

Efectos dinámicos en puentes de ferrocarril

E. Alarcón, R. Alvarez, M. Doblaré y J. Molina
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Cátedra de Estructuras

INTRODUCCION

El comportamiento dinámico de los puentes constituye uno de los problemas clásicos de la Ingeniería Civil.

Efectivamente su origen se puede situar en el conocido accidente de Broughton en 1831, cuando un puente de hierro cedió al paso de una formación militar.

Desde entonces, han sido innumerables los trabajos a que el tema dió lugar, conducentes en su mayoría a la definición de un coeficiente de mayoración sobre las cargas estáticas.

Uno de los organismos más activos en este terreno ha sido la U.I.C. (Unión Internationale des Chemins de Fer), a través de la comisión O.R.E. (Office de Recherches et d'Essais).

Ya en la actualidad, este organismo ha lanzado la Question D-160, referente al estudio de la flecha máxima admisible en relación a la comodidad del pasajero.

En una primera etapa se trataba de la obtención de un programa de ordenador que contemplase el problema en su conjunto, lo cual permitiría posteriormente la realización de estudios paramétricos y consecuentemente la eventual mejora de criterios de diseño.

Se invitó pues a una serie de centros de Investigación Europeos, entre los cuales se encontraba el equipo de la cátedra de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Este artículo pretende dar una visión general del programa realizado, así como de algunos de los resultados obtenidos al pasar uno de los casos de prueba solicitados por la ORE, el puente de Platting, en la República Federal de Alemania.

DESCRIPCION DEL MODELO

Se relacionan en este apartado las ideas básicas que configuraron el modelo adoptado.

Para una más amplia información nos remitimos al artículo que los mismos autores han publicado en la revista "Anales de Ingeniería Mecánica" (véanse referencias).

Una de las directrices fundamentales del estudio fue la necesidad de considerar los efectos locales que las ruedas producen sobre la vía. Esta se considera como viga infinita sobre apoyo elástico (balasto) que, a su vez, actúa sobre las vigas.

Admitiendo esto, la consideración de los efectos locales implicaba, caso de seguir los métodos tradicionales, la aparición de un muy elevado número de grados de libertad.

Para obviar esta dificultad se recurrió al uso de funciones de formas móviles que representan la deformación local y que acompañan a la rueda en su movimiento.

Los coches se modelizan según la técnica usual en los métodos matriciales de cálculo estructural. La masa se supone concentrada en los nodos (centro de gravedad de cada coche) y los elementos pueden ser elegidos en una biblioteca que en la actualidad se está ampliando.

Los grados de libertad considerados son el desplazamiento vertical y el giro.

En cuanto a la estructura, se ha procurado sea una modelización lo más minuciosa posible, considerando posibilidades tales que el pretensado, la no linealidad de los neoprenos, el comportamiento de la orientación, la variación de las características mecánicas de las vigas y las pilas, etc.

TRATAMIENTO NUMERICO

Está condicionado fundamentalmente por dos aspectos del modelo: la variación de las funciones de forma con el tiempo y las posibles no linealidades de los elementos.

Efectivamente, ambas condicionan la forma de integración a seguir, eliminando de partida el uso de cualquier técnica de descomposición modal a favor de los de integración directa.

Se ha recurrido pues a un método de integración directa y ello en base a su sencillez y probada eficacia.

Dentro de estos se está utilizando en la actualidad la regla trapezoidal, y ello por sus características de estabilidad y convergencia en sistemas lineales.

En cada paso de integración el sistema de equilibrio se resuelve por un método iterativo, concretamente el de predicción-corrección.

Estos métodos se adaptan muy bien a los problemas no lineales, dado que permiten variar las características de cada elemento en cada iteración, evitando simplificaciones del tipo rigidez tangente y similares. (Naturalmente ello implica también un mayor tiempo de ordenador).

La obtención de las condiciones iniciales del sistema constituyen también un problema que por su extensión no será tratado aquí. Piénsese no obstante que, la mera obtención del punto de trabajo de cada elemento no lineal hace necesario resolver de forma iterativa un problema de equilibrio (en el que además se exige que la vía permanezca horizontal, para lo cual, una vez obtenido el equilibrio, hay que reajustar los parámetros hasta anular la flecha, llegando así a otra iteración).

Citaremos por último que, aún en el caso de linealidad del sistema, todas las matrices han de ser cambiadas en cada paso de integración, dada la variación de las funciones de forma.

DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS REALIZADOS

Aunque en un principio se pensó en un único programa de características muy definidas y en el que la relación con el usuario se ciñese a la entrada de datos, la experiencia acumulada ha aconsejado la formación de un banco de subrutinas cuya arquitectura permite confeccionar programas a medida del problema con muy poco esfuerzo.

