

浸透層上の潜堤に作用する流体力に関する定常流実験

長崎大学工学部	正 員	中村 武弘
長崎大学工学部	学生員	〇則末 真吾
長崎大学工学部	学生員	松浦 文昭

1. まえがき

津波防波堤開口部の潜堤のように流れの中にあつて、その影響が水表面におよぶ様な構造物に働く流体力に関する研究は数少なく、さらに、その構造物の基礎を浸透層として取り扱った研究はまだ見受けられない。本研究では、潜堤を水平床の上に置かれた正方形断面の角柱として、二次元開水路定常流実験を行い、角柱の抗力・揚力係数におよぼす水表面および浸透層の影響を調べるものである。

2. 実験概要

2.1 実験装置 実験水路は長さ5m, 巾0.3m, 深さ0.6mで両側面はアクリル張りの鉄製水路である。潜堤の模型は、一辺が5cmの正方形断面の角柱であり、軸は流れ方向と垂直に、迎え角はゼロで設置される。角柱はアクリル製で、正方形の4辺には、各々径1.5mmの穴が、1cm間隔で5ヶ所ずつ開けられている。抗力・揚力の算定は、それらの穴よりテフロンチューブを用いてマノメータ(径6mmのガラス管)に導いた水頭を、読み取り顕微鏡を用いて計測し、積分して求めた。水面形は、ポイントゲージを用いて計測した。測点は、角柱の中心を基準として、上・下流側に対称な点 0, ± 2.5 , ± 7.5 , ± 22.5 cmの7点および下流側 0.5m, 1.8mを加えた計9点とした。流速分布は、径5mmのプロペラ流速計を用いて計測し、流量測定は三角堰で行った。流速分布の測定は、水位測定点の上流側の7点で行った。浸透層の材料は、平均粒径3.9mm, 比重2.5の細石である。

2.2 実験方法 浸透層の厚さは、0, 2, 6cmの3種類とした。水深は、下流側1.8mの地点の水位(R_f)を10, 20cmの2種類に設定した。また流量は、角柱の後流域の細石が乱れにより動かない範囲で任意に設定した。

3. 実験結果および考察

3.1 抗力係数 C_D ・揚力係数 C_L 次元解析より、関数関係は、

$$C_D, C_L = f(Re, Fr, \frac{d}{h}, \frac{l}{h}), \quad C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 d}, \quad C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho U^2 d}, \quad Re = \frac{Ud}{\nu}, \quad Fr = \frac{U}{\sqrt{g h}} \quad \text{--- ①}$$

と表わせる。ここに、 U :流速, h :水深, d :角柱の辺長, l :浸透層の厚さ, ρ :密度, ν :動粘性係数, g :重力加速度, F_D :抗力, F_L :揚力である。 C_L に関する文献は、見受けられないので、まず C_D について検討する。自由表面を持たないか、もしくは自由表面があっても水深が非常に深い場合は、 C_D は Re 数だけの関数とみなされ、流速 U としては物体に当たる前の流速 U_0 が、使用される。さらに角を持つ物体の場合には、ある Re 数以上では C_D の値は一定値をとると云われている。文献によれば、床面上に置かれた正四角柱の C_D の値は、 $Re > 5 \times 10^3$ の範囲で $C_D = 1.20$ である。しかしながら、本実験のように Fr 数を考慮しなければならぬ流れにおいては、 Fr 数の臨界値がまず発生する角柱上の流速 U を使用する方が適当と思われる。そこで角柱中央の位置での流速および水深を用いて実験値を Re 数, Fr 数に関して整理し、それぞれ図-2および図-3に示す。図より Fr 数に対してまとまりが良いことがわかる。また、浸透層がある場合とない場合では、 C_D の値は明らかに異なり、浸透層がある場合の方が小

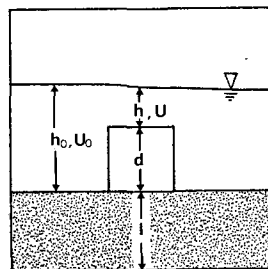


図-1

さい値をとることがわかる。さらに浸透層がある場合に対して、 $Fr < 0.4$ の範囲では、浸透層の厚さおよび d には関係せず、 C_0 が Fr 数だけの一次関数として表現できそうである。

