NO.9　異形ケーソンの浮遊時の安定計算

今岡正範

1. まえがき

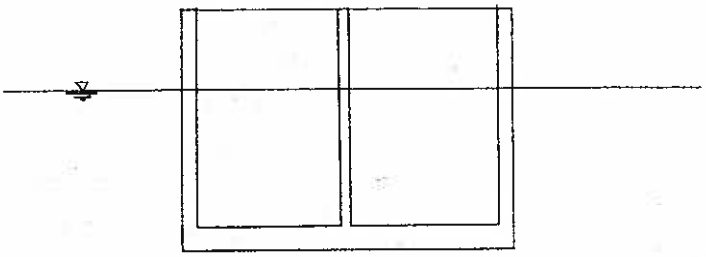
ケーソンの設計をする際の検討項目の一つとして、「浮遊時の安定計算」が有る。ケーソンが浮遊中に、転覆、あるいは傾斜しないように、安定性をチェックするものであり、ケーソンの形状が、法線直角方向、平行方向ともに左右対称であれば、容易に計算できるが、偶角部などに用いられる、いわゆる異形ケーソンについては、カウンターバラストを入れることによって、安定を保たせる必要がある。しかし、異形ケーソンは、使用頻度が低いため、その綿密な計算例が無い。本文は、異形ケーソンの浮遊時の安定計算について、カウンターバラストの載荷方法に重点を置いてまとめたものである。

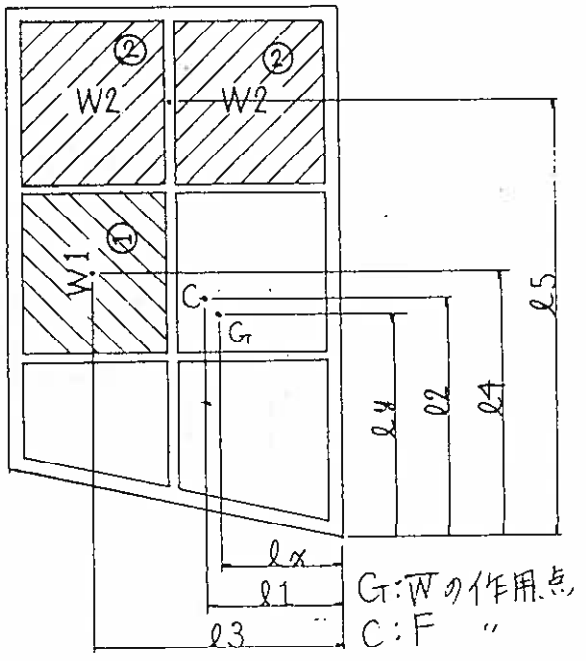
2. 設計の考え方

下図に示した様に、ケーソン全体の重心位置が、浮力の作用位置と一致する様にカウンターバラストを載荷する。（式2・1及び、式2・2を満足すること。）

$$W \cdot \ell x + W1 \cdot \ell 3 = F \cdot \ell 1 \quad (2 \cdot 1)$$

$$W \cdot \ell y + W1 \cdot \ell 4 + W2 \cdot \ell 5 = F \cdot \ell 2 \quad (2 \cdot 2)$$