En la actualidad dicho banco consta de más de 200 subrutinas, con un total de aproximadamente 20.000 sentencias.

Ello ha supuesto un esfuerzo importante en lo que se refiere a la estructuración de programas y de datos, pero a cambio permite un mayor aprovechamiento de las características de cada problema (esto es, reducción del tiempo de U.C.).

El lenguaje utilizado ha sido el FORTRAN, dada su mayor difusión y el ordenador en que se ha implementado, un UNIVAC 1100.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El puente de Platting, en la R.F.A. está compuesto por un total de 10 vanos idénticos, cuyas características se aprecian en la figura 1.

Se trata de un ejemplo típico de viga cajón pretensada, respondiendo al esquema genérico de este tipo de construcciones.

La longitud total de cada viga es de 31,71 m, y la distancia entre el extremo de cada viga y su apoyo correspondiente, de 0,7 m.

Las características mecánicas de la viga fueron obtenidas en primera estancia tomando dimensiones sobre los planos disponibles. Estas características fueron supuestas constantes a lo largo de toda la viga, despreciando el cambio de sección sobre los apoyos.

Al comprobar los valores así obtenidos con los deducidos de las pruebas estáticas efectuadas sobre el propio puente, resultaron diferencias importantes entre los valores teórico y experimental de la rigidez EI . Ello pone de relieve la dificultad en la determinación del módulo de elasticidad del hormigón. Naturalmente, se adoptaron como definitivos los valores experimentales.

La masa por metro lineal de la viga hubo de ser obtenida asimismo por medición sobre planos, utilizando las densidades y cuantías usuales.

El amortiguamiento nos fue dado como tanto por ciento sobre el crítico. Dado que nuestro modelo se consideraba en la forma " $\alpha m + \beta k$ " fue necesario hacer nulo uno de los coeficientes, determinando el otro una vez conocidas la masa y rigidez equivalentes. (La deformada de la viga se aproximó mediante desarrollo en serie de senos).

