

CONFERENCIA INTERNACIONAL

GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES

PUENTE DE GÉNOVA:
Algunas enseñanzas

Francisco Millanes Mato. IDEAM S.A.
Escuela Ingenieros Caminos, Canales y Puertos.
Madrid

Promueve:



Colaboran:



Organiza:



Sevilla

20 y 21 de mayo de 2019

EL ACCIDENTE DEL VIADUCTO DE PONCELVERA DE MORANDI



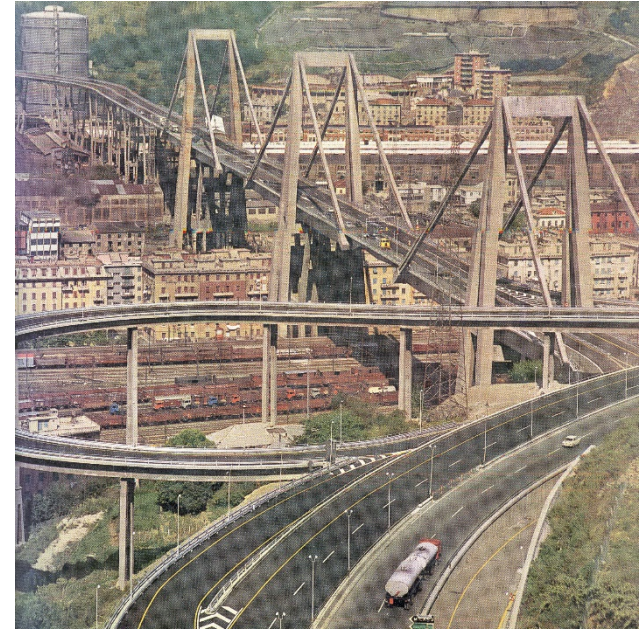
- Ocurrió, sin previo aviso, el **14 de agosto de 2018**
- Se contabilizaron algo más de **40 muertos** y decenas de heridos y vehículos caídos al vacío desde unos **50 m de altura**

EL ACCIDENTE DEL VIADUCTO DE PONCELVERA DE MORANDI



- El viaducto se había inaugurado en **Septiembre 1967**, tras 4 años de construcción
- Contaba por tanto con **50 años de vida aproximadamente**
- **Cruzaba sobre** zonas habitadas, áreas industriales y plataformas ferroviarias de **la ciudad de Génova**, conectaba la A-10 (Ventimiglia) con la A-7 (La Spezia)

VIADUCTOS DE MORANDI: Poncelvera (1967) Luz 210 m



- El viaducto de Poncelvera forma parte de una serie de proyectos muy singulares del Ingeniero Ricardo Morandi, iniciados con el puente de Maracaibo (Venezuela) en 1957

VIADUCTOS DE MORANDI: Maracaibo (1957) Luz 235 m



- La solución Morandi, con **tirante único de HP**, se basaba en reducir la luz principal creando “**apoyos fijos rígidos**” intermedios con los tirantes de HP, entre los que apoyaban unos **tramos isostáticos**, entre **apoyos a media madera**
- En **Maracaibo**, el socio alemán del Consorcio Constructor consiguió cambiar los **tirantes de hormigón a acero** (siguiendo la tecnología alemana de la época para cables de puentes atirantados)

VIADUCTOS DE MORANDI: Wadi Kuf (1972) Luz 282 m Pumarejo (1974) Luz 140 m



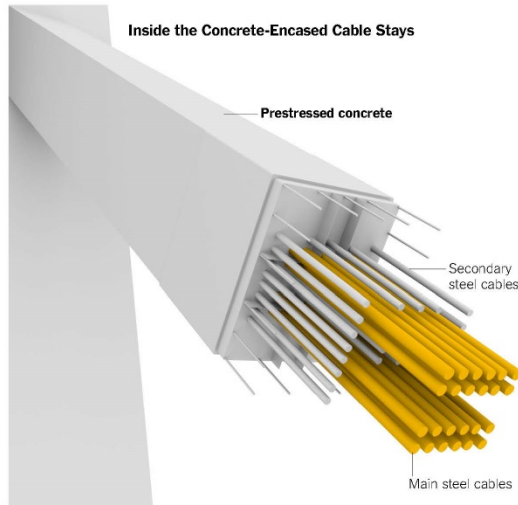
Wadi Kuf (Libia)



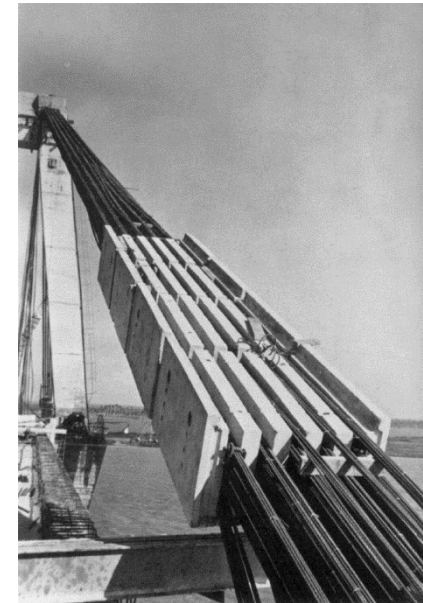
Pumarejo sobre el río Magdalena (Colombia)

- La **tecnología de Morandi** consistía en colocar inicialmente los tirantes de acero que, posteriormente, eran hormigonados y finalmente tesado
- Ricardo Morandi confiaba ciegamente, en aquella época, en las **ventajas protectoras del Hormigón Pretensado** frente a los riesgos de corrosión de las incipientes tecnologías de tirantes de acero

VIADUCTOS DE MORANDI: Tirantes HP versus Tirantes de Acero



Tirantes HP (Viaducto de Poncelvera)



Tirantes Acero (Viaducto Maracaibo)

- Posteriormente, en un artículo de IABSE (1979), Ricardo Morandi, aunque no había detectado fisuras en los tirantes del viaducto Poncelvera, llamó la atención sobre los riesgos derivados de:
 - Condiciones muy severas de tráfico y vehículos pesados
 - Condiciones ambientales extremas (ambiente marino a 1 km de la costa y fuertes vientos encauzados por el valle hacia la localización del viaducto)
 - Atmósfera industrial ácida muy severa

EVOLUCIÓN TIPOLOGÍAS PUENTES ATIRANTADOS



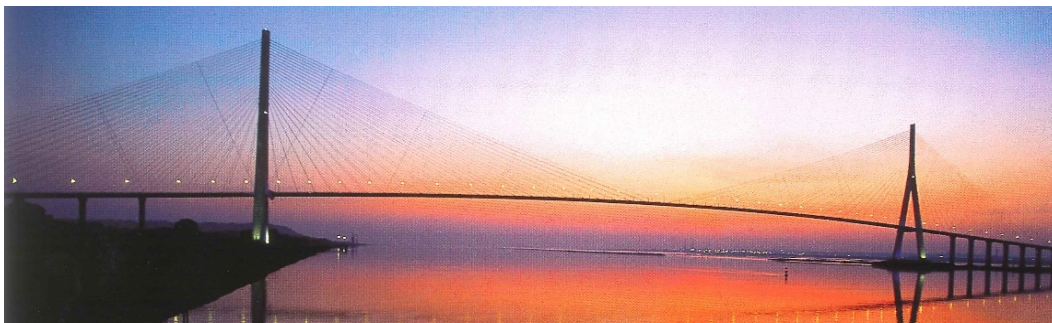
1. Viaductos Morandi (tirantes únicos)

