

プレハブ式防波堤接合部におけるばね定数の算定

九州共立大学 正員 小 坪 清 真
九州工業大学 正員 高 西 照 彦
九州工業大学 正員 ○多 田 浩

1. まえがき 渡辺ら¹⁾は図-1に示すようなプレハブ式の防波堤に関する加力実験を行い、小坪ら²⁾はその応力解析を行っている。プレハブ式の防波堤において一番問題となるのは各コンクリートブロック間の接合方法である。接合方法としては、図-1に示すように、相対する2つのブロック間に目地材として硬質ゴムあるいはモルタルを敷き、鋼棒を通して両ブロックを接合するという方法が考えられている。防波堤の応力解析に際しては、この接合部の剛性を的確に評価することが重要である。小坪ら²⁾は応力解析に際して、上記接合部中の鋼棒についてはこれをその両端がそれぞれコンクリートブロックで完全固定された梁として取り扱っている。しかし、鋼棒はその両端が完全固定されているとは考え難く、その上、鋼棒の周囲はグラウトを通じて目地材と接触している(図-2参照)ので、接合部の応力解析はこれらのことを考慮して行うことが必要になる。本論は接合部(グラウト+目地部+鋼棒)の剛性評価の第一歩として、2次元及び3次元FEM解析法を適用して、鋼棒の軸直角方向の剛性(せん断剛性)を求めたものである。接合部のせん断剛性に関しては、渡辺ら³⁾が実験的にこれを求めている。本論で求めた理論値と実験結果とを比較することによって、本論の解析方法及び接合部の剛性に関して2、3の検討を行った。

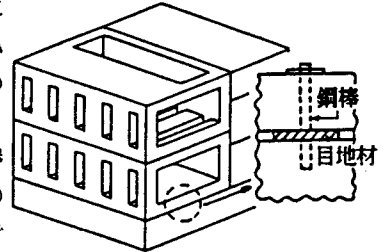


図-1 防波堤概略図

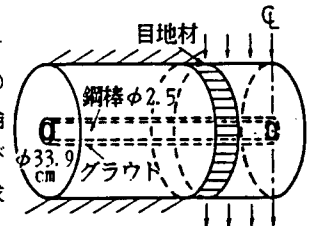


図-2 ジョイント部軸対称3次元モデル

1. 計算方法 渡辺ら³⁾は2面せん断試験を行って、鋼棒軸直角方向に加えた荷重と同方向のずれ量を計測して、両者の比から接合部のせん断ばね定数を求めている。接合部の計算モデルとして(i)円筒形による軸対称3次元モデル(ii)平面歪を仮定した長方形2次元モデルを考え、それぞれのモデルに対して、その中央のコンクリート部に鋼棒軸直角方向強制変位を与えて、2面せん断を行った場合について解析を行った。

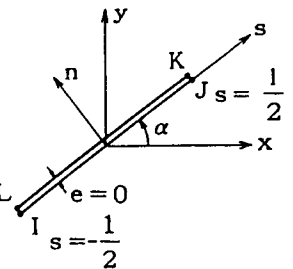


図-3 ジョイント要素

1) 軸対称体3次元FEM解析 図-2に示すようにその両端のコンクリート部を周辺固定し、中央のコンクリート部に $\cos\theta$ に比例した軸直角方向強制変位を与えて、中央コンクリート部の変位と反力を求め、両者の比をとって接合部のせん断ばね定数を算出した。FEM解析における節点数は232、要素数は65である。

2) ジョイント要素を用いた2次元FEM解析 2次元FEM解析においては、コンクリートと目地材の接触面における剥離及び滑動をも考慮することができるよ

$$[K]^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 2k_r & 0 & k_r & 0 & -k_r & 0 & -2k_r & 0 \\ 0 & 2k_r & 0 & k_r & 0 & -k_r & 0 & -2k_r \\ 2k_r & 0 & 0 & -2k_r & 0 & -k_r & 0 & 0 \\ 0 & 2k_r & 0 & 0 & -2k_r & 0 & -k_r & 0 \\ 0 & 0 & 2k_r & 0 & 0 & k_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2k_r & 0 & 0 & k_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2k_r & 0 & 0 & k_r \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2k_r & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

対称

図-4 ジョイントの要素剛性マトリックス

うに、コンクリートと目地材の接触面にGoodmanによって提案されたジョイント要素を配置した。ジョイント要素の形状を図-3に、その要素剛性マトリックス(k_r :鉛直方向剛性、 k_s :せん断方向剛性)を図-4に示す。ジョイント要素の応力・ひずみ関係を図-5に示す。接触面で剥離が生じた場合はジョイント要素を挟む2面の平均鉛直応力 σ 及びせん断応力 τ が0になるように、滑動が生じた場合はせん断応力が $\tau =$