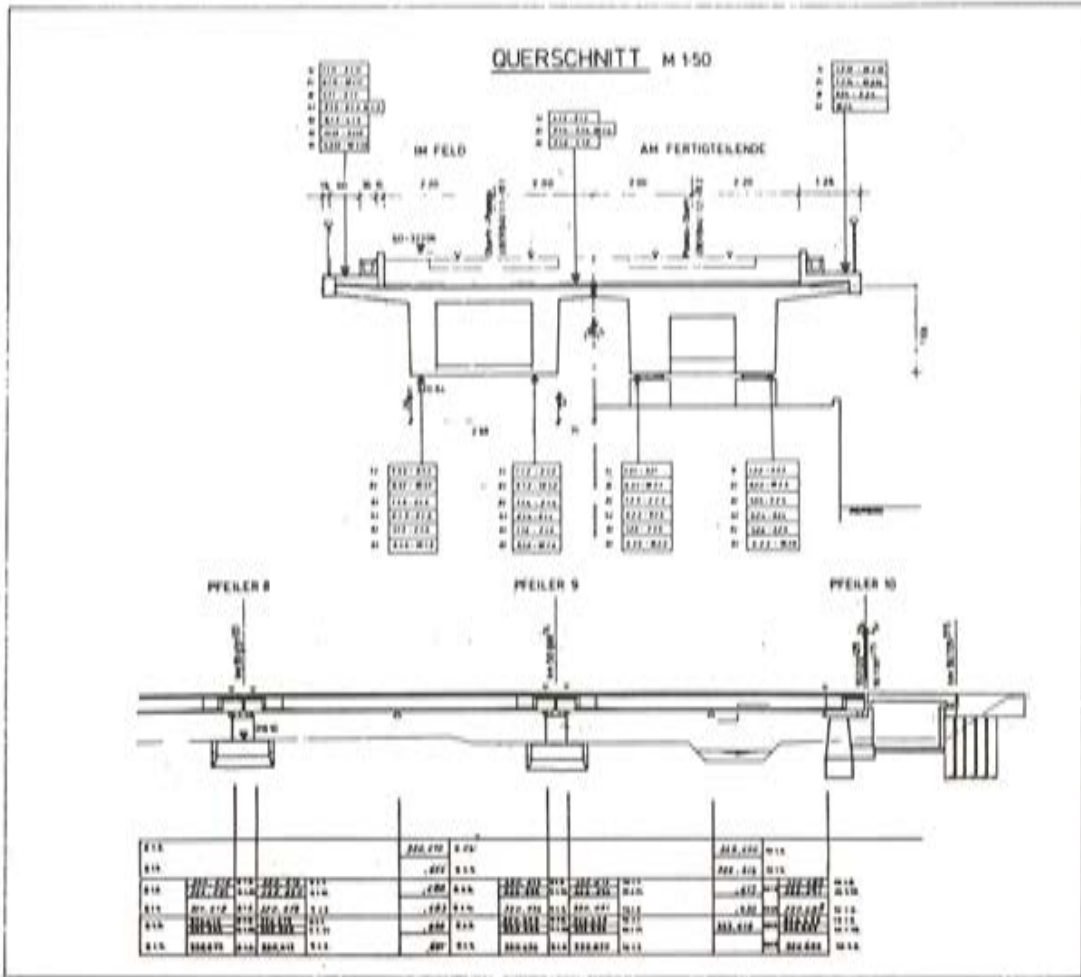


Fig. 1.

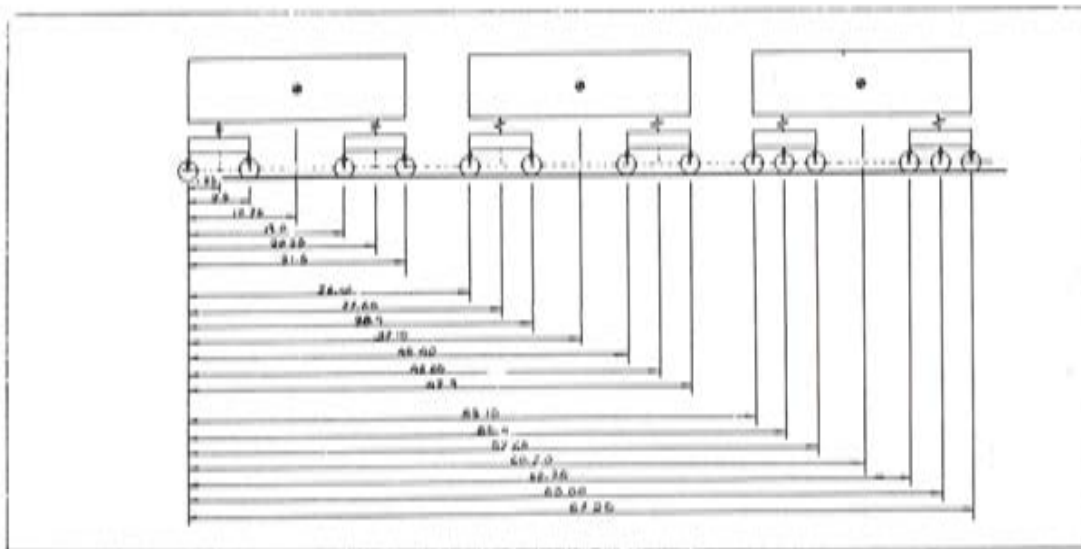


Fig. 2.

Para el balasto, se siguió un proceso similar en la determinación de características, partiendo como dato base de las medidas de rigidez estática del conjunto vía-balasto sobre apoyo rígido.

La vía es del tipo UIC. 60, de características bien conocidas.

Por último, en lo que a la estructura se refiere, los propios promotores aconsejaron la consideración del conjunto pilas-terreno como de rigidez infinita.

A la vista de ello, parecía aconsejable despreciar también la influencia de los neoprenos extremos. Ello permitía la confección de un programa que considerase un número de grados de libertad francamente reducido, ya que no sólo se eliminan los asociados a las pilas sino también la translación y giro de cada viga, así como las deformadas de la vía a ellos debidos.

El tren responde al esquema indicado en la figura 2.

Está constituido por la locomotora y dos coches.

En el apéndice se da un listado de las principales características del problema.

RESULTADOS

Se muestran a continuación, en forma de gráficos, algunos de los resultados obtenidos.