Maracaibo	(235 m),	1957
Poncelvera	(210 m),	1967
Wadi-Kuf	(282 m),	1972
Pumarejo	(140 m),	1974



2. Puentes alemanes (número reducido tirantes Acero)

Stromsund	(180 m), Suecia,	1953
Nordbrücke	(260 m), Dusseldorf,	1958
Kniebrücke	(320 m), Dusseldorf,	1969



3. Puentes modernos (múltiples cables Acero)

Normandía, Sena,	(856 m),	1995
Stonecutters, Hong Kong,	(1018 m),	2009
Sutong, Yangtze,	(1088 m),	2008
Russky Island, Vladivostok,	(1104 m),	2012

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA TIRANTES DE ACERO

1. Primeras realizaciones (1960 a 1990):

doble barrera (vainas PHD exterior e inyección lechada mortero interior)



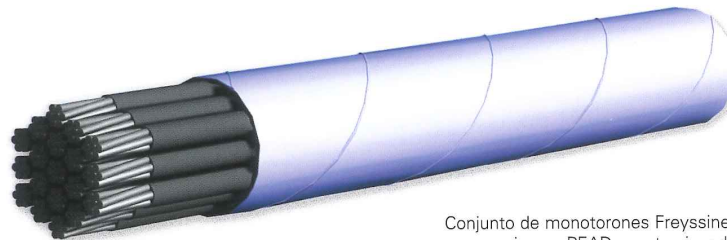
(Fotos tomadas durante la inspección y ensayo de cables de la 1ª generación)



EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA TIRANTES DE ACERO

2. Tecnologías actuales: múltiples barreras (3 a 5)

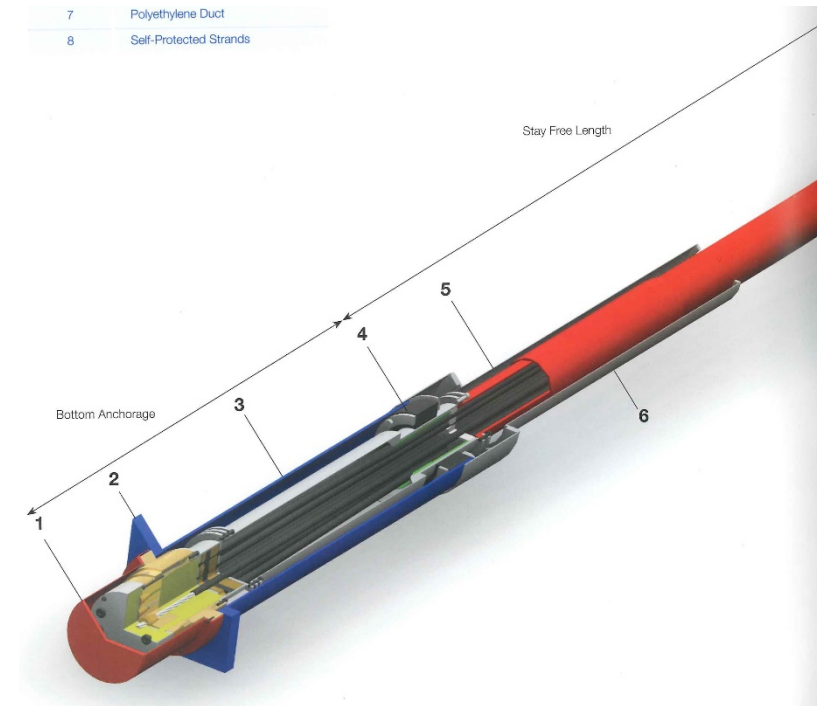
- triple barrera
 - vaina exterior PHD (1)
 - cordones con vaina individual (2) y autoprotegidos (grasa o cera) (3) o bien,
 - cordones galvanizados/galfanizados (2) y control humedad aire dentro de la vaina (3)
- hasta 4/5 barreras
 - cordones galvanizados/galfanizados (2) autoprotegidos individualmente con vaina y grasa (4)
 - vaina exterior PHD (1)
 - posible relleno interno vaina con inyección cera o grasa (quizás excesivo) (5)



Conjunto de monotorones Freyssinet
en una vaina en PEAD coextrusionada

EVOLUCIÓN MEJORAS TECNOLÓGICAS EN LOS TIRANTES

- **Aislamiento de los cordones**, evitando el contacto entre si, como **protección contra la:**
 - corrosión bajo tensión
 - fatiga por rozamiento entre cables
 - corrosión por rozamiento entre cables
- **Extremar la atención especialmente a las zonas más sensibles de los cables:** **anclajes, desviadores, retenidas, etc.**
- **Reducir las vibraciones aerodinámicas:** vainas con espirales anti viento/lluvia, deflectores, amortiguadores en anclajes, etc.
- **Progresiva monitorización permanente de tirantes e inspección y sustitución torón a torón**



EVOLUCIÓN EN LAS TENDENCIAS DE DISEÑO Y PROYECTO (I)

- * **Orientar el Proyecto del puente a facilitar las tareas de inspección y mantenimiento, incorporando un Anejo específico con el Plan de Inspección y Mantenimiento**
- * **Orientar el Diseño del puente a facilitar la accesibilidad para la inspección, mantenimiento o sustitución (de aparatos de apoyo, por ejemplo)**



Bijácena francesa



Doble acción mixta española. Viaducto Arroyo las Piedras



EVOLUCIÓN EN LAS TENDENCIAS DE DISEÑO Y PROYECTO (II)

- * **Orientar el Diseño** a la búsqueda de la mayor **Robustez estructural**, frente a:
 - acciones extraordinarias (sismos, huracanes, etc.)
 - accidentes (incendios, choques de vehículos, de trenes o de embarcaciones)
 - actos vandálicos (terroristas o sabotajes)
 - roturas por fallos de mantenimiento y conservación
- * Se define como condición de **Robustez de un Diseño** a su insensibilidad a que el **fallo local** de un elemento pueda arrastrar el colapso del conjunto de la estructura, incluso bajo circunstancias de carácter accidental o poco probable
- * En este contexto, podríamos quizás afirmar que el diseño del viaducto de Poncelvera en Génova **NO GARANTIZABA LA SUFICIENTE ROBUSTEZ**
- * La nueva versión del **Eurocódigo 0** incorporará en un **Anexo** las condiciones de **robustez** exigibles a las estructuras, lo que muestra la **preocupación de las normativas** por atajar que vuelvan a producirse accidentes como el de Génova

EVOLUCIÓN EN LAS TENDENCIAS DE DISEÑO Y PROYECTO (III)

* Lo que conduce a:

- búsqueda de **diseños redundantes** para los elementos críticos frente al colapso (fracture critical), tanto en estructuras definitivas como en medios auxiliares
- **evitar diseños con riesgo de fragilidad** (inestabilidad, roturas por compresión del hormigón, fatiga, corrosión bajo tensión, etc.), **orientando el diseño hacia la ductilidad**
- **medidas de protección alternativa frente a choques o accidentes o de vigilancia de la seguridad frente a atentados**
- **Incorporar a los Especialistas de Puentes en los contratos de:**
 - **Revisión Independiente de Proyectos;**
 - **Asistencias Técnicas para el Control y Vigilancia de la ejecución**
 - **Inspección, Mantenimiento y Rehabilitación (Sistemas Gestión de Puentes)**

EVOLUCIÓN EN LAS TENDENCIAS DE DISEÑO Y PROYECTO (IV)

