

II-297

異形ブロック堤の構成部材に作用する波力の特性について

愛媛大学工学部 正員 中村 孝幸

愛媛大学工学部 学生員 小野塚 孝

1. まえがき：従来、異形ブロック堤による反射波および透過波の推定は、構成部材の小さな捨石堤などと同様に均質な透水層にモデル化した後に固体部に作用する摩擦抵抗力の効果を重視する解析¹⁾に基づき行われてきている。そして従来の研究において、ブロック堤の構成部材に作用する波力の実態が十分に知られていないことから、堤体内の固体部に作用する慣性力やそれによる波変形の効果は無視されえるものと仮定されてきた。ここでは、このような仮定が妥当なものか、構成部材に作用する波力を模型実験により測定し、検討してみた。この際、波力の分離・解析を容易にするため、堤体内の流速測定も併せて行った。

2. 実験装置および実験方法：1) 模型堤体：異形ブロック堤の模型は、部材波力の測定を容易にするため、図-1に示すように20tテトラポッドの1/25模型（高さ12.2cm）を規則的に配列したもので、鉛直方向に2層の6段積み構造となっている。各段の間には、整積配置が可能となるように5cm×5cmの正方メッシュの鋼製網柵（φ2.4mm）を設けた。また両側壁境界上には、これらの面に対する部材の配置が鏡像対称となるように外径4.8cmの塩ビパイプ（中にスポンジを挿入）を付着した。この堤体の空隙率 ε は、実際場のものに比較すると大きく、ほぼ62%である。2) 波力計：構成部材の波力計は、1辺5mmの鋼製角柱の水平、鉛直両面にモーメントの引算回路を構成するように各々4枚の歪ゲージを貼り付けたもので、これを相隣る2つのテトラポッドに埋め込んで連結し、一方を剛に固定して他方を片持梁形式に支持した。そしてこれを用いてテトラポッドに作用する水平、鉛直波力が同時に測定できるようにした。なお波力測定は、図-1中の斜線を施した部材について行った。

3) 流速計：流速計には、岩田ら²⁾により紹介されている片持梁形式の針流速計を用いた。この流速計の原理は、針に作用する抗力を測定して流速に換算するものである。用いた針の直径および長さは、それぞれ0.7mm, 28mmである。流速計は、針の部分の鉛直下方に向けて波力測定用の部材の真横でかつそれに隣接する部材との中間に設置し、これにより水平流速を測定した。4) 実験方法：後述する波条件下で、堤体内のテトラポッドに作用する水平、鉛直波力およびその真横における水平流速並びに入射波を同時に測定した。また単体としてのテトラポッドに作用する波力も、堤体内と同じ鉛直位置に固定して測定した。一方、模型堤体による波の透過、反射率についても波力測定とは別に実験を行って測定した。波力実験に用いた波条件は、周期 T が0.9~2.3 secの範囲の4種類、入射波高 H が7.5cm, 15cmの2種類である。なお、静水深 h は、ほぼ49cmと一定にした。

