

Ampliación de la Avenida Jamal Abdul Nasser en Kuwait

Upgrade of Jamal Abdul Nasser Street in Kuwait City

José Manuel MARTÍNEZ GARCÍA

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI.
Bridges Department
LOUIS BERGER-PACE Joint Venture
Chief Structural Engineer
jmmartinez@louisberger.com

Javier FERNÁNDEZ-DÍVAR SÁNCHEZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI.
Bridges Department
jfernandezdivar@louisberger.com

Óscar Ramón RAMOS GUTIÉRREZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI. Universidad de Cantabria.
Head of Bridges Division
oramos@louisberger.com

Marcos Jesús PANTALEÓN PRIETO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI. Universidad de Cantabria.
Technical Director
mjpanta@louisberger.com

RESUMEN

La ampliación de la avenida Jamal Abdul Nasser consiste en la construcción de un viaducto principal de dovelas prefabricadas a lo largo de ella y tres en las avenidas transversales, todos con sección de autovía y doble cajón, y de un total de 16 rampas de dovelas prefabricadas de hasta dos carriles que los unen entre ellos y con las vías de servicio de debajo. Los viaductos tienen canto constante y luces de hasta 55 m, y las rampas llegan a los 108 m de luz con canto variable. Apia XXI–Louis Berger IDC ha rediseñado una de las rampas, ciertos elementos de las demás rampas, y ha revisado el rediseño del contratista de los viaductos principales.

ABSTRACT

The upgrade of Jamal Abdul Nasser Street consists of the construction of a main viaduct of precast segments along the avenue and three other main viaducts along the transverse streets, all of them with a highway cross-section, and a total of 16 precast segments ramps, with up to 2 lanes, connecting the main viaducts with the other ones and the service roads underneath them. The main viaducts have constant depth and spans up to 55 m, whereas the ramps spans reach 108 m, with variable depth. Apia XXI–Louis Berger IDC has redesigned one of the ramps, certain elements of the other ramps, and has reviewed the redesign of the main viaducts done by the Contractor.

PALABRAS CLAVE: Kuwait, dovelas prefabricadas, avance en voladizo, vano a vano.

KEYWORDS: Kuwait, precast segments, balanced-cantilever erection, span-by-span erection.

1. Introducción

APIA XXI ha estado trabajando entre los años 2012 y 2015 junto con Louis Berger y Pan Arab Consulting Engineers en el Proyecto y la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra de la Nueva Avenida Jamal Abdul Nasser en Kuwait. Este proyecto, cuyo presupuesto asciende a 242 millones de dinares kuwaitíes (743 millones de euros), tiene una duración prevista inicial de 5 años y medio, siendo la constructora responsable el Consorcio ROBT (Rizzani, OHL, Boodai y Trevi), y el cliente el Ministerio de Obras Publicas de Kuwait (MPW).

Los trabajos de la Nueva Avenida Jamal Abdul Nasser consisten en la construcción de un total de 13.70 kilómetros de puentes de dovelas prefabricadas, 7.20 km correspondientes al viaducto principal de la avenida Jamal Abdul Nasser, 1.20 km de viaductos elevados de avenidas transversales y 5.30 km de rampas de conexión; además de 1 túnel artificial descubierto, 2 glorietas elevadas y 8 pasarelas peatonales.

Los trabajos de las vías de servicio (bajo los viaductos elevados, y dando acceso a los edificios y fincas colindantes) incluyen 8.54 km de la avenida Jamal Abdul Nasser, 2.93 km de las avenidas transversales (con un total de 11.47 Km de vías de servicio) y la construcción de 4 enlaces y 9 rotondas con la correspondiente recolocación de todos los servicios afectados.

En la siguiente figura se muestra una planta de la obra, junto con su gemela de Jahra Road, siendo Jamal Abdul Nasser la avenida que discurre a lo largo de la costa más cerca del mar.



Figura 1. Planta de las dos obras, Jamal Abdul Nasser Street y Jahra Road.

Uno de los principales retos de esta obra ha consistido en compatibilizar los trabajos de construcción del nuevo viaducto elevado con las condiciones de circulación de las vías inferiores existentes. En todo momento el tráfico ha permanecido abierto en dichas vías, que tienen una alta intensidad de circulación, al tratarse de vías principales de entrada y salida a la ciudad de Kuwait. En no pocas ocasiones, el mantener la continuidad del tráfico se ha convertido en uno de los más relevantes condicionantes del diseño y de la construcción.

