremos con prensacables y luego de la falla se observó que se había

presentado deslizamiento de estos últimos.

Adicionalmente, en ese momento la Universidad Nacional estaba realizando varios estudios sobre puentes metálicos desarmables de paso a través intermedio, mediante los cuales concluyó que los esfuerzos en la estructura disminuían al colgar los puentes. Debido a la importancia de los cables en el comportamiento de este tipo de puentes se llevó a cabo una investigación, con el apoyo de la División de Investigación de la Universidad Nacional, sede Bogotá, sobre prensacables.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Los prensacables son sistemas de sujeción para cables, formados por dos piezas: una varilla en forma de “U” roscada en sus extremos, que se inserta en la otra pieza, el prensacable en sí, a través

de dos perforaciones. Posteriormente se ponen tuercas en los extremos roscados de la varilla y se aprietan hasta lograr un determinado torque. Mediante esta última operación, el cable queda prensado entre los dos elementos. (figura 2).

Dependiendo del tamaño del prensacable se dan recomendaciones sobre el número de prensacables que se deben utilizar, la distancia entre prensacables, la longitud de cable que hay que doblar y el torque que se tiene que aplicar. Adicionalmente se recomienda la forma como deben colocarse (figura 2).

Como en la práctica muchas veces no se siguen estas recomendaciones, se realizaron ensayos en los que se variaban el número de prensacables y su forma de



A. Prensacables



B. Cable con posición de colocación correcta

Figura 2. Prensacables y colocación.

colocación; por último, considerando que muchas veces son reutilizados (por ejemplo, para el montaje de puentes provisionales desarmables), se hicieron ensayos usando varias veces los mismos prensacables.

En la investigación, que se desarrolló en tres etapas, se emplearon prensacables nacionales, elaborados con acero fundido (de dos fábricas diferentes) e importados (de una fábrica), elaborados con acero forjado.

En la primera etapa se realizaron ensayos para cable de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ", variando la cantidad de prensacables. Se hicieron ensayos hasta la rotura utilizando cable de $6 \cdot 19$ (resistencia a la rotura del cable: 11.000 kg para el cable de $\frac{1}{2}$ " y 24.200 kg para el cable de $\frac{3}{4}$ ").

En la segunda etapa se hicieron ensayos utilizando tres formas diferentes de colocación (figura 3) de prensacables, para cables de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y $\frac{7}{8}$ ". Se hicieron ensayos hasta la rotura utilizando cable de $6 \cdot 26$ (resistencia a la rotura del cable: 10.400 kg para el cable de

$\frac{1}{2}$ ", 23.200 kg para el cable de $\frac{3}{4}$ " y 36.100 kg para el cable de $\frac{7}{8}$ ").

En la tercera etapa se realizaron ensayos utilizando los prensacables varias veces. Se hicieron ensayos con cable de $\frac{1}{2}$ " de $6 \cdot 19$, llevando los cables hasta la rotura (primera y segunda series); se realizaron también ensayos de carga y descarga (tercera serie), e igualmente ensayos con carga dinámica (cuarta serie).

RESULTADOS

Ensayos de la primera etapa¹

Al colocar cuatro prensacables en cada extremo de las probetas con cable de $\frac{3}{4}$ " y tres para cable de $\frac{1}{2}$ ", las probetas fallaron por rotura del cable a una carga pro-

1. Ana Patricia Garzón y Gustavo Barreto, "Estudio de sistemas de amarre de cables".



A. Ensayo con prensacables colocados en la posición correcta



Colocación alternada



Tuercas del lado de la punta muerta del cable

B. Ensayo con prensacables colocados en posición incorrecta.

Figura 3. Ensayos en los que se varía la posición de los prensacables.

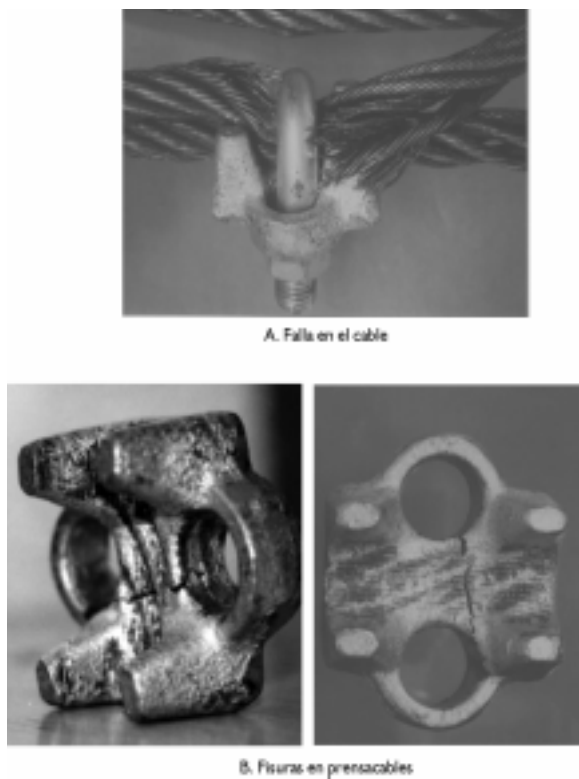


Figura 4. Falla en prensacables y cable.

medio de 20.900 kg para cable de $\frac{3}{4}$ " y 11.240 kg para cable de $\frac{1}{2}$ " .