* Lo que conduce a:

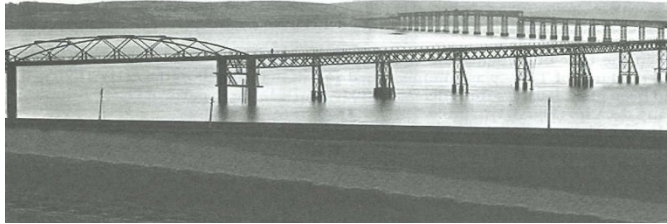
- Orientar la **Docencia** en las Escuelas, incorporando la formación en temas de **Inspección / Conservación / Mantenimiento / Durabilidad**
- Impulsar en las **Administraciones** la **transferencia transversal** y el **feed-back de información** entre la divisiones de **Proyectos** ↔ **Construcción** ↔ **Conservación**, y así garantizar una **respuesta integral** a estos problemas

REFLEXIONES A DAR RESPUESTA TRAS EL ACCIDENTE DE GÉNOVA

- ¿Son **inevitables los accidentes** en puentes y estructuras? ¿Es necesario convivir con los **riesgos** e incertidumbres que de ellos se derivan?
- ¿**Se aprende** de las lecciones del pasado? ¿Cuáles han sido las **respuestas** de los ingenieros y las administraciones?
- ¿Dan las **normativas y reglamentaciones** las respuestas que se requieren?
- Históricamente no ha habido **Cultura de la Conservación**. ¿Se está produciendo o se ha producido ya un **cambio** en este sentido?
- ¿Se contemplan las **distintas fases de la vida de un puente (concepción / proyecto / construcción / mantenimiento y conservación)** de forma aislada e independiente o interrelacionada?
- Repercusiones que se derivan en relación con la **docencia / ejercicio profesional / administraciones implicadas / reglamentación / etc.**

ACCIDENTES HISTÓRICOS (I)

- * La **historia** del desarrollo de los grandes puentes metálicos (siglo XIX) y de hormigón (siglo XX) está jalonada de accidentes de todo tipo, tanto en fases **constructivas** como de estructuras en **servicio**



Puente de Ferrocarril Tay Bridge en Escocia.
Celosía 3,2 km. de longitud (88 vanos de 26 m)



Tay Bridge después del accidente (1879) al paso de un tren bajo una fuerte tormenta, 80 muertos



Accidente durante el montaje por izado del puente de Quebec (1916), 86 muertos

ACCIDENTES HISTÓRICOS (II)

- * Las importantes **lagunas** existentes derivadas de:
 - las insuficiencias en los **materiales**;
 - los métodos de análisis de muchas de las **tipologías** estructurales;
 - las limitaciones de los **medios auxiliares y procesos constructivos**;
 - el control de los **efectos dinámicos** (viento, trenes, sismo, etc.) y los **fenómenos de inestabilidad** (pandeo, abolladura)



Puente Coalbrookdale sobre el Severn
(30m luz ; 1779)



Puente Firth of Forth en Escocia
(521m luz ; 1890)

ACCIDENTES POR INSUFICIENCIAS EN LOS CRITERIOS DE DISEÑOS / CONTROL DE EJECUCIÓN / MANTENIMIENTO (I)

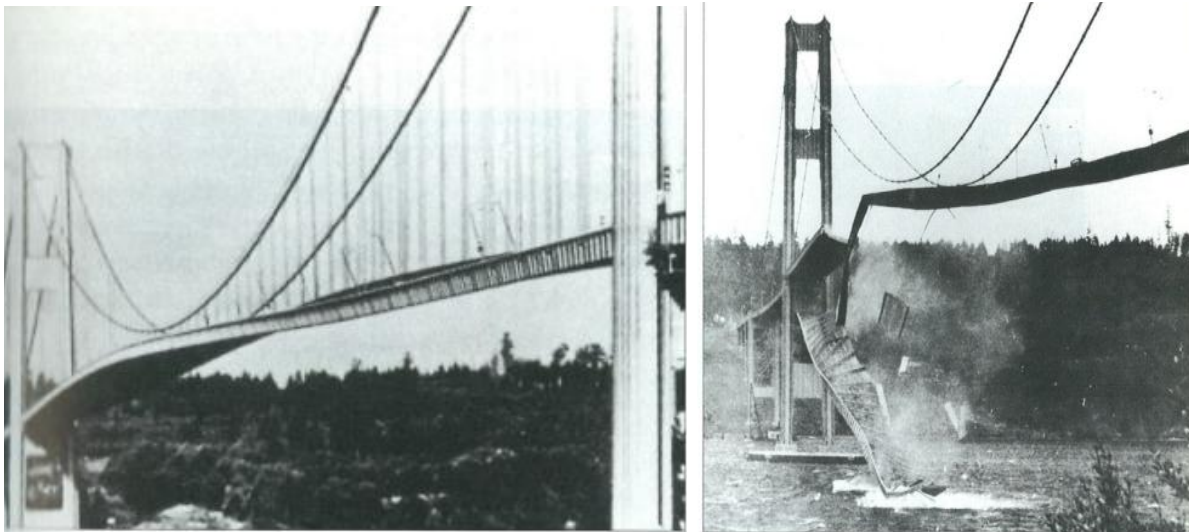
- * Durante el siglo pasado, hasta nuestros días, primero el **Proyecto**, luego la **Ejecución** y, más recientemente, el **Mantenimiento** de puentes y estructuras se han ido rigiendo tanto por las normas de “buena práctica/standard of care” como por los textos **reglamentarios y normativos**
- * No obstante, principalmente en periodos de fuerte demanda de obra pública, los continuos desarrollos de nuevas tipologías y procesos constructivos, acompañados de nuevos récords de luz y esbeltez, forzaban frecuentemente, y en muchos casos superaban, las bases e hipótesis de los modelos en los que se asentaban las citadas normas y reglamentaciones

ACCIDENTES POR INSUFICIENCIAS EN LOS CRITERIOS DE DISEÑOS / CONTROL DE EJECUCIÓN / MANTENIMIENTO (II)

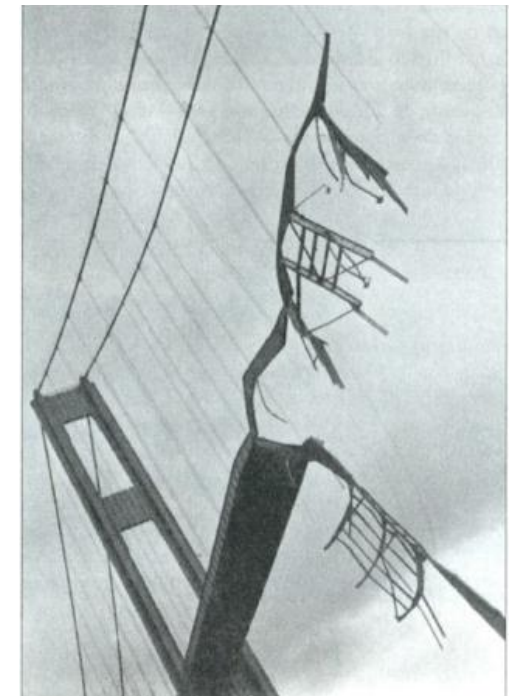
- * Las consecuencias de esta superación, generalmente no consciente, de los ámbitos cubiertos por los “modelos” normativos se traducían periódicamente en accidentes, generalmente espectaculares y de impacto mediático, que han jalonado y marcado la evolución de la historia de los puentes, recurriéndose cada vez a más precisos y complejos:
 - modelos de cálculo y análisis estructural
 - criterios e hipótesis de diseño, proyecto y control de ejecución
 - guías y textos reglamentarios y normativos
 - contenidos y programas de docencia en las Escuelas de Ingeniería