Igualmente, al tratarse de una obra urbana, cobró especial importancia la logística relacionada con los servicios afectados, para garantizar el funcionamiento continuado de los diferentes suministros, evacuaciones y abastecimientos.

2. Descripción de las estructuras

En la obra hay un total de 391 pilas y 9 estribos, considerando los viaductos principales y las rampas, con 3600 pilotes aproximadamente de 1.20 m de diámetro que hacen un total de 79 km lineales aproximadamente de pilotes. Las pilas son en general de tipo martillo con formas suaves, disponiéndose en cabeza sendos aparatos de apoyo deslizantes tipo POT y una llave de cortante

para recoger las fuerzas transversales. También se disponen pilas integrales que recogen las fuerzas horizontales longitudinales.

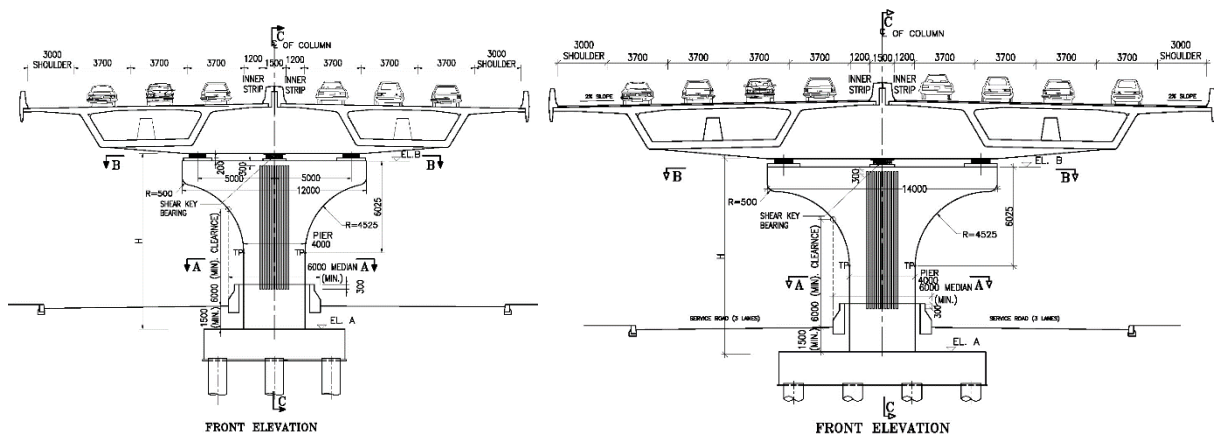


Figura 2. Pilas y diafragmas del viaducto principal

Todas las estructuras están diseñadas con la normativa de carreteras de Kuwait, que se basa en la AASHTO americana, incluyendo algunas modificaciones relativas a las peculiaridades locales, como por ejemplo coeficientes de mayoración adicionales que afectan a la sobrecarga y que impone unas condiciones muy conservadoras.

Los viaductos principales consisten en unidades estructurales, separadas por las juntas de calzada, con una longitud típica de unos 300 m y entre 5 y 9 vanos de hasta 55 m de luz. Existen en la obra 29 de estas unidades. El tablero consiste generalmente en dos cajones paralelos de hormigón, con pretensado interior y exterior, y ejecutados con dovelas prefabricadas de diferentes tipos según sus anchuras. Las zonas en las que confluyen las rampas son singulares y en algunos casos se disponen hasta cuatro cajones en paralelo.



Figura 3. Zona de viaducto principal con 4 cajones

El proyecto incluye en total 16 rampas, entre las que destacan las que materializan el enlace de Ghazali entre la Avenida Jamal Abdul Nasser y la Avenida de Ghazali, entrada al puerto de la Ciudad de Kuwait. Dicho enlace es el símbolo del proyecto, y consta de 6 rampas. Las rampas más largas del proyecto se dividen, al igual que los viaductos, en unidades estructurales separadas por las juntas de calzada.

Al igual que el viaducto principal, las rampas se ejecutan mediante dovelas prefabricadas de varios tipos, según la anchura y el canto necesarios (tres tipos de canto constante y uno de canto variable). La luz máxima de las rampas es de 108 m, con dovelas de canto variable de hasta 7 m.



