

## 平成 29 年度 海洋・港湾構造物設計士補 資格認定試験

### 解答例(筆記)

本解答例は、港湾・構造物設計士会（DEMPHIS 会）に所属する有志（有資格者）が本資格の普及を目的として、独自に作成したものです。本資格認定機関である（一財）沿岸技術研究センター（CDIT）が公式に発表したものではありません。従って、本解答例が正解を保証するものではないことをあらかじめご承知置きの上、ご活用下さい。

海洋・港湾構造物設計士会

**【DEMPHIS 会】**

## 【共通問題】

(1) 特殊施工を伴う港湾構造物の設計においては、まず標準的な施工手順を検討し、その施工過程を考慮して設計を行った後、特殊施工に対応した設計を行うことが多い。特殊施工を伴う係留施設を設計する場合を想定し、まず必要となる標準的な施工手順の設定に際して配慮すべき施工上の制約事項（地盤条件、気象・海象条件を除く）とその理由について3つ述べよ（250字以内）。

なお、特殊施工とは、複雑な施工手順や大規模な仮設工等が取り入れられた施工、また、通常の施工手順と異なる施工や通常よりも厳しい施工管理基準を要する施工を意味する。

(1) 標準的な施工手順の設定に際しては、①工事区域に近接する施設への振動や騒音の制約や②施工現場周辺の一般航行船舶や③作業時間の制約などに配慮する必要がある。①については、杭の打設方法の違いにより支持力等の設計が異なる。②については、使用できる作業船の制約などにより、プレキャスト部材の分割数への考慮が必要になる。③については、短時間で施工可能なようにプレキャスト化を検討する必要がある。

(2) 正規圧密粘土地盤に上載荷重  $\Delta p$  が作用した場合について、最終沈下量  $S$  の算出のために必要な土質特性と計算式及びそれらを求めるための調査法と試験法について説明せよ。説明の目安は予測式を除いて200～300字程度とする。

(2) 最終沈下量  $S$  の算定は、①  $e$ - $\log p$  曲線から求める方法と②体積圧縮係数  $m_v$  を用いる方法がある。①および②の方法の算定式は以下の通りである。

①の算定式  $S = h \cdot \{ \Delta e / (1 + e_0) \}$   $\Delta e$  : 間隙比の変化量,  $e_0$  : 初期の間隙比

②の算定式  $S = m_v \cdot \Delta p \cdot h$

これらを求めるためには、ボーリング調査により、粘性土層から乱さない試料をサンプリングして、物理試験や圧密試験を行う。

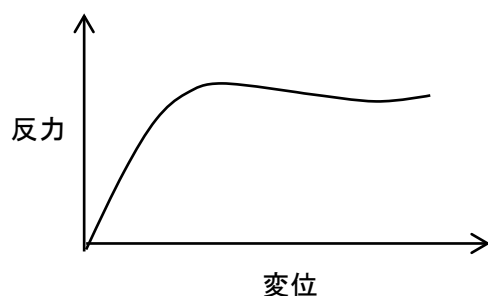
①の方法は圧密試験における圧密応力とその圧力で圧密を終了した時の間隙比を片対数グラフにプロットして得られる  $e$ - $\log p$  曲線より  $\Delta e$  を求める。②の方法で用いる  $m_v$  は、圧密試験の圧密圧力とひずみの関係から得られる曲線の接線勾配として求める。

(3) 定反力型のゴム防舷材について、反力と変位（又は圧縮率）との関係をグラフ（イメージ図）で示し、防舷材の反力特性の特徴を説明せよ。次に、防舷材の規格選定に大きな影響を与える設計パラメータを2つ以上示し、そのパラメータを用いて防舷材の性能照査の手法と留意点について述べよ。

(3) ゴム防舷材の反力と変位のグラフを下記に示すが、比較的小さな変形で最大の反力が発生する特性を有する。

防舷材の規格選定では、船舶の大きさ、接岸速度、接岸角度などの使用条件により発生する接岸エネルギーを吸収できる規格（形状・長さ）のものを選定する。性能照査は、上記のような使用条件を設定して接岸エネルギーを算定し、岸壁構造や潮位などを考慮して設置可能な形状寸法であること、算定した接岸エネルギーよりも大きな吸収エネルギー性能を有する防舷材であることを確認する。

