

Proyecto básico de terminal exterior de atraque para
cruceros de tamaño medio en Benidorm (Alicante).
Obra de atraque exterior.

Anejo nº 11
Estabilidad geotécnica

Autor:

Víctor Martí Grau

ÍNDICE

1. Introducción	pág. 2
2. Situación 1	pág. 3
3. Situación 2	pág. 5

1. Introducción

Este anejo contiene los cálculos de la estabilidad de la estructura desde el punto de vista de los agentes del terreno que intervienen en ella. Bajo este prisma se contemplan dos situaciones críticas para el equilibrio geotécnico. La primera es la situación de un cajón de la cara dique solicitado por el empuje activo del relleno del trasdós y al mismo tiempo el seno del oleaje de periodo de retorno 50 años. La segunda es la situación de un cajón de la cara dique solicitado por la cresta del oleaje de periodo de retorno 50 años y que es capaz de movilizar el empuje pasivo del relleno del trasdós.

Las comprobaciones de estabilidad contempladas en este anejo son el deslizamiento y el vuelco de un cajón, despreciando las fuerzas de contacto entre cajones contiguos. La tensión máxima que transmite la estructura a la banqueta con objeto de verificar el hundimiento se calcula, pero no es posible realizar la comprobación puesto que la información sobre los materiales de la banqueta no permiten hallar la presión de hundimiento de esta cimentación.

Sería recomendable realizar un estudio sobre los materiales de la banqueta y modelizar el comportamiento conjunto de las diferentes capas.

El método de verificación consiste en comparar las fuerzas o momentos estabilizadores con las fuerzas o momentos desestabilizadores, comprobando que su relación sea mayor o igual a un coeficiente de seguridad global cuyo valor se extrae de la tabla 4.7.2 de la ROM 0.5-05. El coeficiente utilizado es el que corresponde a la combinación característica, puesto que la acción del oleaje es fundamental para el cálculo.

Tabla 1.1 – Coeficientes de seguridad mínimos para diques verticales	
Deslizamiento	1.1
Vuelco	1.2
Hundimiento	1.5

Las acciones que intervienen en el cálculo son las siguientes: oleaje, empuje del terreno, peso del pavimento, peso del espaldón, peso propio del cajón, peso del relleno de celdas, peso del relleno del trasdós sobre la zapata, peso del agua sobre las zapatas, empuje de arquímedes y peso del agua en las celdas. Se considera que en las dos situaciones los empujes hidrostáticos del trasdós y el intradós están equilibrados.

2. Situación 1

La situación 1 se corresponde con el seno del oleaje actuando sobre un cajón de la cara dique. El empuje del terreno es el empuje activo, con una componente horizontal y otra vertical, formando un ángulo igual al ángulo de rozamiento terreno-estructura. El nivel freático del intradós está a la cota del nivel medio del mar.