ACCIDENTES EN PUENTES: FENÓMENOS AERODINÁMICOS (I)

- * El colapso en 1940 del puente de TACOMA (Seattle), de 12 m de ancho y 855 m de luz, puso en evidencia la insuficiencia de las aproximaciones pseudo-estáticas hasta entonces vigentes y la necesidad de incorporar nuevos criterios aeroelásticos en el diseño frente a viento de puentes de gran luz

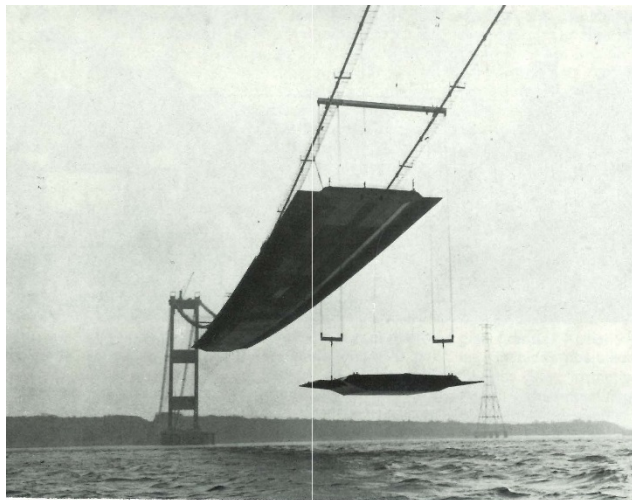


Colapso por un fenómeno de inestabilidad aeroelástica bajo vientos racheados relativamente moderados (65 km/hora)

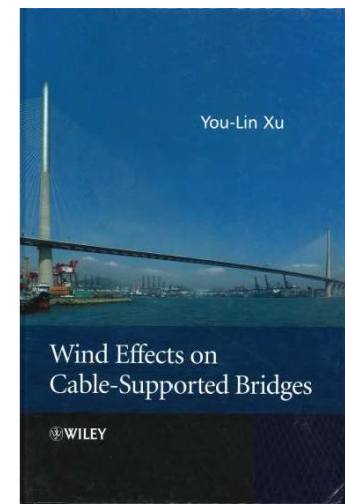
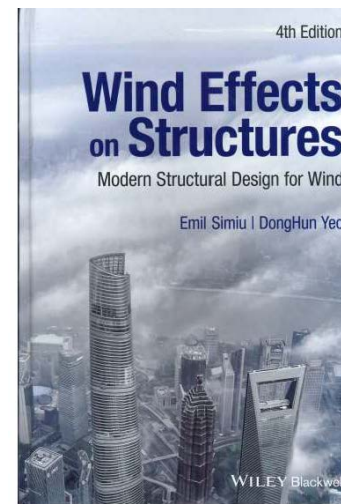


ACCIDENTES EN PUENTES: FENÓMENOS AERODINÁMICOS (II)

- * Consecuencia del colapso del puente de Tacoma fue una **completa reformulación de los criterios de diseño y reglamentarios** para el proyecto de puentes de gran luz frente a viento:
 - *nuevos criterios de rigidez (flexión longitudinal, transversal y torsión);*
 - *incorporación de apartados específicos en las normativas de referencia (CECM, Eurocódigos, AASHTO, etc.);*
 - *criterios aeroelásticos de diseño y dimensionamiento;*
 - *ensayos túnel de viento;*
 - *etc.*



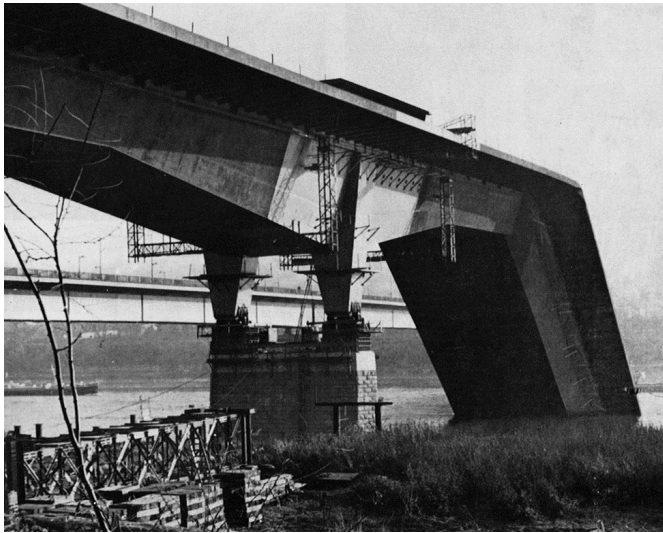
Sección tubular aerodinámica del puente del Severn, de 988 m de luz (1966)



ACCIDENTES EN PUENTES: INESTABILIDAD DE CHAPAS METÁLICAS (I)

- * El año **1970** podría ser considerado como el “**annus horribilis**” de la construcción metálica, en una época de gran desarrollo de las **soluciones metálicas en cajón**
- * Con pocos meses de intervalo se produjeron varios accidentes, todos ellos en países desarrollados, que tenían su origen en diversos **problemas de inestabilidad de chapas metálicas rigidizadas comprimidas**:
 - puente de **Koblenza (Alemania)**, sobre el Rhin, con un voladizo de 54 m en el momento del colapso, 13 muertos (abolladura ala inferior comprimida del cajón)
 - 4º puente sobre el río **Danubio (Viena)**, luces de 210 m, sin víctimas (abolladura vigas armadas)
 - puente **West Gate (Melbourne)**, con caída de un tramo de voladizo atirantado de 112 m de luz, 36 muertos
 - puente **Milford Haven (País de Gales)**, 4 muertos (abolladura sección cajón durante el empuje en fase voladizo y fallos diseño de diafragmas)
 - Puente **Zeulenroda (Alemania Este)** (abolladura sección cajón en voladizo de 30 m durante el montaje)

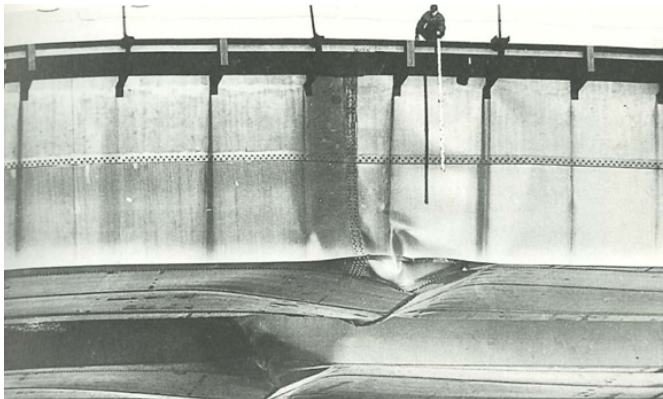
ACCIDENTES EN PUENTES: INESTABILIDAD DE CHAPAS METÁLICAS (II)



