

水産庁水産工学研究所 正員 大 槻 正 紀
宮城県水産林業部 高 橋 武 志
香川県庵治町建設課 島 野 学

はじめに 軟弱な海底地盤上に築造する防波堤の安定性を増加させるために、沈床工法として防波堤下の捨石マウンド中に鋼製桁を防波堤の法線に直角方向に等間隔に設置する場合がある。この鋼製桁沈床の断面力の算定には従来これを弾性支承上の梁として、標準貫入試験のN値より決められた地盤反力係数を用いて計算が行われてきた。しかし、この方法によれば、①曲げモーメントの分布は実際と合っても、沈下量が過小評価される、②N値がゼロとなるような軟弱地盤では地盤反力係数が容易に決まらないなどの問題がある。本文では、この点を考慮して、圧密試験より求められる体積圧縮係数 m_v を用いた解析法を示すとともに、現場の計測結果との比較検討を行ったものである。

解析方法 解析は、①沈床は弾性支承上の梁とする、②沈床に作用する地盤反力は、地盤には圧密圧力として作用する、③圧密圧力は沈床に作用する地盤反力にBoussinesq式による応力分散を加味して決める、の仮定のもとに行った。

$$\frac{d^2}{dx^2}(EI \frac{d^2 y}{dx^2}) + R(x) = P \cdot q(x) \quad (1)$$

$$y(x_i) = \sum_{k=1}^L \frac{2 \cdot H_{ik} \cdot m_{yik} \cdot U_{ik}}{\pi \cdot P} R(x_i) \int_L \frac{z_k^3}{\{(\xi - x_i)^2 + z_k^2\}^2} d\xi \quad (2)$$

$$M_l = M_r = 0, \quad Q_l = A_l \cdot \mu_l \cdot y_l, \quad Q_r = -A_r \cdot \mu_r \cdot y_r \quad (3)$$

このとき、沈床を弾性支承上の梁としたときの力のつり合いは式(1)で表わされる。ここに、 x : 沈床の軸方向座標、 y : 沈床の鉛直変位、 EI : 沈床の曲げ剛性、 $R(x)$: 沈床1本単位長さ当りの地盤反力、 P : 沈床の中心間隔、 $q(x)$: 載荷圧分布である。また、圧密沈下式は式(2)のように表わされる。ここに、 H_{ik} , m_{ik} , U_{ik} : $x = x_i$ における k 番目の圧縮層の圧縮層厚、体積圧縮係数、圧密度、 z_{ik} : k 番目の圧縮層の中心深さ、 L : 圧縮層数である。境界条件として式(3)を考える。ここに、 M , Q , A , μ はそれぞれ曲げモーメント、せん断力、断面積、せん断力に関する反力係数で、サフィックス i , j は沈床の左、右端の値であることを示している。

式(1), (2)を沈床の曲げと地盤の圧密沈下の基礎式とし、境界条件(3)を考慮して離散化した。離散化はガラーキン法を用いて行った。すなわち、沈床の各要素内の鉛直変位を各節点での鉛直変位とにわみ角により3次式で内挿する。また、地盤反力は要素内で一定とする。この離散

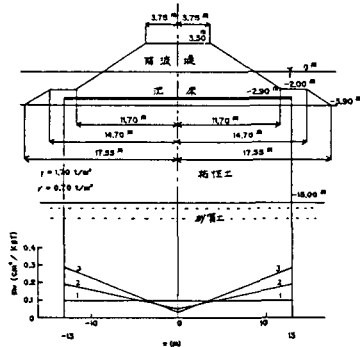


図1 施工断面と m_v の分布(廣治漁港)

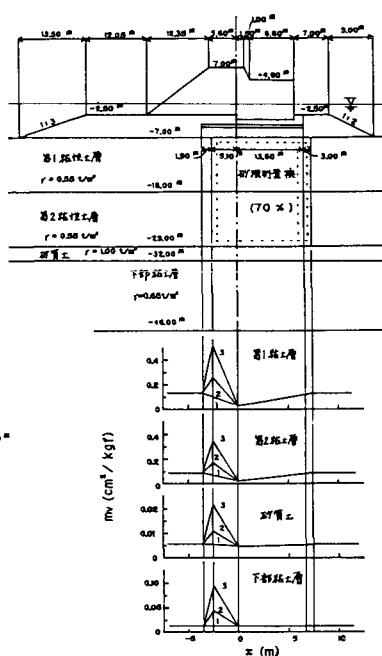


圖2 石卷漁港(沉床1)

化により，各節点の鉛直変位，たわみ角と各要素の地盤反力を未知数とする多元連立方程式が得られる。

解析結果と実測値の比較 ここに示した解析方法は一次元圧密式を基礎としたものであり、現場での2次元

的な変形パターンと異なる。したがって、解析においては、曲げモーメント分布と沈下量に関して解析結果が計測結果に合うためには、圧密試験より得られた体積圧縮係数 m_v をもとにして、