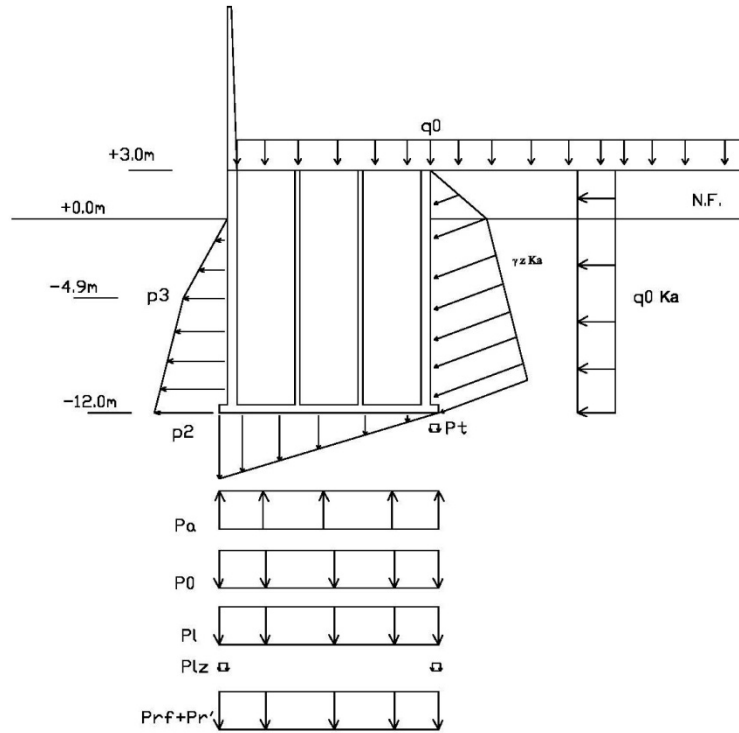


Figura 2.1 Acciones actuantes en la situación 1

$$P_0 = W_{horm} + q_0 \cdot 36 \cdot 12 + W_{bot} = 53\,764.943\,kN$$

$$P_a = 10.1 \cdot 12 \cdot 36 \cdot 13.6 = 59\,339.52\,kN$$

$$P_l = 27 \cdot 12.54 \cdot 15 \cdot 10.1 = 51\,294.87\,kN$$

$$P_{lz} = 11.5 \cdot 0.5 \cdot 36 \cdot 10.1 = 2090.7\,kN$$

$$P_t = (4.8 + 18 \cdot 3 + 12 \cdot 8.5) \cdot 0.5 \cdot 36 = 2894.4\,kN$$

$$P_{rf} + P_r' = 27 \cdot 12.54 \cdot 15 \cdot 12 = 60\,944.4\,kN$$

$$E_{so} = 21\,436.326\,kN$$

$$P_{so} = 20\,675.81\,kN$$

$$E_T = (E_{hf} + E_{vf}) + (E_{hz} + E_{vz})$$

$$E_{hf} = 15\,812.28\,kN$$

$$E_{vf} = 5474.88\,kN$$

$$E_{hz} = 980.64\,kN$$

$$E_{vz} = 356.94\,kN$$

Carga vertical máxima:

$$N_v = 2090.7 \cdot 2 + 20\,675.81 + 53\,764.943 + 51\,294.87 + 60\,944.4 - 59\,339.52 + 2894.4 + 356.94 + 5474.88 = 140\,248.093 \text{ kN}$$

Momento alrededor del punto medio de la cimentación:

$$M_0 = 21\,436.326 \cdot 4.353 + 20\,675.81 \cdot 2.267 + 15\,812.28 \cdot 5.691 + 980.64 \cdot 0.249 - 5474.88 \cdot 6.3 - 356.94 \cdot 6.8 - 2894.4 \cdot 6.55 = 174\,538.997 \text{ kNm}$$

Tensiones en la cimentación – Distribución elástica

$$\sigma_{max} = \frac{N_v}{A} + \frac{M_0}{I} y = \frac{140\,248.093}{489.6} + \frac{174\,538.997}{7546.368} \cdot 6.8 = 443.73 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N_v}{A} - \frac{M_0}{I} y = \frac{140\,248.093}{489.6} - \frac{174\,538.997}{7546.368} \cdot 6.8 = 129.18 \text{ kPa}$$

Tensiones en la cimentación – Bloque rectangular

$$e_B = \frac{M_0}{N_v} = 1.2445 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_B = 11.111 \text{ m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_v}{B' \cdot L} = \frac{140\,248.093}{11.111 \cdot 36} = 350.62 \text{ kPa}$$

Comprobación de deslizamiento

El coeficiente de rozamiento para una cimentación de hormigón prefabricado en contacto con escollera en obras de poca importancia, según la ROM 0.5-05 vale $\mu = 0.625$.