Al colocar tres prensacables en cada extremo de probetas con cable de $\frac{3}{4}$ " , se presenta deslizamiento con una carga 10% inferior a la carga promedio de rotura cuando se ponen cuatro prensacables, y se obtiene un resultado promedio de 19.000 kg; si se utilizan dos prensacables, la carga de deslizamiento es de 18.100 kg, y si se usa sólo un prensacable la carga de deslizamiento es de 8.000 kg.

Al colocar dos prensacables en cada extremo de las probetas de $\frac{1}{2}$ " , se presentó deslizamiento con una carga 10% inferior a la carga promedio de rotura cuando se ponen tres prensacables, y se alcanza un resultado de carga de rotura promedio de 10.270 kg; al utilizar sólo un prensacable, la carga de deslizamiento fue de 3500 kg.

Las cargas últimas y de deslizamiento fueron similares para los prensacables elaborados por las tres fábricas.

Ensayos de la segunda etapa²

Al colocar los prensacables en la posición correcta, la carga promedio de rotura del cable de $\frac{1}{2}$ " fue de 10.370 kg, de 23.740 kg para el cable de $\frac{3}{4}$ " y de 32.150 kg para el cable de $\frac{7}{8}$ " .

Al poner los prensacables en la posición incorrecta (las tuercas de los prensacables en el lado muerto del cable, la carga promedio de rotura del cable de $\frac{1}{2}$ " fue de 9.840 kg, de 20.000 kg para el cable de $\frac{3}{4}$ " y de 27000 kg para el cable de $\frac{7}{8}$ " .

Al colocar los prensacables en posición alternada, la carga promedio de rotura del cable de $\frac{1}{2}$ " fue de 10.360 kg y de 21.830 kg para el cable de $\frac{3}{4}$ " .

Las cargas últimas y de deslizamiento fueron similares para los prensacables elaborados por las tres fábricas.

2. Braulio Riaño, "Estudio del comportamiento de prensacables de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{7}{8}$ ". William Rubiano, "Estudio del comportamiento de prensacables de $\frac{3}{4}$ ".

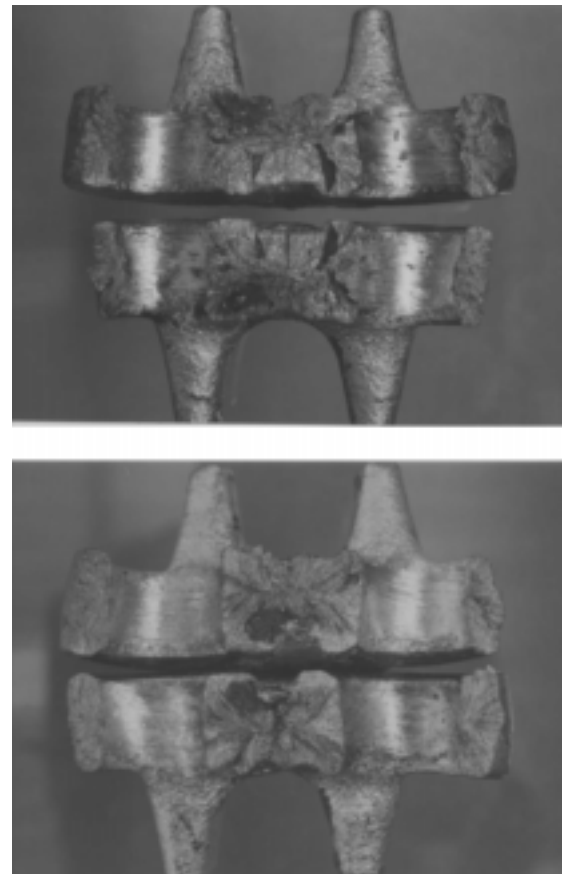


Figura 5. Irregularidades en el acero fundido.

Durante el armado de dos probetas de $\frac{1}{2}$ " , se presentó rotura de la U suministrada por una de las fábricas nacionales, en el momento de aplicar el torque.

Ensayos de la tercera etapa³

Para la primera serie de ensayos los cables se rompieron con una carga promedio de 9.200 kg, y para la segunda y tercera serie, la carga promedio fue de 10.500 kg (figura 4A).

La rosca de los prensacables se conservó para todos los casos, lo cual permitía el torque necesario. Sin embargo, en muchas ocasiones se tuvieron que reemplazar las tuercas dado que la rosca de ésta se encontraba deteriorada (en todas las series hubo que reemplazar la tercera parte del total).

En general, cuando se retiraban las tuercas y se sacaba la U de los prensacables, ésta se encontraba abierta, razón por la cual era necesario forzarla para que entrara.