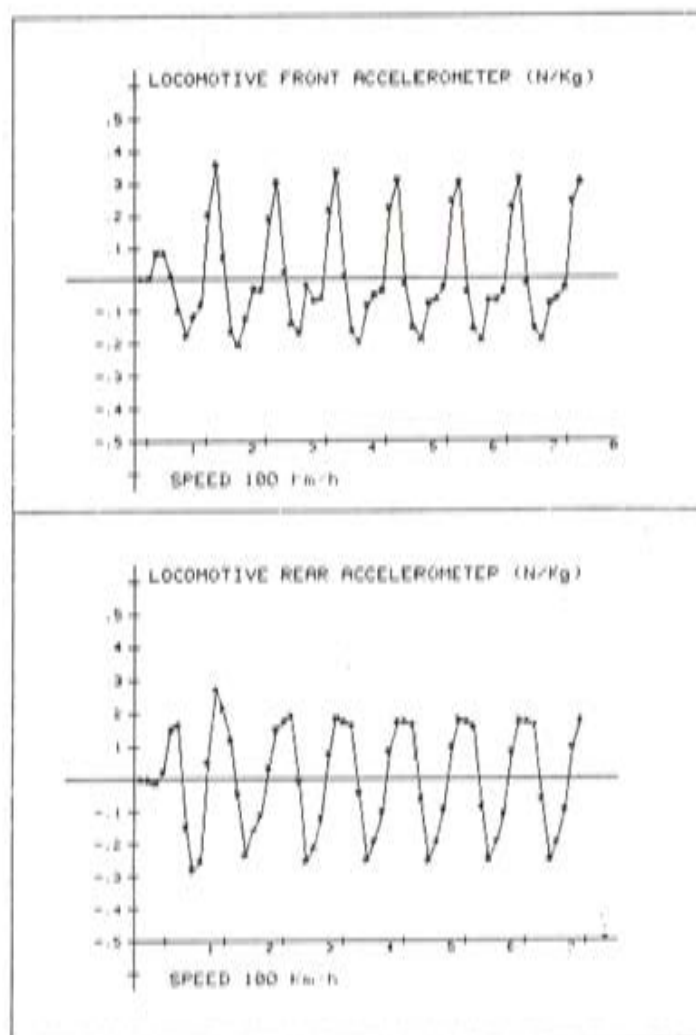


Fig. 3.

