

Autovía de la Meseta. Tramo Torrelavega–Los Corrales de Buelna. Una solución singular

The Meseta Motorway. Torrelavega-Los Corrales de Buelna Section.
A special solution

Javier de la Vega- Hazas García-Lago. Ingeniero de Minas.

Jefe de Obra. Dragados S.A. jvegah@dragados.com

Daniel Castro Fresno. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Profesor de Ingeniería de la Construcción. Universidad de Cantabria. castro@unican.es

Fernando Saldaña Martín. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director de la Obra. Ministerio de Fomento. Demarcación de Carreteras de Cantabria. fsaldana@mfom.es

Resumen: En este artículo se muestra la solución adoptada, “una solución singular”, para el refuerzo y adaptación del puente situado en el P.K. 3+900 que permitió evitar su demolición y sustitución por un puente nuevo, durante la construcción del tramo Torrelavega – Los Corrales de Buelna, de la Autovía de la Meseta. Para ello se construyó una nueva losa, superpuesta a la del tablero existente que debidamente conectada permite obtener unas condiciones resistentes adecuadas a la nueva disposición geométrica y vía del puente. El ahorro económico que ha representado la adopción de esta solución, frente a la proyectada inicialmente, la cual contemplaba la demolición de la estructura existente ha sido considerable, además hay que añadir el importe ocasionado por la gestión de los residuos no producidos y el consiguiente coste ambiental.

Palabras Clave: Construcción estructura, Construcción losa, Ampliación puente, Autovía Meseta

Abstract: This article refers to the “special solution” employed to strengthen and adapt the existing bridge located at km. 3+900 in order to prevent demolition and replacement by a new bridge during the construction of the Torrelavega-Los Corrales de Buelna section of the motorway. The solution consisted of constructing a new slab which was then placed on and duly connected to the existing deck to provide the necessary strength characteristics required by the new arrangement of the bridge. This solution has led to substantial savings as the initial project considered the demolition of the bridge and additional savings were subsequently obtained on account of the lack of waste management which, in turn, served as a more environmentally-friendly solution.

Keywords: Construction of the structure, Slab construction, Bridge enlargement, Meseta Motorway

1. Introducción

La autovía de la Meseta es un proyecto que trata de cubrir las necesidades de comunicación por carretera entre Cantabria y el norte de Castilla. El corredor establecido por la autovía supone una vía importante para el desarrollo de Cantabria, un verdadero eje vertebrador, pero que sin duda, este desarrollo ha de venir acompañado de otras acciones, tanto públicas como privadas, que permitan su sostenibilidad en la Comunidad.

De un estudio realizado en la Universidad de Cantabria sobre los efectos económicos y sociales de la conexión por autovía entre Cantabria y la meseta, se desprenden algunas conclusiones significativas, como que el impacto directo sobre la economía de Cantabria se estima que será en torno al 35% sobre la inversión global de la infraestructura, que el gasto global de la obra representa cerca del 10% del PIB regional representando para Cantabria el cual puede generar en términos globales un impacto multiplicador de 2.

