



3.- Ruptura de Tirants

3.1. Causes de la ruptura.

La ruptura de tirants en aquest tipus de ponts és un fet que per sort, no és massa habitual a no ser que sigui fruit d'actes vandàlics, terroristes o de col·lisions accidentals.

Tot i així és important de tenir-la en compte ja que es tracta d'uns elements sotmesos a molts efectes de deteriorament que conjuntament poden provocar problemes a llarg termini en els tirants sinó es segueix un manteniment i control de l'estructura.

El principal agent agressor ambiental és la corrosió que juntament amb fenòmens de fatiga i abrasió per fricció poden acabar trencant fils o cordons individuals i mica en mica disminuir la secció resistent del tirant amb la consegüent pèrdua d'efectivitat i la possibilitat creixent de produir-se la ruptura.

Segons diverses opinions [2],[3], les patologies que poden sofrir els tirants dels ponts atirantats es poden resumir en :

- L'origen de la ruptura està lligada a la fricció existent entre els cables.
- La posició dels filaments dels cables també és determinant a l'hora de patir danys, essent més susceptible a la degradació:
 1. Aquelles seccions properes als ancoratges on les condicions són més severes
 2. Aquells filaments més pròxims al perímetre exterior del tirant.
- Evidentment, l'entorn on es situa l'obra afecta decisivament en la durabilitat del sistema.

Totes aquestes patologies però, es posen de manifest a llarg termini i és per aquest motiu que molts dels ponts construïts fa 30-40 anys comencen a presentar problemes d'aquest tipus. Informes d'inspeccions realitzades en laboratoris confirmen la pèrdua de ductilitat que pateixen els cables amb el pas de temps així com la disminució de resistència a la fatiga, factor determinat pel correcte funcionament en servei dels tirants ja que són elements sotmesos a fortes variacions de tensió i situacions de càrregues cícliques. [4]

Un camp totalment diferent és el dels ponts suspesos, ja que tenen un comportament estructural molt diferent del atirantats, però tot i així és interessant fixar-s'hi ja que no deixa de ser una estructura basada, a l'igual que els ponts atirantats, en les propietats portants i resistents de cables d'alta resistència i, en el camp dels ponts suspesos hi ha molts més exemples on s'ha produït la ruptura de diferents cables o ha estat necessària la seva reposició, degut a que s'ha fet un seguiment major que en els casos de ponts atirantats.

Cal remarcar que les condicions de servei dels ponts atirantats respecte els ponts suspesos són molt més severes davant la gran alternància de càrregues vives que



conjuntament amb les vibracions ocasionades pel vent provoquen majors variacions tensionals.

Inicialment en els cables que formen el sosteniment dels ponts suspesos no disposaven de la capa de protecció que ofereix la funda de polietilè exterior utilitzada sistemàticament en els cables dels ponts atirantats.

Actualment es tendeix a fer servir la mateixa tecnologia de tirants en les dues tipologies ja que a priori la col·locació de la funda de polietilè dona un millor resultat contra la corrosió.

Tot i així no hem d'oblidar que cap mesura de protecció ofereix una seguretat total i cal que vagi acompanyada sempre d'un bon pla de seguiment i cura del control de manteniment.

Comparativament, tal com s'explica en [3] els fenòmens de corrosió estan molt més estudiats en el cas de l'acer estructural ordinari empleat en la major part de les estructures metàl·liques en general. En canvi en els acers amb baix contingut de carboni i alta resistència com és el cas de l'utilitzat en els cables per ponts, els processos de deteriorament són molt més complexos.

De fet, mentre la corrosió que pateix l'acer ordinari es tradueix principalment en una pèrdua gradual de material i la consegüent pèrdua de secció, la corrosió en els acers d'alta resistència es caracteritza per anar lligada a d'altres fenòmens intrínsecs a la seva funció com són la corrosió per tensió, fisuració per corrosió, ruptura fràgil... aspectes que perjudiquen molt més acusadament al comportament del cable que la simple pèrdua de secció.



Foto 6: Fil galvanitzat sota els efectes de la corrosió (Font: [3]).