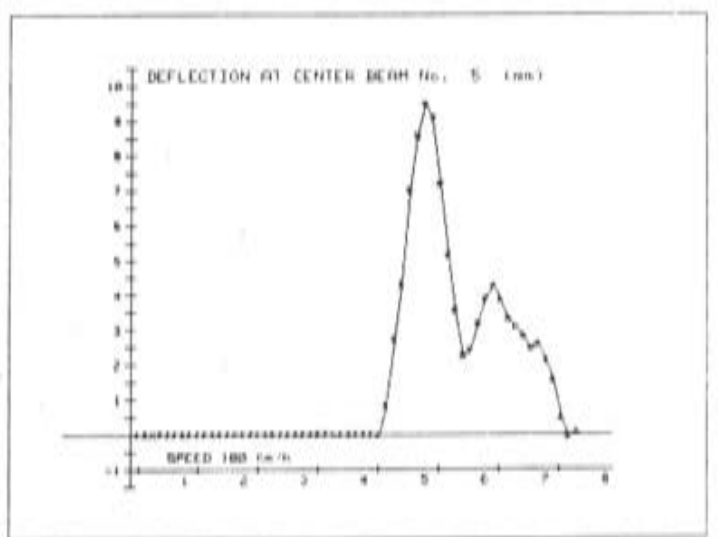
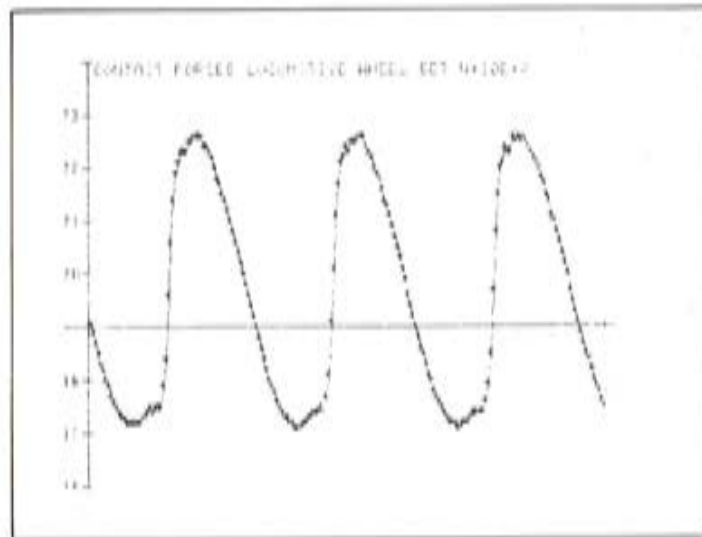
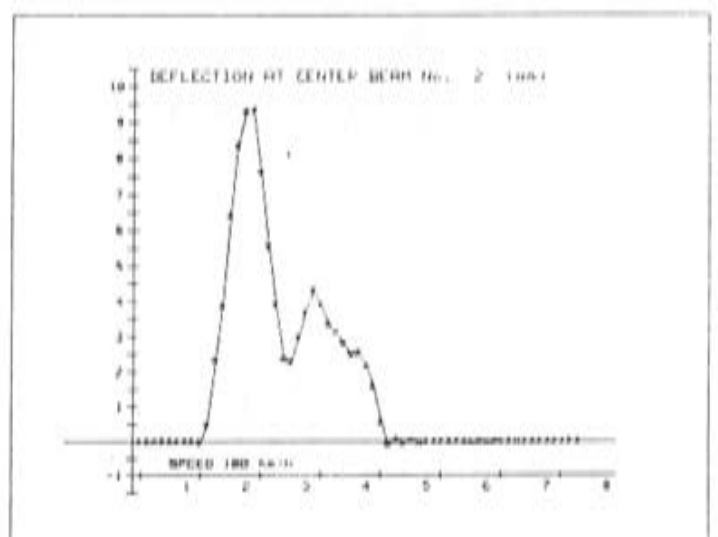
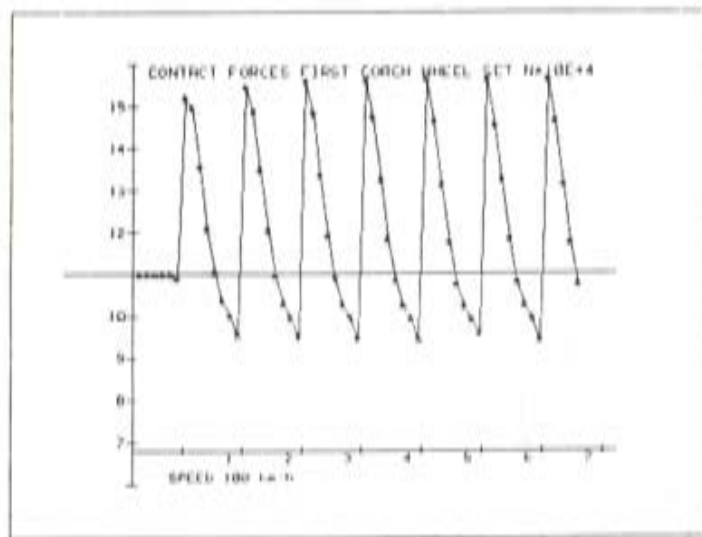
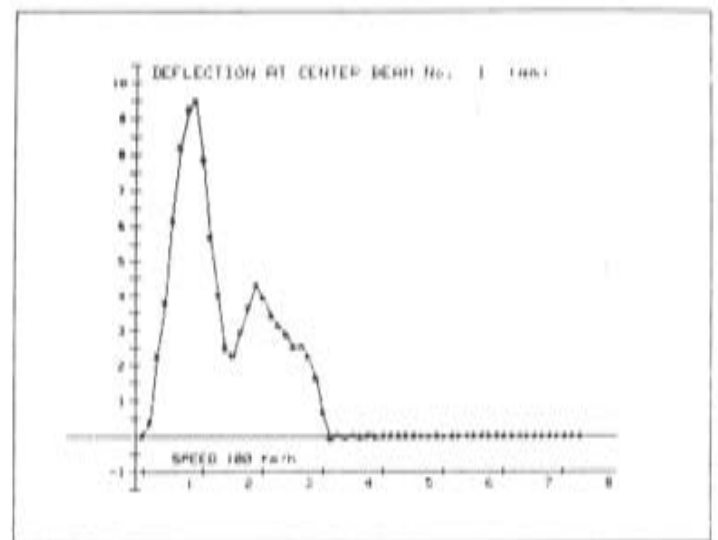
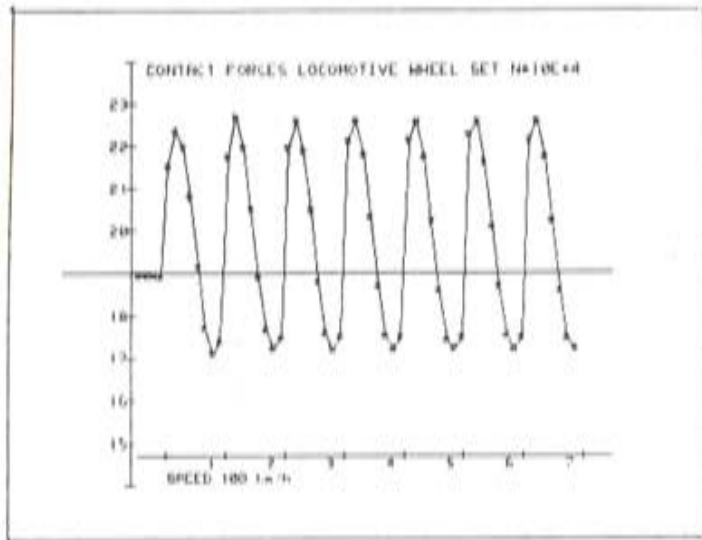


Fig. 4.