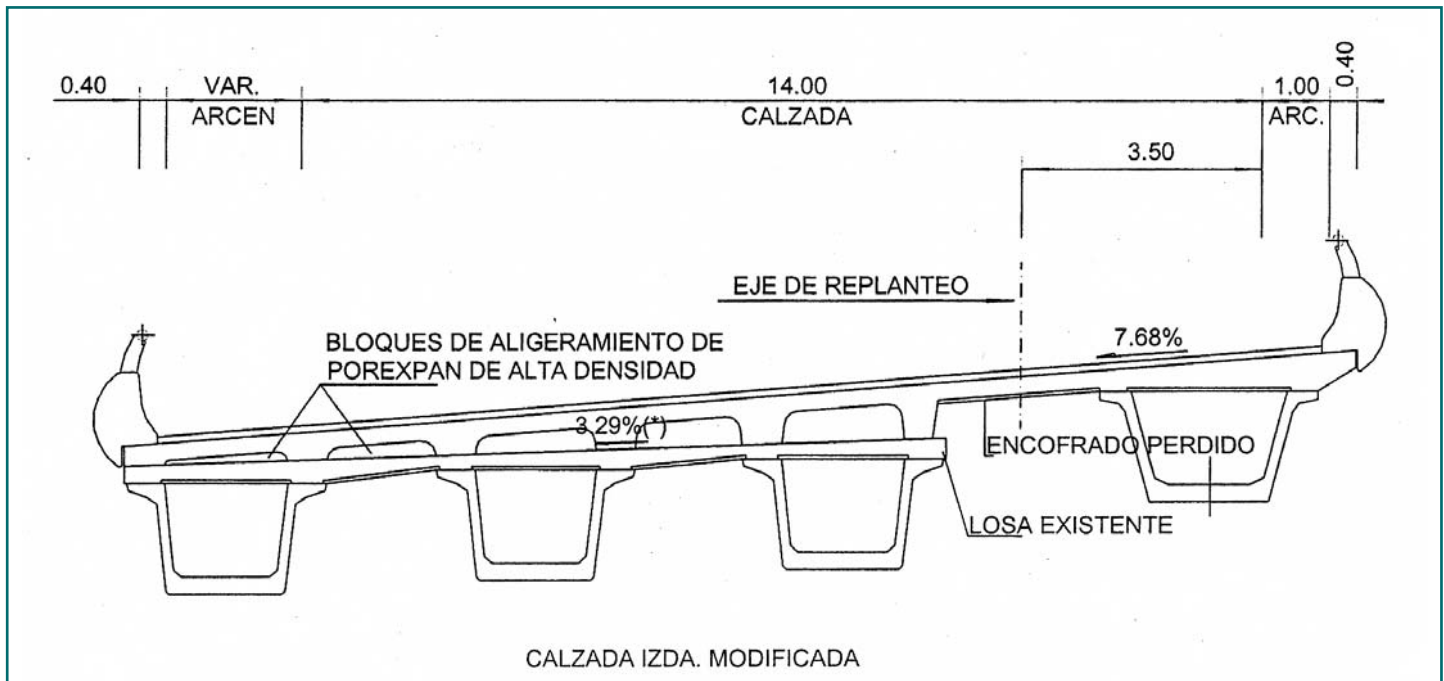


Fig. 1. Sección tipo de losa superpuesta.

Dentro del citado estudio, también se estima que el efecto directo sobre el empleo se eleve a 20.000 personas, entendido este dato como ocupación de recursos laborales, lo que no necesariamente significa nuevos empleos y que debido a la expansión del gasto de los sujetos implicados se producirá otro tirón de la demanda. Este impacto se estima que se sitúa en torno a un 30% del total de la inversión repartido entre consumo (85%) e inversión (15%).

Por otro lado, la reducción de tiempos de viaje entre Santander y las capitales del área oeste de la Zona de estudio (Palencia, Valladolid, Zamora, Salamanca) por la puesta en servicio de la Autovía de la Meseta oscilará alrededor de los 40 minutos.

En cuanto a la accesibilidad demográfica de toda el área de estudio mejora globalmente un 1,02%. Si se correlaciona este índice con un indicador económico como es la cuota de mercado, se obtiene que el aumento de accesibilidad provoca en esa área un aumento de cuota de mercado en torno al 1,5%.

2. Una obra singular

Dentro de las distintas actividades acometidas en la ejecución del tramo Torrelavega - Los Corrales de Buena, una de las obras que cabe destacar es la solución adoptada para el refuerzo y adaptación del Puente situado en el P.K. 3+900 que permitiera evitar su demolición y sustitución por un puente nuevo.

Para ello se llevaron a cabo unos análisis estimativos que permitieron comprobar que, efectivamente, la aplicación de una nueva losa superpuesta a la del tablero actual (Fig. 1) y debidamente conectada, permitía obtener unas condiciones resistentes adecuadas a la nueva disposición geométrica y vía del puente.