3. 部材波力の特性：1) 波力の時間波形：図-2(a), (b)は、堤体内のテトラポッドに作用する

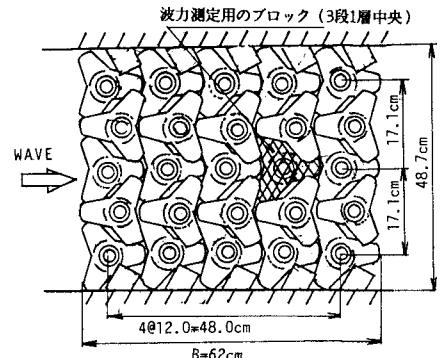


図-1 模型ブロック堤（平面図）

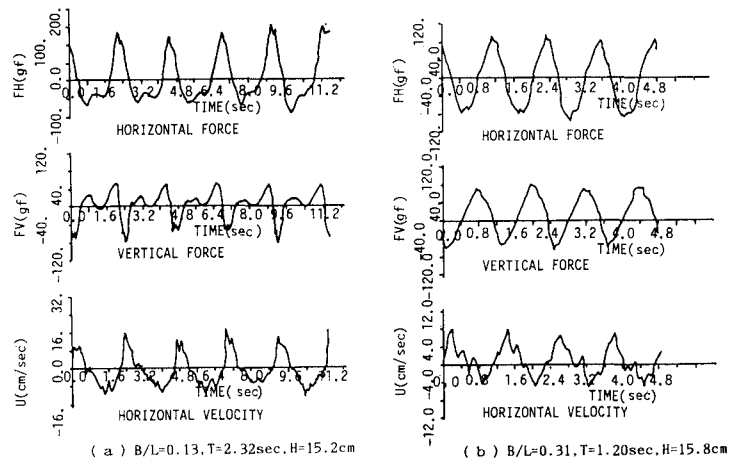


図-2 構成部材に作用する波力の時間波形

水平、鉛直波力 (F_H , F_V) の時間波形の代表例を、その真横で測定した水平流速 U の時間波形と併せて示すものである。図(a)が本実験の範囲内で最も長周期波の条件の場合を、図(b)が短周期波のそれを表す。 F_H と U との位相関係に着目してみると、 F_H のピークは、両図共に U がほぼ0に近く水平方向への流体加速度が極値を示す位相で現れていることが認められる。また長周期波の条件の図(a)の場合、 U のピーク時に F_H は比較的大きな値を持つのに対して、短周期波の条件の図(b)の場合、 U のピーク時に F_H はほぼ0に等しくなっていることなどもわかる。そしてこのような位相関係は、モリソン波力式を適用するなら、図(b)が慣性力の卓越する場合に、図(a)が抗力と慣性力が混在する場合に各々現れるものと言えよう。一方 F_V に着目すると、図(a)では円柱波力の揚力に類似して基本周波数の波力成分に倍周波数のそれが加わったような波形となっている。しかし図(b)では、基本周波数の波力成分が卓越し、そのピークは F_H とほぼ 90° の位相差を持って現れている。そしてこの図(b)の場合、 F_V は F_H と同様に流体加速度による慣性力が卓越した波形になっているものと推定される。

2) 抗力と慣性力の大きさ；ここでは、モリソン波力式を適用してフーリエ平均法によりテトラポッドに作用する水平波力を抗力 F_D と慣性力 F_I に分離・解析してみた。図-3はこのように分離・解析した F_D と F_I との比の B/L (B : 堤体長、 L : 波長) による変動を入射波高をパラメータにして示す。この図より、バラツキはあるものの、テトラポッドに作用する波力は、ほぼ慣性力が抗力に比較して卓越しており、従来の解析で用いられているような仮定は妥当なものとは言い難い。次に図-4は、卓越した大きさを示す慣性力を対象に慣性係数 C_M を求めてみたものである。この図に見られるように、 C_M は、5～10程度の範囲にあり、入射波高の小さな場合の方がその値は大きくなっている。

3) 水平波力と鉛直波力の大きさ；図-5は、上述した F_V と F_H との比の B/L による変動を示すもので、この比は反射波が大きくなる B/L の小さな短周期波側で増大することなどがわかる。

4) 単体配置された部材に作用する波力との比較；図-6は、堤体内の部材に作用する水平波力 F_H とそれを単体配置とした場合の水平波力 F_{HS} との比 N_F の B/L による変動を表す。この図より、 N_F はほぼ1以下で B/L が大きくなる短周期波の条件になるほど減少することなどがわかる。そしてこのように減少する理由としては、短周期波になるほど透過波が減少することが挙げられる。

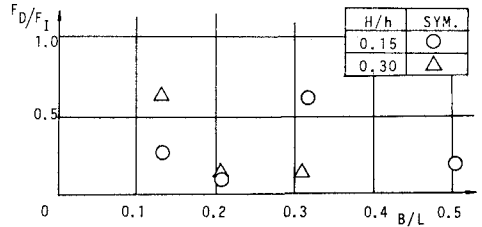


図-3 部材波力における抗力と慣性力の比

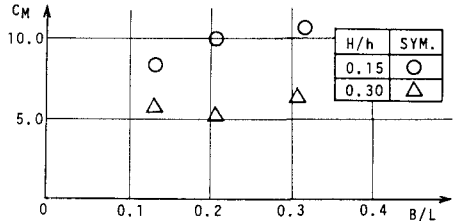


図-4 構成部材の慣性係数

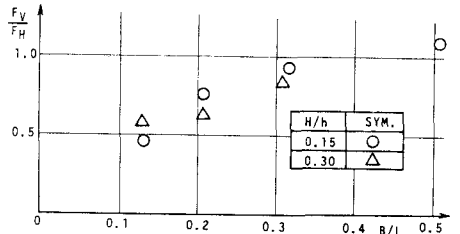


図-5 鉛直波力と水平波力の比

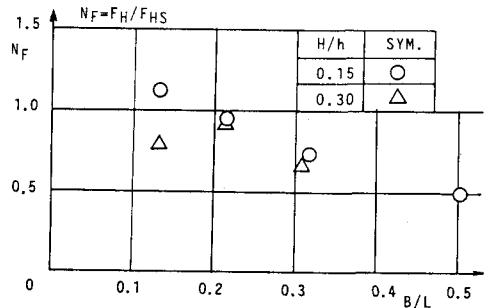


図-6 堤体内の部材波力と単体のそれとの比

4. 結語：堤体内の構成部材に作用する波力は、従来の解析で重要視されていた抗力のみならず慣性力も無視できない大きさであることや慣性力は短周期波ほど卓越するようになることなどが判明した。

<参考文献> 1) Sollitt et al: Wave transmission through permeable breakwater, Proc. 13th ICCE, 1972. 2) 岩田他: 浅海域における水平水粒子速度の簡便な算定式、土木学会第38回年講、1983。