Figura 4. Rampa NRM de acceso al viaducto principal, rediseñada por Apia XXI.

En la zona del proyecto más próxima a la Ciudad de Kuwait se ha construido un túnel descubierto sobre el que se dispone una glorieta materializada por sendos tableros de hormigón pretensado, y cuya losa se cimienta sobre pilotes de 0.60 m de diámetro que trabajan a tracción, al situarse a un nivel inferior al freático por su proximidad al mar.

3. Procesos constructivos

Las dovelas prefabricadas utilizadas para los tableros de los viaductos principales y las rampas son de cuatro tipos, siendo la de tipo E exclusivamente para las rampas de mayor luz. Los otros tres tipos se diferencian entre sí en la anchura máxima que pueden alcanzar.

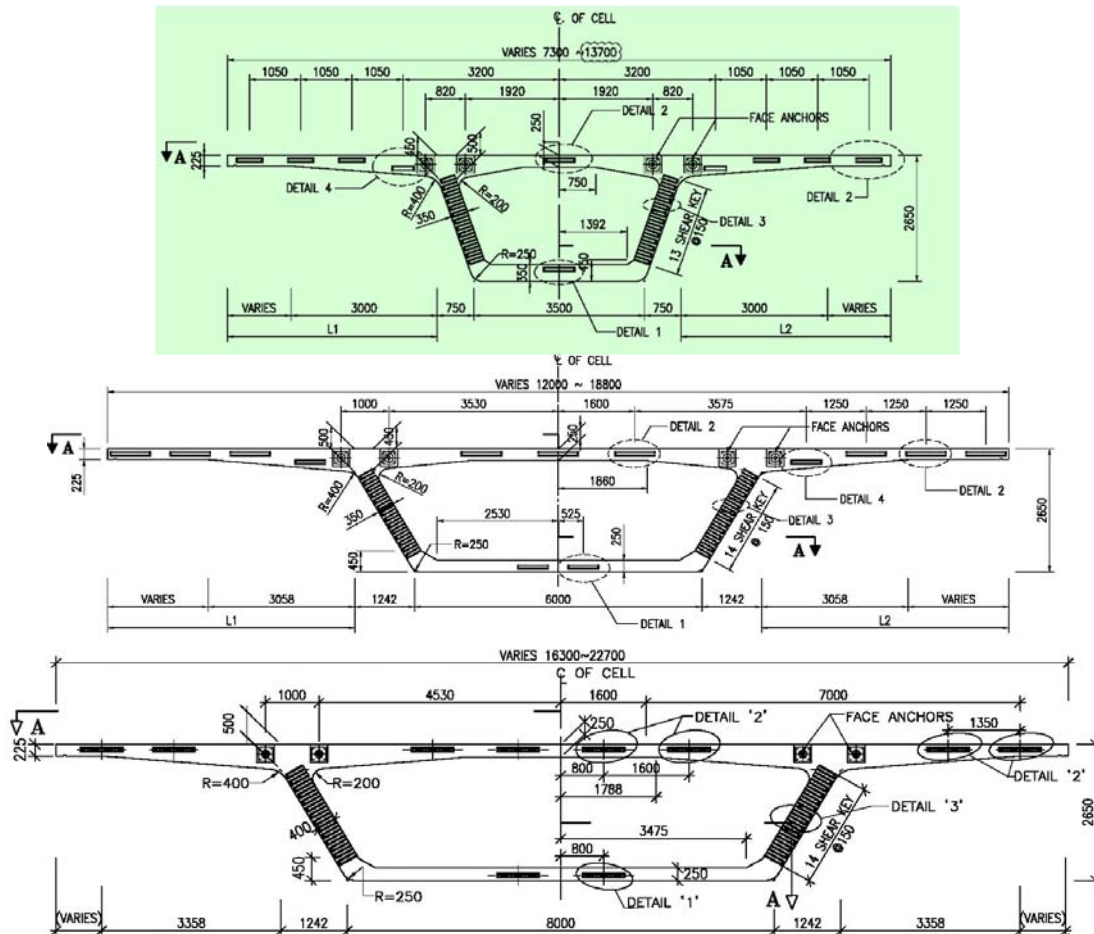


Figura 5. Tipos de dovelas prefabricadas A, B y C, de canto constante.