Fig. 5.

Como se observará, no se ha cubierto toda la longitud del puente (10 vigas). Ello se debe a que, dada la clara periodicidad de la respuesta, la reducción de la longitud permite, para el mismo volumen de datos una mayor densidad de puntos.

La figura 3 muestra las aceleraciones en la locomotora para puntos situados justo encima del centro de gravedad del primer y último bogie.

En la figura 4 se observan las fuerzas de contacto entre las ruedas y la vía para el último eje de la locomotora y el primero del primer coche.

La última gráfica es una ampliación obtenida aumentando el número de puntos.

En la figura 5 se observa la variación de la flecha en el centro de algunas de las vigas conforme avanza el tren. Es claramente visible el paso de las tres unidades (en los máximos de las curvas).

Por último la figura 6 muestra la variación del momento flector en un punto de la vía situado justo encima del inicio de la tercera viga.

Se observa claramente la superposición de los dos efectos; por un lado la deformación inducida por la deflexión de las vigas anterior y posterior, y por el otro, y con signo contrario, la inducida por el paso de cada una de las ruedas.

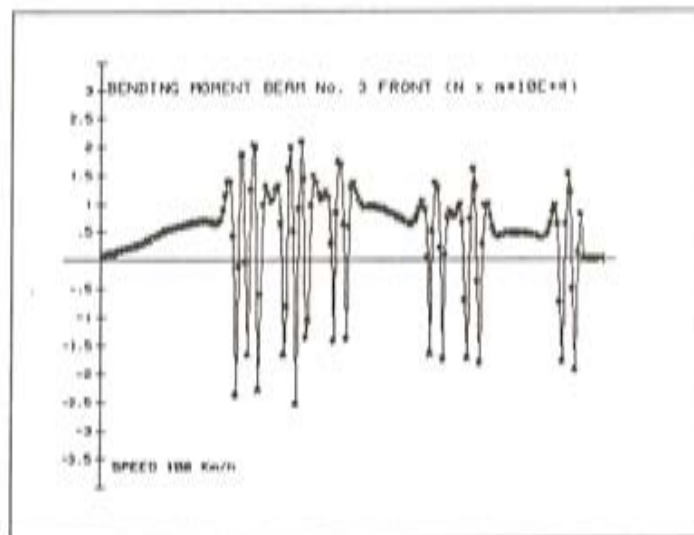


Fig. 6.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, Revista de obras públicas N. 2. (1853).
- Alarcón, E. "Efectos Dinámicos en los Puentes". Tesis Doctoral. E.T.S.I. Caminos. (U.P.M.). (1970).
- Alvarez, R. "Interacción Dinámica Vehículo-Vía-Estructura en Puentes de ferrocarril". Tesis doctoral. E.T.S.I.I. (U.P.M.) (1984).
- Argyris, J.H., Dunne, P.C. and Angelopoulos T. "Dynamic Response by Large Step Integration". Earthq. Engng. Struct. Dyn. Vol. 1, pp. 283-291 (1973).
- Bathe, K. J. and Wilson, E.L. "Stability and Accuracy Analysis of Direct Integration Methods". Earthq. Engng Struct. Dyn. Vol. 1, pp. 283-291 (1973).

- Biggs, Suer and Low. "The Vibration of Simple Span Highway Bridges". Proc. A.S.C.E. Structural Division. (March 1957).
- Bleich. "Theorie und Berechnung der Eisernen Brucken". Springer (1924).
- Chiu, W.S., Smith, R.G. and Wormley, D.W. "Influence of Vehicle and Distributed Guideway Parameters on High Speed Vehicle-Guideway Dynamic Interactions". ASME. J. of Dynam. Syst. Meas. and Control. March. pp. 25-34 (1971).
- Department of Transport "Proceeding of the Symposium on Dynamic Behaviour of Bridges". TRRL. Supplementary Report SR 275 Crowthorne. England (1977).
- Fleming and Romualdi. "Dynamic Response of Highway Bridges". Proc. ASCE. J. Structural Division (Oct. 1961).
- Fryba, L. "Vibrations of Solids and Structures under Moving Loads". Noordhoff Int. (1972).
- Hunley, J.B. "Impact in Steel Railway Bridges of Simple Span". American Railway engineering Association (1935).
- Inglis, C.E. "A Mathematical Treatise on Vibrations in Railway Bridges". Cambridge Univ. Press. (1934).
- Kortum, W. and Richter, R. "Simulation of Multibody Vehicles Moving over Elastic Guideways". Vehicle System Dynamics Vol. 6, pp. 21-35 (1977).
- Kortum, W. and Wormley, D.N. "Dynamic Interactions Between Travelling Vehicles and Guideway Systems". Vehicle System Dynamics Vol. 10, pp. 285-317 (1981).
- Machida, F. and Matsuura. "Dynamic Response of Concrete Railway Bridges". IABSE Periódica (2/1983).
- Ministry of Transport. "Test on Railway bridges in Respects of Impact Effect". Advisory Committee for the revision of the board of trade requirements 1914 in regard to the opening of railways. H.M. Stationery Office, London (1921).
- O.R.E.-U.I.C. "Fleche admissible des ponts". Question D-160. Rapport N. 1 (1983).
- O.R.E.-U.I.C. "Fleche admissible des ponts". Question D-160, Rapport N. 2, Enero: "Analyse des Programmes de Calcul Existents". (1984).
- Tilly, G.P., Cullington, D.W., Eyre, R. "Dynamic behavior of footbridges". IABSE Periodica, Vol. 2. (1984).
- Alarcón, E., Alvarez, R., Doblard, M., Molina, J. "Interacción dinámica Vehículo-Vía-Estructura-Cimiento en Puentes de Ferrocarril". Anales de Ingeniería Mecánica, Año 1/Número 1/Diciembre 1983. pp, 451-460.

