

II—83

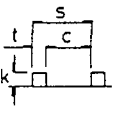
開水路側壁に連続して設置した角柱背後のはく離形状について

○（株）東北開発コンサルタント 正員 三瓶 隆雄
東北電力（株） 正員 佐々木牧夫

1. はじめに

水力発電所の導水路トンネルを支保工で補強した場合、栈組度的な角柱が側壁に連続して設置される。角柱背後には、はく離領域が形成され、エネルギー損失や水面形の変化など様々な影響を与える。本報告では、水理模型実験を行いエネルギー損失や水面形の変化の原因と考えられる角柱背後のはく離領域の特性を明らかにすることを目的としている。

表-1 実験条件

ケース	勾配 I	流量 Q (l/s)	角柱 断面積 (cm ²)	設置間隔 s/k
1	1/10000	7.307	2X2X1	
2	1/5000	10.334	2X2X1	
3	1/2000	16.340	2X2X1	
4	1/1000	23.108	2X2X1	
5	1/2000	16.340	2X2X2	5
6	1/2000	16.340	4X4X1	10
7	1/2000	16.340	2X2X25	20
8	1/2000	16.340	2X2X13	
9	1/2000	16.340	2X2X7	

2. 実験概要

実験装置は、幅40cm・深さ40cm・長さ20mの片側側壁にガラス板を使用した勾配可変式鋼製水路を用いた。角柱は、上流より8m地点に先端形状の直角なアクリル柱を設置した。角柱は、不透過型で非越流としている。又、水路末端には、水位調節用の角落しを設置している。

実験条件は、角柱周辺で射流状態とならないような表-1に示す9ケースを実施している。ケース1～6は、角柱を1基だけ設置したケースであり、水路勾配を変えてフルード数を0.18～0.58まで変化させている。なお、ケース5は、角柱を両側側壁に設置した場合である。ケース7～9は、流れの条件をケース3と同じくして、角柱の設置間隔s/kを5～20まで変化させて連続して2.4m区間設置した場合である。

流速測定は、正反式プロベラ流速形（φ5mm 計測技研製）を用い、精密法により行なった。角柱背後のはく離領域は、測定した流速分布から図-1に示すような境界流線を（1）式により得られる横断面毎の点を連ねることにより求めている。hは水深であり、他の記号は図-1に示す。

$$\int_0^h \rho V h dy_1 = 0 \quad (1)$$

3. 実験結果

実験により得られたはく離領域を図-2～11に示す。

図-2は、各ケースの深さ毎に平均した流速分布から求められたはく離領域を示したもので、ケース5については、両側側壁のはく離領域をそれぞれ図示している。又、ケース7～9については、最上流の角柱背後のはく離領域を図示している。フルード数の一番大きなケース4を除いて、はく離領域の大きさはほぼ等しく、フルード数が0.5程度以下であればはく離領域の大きさはフルード数に関係ないものといえる。その大きさは、水路幅方向の最大厚さが角柱の高さkの1.5倍程度、長さははく離領域の末端部を壁面まで延長して考えると角柱の高さkの10倍程度である。

図-3～5は、角柱の設置間隔を変化させて連続して設置した場合である。最上流の角柱と2基目以降の角柱の背後に形成されるはく離領域を区別して図示している。2基目以降の角柱背後のはく離領域は、ケース毎にほぼ等しい大きさであるが、最上流の角柱背後のはく離領域に比較すると小さくなっている。はく離領域の長さで比較すると、ケース7・8は、0.5倍程度、ケース9は0.6倍程度である。

図-6～11は、ケース3とケース8の最上流の角柱背後のはく離領域を深さ毎に比較したもので、底層部では小さく、表層に近くなる程大きくなっており、2ケースとも等しい形状を示している。ケース8

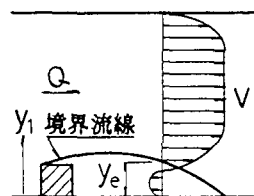


図-1 はく離領域の定義

のはく離領域が下流域で厚くなっているのは、2基目の角柱（2基目の角柱は、 $x/k=10$ の位置に設置されている。）の影響と考えられ、ケース3の各層のはく離領域の最大厚さとその位置は、底層から順に $x/k=3 \cdot y/k=0.64$, $x/k=2 \cdot y/k=1.245$, $x/k=3 \cdot y/k=1.40$, $x/k=3 \cdot y/k=1.485$, $x/k=5 \cdot y/k=1.575$, $x/k=7 \cdot y/k=1.51$ であり、表層に近くなる程下流域で厚くなる傾向にある。