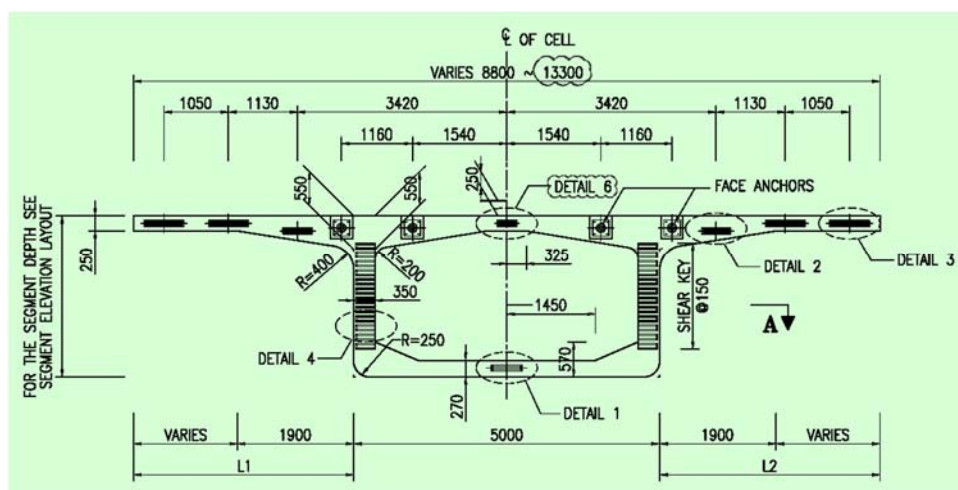


Figura 6. Dovela de tipo E, de canto variable, para rampas de mayor luz.

Tanto los viaductos principales como las rampas estaban previstos ser construidos mediante un proceso de avance en voladizo, en el que las dovelas se iban colocando por pares de manera simétrica a los diafragmas de pila, avanzando así hacia el centro de luz de cada vano.



Figura 7. Construcción de una de las rampas por avance en voladizo.

No obstante, el contratista decidió rediseñar el viaducto principal para cambiar el método constructivo a vano-a-vano, de forma que se utilizaron dos vigas lanzadoras para colocar las dovelas de los tableros.



Figura 8. Construcción vano a vano del viaducto principal.

El proyecto original preveía un total de 7616 dovelas prefabricadas, cifra que se incrementó en 1072 debido al cambio del proceso constructivo, ya que se introdujeron en todos los diafragmas como parte de ellos dovelas prefabricadas de poca longitud que facilitaron la ejecución de los primeros y el control geométrico. El parque de dovelas prefabricadas, situado a 20 km del inicio de la obra, produjo las dovelas siguiendo procesos de fabricación propios de una factoría, con diferentes líneas de producción, control de calidad y almacenamiento organizado.

La fabricación de las dovelas exigía un control geométrico exhaustivo, en el cual se daba a cada dovela la geometría exacta para la posición que ocuparía posteriormente, y teniendo en cuenta curvaturas del tablero en planta y alzado. Se utilizó el método de la dovela conjugada, o el hormigonado de una dovela contra la adyacente.



Figura 9. Parque de dovelas prefabricadas

4. Trabajos realizados por APIA XXI

APIA XXI, como parte del grupo Louis Berger, ha desarrollado trabajo de revisión de las estructuras existentes en el proyecto y de rediseño de algunas de ellas y elementos parciales de otras desde cero debido a cambios solicitados por el cliente (MPW). Además, ha realizado la revisión, en calidad de supervisor independiente, del rediseño de los viaductos principales de acuerdo con el nuevo método constructivo propuesto por el contratista, el método vano a vano.

En los siguientes apartados se describen con más detalle las tareas de diseño realizadas más importantes. Aparte, Apia XXI formó parte del equipo de asistencia técnica en obra movilizado por la UTE Louis Berger – PACE, con cuatro ingenieros, uno de ellos director técnico, supervisando los trabajos de construcción y asesorando a la dirección de obra del MPW.

4.1. Rediseño de la rampa NRM

La construcción de la rampa NRM, que permite la bajada desde el viaducto principal a la carretera de servicio bajo él, exigía la demolición de un puente existente que el cliente decidió mantener a mitad de obra, tal y como estaba definida en el proyecto original. Por tanto, era necesario rediseñar esta rampa, tarea que realizó Apia XXI íntegramente, incluyendo las cimentaciones. La siguiente figura muestra la distribución de vanos que se utilizó.