$\mu\sigma$ (μ : コンクリートと目地材間の摩擦係数) になるように、当該ジョイント要素に補正荷重を加えて、上記の条件 ($\sigma=0$ 等) があらかじめ定められた精度で満足されるまで計算を繰り返し行った。 $\sigma>0$ のときは剥離が、 $|\tau|>-\mu\sigma$ のときは滑動

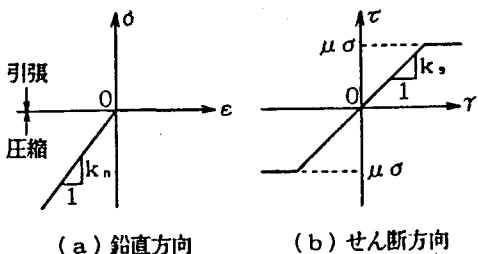


図-5 応力-ひずみ関係

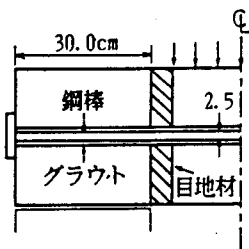


図-6 ジョイント部 2次元モデル

が生じているかどうかの判定に際しては、それぞれジョイント要素を挟む2つの面における鉛直あるいはせん断応力の平均値を用いた。計算ではまず鋼棒に一定のプレストレスを加えた状態を初期値とし、次に図-6に示すように両端のコンクリート部の一方の側面のみを支持し、中央のコンクリート部に鋼棒軸直角方向の強制変位を段階的に加えた場合について、中央のコンクリート部の変位と反力を求め、両者の比から各段階における接合部のせん断ばね定数を算出した。なお、目地材としてはモルタル、硬質ゴム、コンクリートの3種類を用いた。

3. 計算結果 一例として、2)の方法で目地材をモルタルとした場合の結果について述べる。図-7に0.05cmのせん断変位を与えたときの最終変形を示す。せん断変位が大きくなると剥離と滑動が進行し、

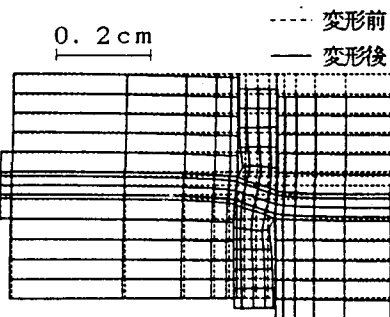


図-7 変形図

中央部に近い下部のジョイント要素がほぼ全面的に剥離を起こして、せん断力を負担しなくなる。次に各段階でのせん断変位とせん断力及びばね定数の関係を図-8に示す。ばね定数はせん断変位が0.02cmの付近からほぼその傾斜が一定になっていることがわかる。このときコンクリートと目地材の接触面では全面にわたって剥離、滑動が生じている。図中、所々で曲線が階段状に変化しているのは、その変位に達すると急に多くのジョイント要素で同時にすべりが生じる事を表しており、その変位を過ぎるとまたある程度歪が蓄積されるまではすべりを生じる要素が少なくなるものと考えられる。当然のことながら中心に鋼棒が存在しているので、一方的にすべりが進行することはない。最後に、それぞれ1), 2)の計算方法を用いて目地材をモルタルとし、目地幅を3種類変えた場合についてばね定数を求め、これを実験結果³⁾とあわせて図-9に示す。図から、1), 2)の計算法による値は1)の方が多少大きい、これらはともに実験値より低い値を示していることがわかる。

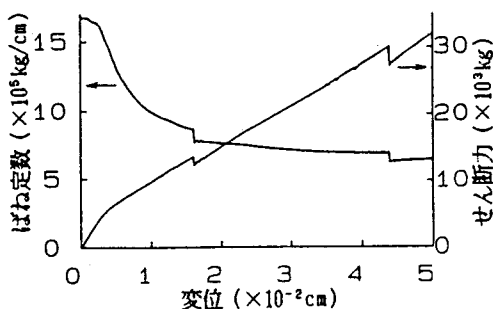


図-8 せん断変位に対するせん断力・ばね定数の変化

1)渡辺他: 模型プレハブ式防波堤の水平載荷試験, 西部支部研究発表会, 平1 投稿中
2)小坪他: プレキャストコンクリートブロック式防波堤の接合部応力, 西部支部研究発表会, 昭63
3)渡辺他: 各種目地材を用いたプレキャストブロック接合部のせん断特性, 西部支部研究発表会, 昭63

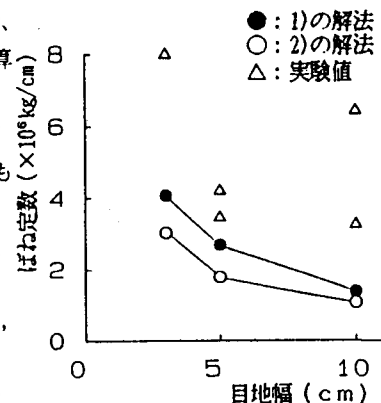


図-9 目地幅に対するばね定数の変化