ここに、

W：ケーソンの重量

F：浮力

W1：カウンターバラスト①の重量

W2：　〃　　②　〃

ℓx：ケーソン外壁外側より、Wの作用点までの距離（法線直角方向）

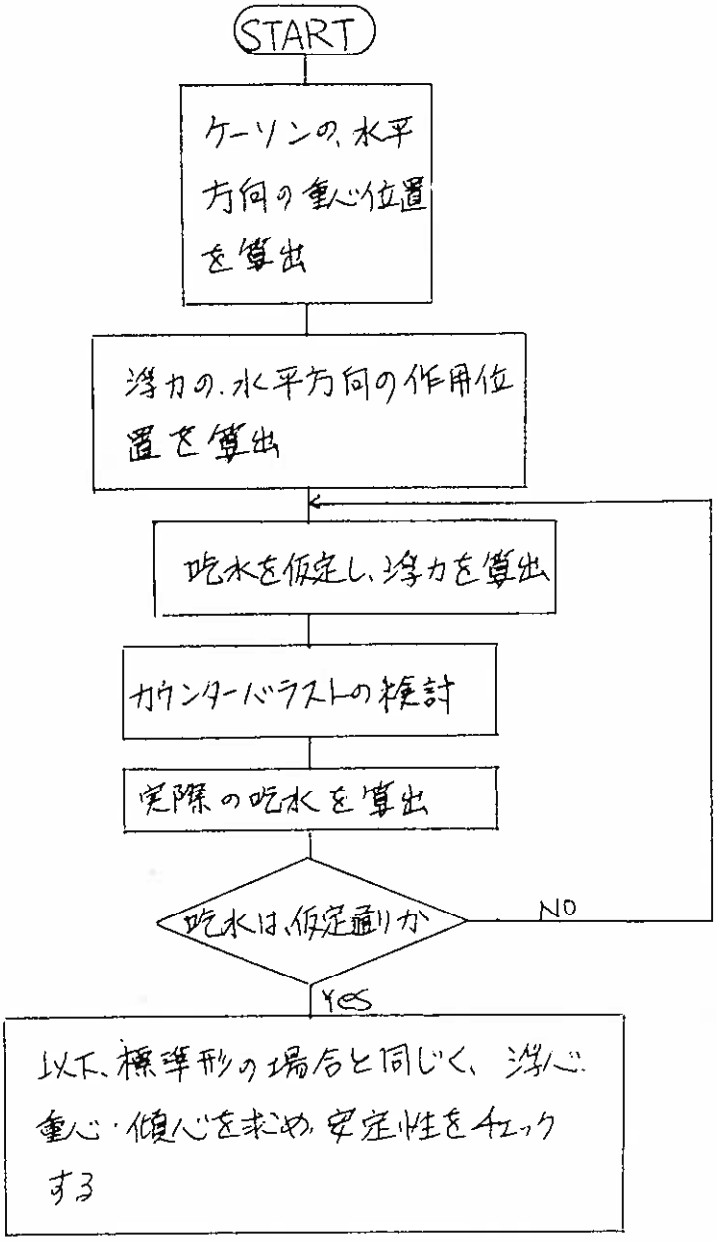
ℓy：ケーソン外壁外側より、Wの作用点までの距離（法線平行方向）

ℓ1：ケーソン外壁外側より、Fの作用点までの距離（法線直角方向）

ℓ_2：ケーソン外壁外側より、Fの作用点までの距離（法線平行方向）
ℓ_3：〃　W1　〃　（〃　直角〃）
ℓ_4：〃　W1　〃　（〃　平行〃）
ℓ_5：〃　W2　〃　（〃　〃　〃）