APENDICE

 PROGRAM BRIDGE FOR THE DYNAMIC STUDY OF VEHICLES PASSING ON BRIDGES

```

NUMBER OF CARS..... 3
NUMBER OF SFMS..... 7
NUMBER OF DEGREES OF FREEDOM... 74
NUMBER OF TIME INCREMENT..... 4000
VELOCITY OF THE VEHICLE... .3611+02
TIME INCREMENT..... .2769-02
LENGTH OF THE LEFT END... .6703+02
TOTAL LENGTH..... .4000+03
GRAVITY ACCELERATION..... .9806+01
NUMBER OF SUBDIVISION INTERVALS. 10
NUMBER OF ITERATIONS..... 50
NUMBER OF ITERATIONS BETWEEN
IMPRESSIONS..... 1
  
```

THE BALAST HAS UNIFORM PROPERTIES ALONG THE X AXIS

THERE IS NO TRACK IRREGULARITIES

SPRUNG MASS PROPERTIES INSIDE EACH CAR

CAR NUMBER= 1

MASS NUMBER	MASS VALUE	ROTATIONAL INERTIA
1	.547000+05	.067200+06
2	.216000+05	.730400+05
3	.216000+05	.730400+05

MASS NUMBER	X COOR	Y COOR	DISP	ROTATION	D-VEL	R-VEL	D-ACC	R-ACC	D-JERK	R-JERK
1	.60200+02	.23050+01	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.65000+02	.10700+01	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

CAR NUMBER= 2

MASS NUMBER	MASS VALUE	ROTATIONAL INERTIA
1	.340000+05	.106000+07
2	.219000+04	.157000+04
3	.219000+04	.157000+04

MASS NUMBER	X COOR	Y COOR	DISP	ROTATION	D-VEL	R-VEL	D-ACC	R-ACC	D-JERK	R-JERK
1	.37150+02	.10000+01	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.46650+02	.07000+00	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.20900+02	.17000+00	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

CAR NUMBER= 3

MASS NUMBER	MASS VALUE	ROTATIONAL INERTIA
1	.490000+05	.260000+07
2	.219000+04	.157000+04
3	.219000+04	.157000+04

MASS NUMBER	X COOR	Y COOR	DISP	ROTATION	D-VEL	R-VEL	D-ACC	R-ACC	D-JERK	R-JERK
1	.16750+02	.10000+01	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.20250+02	.57000+00	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.12500+01	.57000+00	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

UNSPRUNG MASS PROPERTIES INSIDE EACH CAR

CAR NUMBER= 4

MASS NUMBER	MASS VALUE	N-STOP
1	.302200+04	1.
2	.302200+04	2.
3	.302200+04	3.
4	.302200+04	4.
5	.302200+04	5.
6	.302200+04	6.

MASS NUMBER	X-COOR	DISPLACEMENT	VELOCITY	ACCELERATION	JERK
1	.67250+02	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.65000+02	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.62750+02	.00000	.00000	.00000	.00000
4	.67650+02	.00000	.00000	.00000	.00000
5	.65400+02	.00000	.00000	.00000	.00000
6	.63150+02	.00000	.00000	.00000	.00000

CAR NUMBER= 2

MASS NUMBER	MASS VALUE	N-STOP
1	.160000+04	1.
2	.160000+04	2.
3	.160000+04	3.
4	.160000+04	4.