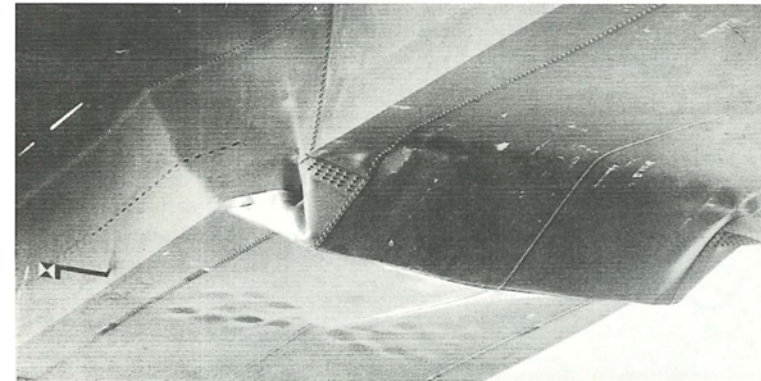
Puente Koblenza sobre el río Rhin



Puente Mildford Haven (País de Gales)



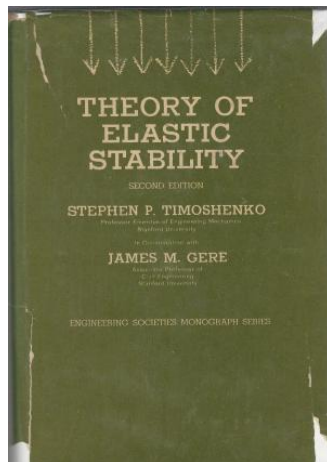
4º Puente sobre el Danubio (Viena)



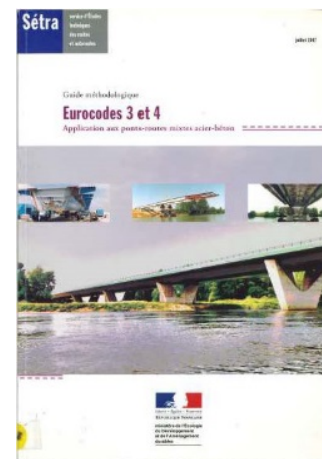
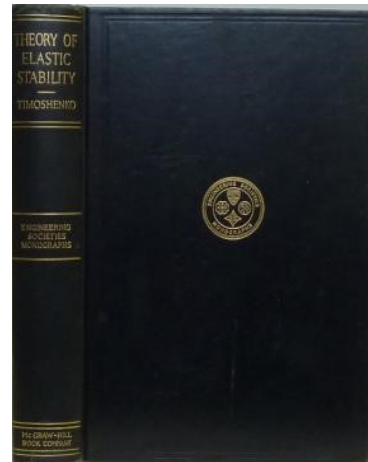
4º Puente sobre el Danubio (Viena)

ACCIDENTES EN PUENTES: INESTABILIDAD DE CHAPAS METÁLICAS (III)

- * Estos accidentes obligaron a interrumpir durante años la construcción de puentes metálicos:
 - se constituyó la **Comisión Merrison** que reformuló completamente la **teoría de la inestabilidad de estructuras metálicas**: (pandeo de soportes y abolladura de chapas)
 - las **teorías clásicas** (basadas en modelos matemáticos “corregidos”) fueron reemplazadas por los **nuevos modelos de inestabilidad** (crítica y postcrítica), recogidos ya en todas las **publicaciones teóricas, docentes y normativas** (AASHTO, SIA, EC3, ...) posteriores a los años 80



Teoría Clásica Inestabilidad
(Timoshenko)



Nuevos planteamientos de la
inestabilidad (pandeo y abolladura)

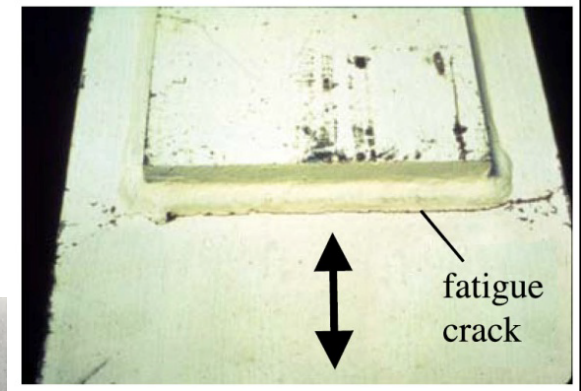
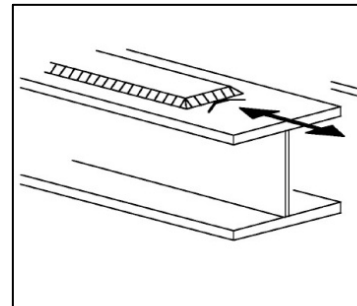
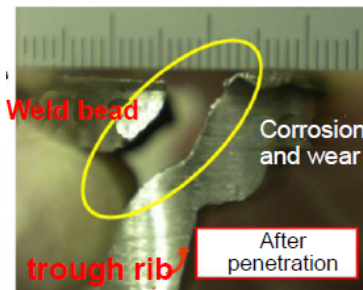
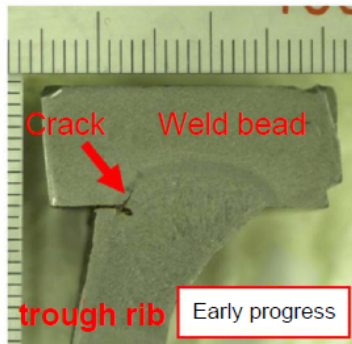


ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (I)

- * Hasta hace poco, los fenómenos de **fatiga** se asociaban casi exclusivamente a la industria de **maquinaria y aeronáutica** así como a construcciones **off-shore** y puentes metálicos de **ferrocarril**
- * La fatiga **no estaba**, en general, **asociada** a la cultura de los proyectos de **puentes metálicos de carretera**, para los que las antiguas reglamentaciones (BSI, SIA, RPM española) establecían unas **condiciones** que generalmente eran **holgadamente satisfechas**
- * En las **últimas décadas** se han producido **varios accidentes**, algunos muy importantes, asociados a **problemas de fatiga**. Principalmente en **USA** (puente de Minneapolis, 2007, 13 muertos), **Canadá** (bow-string de 107 m en Ontario, 2003) y **países asiáticos**, en puentes relativamente **antiguos** con intensidades de **tráfico** muy elevadas

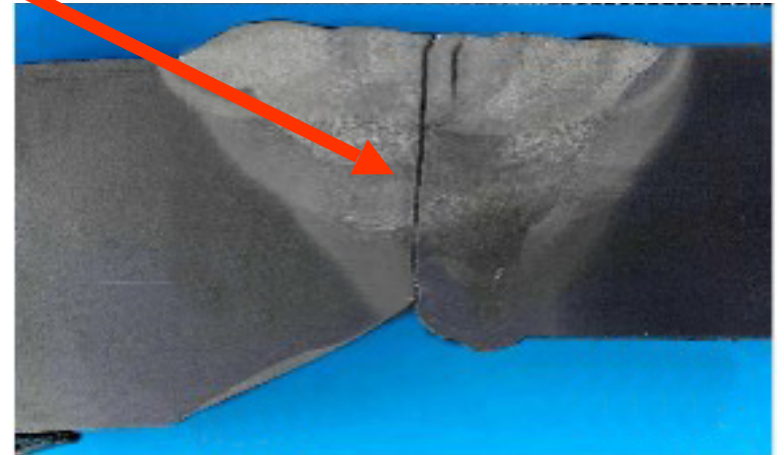
ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (II)