3. Planteamiento general de la solución adoptada

Las nuevas condiciones de anchura y peralte requeridas por el trazado de la Nueva Autovía determinan importantes modificaciones del plano que constituye la superficie de rodadura del tablero objeto del análisis, estableciéndose diferencias de nivel entre la plataforma existente y la nueva que van de prácticamente cero hasta 1,12 m.

Para lograr este requerimiento el planteamiento previsto consiste en los siguientes conceptos:

1. Ejecución de una nueva losa de espesor estricto (25 cm.) que se acople perfectamente a la superficie requerida por el trazado de la nueva Autovía.
2. Conexión de dicha losa a la anterior mediante nervios longitudinales que van conectados directamente a las almas de las vigas existentes y de la nueva viga adicional requerida para lograr el ancho total necesario, atravesando la actual losa del tablero.
3. Interrelación entre ambas losas y los citados nervios de mallas de nervometal como aligeramiento, en orden a lograr reducir al mínimo posible el peso de la



Fig. 2. Vista del ferrallado

nueva estructura que combina la parte nueva descrita con el tablero existente.

4. El concepto resistente básico consiste en que el mayor canto que la nueva determina es suficiente para conseguir la resistencia necesaria para hacer frente a las solicitaciones de la nueva plataforma del tablero.

En general, esto se cumple con total adecuación ya que la relación entre cantos resistentes y nuevas solicitaciones resultan en general muy favorables.

5. El nuevo ancho de la plataforma se consigue incrementando el conjunto de vigas de tipo artesa con una nueva pieza de similares características a las del puente actual, que se dispone de forma que la losa correspondiente a esta nueva viga esté en perfecta continuidad con el resto de la nueva losa del tablero ejecutada sobre la antigua.

6. Así pues, el conjunto tablero antiguo recrecido-nuevas vigas determina el sistema estructural total que forma la estructura resistente del tablero.

El análisis de la nueva estructura se efectúa mediante el estudio de un sistema de emparrillado evolutivo, en el que las diferentes piezas de cada fase van resistiendo en sus secciones parciales las solicitaciones recibidas en las nuevas, hasta completar el proceso de demolición y posterior construcción completa.

Finalmente, una vez terminada la estructura, el emparrillado total se somete a las solicitaciones de las cargas permanentes y sobrecargas que la nueva Instrucción IAP señala.

A partir de la serie evolutiva de dichos esfuerzos deducidos en las diversas estructuras que el proceso va determinando, las secciones son analizadas teniendo en cuenta tanto las características de los materiales nuevos como las de los materiales existentes en la obra.

El control de dichas secciones engloba tanto los valores característicos, es decir bajo las condiciones de servicio, como las mayoradas correspondiente al estado límite último o de agotamiento, en orden a garantizar las condiciones de funcionalidad y seguridad.

En las condiciones de funcionalidad en servicio, la fisuración se controla teniendo en cuenta tal como la IAP señala el computo de las cargas permanentes independientemente del momento de su presencia pero teniendo en cuenta dicha aplicación temporal en el análisis y las cargas quasi-permanentes bajo las cuales el sistema ha de estar en adecuada condición.

Son también acciones de la mayor consideración para este control de fisuración las acciones de tipo reológico: retracción y fluencia, teniendo en cuenta para su incorporación al análisis las diferentes edades y temporalidades de actuación.

Igualmente, para el control en el estado límite último, las secciones serían primeramente afectadas por las presolicitaciones de carácter temporal: pretensado, puesta en carga de la estructura inicial, descarga por ejecución de la rehabilitación y aplicación de nuevas acciones permanentes, para a partir de ese momento aplicar las solicitaciones crecientes que llegan a provocar la rotura de la pieza, evaluando con precisión la redistribución interna de esfuerzos que el ciclo histórico de su ejecución ha determinado.