MASS NUMBER	X-COOR	DISPLACEMENT	VELOCITY	ACCELERATION	JERK
1	.47900+02	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.45400+02	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.20900+02	.00000	.00000	.00000	.00000
4	.26400+02	.00000	.00000	.00000	.00000

CAR NUMBER= 3

1	.160000+04	1.
2	.160000+04	2.
3	.160000+04	3.
4	.160000+04	4.

MASS NUMBER	X-COOR	DISPLACEMENT	VELOCITY	ACCELERATION	JERK
1	.21500+02	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.19000+02	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.25000+01	.00000	.00000	.00000	.00000
4	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

LINEAR SPRING PROPERTIES INSIDE EACH CAR

CAR NUMBER= 1

N-SPR	M-I TYPE	M-I NUM	M-J TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	2.	.4000+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	3.	-.4000+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	1.	.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
4	1.	2.	2.	2.	.0000	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	2.	2.	3.	-.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
7	1.	3.	2.	5.	.0000	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
8	1.	3.	2.	6.	-.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-SPR	IRADIATIONAL STIFFNESS	ROTATIONAL STIFFNESS
1	.3040+07	.0000
2	.3040+07	.0000
3	.2400+07	.0000
4	.2400+07	.0000
5	.2400+07	.0000
7	.2400+07	.0000
8	.2400+07	.0000

4	1.	2.	2.	2.	.0000	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	2.	2.	3.	-.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
7	1.	3.	2.	5.	.0000	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
8	1.	3.	2.	6.	-.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-DAM	TRANSLATIONAL DAMPING C	ROTATIONAL DAMPING C
1	.0000+05	.0000
2	.0000+05	.0000
3	.4000+05	.0000
4	.4000+05	.0000
5	.4000+05	.0000
6	.4000+05	.0000
7	.4000+05	.0000
8	.4000+05	.0000

CAR NUMBER= 2

N-DAM	M-I TYPE	M-I NUM	M-J TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	2.	.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	3.	-.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	1.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
4	1.	2.	2.	2.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	3.	2.	3.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-DAM	TRANSLATIONAL DAMPING C	ROTATIONAL DAMPING C
1	.7000+05	.0000
2	.7000+05	.0000
3	.4000+05	.0000
4	.4000+05	.0000
5	.4000+05	.0000
6	.4000+05	.0000

N-DAM	M-I TYPE	M-I NUM	M-J TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	2.	.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	3.	-.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	1.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
4	1.	2.	2.	2.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	3.	2.	3.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-DAM	TRANSLATIONAL DAMPING C	ROTATIONAL DAMPING C
1	.7000+05	.0000
2	.7000+05	.0000
3	.4000+05	.0000
4	.4000+05	.0000
5	.4000+05	.0000
6	.4000+05	.0000

CAR NUMBER= 2

N-SPR	M-I	TYPE	M-I NUM	M-J	TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	1.	2.	2.	.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	1.	3.	3.	-.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	2.	1.	1.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
4	1.	2.	2.	2.	2.	2.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	3.	2.	3.	3.	3.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	4.	4.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-SPR	TRASLATIONAL STIFFNESS	ROTATIONAL STIFFNESS
1	.1200+07	.0000
2	.1200+07	.0000
3	.1000+07	.0000
4	.1000+07	.0000
5	.1000+07	.0000
6	.1000+07	.0000

CAR NUMBER= 3

N-SPR	M-I	TYPE	M-I NUM	M-J	TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	1.	2.	2.	.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	1.	3.	3.	-.9500+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	2.	1.	1.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
4	1.	2.	2.	2.	2.	2.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
5	1.	3.	2.	3.	3.	3.	.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
6	1.	3.	2.	4.	4.	4.	-.1250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01

N-SPR	TRASLATIONAL STIFFNESS	ROTATIONAL STIFFNESS
1	.1200+07	.0000
2	.1200+07	.0000
3	.1000+07	.0000
4	.1000+07	.0000
5	.1000+07	.0000
6	.1000+07	.0000

LINEAR DAMPING PROPERTIES INSIDE EACH CAR
 =====

CAR NUMBER= 4

N-SPR	M-I	TYPE	M-I NUM	M-J	TYPE	M-J NUM	M-I DIST	M-J DIST	M-I TCOUPL	M-J TCOUPL	M-I RCOUPL	M-J RCOUPL
1	1.	1.	1.	1.	2.	2.	.4000+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
2	1.	1.	1.	1.	3.	3.	-.4000+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01
3	1.	2.	2.	2.	1.	1.	.2250+01	.0000	-.1000+01	.1000+01	-.1000+01	.1000+01