また浸透層がない($l=0$)の場合についても、実験値が少なく明確ではないが、ほぼ同じ傾きの直線関係が成立しているように見える。その場合 $Fr=0$ ($Re \rightarrow \infty$) の極限では、 C_0 の値は約1.1となり、前述の1.20にほぼ等しくなる。浸透層がある場合とない場合とで C_0 の値が異なることは、①式で考えた物理量に加え、空隙率もしくは透水係数を考慮しなければならぬことを示している。本実験では、浸透層の材料を1種類しか用いなかったため、その評価ができなかった。また $Fr > 0.4$ の範囲についても実験値を増やし、さらなる検討が必要である。次に揚力係数 C_L を Re 数、 Fr 数に関して整理し、それぞれ図-4、図-5に示す。これより、 C_L についても Fr 数に対してまとまりが良く $Fr < 0.4$ の範囲では直線関係が成立しているように見える。

3.2 圧力係数 C_p C_p の分布の一例を図-6に示す。基準の水頭および流速は、角柱の中心より上流側7.5cmの地点の値(h_2, U_2)を用いている。

3.3 水面形および流速分布 図-7に一例を示す。

3.4 浸透流 ウォーターブルーを用いて得られた浸透流の流線を図-7に示した。ウォーターブルーを指標として、浸透流速の分布を測定したが、ぼらつきが大きき求めることができなかった。また、三角堰による全流量と、角柱上の流速分布より得られる流量との差を求め、浸透流量を算出し、平均流速も求めたが、やはりぼらつきが大きかった。

4. 結論

水中にあって、その影響が水表面におよび、しかも、浸透層上にある場合の角柱の抗力係数 C_0 、揚力係数 C_L を調べた。その結果、 C_0, C_L はともに、

$Fr < 0.4$ の範囲では、 Fr 数だけの関数となることがわかった。また、浸透層がある場合の C_0 の値は、浸透層のない場合の値より小さくなることがわかった。

(参考文献) 1) 椿 東一郎:水理学Ⅱ, p57

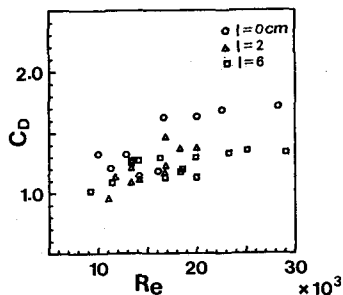


図-2

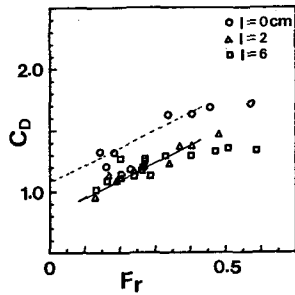


図-3

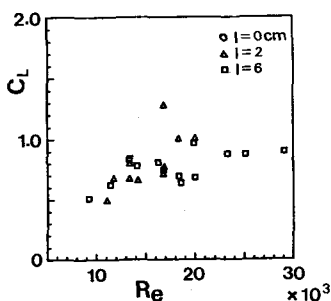


図-4

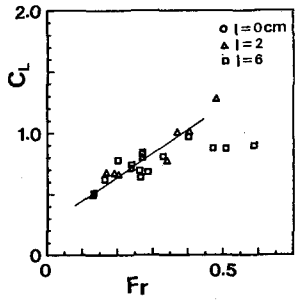


図-5

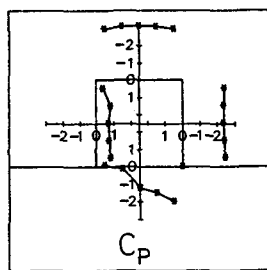


図-6

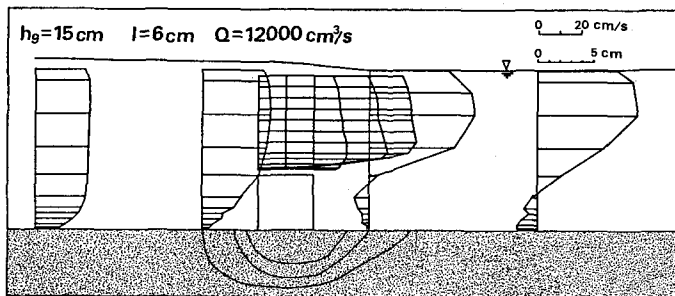


図-7