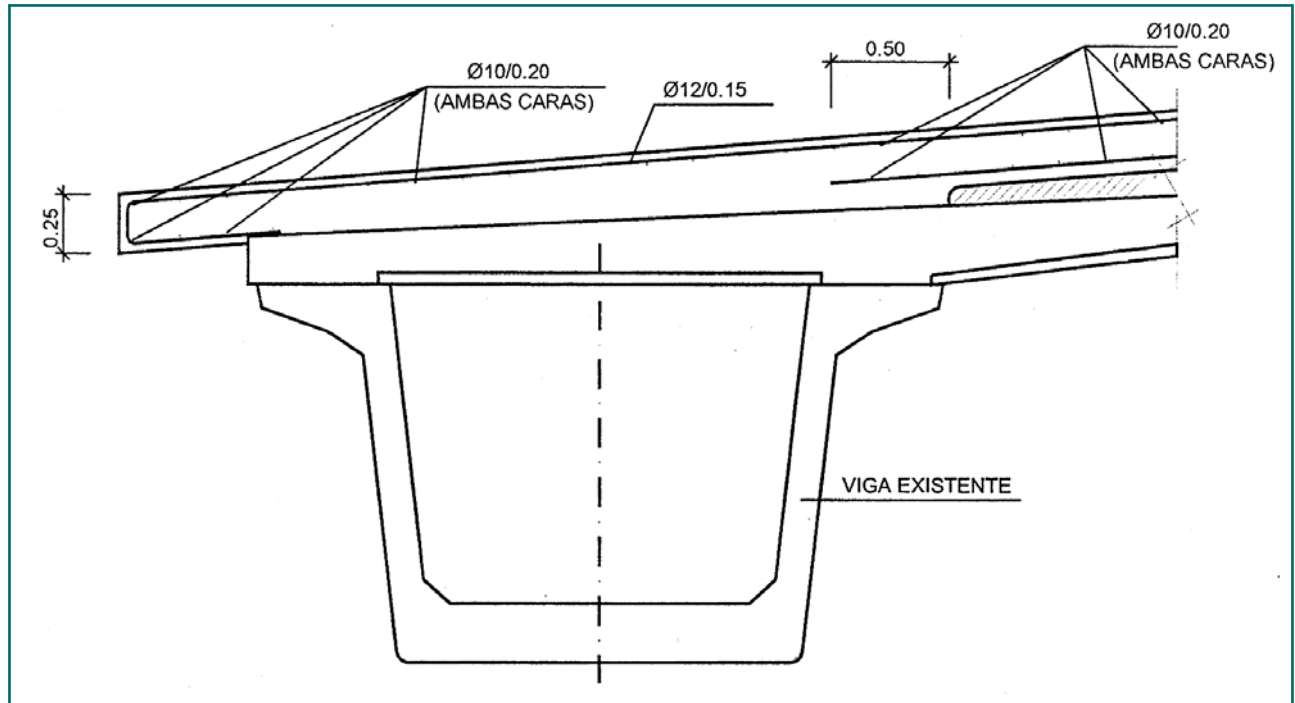
4. Control de resultados

La estructura del nuevo puente se ajusta de forma muy apropiada a las condiciones impuestas por la nueva plataforma prácticamente a lo largo de la totalidad de la misma.

Únicamente debe hacerse mención a una zona local correspondiente a la viga de borde de la zona de plataforma no recrecida por coincidir la antigua prácticamente con la nueva. (Ver Figura 3)

En dicha zona, la nueva condición establecida de actuación simultánea de dos vehículos pesados cuando la anchura de la calzada supera los 12 m. determina, debido a la existencia en tal zona del máximo voladizo y a la presencia adicional de una nueva pieza de barrera-imposta mucho más pesada, unas condiciones de esfuerzos que sobrepasan ligeramente el valor admisible teórico, al ser la incidencia del segundo voladizo bastante notable.

Fig. 3. Detalle de la viga de borde.



Así, la seguridad, teniendo en cuenta la totalidad de los factores de la nueva ejecución si solamente se considera un vehículo resulta $\gamma_{fq} = 1,87$ para las sobrecargas, mientras que si se considera la actuación simultánea de los dos vehículos en dicha zona el coeficiente de seguridad frente a la sobrecarga es $\gamma_{fq} = 1,47$.