3. 設計の手順

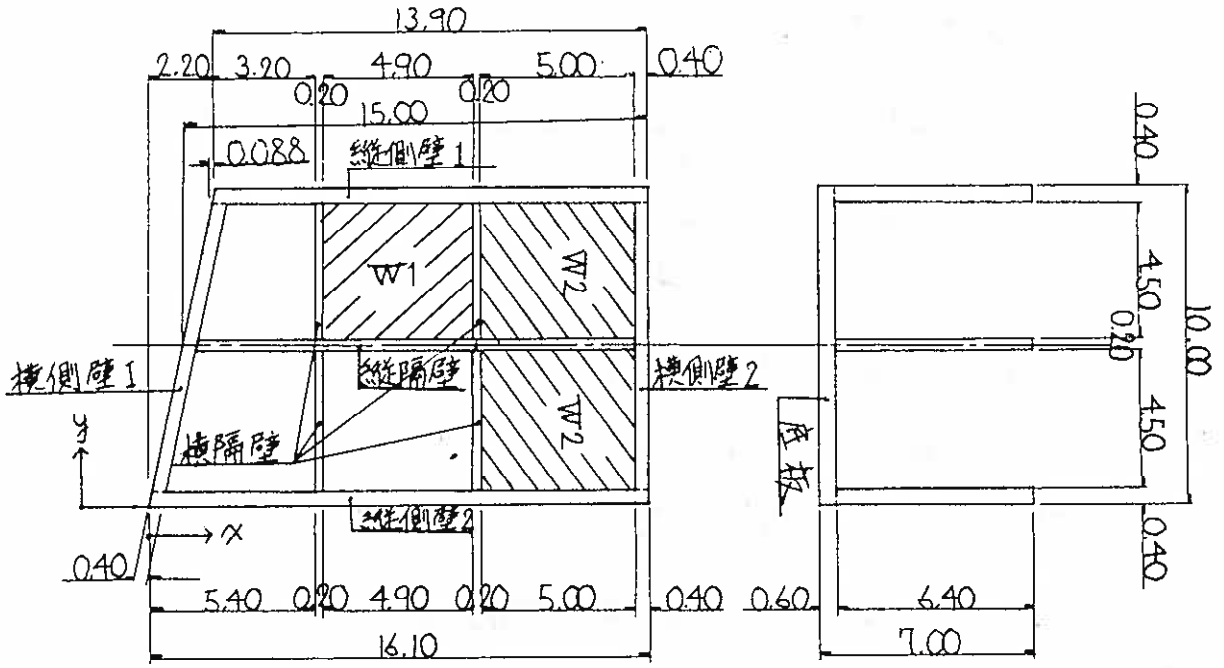
次に示す手順に従って、検討を行う。



4. 計算例

下図に示したケーソンについて、カウンターバラストの載荷方法を検討する。

1) 重心位置の算出



部　材	体積 V (m³)	X (m)	Y (m)	V·X (m⁴)	V·Y (m⁴)
底　版	½×(13.90+16.10)×10.00×0.60=90.000	8.587	4.878	772.830	439.020
横側壁1	0.40×9.20×6.40 =23.552	1.300	5.000	30.618	117.760
〃 2	〃 〃	15.900	5.000	374.477	117.760
縦 〃 1	½×(13.90+13.988)×0.40×6.40=35.697	9.128	9.800	325.842	349.831
〃 〃 2	½×(16.012+16.10)×0.40×6.40=41.103	8.072	0.200	331.783	8.221
横隔壁	0.20×4.50×6.40×4 =23.040	8.050	5.000	185.472	115.200
縦 〃	{½×(13.90+16.10)−0.40×2 ×0.20×6.40 =18.176	8.600	5.000	156.314	90.880
Σ	255.120	—	—	2177.336	1238.672

注）計算を簡単にするため、ハンチは無視した。

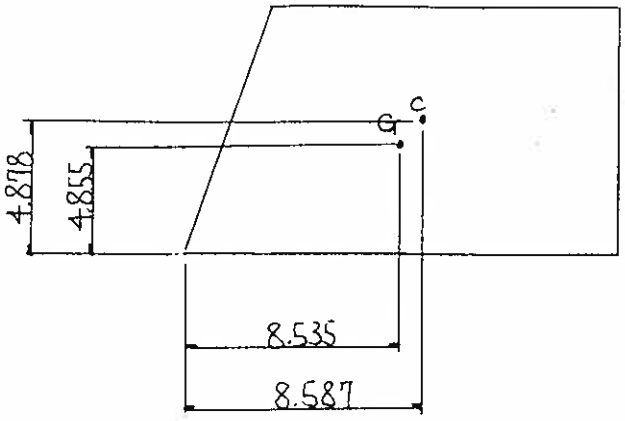
上の表より、

$$\bar{x} = \frac{\Sigma V \cdot x}{\Sigma V} = 8.535^{m}$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma V \cdot Y}{\Sigma V} = 4.855^{m}$$

浮力の作用位置は、前頁、底版の重心位置に等しい。

∴ $x = 8.587^{m}$, $Y = 4.878^{m}$



G：Wの作用点
C：F　〃

ケーソンの重量：$W = 255.120 \times 2.45^{※1} = 625.044$ t/函

今、吃水を 4.30^{m} と仮定すると、

浮力 $F = 10.00 \times 15.00 \times 4.30 \times 1.03^{※2} = 664.350$ t

カウンターバラスト W1 を載荷して、横断方向の安定を計る。

今、W1の断面積 $= 4.90 \times 4.50 = 22.050\ m^2$

又、W1の作用点までの距離（横断方向）

$= 10.00 - 0.40 - 4.50/2 = 7.350^{m}$

バラストの厚さを t とすると、

$625.044 \times 4.855 + 22.050 \times 2.3^{※3} \times 7.35 \times t = 664.350 \times 4.878$

$3034.589 + 372.755t = 3240.699$

$t = 0.553$

∴ W1は、厚さ55cmの特コンを用いるものとする。

次に、カウンターバラスト W2 を載荷して、縦断方向の安定を計る。

W2の断面積 $= 5.00 \times 4.50 \times 2 = 45.000\ m^2$

W2の作用点までの距離（縦断方向）

$= 16.10 - 0.40 - 5.00/2 = 13.20^{m}$

W1の　〃　〃　（　〃　）

$= 5.40 + 0.20 + 4.90/2 = 8.050^{m}$

※1：鉄筋コンクリートの単位重量　2.45 t/m³　※2：海水の単位重量　1.03 t/m³
※3：無筋　〃　〃　2.3　〃

$$625.044\times 8.535 + \underbrace{27.893}_{=W1}\times 8.050 + 45.00\times 2.3\times 13.20\times t = 664.350\times 8.587$$

$$5559.289 + 1366.200\cdot t = 5704.773$$

$$t = 0.106$$

∴ W2は、厚さ11cmの捨コンを用いる。

検算

ケーソンバラストの重量　$W1 = 22.050\times 0.55\times 2.3 = 27.893$ t

$W2 = 45.00\times 0.11\times 2.3 = 11.385$ t

バラストの重量を含めたケーソンの全体の重量は、

$W = 625.044 + 27.893 + 11.385 = 664.322$ t/函

実際の吃水は、

$$D = \frac{664.322}{1.03\times 10.00\times 15.00} = 4.300\ m$$

∴ 仮定通りである。

5、あとがき

今回の検討において、仮定した吃水と、実際の吃水とが一致しない場合、繰り返して計算しなければならないこと、又、計算例では無視しているが実際には、ハンチがあるため、計算がややこしくなるなどの問題点がある。これらの事については、電算を利用するなどして、解決していきたいと考えている。

－参考文献－

- 港湾の施設の技術上の基準・同解説　　日本港湾協会