この分布をどのように変化させたらよいかに重点を置いて行

く。図4 (a)鉛直変位、(b)曲げモーメント（庵泊漁港）
た。解析結果では、各層の圧底は完了した時点を取っている。

ここで解析の対象としたのは香川県庵泊漁港と宮城県石巻漁港の沈床式防波堤である。前者は図1に示すように、圧縮層厚約11mの比較的一様な粘性土地盤である。後者は図2及び図3に示すように、基盤までの深さは異なるが、多層地盤に砂強制置換と施している。表1に沈床の性質を示す。なお、解析では、 $\mu_1 = \mu_2 = 0.18 \text{ g/cm}^3$ を用いているが、この程度の値では両端のせん断力はほとんど無視できる。

図1の下半分に解析に用いた m_v の分布を示す。図中の直線1が標準圧密試験より得られに m_v の値である。図4にこれに対応する解析結果及び曲げモーメントの実測結果を示す。この現場での沈床の沈下量の実測値は75 cmである。

図2・3の下半分に石巻漁港の解析に用いた各層の m_v の分布を示す。図中の曲線の左右端の値が標準圧密試験より得られた結果である。また、改良部の体積圧縮係数 m_v 値は

$m_v / \{1 + (n-1)F_v\}$ 、 n ：応力集中係数、 F_v ：砂置換率(=0.7)により求めている。ただし、図2では $n=4$ としている。図5に、図2に対応した解析結果及び曲げモーメントの実測結果を示す。曲げモーメントの解析結果の曲線2または3が実測値に近いことは、改良部端部において側方流動によるとみられる沈下が生じていることを示している。この地点の沈床の沈下量は85 cmである。図6は図3に対応した解析結果及び曲げモーメントの実測結果である。 $n=3 \sim 4$ で両者はほぼ合っている。この地点の実測沈下量は約64 cmである。

表1 沈床の性質

項目	記号	庵泊漁港	石巻漁港
ヤング率 (kgf/cm ²)	E	2.1×10^6	2.1×10^6
断面2次モーメント (cm ⁴)	I	2.04×10^4	1.18×10^5
断面積 (cm ²)	A	117.0	192.5
高さ (cm)	H	30.0	58.8
幅 (cm)	B	30.0	30.0
設置中心間隔 (cm)	P	60.0	70.0
長さ (m)	l	26.0	20.5
断面形状		H型	H型

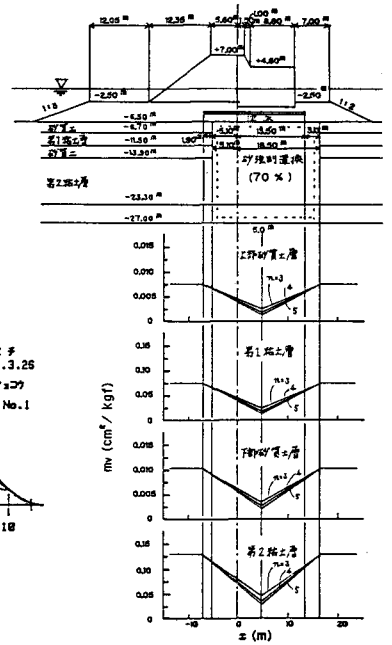
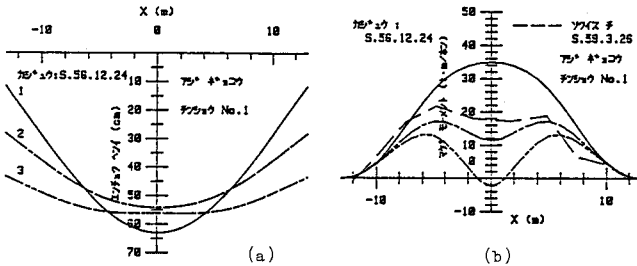


図3 石巻漁港（沈床2）

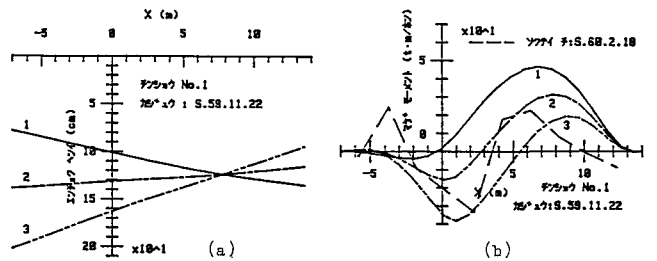


図5 (a)鉛直変位、(b)曲げモーメント（石巻漁港、沈床2）

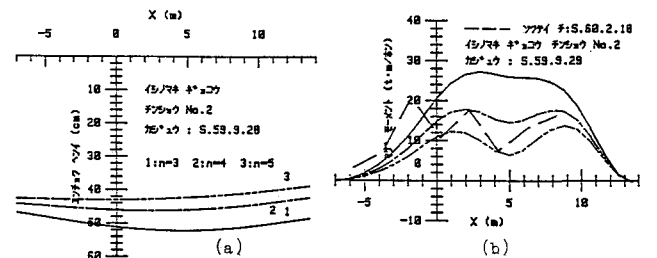


図6 (a)鉛直変位、(b)曲げモーメント（石巻漁港、沈床1）