Tot això el que ens ve a dir és, que al tractar-se d'elements sotmesos a fortes tensions i variacions de les mateixes, la propagació de defectes existents a microescala és molt més ràpida i per tant s'acusen significativament els microdefectes d'entalladura en l'estructura del cable, ja que sota esforços repetits i si a sobre hi afegim, com ja hem esmentat, esforços importantíssims de fricció entre els cables, les condicions són les idònies per que es deteriori el cable. Sense oblidar que a tot aquest procés hi hem d'afegir el propi de la corrosió clàssica.



Així doncs, remarquem que el control i el manteniment d'aquests elements ajuda molt a prolongar-ne la vida útil.

3.2. Recomanacions de protecció.

En l'àmbit estricte dels cables utilitzats per l'atirament de ponts també es recomanen certes proteccions en funció del tipus de cable utilitzat [5]:

- Per cables tancats: galvanitzat individual en calent de tots els filaments i la substitució del negre de fum per la posterior injecció de morter o cera d'alt punt de fusió.
- Per cables de fils paral·lels o cordons: fundes individuals de poli-etilè i limitació del pes de la injecció.
- Per qualsevol tipus: utilització de sistemes multi-cables en comptes de monocable per facilitar-ne el canvi en cas de ruptures.

Aquestes recomanacions estan recollides a diverses normatives internacionals que es citen a continuació [5] :

- *TL Seile*. Alemanya, 1994. Es tracta d'un recull d'especificacions tècniques per tirants.
- *RKS Seile i TLKS Seile*. Alemanya, 1983. En aquest cas es tracta més concretament d'unes guies i especificacions tècniques per la protecció contra la corrosió en tirants..
- *Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation*. Post-Tensioning Institute. USA, 2001.[6].
- *Haubans.Recommandations de la Commision Interministérielle de la précontrainte*. SETRA. França, 2001.[7].

A nivell espanyol encara no hi ha cap normativa específica ni document de especificacions tècniques oficial, tot i que si existeix un esborrany de la propera publicació de recomanacions per aquest tipus d'element estructural a càrrec de la ACHE [8].

3.3. Exemples de casos reals.

Com exemples més recents dins l'àmbit dels ponts suspesos trobem el pont de Innoshima al Japó. Es tracta d'un pont de 770 metres de llum al que se li van haver de substituir vàries pèndoles l'any 1983, quinze anys després de la seva posada en servei i reparar-ne els cables principals , que com mostra la fotografia presentaven evidents signes de corrosió [9].



Foto 7: Corrosió d'un dels cables principals del pont suspès de Innoshima, Japó. (Font: [9]).

A Europa trobem diversos casos de reparació de cables en ponts suspesos com per exemple [10]:

- El pont Lorois, l'any 1994 a la Bretanya francesa on es van detectar diversos filaments trencats.
- El pont de Tancarville, l'any següent el 1995 a Normandia, França on en aquest cas la ruptura havia estat de diversos cordons.
- El pont d'Aquitaine, l'any 1996 a Gironde, França on un altre vegada trobem un cas de ruptura de filament

Pel que fa a exemples de reparació de ponts atirantats cal citar els més coneguts com són:

- Els ponts de Zàrate-Brazolargo.
- El pont del General Belgrano o de Chaco-Corrientes

Situats els dos a l'Argentina. Els dos estaven formats per tirants de fils paral·lels que van tenir greus problemes de corrosió fins al punt que entre els anys 1996 i 1997 l'empresa Freyssinet SA va dur a terme el canvi dels tirants d'aquests ponts construïts els anys 1978 i 1973 respectivament.

Altres casos coneguts de substitució de tirants afectats per problemes de corrosió són:

- Pont de Maracaibo (Veneçuela): construït l'any 1963 i reparat l'any 1977. Inicialment els tirants eren de formigó pretensat.
- Pont de Köhlbrand, Hamburg (Alemanya): construït l'any 1975 i només tres anys després ja presentava problemes de corrosió dels tirants
- Pont d'Annacis (Canadà): construït l'any 1984 i deu anys més tard els cables tancats que el formaven van ser substituïts.
- Pont de Polcevera, Gènova (Itàlia): construït l'any 1966 amb tirants de formigó pretensat, van ser substituïts l'any 2000.
- Pont de Sancho el Mayor (Espanya): també de cable tancat, es va construir l'any 1978 i l'any 2002 es va fer necessària la substitució d'aquests cables.