Se presentó rotura de dos "Ues" suministradas por una de las fábricas nacionales. La primera rotura se registró, luego del ensayo de la primera etapa, en el momento de soltar el prensacable, y la otra ocurrió en el momento del armado de las probetas al aplicar el torque a los prensacables, con un torque cercano al recomendado.

Se observaron fisuras en dos prensacables de fabricación nacional una vez que las probetas fueron desarmadas en la segunda serie (prensacables utilizados por segunda vez) (figura 4B). En ensayos de carga y descarga (tercera serie), un prensacable (diferente de los dos anteriores) presentó fisuras.

Al utilizar los prensacables con fisuras nuevamente, se aumentó el tamaño de la fisura y la carga de rotura del cable tuvo un valor similar al de las otras probetas.

En ensayos con carga dinámica para la cuarta serie de ensayos, aplicando ciclos de carga se encontró en tres de las cuatro probetas que la carga de rotura del cable era muy inferior a la carga de rotura hallada en ensayos estáticos y en ensayos de carga y descarga.

En los estudios de metalografía de los prensacables con fisuras, se encontraron grietas y poros en el material fundido, irregularidades producto de la fabricación

(figura 5). El análisis metalográfico del prensacable con acero forjado presenta mayor uniformidad en el material (no hay poros e irregularidades) y una dureza mayor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando no se coloca el número adecuado de prensacables, se presenta deslizamiento de los cables con cargas inferiores a las cargas de rotura del cable cuando se pone el número de prensacables recomendado por los fabricantes.

Cuando no se colocan adecuadamente los prensacables, la carga de rotura es inferior a la que se presenta cuando el montaje se hace adecuadamente; esto es más crítico cuando las tuercas están del lado de la punta muerta.

En algunos casos la U se rompió al apretar las tuercas antes de lograr el torque recomendado.

Se encontraron fisuras en prensacables reutilizados, suministrados por una fábrica nacional (prensacables en acero fundido).

Las cargas de rotura del cable, sujetándolo con prensacables así sea con posición correcta, son inferiores a las cargas de rotura dadas por el fabricante de cables.

Dentro de la investigación se realizó un reconocimiento a estructuras existentes que utilizaban prensacables como sistema de sujeción, encontrando que en muchos casos no se realiza una colocación adecuada, ya sea poniendo los prensacables en menor cantidad, con posición incorrecta o alternada, con distancias entre prensacables diferentes de las recomendadas.

La Unidad de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia ve con preocupación la colocación inadecuada de prensacables, ya que ésta afecta el comportamiento del cable (falla con cargas menores o deslizamiento del prensacable y pérdida de tensión).

Considerando que el número de ensayos con carga dinámica es muy reducido y que en estos ensayos la carga de rotura de cable es mucho menor de la que se encuentra en ensayos estáticos, se recomienda realizar un mayor número de ensayos.

Se recomienda también realizar ensayos para prensacables reutilizados y probetas de cables solici-

3. Carolina Rojas, "Comportamiento de prensacables reutilizados".

tados a cargas dinámicas, con el fin de estudiar las diferencias de comportamiento entre prensacables fundidos y fraguados.

ANEXO 1. ENSAYOS REALIZADOS

Primera etapa⁴

Prensacables de 3/4"

No. de prensacables en cada extremo	No. de ensayos
4	6
3	8
2	6
1	6

Prensacables de 1/2"

No. de prensacables en cada extremo	No. de ensayos
3	5
2	3
1	6

Segunda etapa⁵

Prensacables de 1/2"

Posición	No. de ensayos
Correcta	9
Incorrecta	9
Alternada	6

Prensacables de 3/4"

Posición	No. de ensayos
Correcta	8
Incorrecta	8
Alternada	6

Prensacables de 7/8"

Posición	No. de ensayos
Correcta	6
Incorrecta	6

Tercera etapa⁶

Prensacables de 1/2"

Serie No.	No ensayos
1	23
2	23
3	12
4	4

BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo de productos Emcocables.
2. Catálogo General de Crosby, The Crosby Group Inc., Crosby clips", 1996, p. 040, 041.htm.
3. Funal, "Recomendaciones para el montaje de prensacables". Catálogo.
4. Garzón, Ana Patricia y Barreto, Gustavo, "Estudio de sistemas de amarre de cables", proyecto de grado, Universidad Nacional, 1998.
5. Riaño, Braulio, "Estudio del comportamiento de prensacables de 1/2" y 7/8", trabajo final de especialización, Universidad Nacional, 2000.
6. Rojas, Carolina, "Comportamiento de prensacables reutilizados", proyecto de grado, Universidad Nacional, 2001.
7. Rubiano, William, "Estudio del comportamiento de prensacables de 3/4", trabajo final de especialización, Universidad Nacional, 2000.
8. Universidad Nacional de Colombia, "Causas del colapso de la torre de repetición localizada en Yayoi, Cauca", 1998.

4. Ana Patricia Garzón y Gustavo Barreto, *op. cit.*

5. Braulio Riaño, *op. cit.* William Rubiano, *op. cit.*

6. *Op. cit.*