Resultante de fuerzas horizontales:

$$\Sigma E_h = 21\,436.326 + 15\,812.28 + 980.64 = 38\,229.246 \text{ kN}$$

$$\frac{N_v \cdot \mu}{E_h} \geq F_2$$

$$\frac{140\,248.093 \cdot 0.625}{38\,229.246} = 2.29 \geq 1.1$$

Comprobación de vuelco

$$M_v = 21\,436.326 \cdot 4.353 + 15\,812.28 \cdot 5.691 + 980.64 \cdot 0.249 = 183\,544.192 \text{ kNm}$$

$$M_e = 2090.7 \cdot 0.25 + 2090.7 \cdot 13.35 + 5474.88 \cdot 13.1 + 356.94 \cdot 13.6 + 2894.4 \cdot 13.35 + 20\,675.81 \cdot 4.533 + 106\,664.693 \cdot 6.8 = 962\,692.431 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_e}{M_v} \geq 1.2$$

$$\frac{962\,692.436}{183\,544.192} = 5.24 \geq 1.2$$

3. Situación 2

La situación 2 se corresponde con la acción de la cresta de la ola actuando sobre el conjunto del cajón y el espaldón, que empuja la estructura hacia el relleno y es capaz de movilizar el empuje pasivo de éste.

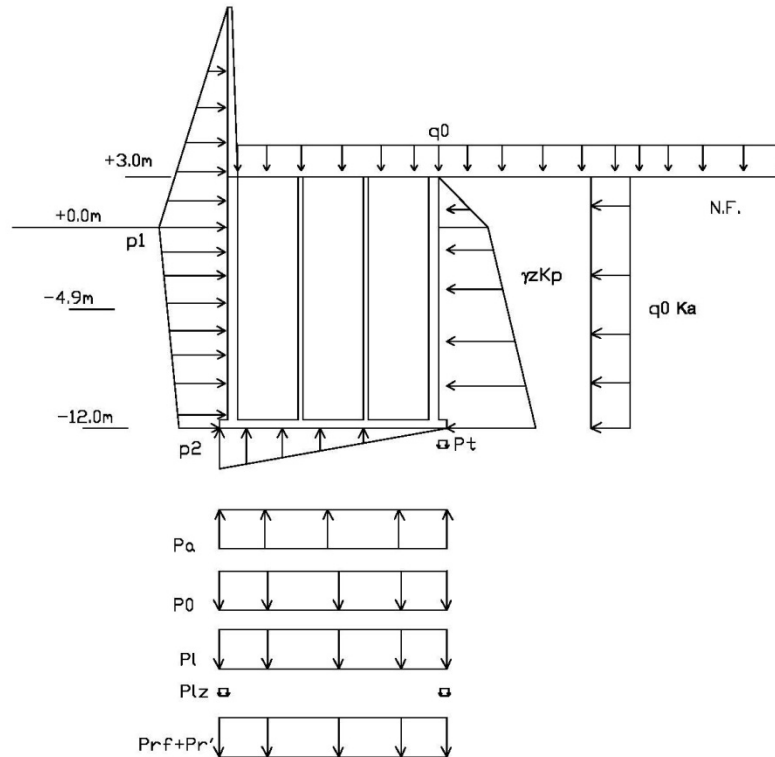


Figura 3.1 Acciones actuantes en la situación 2

Todas las acciones son iguales excepto el empuje de la ola, la subpresión debida a la ola, y el empuje de las tierras del trasdós.

$$E_{co} = 65\,896.56\,kN$$

$$P_{co} = 20\,675.81\,kN$$

$$E_T = 179\,820\,kN$$

En este caso el empuje sólo tiene componente horizontal puesto que se ha obtenido según la teoría de Rankine que no contempla otro caso. Este hecho no afecta a la seguridad puesto que en todo caso sería parte de los momentos estabilizadores del vuelco de la estructura.

Comprobación de deslizamiento

$E_T \gg E_{co}$ por lo tanto no es posible el deslizamiento tierra adentro.

Comprobación de vuelco

$$M_v = 65\,896.56 \cdot 10.054 + 20\,675.81 \cdot 9.067 = 849\,991.584\,kNm$$

$$M_e = 179\,820 \cdot 5.368 + 106\,664.693 \cdot 6.8 + 2090.7 \cdot 13.35 + 4985.1 \cdot 0.25 = 1\,719\,750.792\,kNm$$

$$\frac{M_e}{M_v} = \frac{1\,719\,750.792}{849\,991.584} = 2.02 > 1.2$$