4. まとめ

（1）角柱を単独で設置した場合と連続で設置した場合の最上流の角柱背後のはく離領域は、フルード数に
関係なくほぼ等しい大きさである。

（2）角柱を連続して設置した場合、2基目以降のはく離領域はほぼ等しくなるが、最上流のはく離領域に比較すると小さくなる。設置間隔 s/k を10倍以上に大きくしていくと2基目以降のはく離領域も大きくなる傾向にある。

（3）はく離領域は、表層部の方が大きくなる。底盤の抵抗を受ける底層部では、角柱前面の流速が表層部に比べ遅いためであり、はく離領域の大きさは、角柱前面の流速分布の影響を受けるものと考えられる。

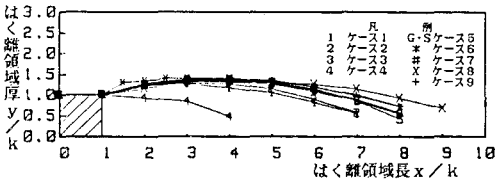


図-2 はく離領域

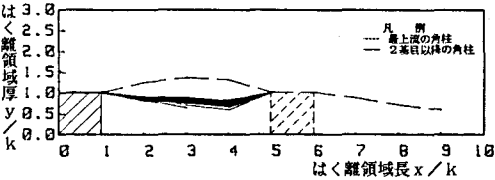


図-3 はく離領域 (ケース 7)

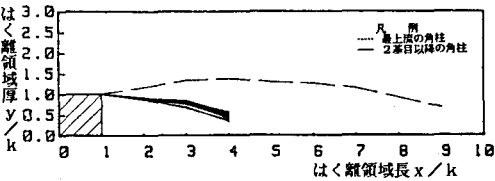


図-4 はく離領域 (ケース 8)

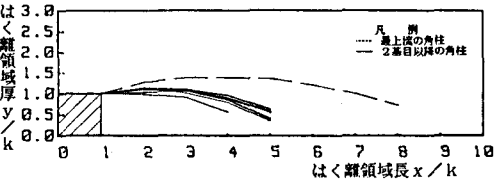


図-5 はく離領域 (ケース 9)

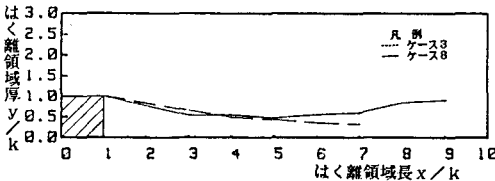


図-6 はく離領域 (水深×0.05)

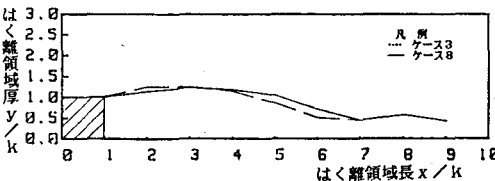


図-7 はく離領域 (水深×0.20)

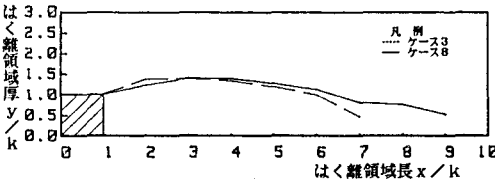


図-8 はく離領域 (水深×0.40)

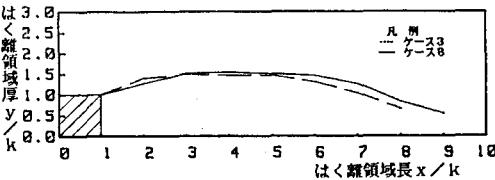


図-9 はく離領域 (水深×0.60)

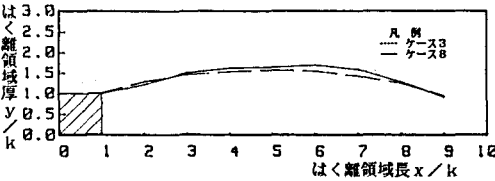


図-10 はく離領域 (水深×0.80)

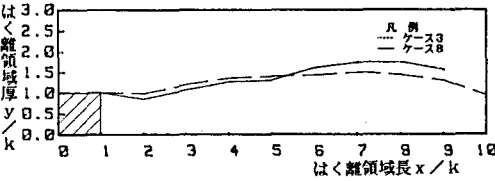


図-11 はく離領域 (水深×0.95)