Sin embargo, si se adopta para las acciones permanentes un coeficiente de seguridad $\gamma_{fq} = 1,30$, que cubre sobradamente las condiciones reales, puesto que se han contrastado y combinado por el proceso constructivo y de control de características de los elementos realmente empleados: condiciones de los espesores de losa, tipos de vigas, barreras y pavimento, entonces el valor resulta $\gamma_{fq} = 1,58$ nuevamente válido.

Consiguientemente, aunque desde un punto de vista estricto teniendo en cuenta las nuevas acciones que lógicamente no fueron consideradas en el proyecto antiguo y que en tales zonas el puente prácticamente no se ha modificado al coincidir las plataformas nueva y vieja, es lógico que se den las condiciones de seguridad teórica inferiores, ya que las acciones teóricas se han incrementado notablemente.

No obstante, puesto que a la vez se cuenta con una seguridad activa, si se tienen en cuenta las condiciones de cargas permanentes reales, la seguridad frente a la nueva sobrecarga de doble vehículo queda también garantizada. Se estima a la vista de todo lo anterior que el conjunto quedó correctamente preparado para hacer frente al riguroso tema de nuevas acciones.

4.1. Planteamiento general del cálculo

El cálculo de la estructura del puente se ha efectuado considerando la evolución de cargas en el tiempo, desde el inicio de la construcción del puente original, aplicando cada estado de carga en la estructura parcial correspondiente.

Para poder efectuar tal análisis apropiadamente se utilizaron una serie de programas de cálculo, en todo momento contrastados con controles aproximados de carácter manual, con vistas a evitar errores globales de los sistemas involucrados que pudieran producirse durante la fase de discretización de los modelos utilizados debido a la necesaria complejidad de los mismos.

El conjunto de la estructura se integra en un modelo total espacial de barras en el cual cada viga artesana, con el correspondiente ancho de losas existente y nueva, se modeliza mediante barras longitudinales, mientras que el trabajo transversal de la losa se representa mediante elementos perpendiculares a las vigas y unidos a éstas. Las rigideces de estos elementos transversales se han calculado de modo que representen adecuadamente las zonas de alta rigidez comprendidas entre almas de cada viga. También se han representado mediante barras los demás elementos del puente: apoyos, pilas, encapados y pilotes.

El modelo espacial se desdobra en dos fases, correspondientes a las dos configuraciones del puente, la actual y la ampliada. Realmente existe una fase intermedia o de construcción en la que se han montado las vigas nuevas y se procede a hormigonar la nueva losa; se puede englo-

bar en la primera fase, dando a los elementos transversales de unión entre puente existente y vigas nuevas una rigidez muy baja, de modo que funcionen como si estuviesen desvinculados.

4.2. Bases de cálculo

El cálculo completo de la estructura de cada una de las dos cubiertas se ha efectuado mediante criterios generales de la Mecánica Elástica en cuanto a la deducción de las solicitaciones en las secciones resistentes producidas por el conjunto de las acciones indicadas en las Instrucciones y Normas que más adelante se señalan expresamente.

El estudio de las piezas y sus secciones se ha efectuado mediante el método de los Estados Límites, considerando:

- Por una parte, el Estado Límite de Servicio, bajo las combinaciones de acciones más desfavorables con valores característicos y con los materiales, asimismo, sin minorar; comprobándose que los estados de tensiones en todos los elementos de la estructura se encuentran en condiciones adecuadas; es decir, con valores inferiores a los límites expresados en las Instrucciones y Normas citadas.
- Por otra parte, el Estado Límite Último de las secciones, comprobando que las solicitaciones más desfavorables mayoradas (valores de cálculo) de las diferentes acciones en la estructura presentan valores inferiores a los esfuerzos de agotamiento de dichas secciones, teniendo en consideración las oportunas minoraciones de las resistencias de los materiales, así como la incidencia de las interacciones de las solicitaciones combinadas de cortantes, flexores y torsores.