規格選定に大きな影響を与えるパラメータは、接岸エネルギー算定に必要な船舶質量や接岸速度である。特に接岸速度は二乗で影響するため留意する必要がある。



(4) 矢板式係船岸の控え工の設置位置について、控え直杭式と控え組杭式のそれぞれについて標準的な位置と、その理由について述べよ。

(4) 控え工の設置位置は、直杭式の場合は杭とタイ材の取付点よりも  $l_m/3$  ( $l_m$  : 第一曲げモーメント 0 点) 下側の点から杭前面地盤の受働崩壊角で上げた線と矢板背面側に海底面から矢板背面地盤の主働崩壊角で上げた線がタイ材取付高さよりも上方で交わるような位置とする。組杭式の場合は、矢板背面側に海底面から矢板背面地盤の主働崩壊角で上げた線よりも控え工のタイ材取付点が矢板背面側になるように配置する。控え工はタイ材張力を水平作用として受けるため、直杭の場合は前面地盤が横抵抗となるため、矢板の主働崩壊面と杭の受働崩壊面が交わらないよう配置する。組杭式の場合は、組杭の先端支持と引き抜き抵抗で同作用を受けるため、矢板の主働崩壊面の外側に配置する。

(5) 防波堤の壁面に砕波の切り立った波面が衝突するときに、衝撃砕波力が発生する。衝撃砕波力の発生条件とその発生を抑制するための対策工法について250文字程度で述べよ。解答にあたっては、以下の用語を用いること。

用語：「海底勾配」「直立壁天端高」「マウンド」「波向」

(5) 衝撃砕波力の発生条件は、海底勾配が急勾配で壁面の少し手前で砕波する波が来襲した場合に作用する。また、海底勾配が緩い場合でも高マウンドの場合にも発生しやすい。更に直立壁天端高が高いと砕波の切り立った波面が衝突しやすいため、大きな衝撃砕波力が作用する。発生を抑制する対策としては、①消波ブロックを直立壁前面に設置すること、②ケーソンを斜面ケーソンにすること、③防波堤の法線を波向と直角にならないような配置をすることなどが考えられる。

## 【選択問題 I】

(1) 台風や低気圧などの気象擾乱による高潮の発生要因を3つ挙げ、これらの発生メカニズムを内湾と外海の違いにも留意しながらそれぞれ簡単に説明せよ。

(1) 高潮の発生要因は大きく、「低気圧による吸い上げ」、「風による吹き寄せ」、「波の碎波」が挙げられる。

「低気圧による吸い上げ」は台風や低気圧の中心気圧が周辺よりも低いため、中心付近の空気が海面を吸い上げるように作用する結果、海面が上昇することにより生じる。このため、内湾と外海の違いは殆どない。

「風による吹き寄せ」は、台風や低気圧に伴う強風が沖から海岸に向かって吹き、海水が海岸に吹き寄せられ、海岸付近の海面が上昇することにより生じる。内湾は、水深が浅いため、風の吹き寄せ効果が強く働き、高潮が発生しやすくなる。

「波の碎波」は、波の碎波による平均水位上昇(ウエーブセットアップ)する。その上昇量は海底勾配や波形勾配によっても異なるが、汀線に近づくほど大きくなり、沖合いの有義波高の10%以上になる場合がある。

(2) 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に掲載されている「換算沖波波高  $H_o'$ 」について、その定義を示せ。また、これが導入された背景または意義を述べるとともに、エネルギー平衡方程式法などの数値解析モデルを用いた波浪変形計算結果から換算沖波波高を算定する方法について、換算沖波波高を算定する目的と合わせて説明せよ。