- * La progresiva preocupación por la fatiga condujo a Europa a la realización de estudios de tráfico, especialmente de vehículos pesados, durante los años 80-90 en carreteras de zonas industriales francesas y alemanas
- * Los resultados de dichas campañas, extrapolables a España y a casi toda Europa, mostraron que las acciones de fatiga a considerar podrían fácilmente superar en más de 3 veces las que se estaban, hasta entonces, utilizándose como referencia para el proyecto



Fisuras de Fatiga)

ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (III)

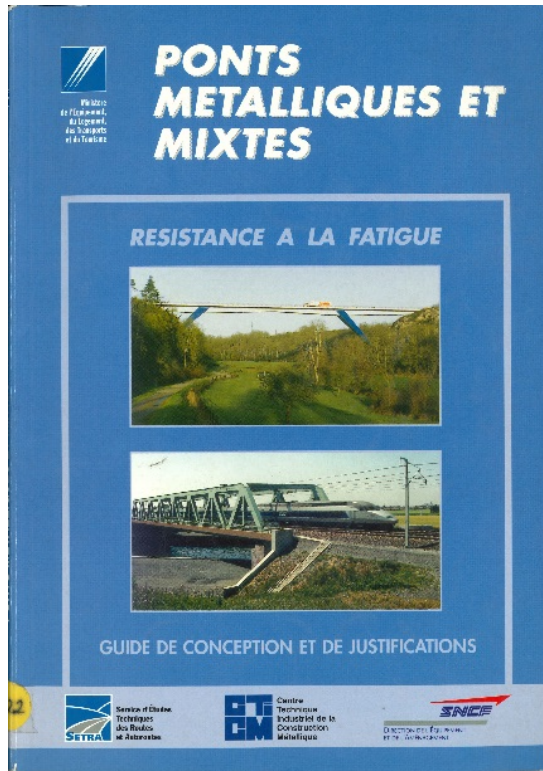


Rotura por fatiga en el cordón inferior del viaducto de Contreras
(IMD \approx 3000 vehículos y entre el 40%/50% de pesados)

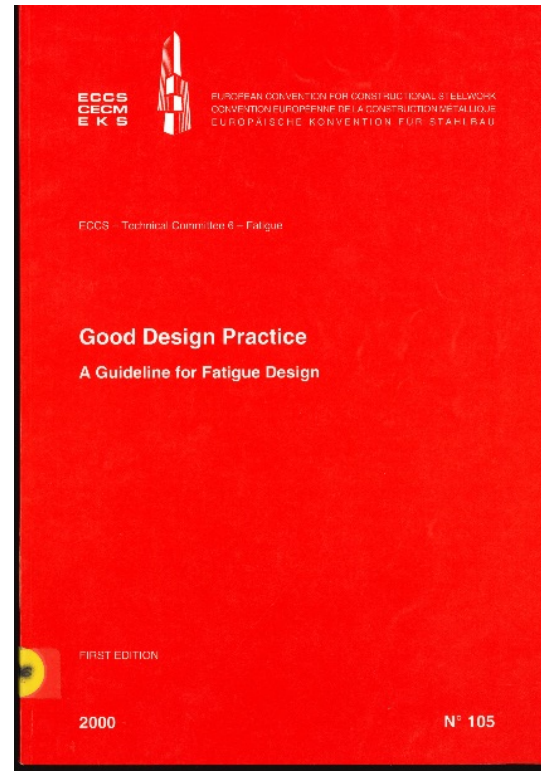
ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (IV)

- * En consecuencia, los Eurocódigos han reelaborado completamente el tratamiento normativo de los controles de fatiga en puentes metálicos, tanto en cuanto a las acciones (EC1) como los métodos de cálculo (EC3) y los controles de ejecución (EN1990)
- * En España, y como consecuencia del incidente de Contreras, la Dirección General de Carreteras ha promovido una serie de iniciativas para ayudar a orientar y formar al colectivo de ingenieros español en un tema fundamental para la seguridad, hasta ahora relativamente ajeno a su práctica profesional: Guía para el proyecto a fatiga de puentes metálicos y mixtos de carretera, de próxima publicación

ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (V)

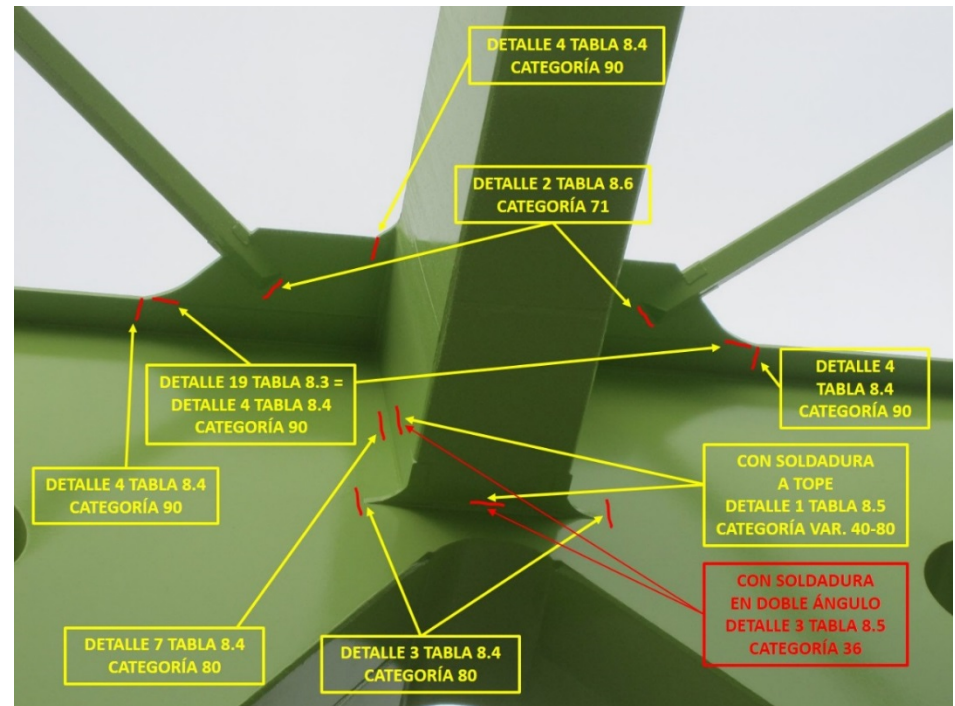
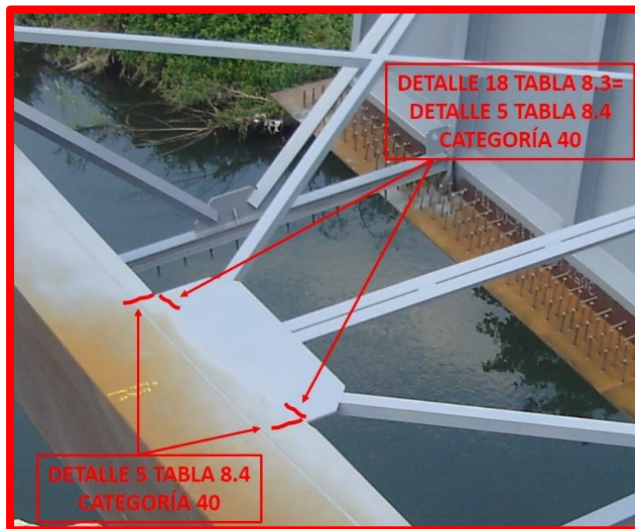
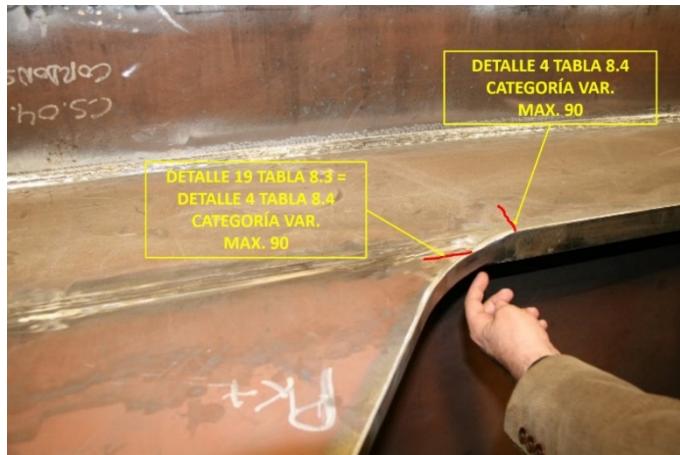