4.3. Instrucciones y normas consideradas

Se han seguido las Normas e Instrucciones indicadas a continuación:

- EHE: Instrucción de Hormigón Estructural (Ministerio de Fomento).
- RPX-95: Recomendaciones para el Proyecto de Puentes Mixtos para Carreteras (Ministerio de Fomento).
- IAP-98: Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera (Ministerio de Fomento).

5. Análisis global de la estructura

El conjunto de la estructura se integra en un modelo total espacial de barras en el cual cada viga artesa, con el correspondiente ancho de losas existente y nueva, se mo-

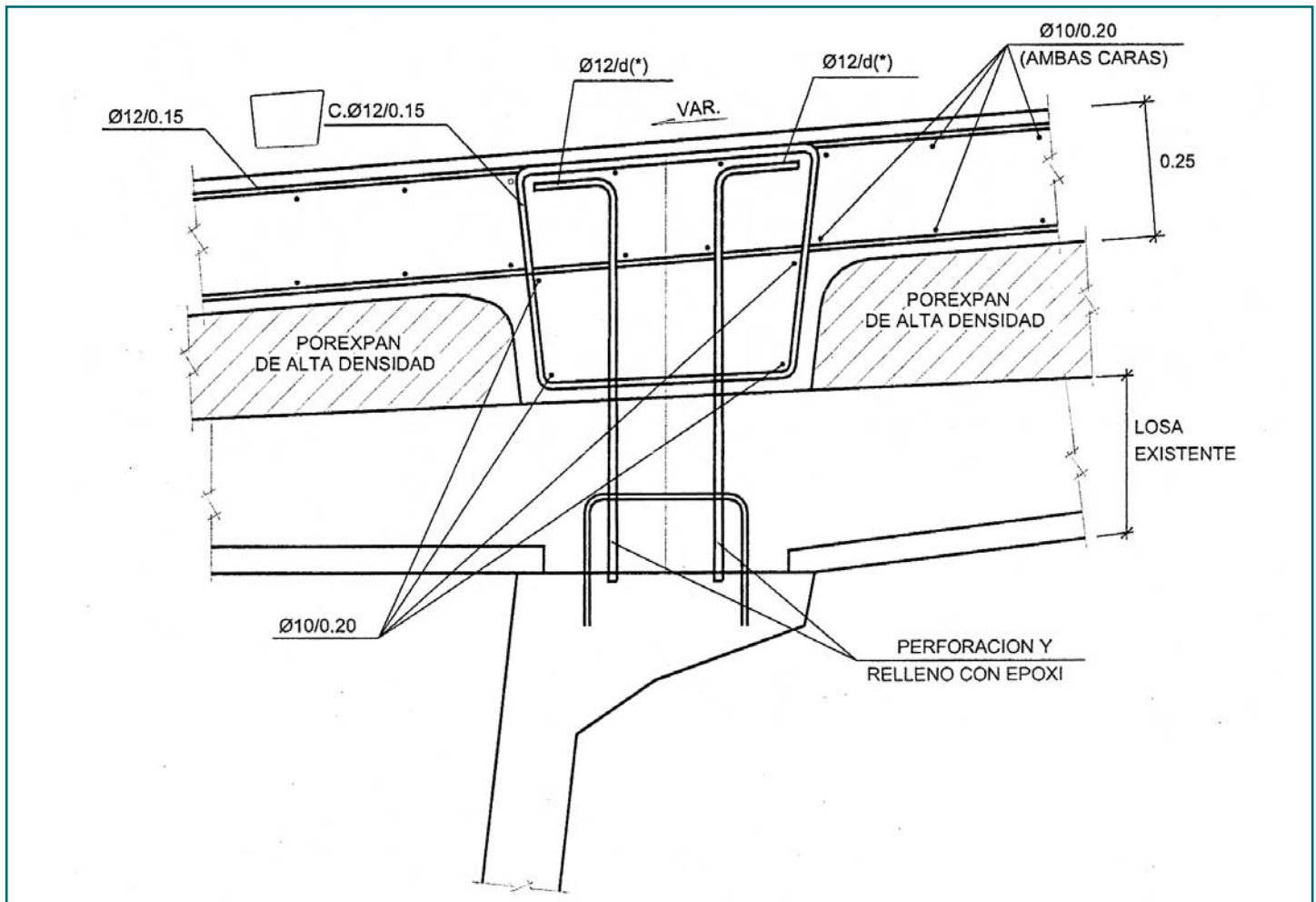


deliza mediante barras longitudinales, mientras que el trabajo transversal de la losa se representa mediante elementos perpendiculares a las vigas y unidos a éstas. Las rigideces de estos elementos transversales se han calculado de modo que representen adecuadamente las zonas de alta rigidez comprendidas entre almas de cada viga. También se han representado mediante barras los demás elementos del puente: apoyos, pilas, encepados y pilotes.

El modelo espacial se desdobra en dos fases, correspondientes a las dos configuraciones del puente, la actual y la ampliada. Realmente existe una fase intermedia o de construcción, en la que se han montado las vigas nuevas y se procede a hormigonar la nueva losa; se puede englobar en la primera fase, dando a los elementos transversales de unión entre puente existente y vigas nuevas una rigidez muy baja, de modo que funcionen como si estuviesen desvinculados.

Para comprobar la validez de las secciones en Estado Límite Último, se obtienen los momentos últimos de varias secciones de centro de vano y se comparan con los esfuerzos mayorados de cálculo provenientes del análisis global de la estructura. Por otra parte, se comprueba que es suficiente la capacidad a cortante de las vigas existentes, incrementada al haber aumentado el canto por la adición de la losa nueva.

También se ha efectuado un control tensional de las secciones más significativas, para garantizar que en servicio las tensiones son correctas. Cada esfuerzo se aplica sobre la sección resistente que existe en el instante de aplicar la carga; además, se tiene en cuenta en este análisis de tensiones la edad del hormigón en dicho instante.