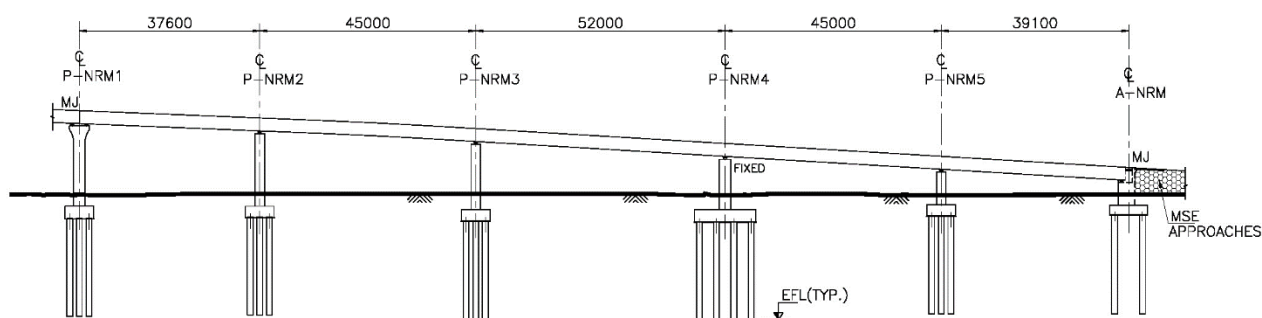


Figura 10. Perfil longitudinal de la rampa NRM.

La siguiente foto muestra la rampa durante su construcción, por avance en voladizo. Como se puede observar, se utilizaron las dovelas de tipo más pequeño, ya que se trataba de un tablero para un

único carril de circulación. La parte de los vanos laterales más cercana a las juntas de calzada (en el estribo y pila común con el viaducto principal) se colocó sobre un cimbrado provisional hasta la instalación del pretensado final.



Figura 11. Construcción de la rampa NRM por avance en voladizo.

El rediseño se realizó simulando el proceso constructivo según los procedimientos utilizados en la obra (avance en voladizo) y considerando todas las acciones de la normativa kuwaití. La siguiente figura muestra el modelo utilizado.

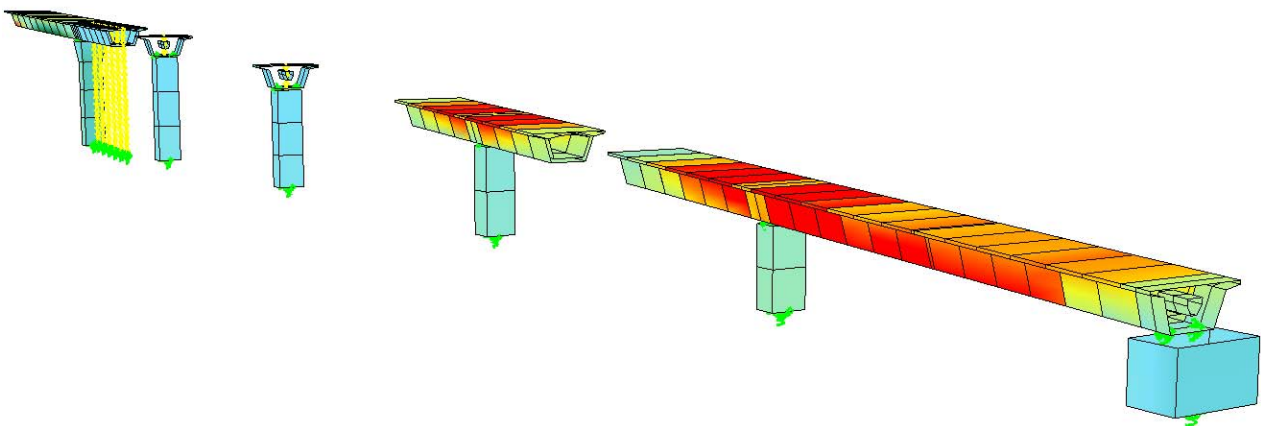


Figura 12. Modelo evolutivo de la rampa NRM.

En apartados anteriores se ha incluido una foto de esta estructura ya terminada.