Guías de Fatiga (Setra y ECCS)



Serie Guías Eurocódigos (DGC del MFOM de España)

ACCIDENTES EN PUENTES: FATIGA (VI)



Detalles tipo Guía Fatiga de la DGC (MFOM)

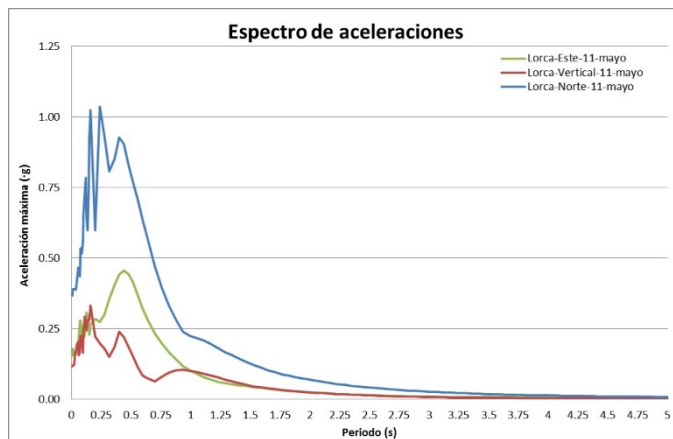
ACCIDENTES EN PUENTES: EFECTOS SÍSMICOS (I)

- * Los terremotos han estado lógicamente en el origen de graves accidentes en la historia de los puentes
- * El diseño y proyecto de puentes y estructuras en zona sísmica ha experimentado una enorme evolución en las últimas décadas, como consecuencia:
 - de la definición de los espectros de proyecto, orientada a su obtención específica en cada caso mediante Estudios de Riesgo Sísmico en el Sitio de la obra
 - al cambio en las Estrategias de Diseño Sísmico orientadas, cada vez más, hacia el aislamiento y disipación en vez de hacia la resistencia a la acción sísmica
 - La atención específica en la literatura técnica y las reglamentaciones al diseño adecuado de detalles en estructuras en zona sísmica

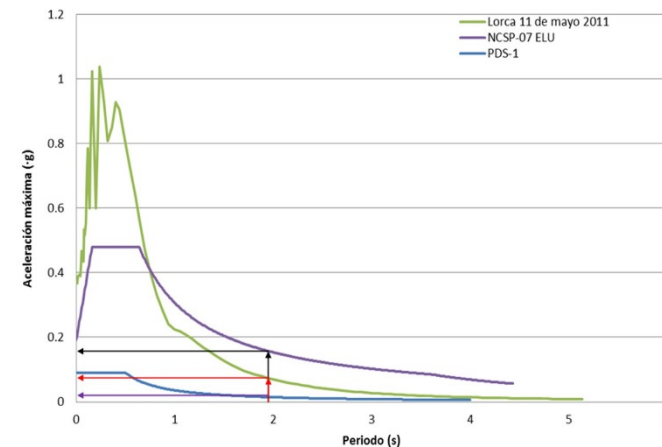
ACCIDENTES EN PUENTES: EFECTOS SÍSMICOS (III)



Reparación y mejora antisísmica viaducto Guadalentín (terremoto de Lorca)



Acelerograma Terremoto Lorca (marzo 2011)



Espectro Lorca (marzo 2011)

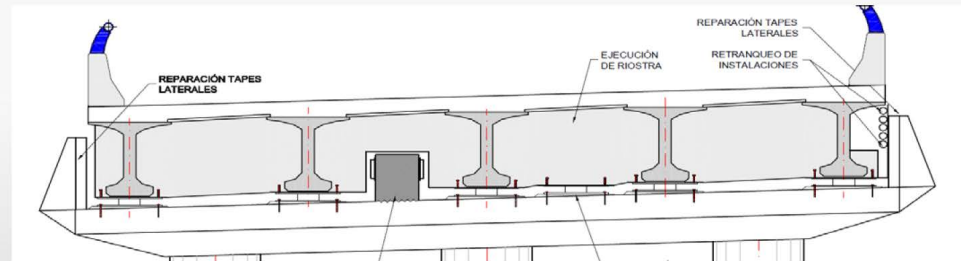
ACCIDENTES EN PUENTES: EFECTOS SÍSMICOS (III)



Detalles inadecuados apoyos no anclados



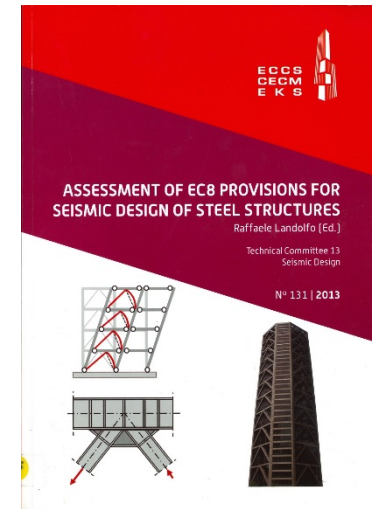
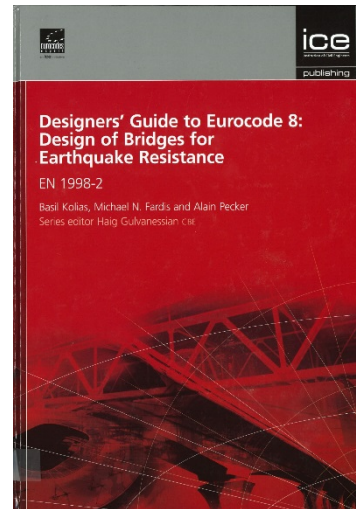
Golpes en vigas por falta de holgura



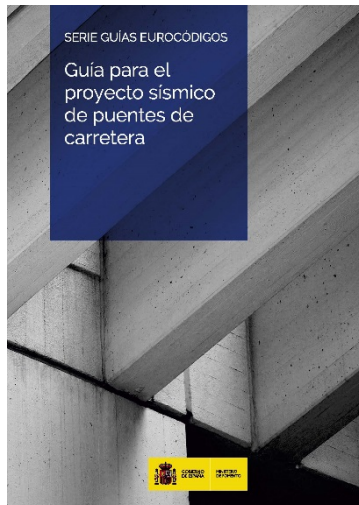
Ejecución de riostras y topes sísmicos

ACCIDENTES EN PUENTES: EFECTOS SÍSMICOS (IV)

- * Todas las **normativas de referencia** (AASHTO, Eurocódigo 8, etc.) están siendo objeto de continuas adaptaciones en este sentido