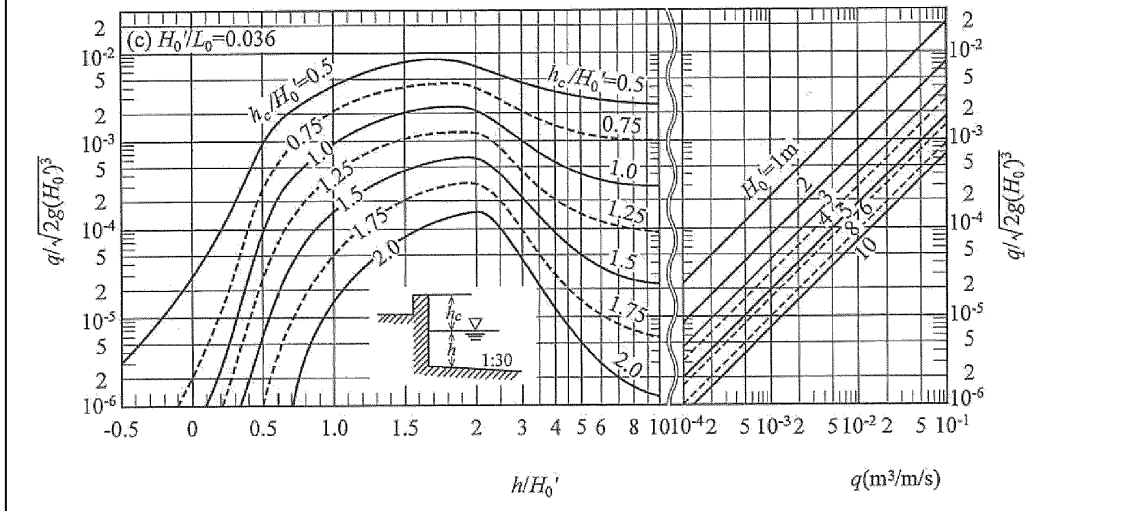
(2) 換算沖波波高  $H_o'$  は、沖波波高  $H_o$  に屈折係数  $kr$  と回折係数  $kd$  を乗じて、 $H_o' = H_o \times kr \times kd$  と表現され、平面的な波形を考慮した仮想的な沖波波高である。

換算沖波波高の概念は、碎波は越波流量、波の打ち上げなどの諸現象を沖波と関連付けるために導入されたものである。また、換算沖波波高を導入することにより、屈折・回折と碎波・浅水変形を切り分けることができ、設計波の算定を容易とするものとする。

エネルギー平衡方程式法などの数値解析モデルを用いて、深海波となる沖波位置から沖波波高、周期の波を入射させることにより、設計対象位置周辺の換算沖波波高を算定することができる。

この換算沖波波高に設計箇所の水深を用いて、碎波・浅水変形を考慮することにより、設計波高を算定する。

(3) 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に掲載されている直立護岸の越波流量推定図のうち下に示す図を用いて、勾配1:30の一様勾配斜面上に設置された直立護岸（護岸天端高D.L.+5.5m, 堤前水深D.L.-4.4m）で生じる単位幅当たりの時間平均越波流量 $q$ を推定せよ。ただし、護岸法線上の換算沖波波高に対する波形勾配は $H_0'/L_0=0.036$ , 対象波の沖波周期は $T_{1/3}=8.0s$ , 潮位はD.L.+1.0mとする。なお、D.L.は工事基準面を示し鉛直上向きを正とする。



(3) 単位幅当たりの時間平均越波流量  $q$  の算定結果は下記のとおりである。

$$h = \text{DL} + 1.0\text{m} - (\text{DL} - 4.4\text{m}) = 5.4\text{m}$$

$$L_0 = 1.56 \times T^2 = 1.56 \times 8.0^2 = 99.84\text{m}$$

$$H_0' = 0.036 \times L_0 = 0.036 \times 99.84 \text{m} \doteq 3.6\text{m}$$

$$h/H_0' = 5.4/3.6 = 1.5$$

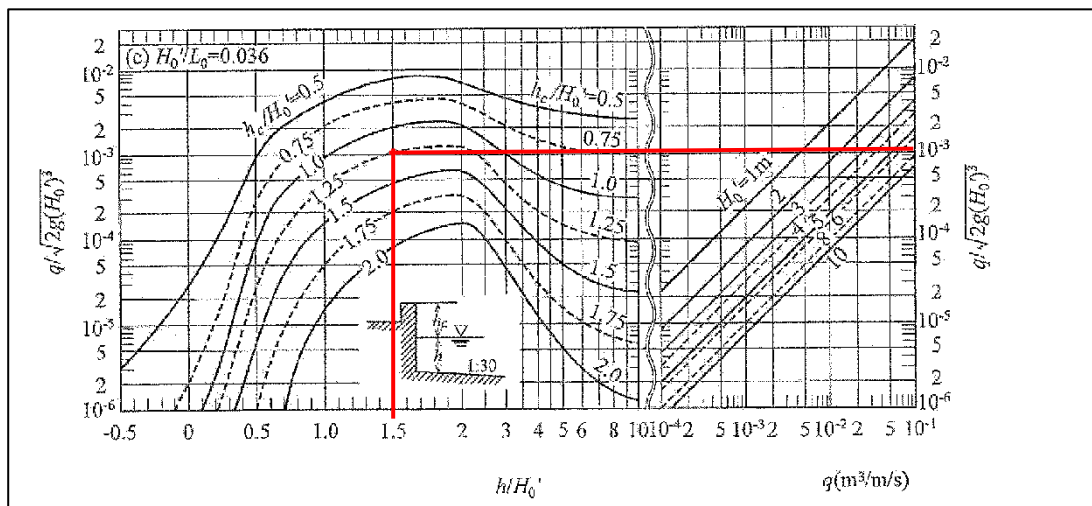
$$hc = \text{DL} + 5.5\text{m} - \text{DL} + 1.0\text{m} = 4.5\text{m}$$