4.2. Diseño del diafragma de unión entre dos rampas en el enlace de Ghazali

Otra de las tareas de diseño que se llevaron a cabo fue la del cálculo del pretensado del diafragma especial existente en la rampa NRG, que materializaba la unión de ésta con otra que convergía con ella, NRK. Dicho diafragma, de hormigón in situ, tiene la particularidad de conectar un cajón de un tipo de tamaño mediano por un lado con dos cajones de tipo más pequeño por el otro, lo que hace

que exista en este elemento una gran complejidad geométrica en el pretensado, tanto del longitudinal de los tableros como del transversal del diafragma, que se han de cruzar.

Las siguientes figuras ilustran dicha complejidad.

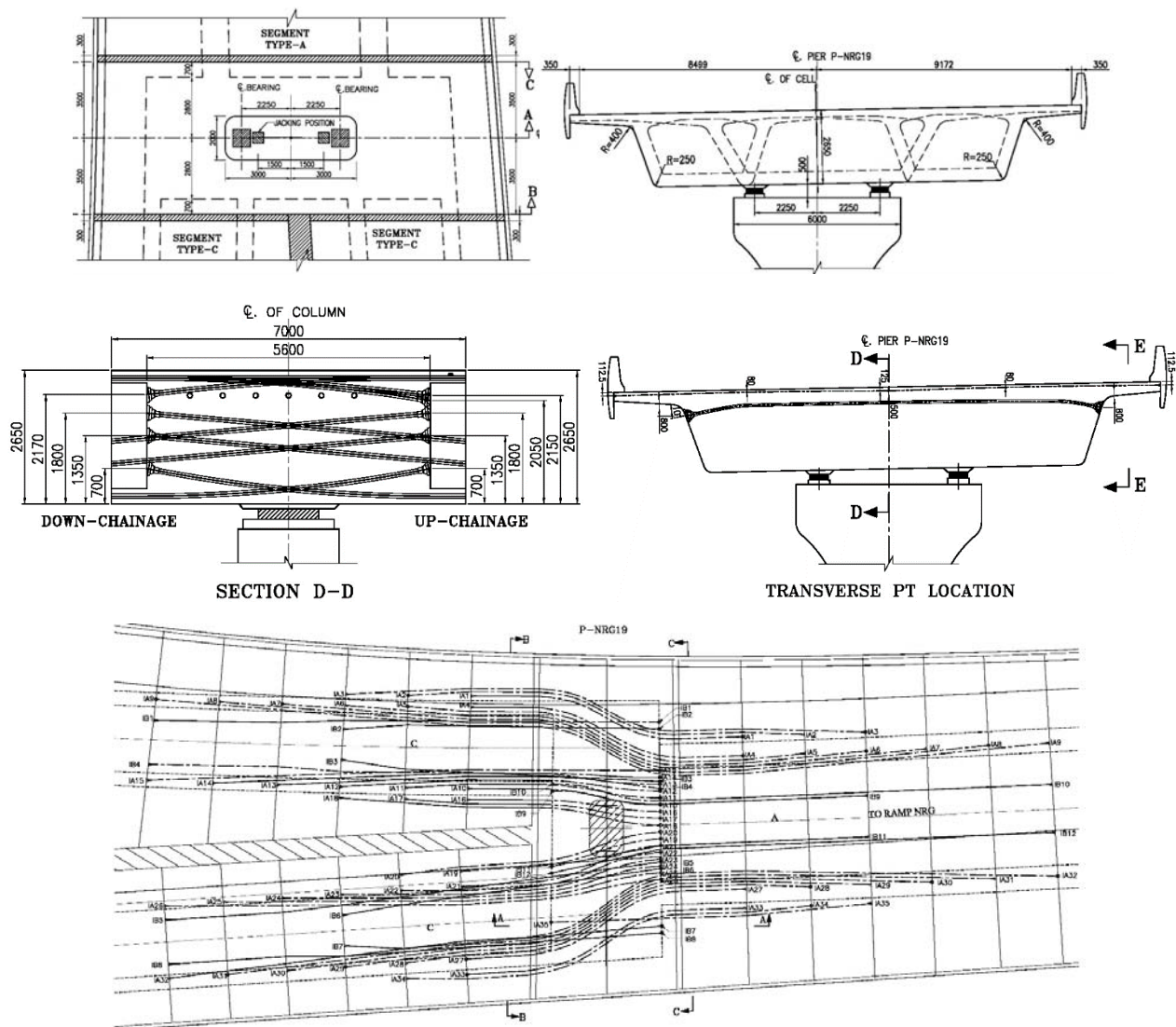


Figura 13. Diafragma P-NRG19.