6. Análisis de la conexión entre hormigones

Para asegurar la correcta transmisión de esfuerzos rasantes entre las losas antigua y nueva, se disponen armaduras que cosen ambos hormigones. Estas armaduras se introducen parcialmente en orificios practicados en la losa existente (Ver Figura 4), a la que se adhieren mediante resma epoxi. Su cuantía es, como mínimo la de los cercos de las vigas existentes, y debe ser capaz de resistir el rasante debido a la diferencia de axiles parciales en cabeza entre las secciones de apoyo y centro de vano.

7. Control de las pilas y pilotes

Las pilas y los pilotes se comprueban con los esfuerzos mayorados, a lo que se añade el efecto de la excentricidad accidental, que provoca un aumento del momento obtenido en el análisis, teniendo en cuenta de este modo los efectos de segundo orden. Además, en el caso de los pilotes, se comprueba que el axil vertical característico

Fig. 4. Detalle de transmisión de esfuerzos entre losas.

no excede la carga máxima admisible, a pesar del aumento de cargas sobre el tablero.

Finalmente, cabe destacar el ahorro económico ha representado la adopción de esta solución, frente a la proyectada inicialmente, la cual contemplaba la demolición de la estructura existente con un coste cercano a los 162.000 euros, además del importe ocasionado por la gestión de los residuos producidos y el consiguiente coste ambiental

Este artículo es fruto de la colaboración entre la empresa constructora Dragados Obras y Proyectos, S.A. y la Universidad de Cantabria a través de un convenio marco suscrito para la formación de nuevos profesores de la citada Universidad, una vez finalizada la estancia formativa del profesor que lo firma, correspondiente al periodo estival 2003. ♦

Referencias:

- "Análisis de los efectos económicos y sociales de la conexión por autovía entre Cantabria y la meseta". Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos. Universidad de Cantabria. Enero 2001.