$$hc/H_0' = 4.5/3.6 = 1.25$$

$h/H_0' = 1.5$ ,  $hc/H_0' = 1.25$  よりグラフから無次元越波流量を読み取ると、

$$q/\sqrt{2g(H_0')^3} = 1.0 \times 10^{-3}$$

$$q = 1.0 \times 10^{-3} \times \sqrt{2g(H_0')^3} = 1.0 \times 10^{-3} \times (2 \times 9.8 \times 3.6^3)^{1/2} \doteq 0.03\text{m}^3/\text{m/s}$$



【選択問題Ⅲ】

(1) 下図に示すように、床に剛結されている円形鋼管柱が基部（最下部）で降伏するときの水平力 $P_y$ とその時の载荷点のたわみ $\delta_y$ を求めよ。なお、解答にあたっては、必ず計算の導出過程と単位を記載すること。



(1) 円形鋼管柱の基部に作用するモーメント  $M$  は、 $M=P_y \cdot L=10,000 \cdot P_y$ (N・mm)  
 基部に発生する応力  $\sigma$  は、 $\sigma=M/Z=10,000 \cdot P_y/Z$  であるので、この  $\sigma$  が  $\sigma_y$  となる  $P_y$  を算定する。

$$\sigma_y=235=10,000 \cdot P_y/(7.6 \times 10^6)=1.316 \times 10^{-3} \cdot P_y$$

$$\therefore P_y=235/(1.316 \times 10^{-3})=178,571(\text{N})=178.6(\text{kN})$$

また、载荷点のたわみ  $\delta$  は、 $\delta=P \cdot l^3/(3 \cdot E \cdot I)$  であるので、

$$\delta_y=178.6 \times 10,000^3/(3 \times 200 \times 3.8 \times 10^9)=78.3(\text{mm})$$

(2) 鋼部材に適用される流電陽極方式の電気防食について、その原理と特徴、適用にあたっての留意点ならびに適用範囲について、説明せよ。

(2) 流電陽極方式の電気防食は、アルミニウム合金など鋼材よりも海水中や土中でイオン化しやすい金属を鋼材に取付け、取り付けた金属がイオン化することで鋼材に防食電流を供給して鋼材の腐食反応を停止させる工法である。汽水域や潮流の早い場所においては、十分に防食効果が得られない場合があるため、その場合には外部電源方式への変更や被覆防食工法など他工法による防食を検討する必要がある。電気防食工法の適用範囲は平均干潮面 (M.L.W.L.) 以下とし、平均干潮面以上については被覆防食により防食する必要がある。

(3) 消波ブロック被覆堤では、消波ブロックの繰返し衝突によってケーソン前壁に穴あきが発生し、中詰砂が流出する場合がある。このような損傷が懸念されるとき、構造または材料への配慮による事前対策を2案挙げ、それぞれについて対策の原理と効果、留意点について、説明せよ。

(3) ケーソン前壁の消波ブロックの繰返し衝突による穴あき対策としては、①前壁の設計時にブロックの衝撃エネルギーを考慮した耐衝撃設計で配筋などを決める方法や②中詰め材を部分的もしくは全体的に固化改良する方法が考えられる。

①については、前壁を厚くこと、及び引張鉄筋比の増加や短繊維を混入することで耐衝撃性を向上させる方法である。但し、ケーソンの前壁のみ補強した場合（壁厚を厚くした場合）は、浮遊時のバランスに注意する必要がある。

②については、固化改良された中詰め材がブロックから壁が受ける押し抜きせん断力に対して見かけ上壁厚が増加したように抵抗し、耐衝撃性が向上する。部分的に固化改良した際に同様の効果を確認した研究例もある。但し、穴空き後の固化砂の流出がどの程度抑制されるかは不明である。