Apia XXI rediseñó dicho elemento teniendo en cuenta todas las limitaciones geométricas y llegando a una solución que facilitara su construcción, representada en las figuras anteriores.

4.3. Rediseño de diafragmas de apoyos sobre pilas de junta en algunas rampas

Tras detectarse que algunas rampas adolecían de problemas de levantamiento de apoyos en las pilas de división entre unidades estructurales, se decidió acometer el rediseño de estos diafragmas y pilas para incrementar la separación de los apoyos. El problema aparecía en las rampas curvas de más anchura y era debido en su mayor parte a los altos coeficientes de mayoración de la sobrecarga que la normativa kuwaití exige.

APIA XXI realizó primero una serie de comprobaciones exhaustivas de todas las rampas en las que se sospechaba podía existir el problema, identificando aquellas en las que era necesario un rediseño, para luego abordar su solución.

La figura siguiente muestra la geometría adoptada, con diafragmas de hormigón in situ, apoyos por fuera de las almas del cajón y cabezas de pilas ensanchadas para alojar los aparatos de apoyo de tipo POT.

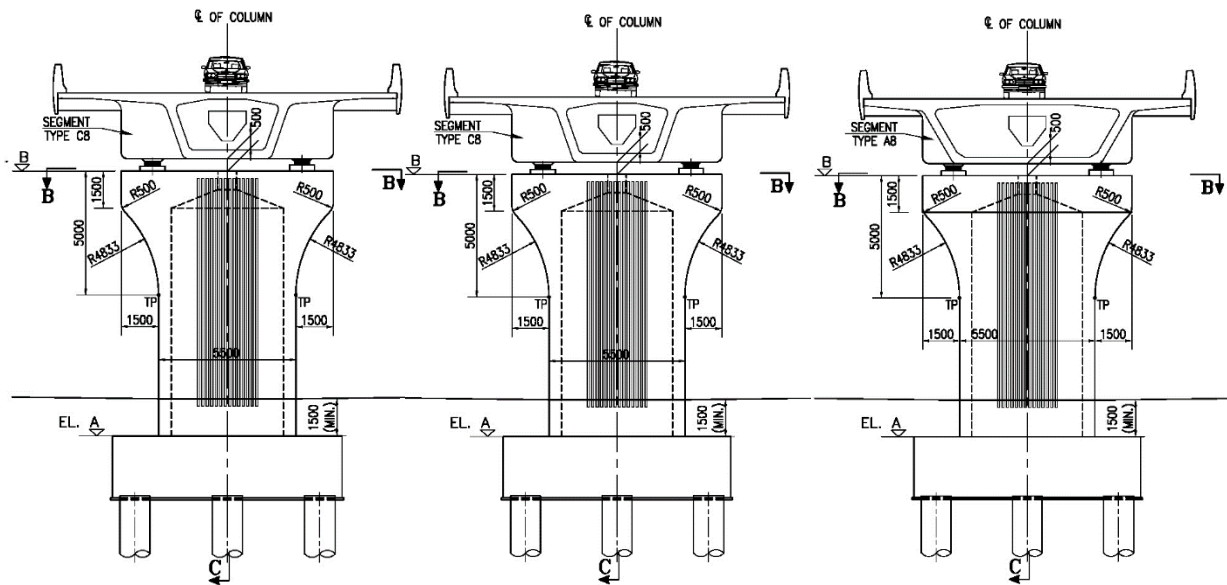


Figura 14. Pilas y diafragmas rediseñados en rampa NRA.

Agradecimientos

Peter Fox, jefe del equipo de diseño del proyecto original, y asesor de la asistencia técnica durante la obra. John Faulkner, jefe de unidad de la asistencia técnica de Louis Berger - PACE. Philippe Bidoli, director técnico de ROBT y artífice del rediseño del viaducto principal.

Referencias

- [1] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, SI Units, 3rd Edition (2004).
- [2] Kuwait Ministry of Public Works. Kuwait Bridges and Highway Structures Design Manual (2004).