Eurocódigo 8 y Guías de Aplicación



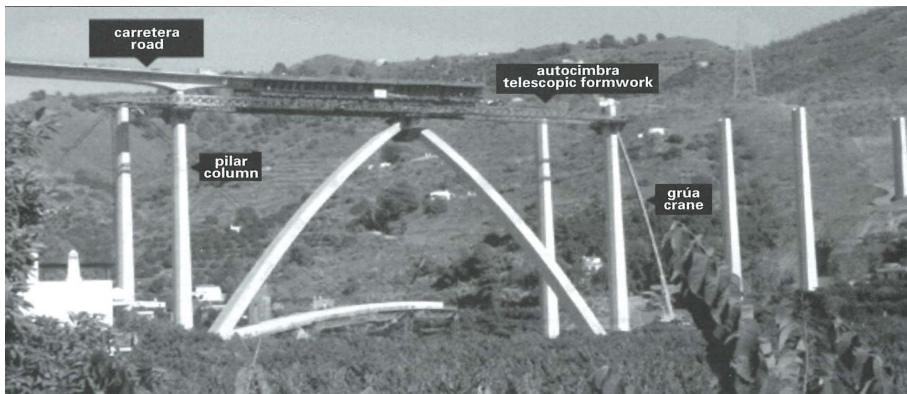
- * En España, la **DGC de MFOM** va a publicar una **Guía para el proyecto sísmico de puentes de carretera**, análoga a la de Fatiga con la idea de orientar y formar a la ingeniería española en la **Estrategia del Proyecto en Zonas Sísmicas**, hasta ahora relativamente alejada de nuestra actividad

ACCIDENTES EN PUENTES: MEDIOS AUXILIARES (I)

- * El proyecto, montaje y uso de medios auxiliares (carros avance voladizo, cimbras autoportantes, grúas, etc.) NO está cubierto por las normativas y reglamentaciones de aplicación para las obras nuevas
- * Varios son los aspectos específicos de estos medios:
 - es necesario considerar no sólo sus fases estáticas sino también las cinemáticas y dinámicas;
 - son generalmente reutilizables;
 - sus especificaciones técnicas no están solamente reguladas por el MFOM sino también por Industria;
 - existe un elevado número de agentes implicados en su “montaje/desmontaje/uso/mantenimiento/controles de seguridad, etc.”, siendo indispensable establecer un Organigrama claro de funciones y responsabilidades;
 - su relación “carga total uso/carga máxima de proyecto” es próxima a 1.00
 - suelen tener pocos mecanismos de redundancia

ACCIDENTES EN PUENTES: MEDIOS AUXILIARES (II)

- * Dado lo **arriesgado** de muchas **operaciones de montaje** y los riesgos de precariedad de sus **controles de seguridad**, gran parte de los **accidentes** durante la ejecución de puentes se deben a los **fallos en estos medios auxiliares**
- * En España fue muy relevante el espectacular accidente de la cimbra autoportante de **Almuñécar**, en **2005**, que costó la vida a 6 trabajadores



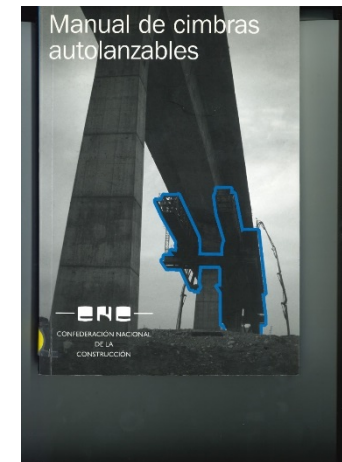
Cimbra autoportante en el Viaducto
Río Verde de la Autovía A-7



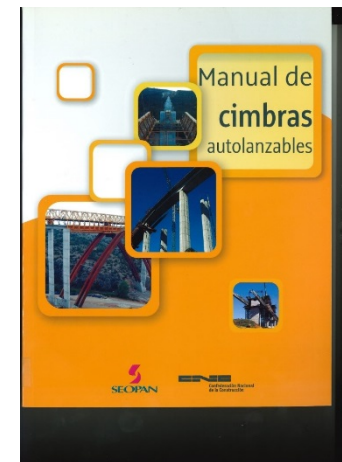
Derrumbe de la cimbra desde
50 m de altura (7/11/2005)

ACCIDENTES EN PUENTES: MEDIOS AUXILIARES (III)

- * Quisiéramos destacar, en el contexto de estas Jornadas, la **iniciativa** impulsada por la **DGC (MFOM)** para **solventar** las **citadas insuficiencias**, creando una **Comisión Interdisciplinar** de “**profesores / proyectistas / subcontratistas de autocimbras / constructoras / empresas de control y administración**”, con el apoyo de la **CNC** y **SEOPAN**, que elaboraron en un plazo mínimo un **Manual de Cimbras Autolanzables**, en **2007**, y recientemente revisado y mejorado en **2015**
- * Se trata, a nuestro entender, de una **publicación de enorme interés** para la seguridad de este tipo de **medios auxiliares**, sin parangón, entendemos, en el ámbito mundial



2007



2015

ACCIDENTES EN PUENTES: DETALLES DEFECTUOSOS A EVITAR (I)

- * Finalmente, destacar el interés de la **puesta en común de la enorme información que puede extraerse de los resultados de las inspecciones de cientos de puentes en los Sistemas de Gestión ya implantados en muchos países**
- * Ello nos permitirá aprender para evitar errores de **diseño de ciertos detalles que, de forma sistemática, son susceptibles de patologías y accidentes, por ejemplo: los Apoyos a Media Madera, que deberían en lo posible evitarse por:**
 - el carácter **frágil** de su respuesta resistente;
 - su gran sensibilidad a errores y tolerancias de **ejecución**;
 - su exposición al **agua de entrada por las juntas**;
 - su exposición a los **impactos dinámicos del tráfico en las juntas**;
 - la **dificultad / imposibilidad de su adecuada inspección, conservación y refuerzo**

ACCIDENTES EN PUENTES: DETALLES DEFECTUOSOS A EVITAR (II)

- Se acompañan algunas imágenes de sus frecuentes **patologías**, así como de la caída del **Concorde Overpass Bridge en Montreal**, con 5 muertos, en 2006



Patología detectados en Inspecciones de Apoyos a Media Madera

ACCIDENTES EN PUENTES: DETALLES DEFECTUOSOS A EVITAR (II)



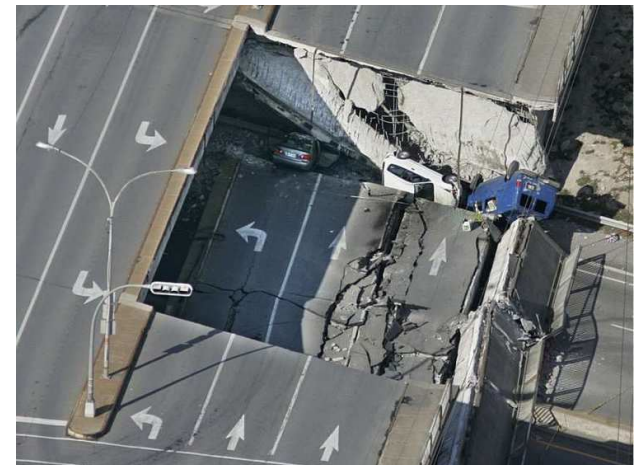
Rotura por fatiga en un Apoyo Metálico a Media Madera en un puente en Chicago



Detalle del Apoyo a Media Madera de Hormigón antes del derrumbe (Montreal)



Derrumbe del Concorde Overpass en Montreal.



- **MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**