

16. 呑川における護岸ツタ類の河川流下への影響検討

Influence of Ivy Shore Protection on flowing at Nomi River

技術支援課 杉原大介、高崎忠勝、岩屋隆夫

1. はじめに

呑川は、東京都世田谷区用賀地先を源と発し、途中で支川九品仏川を合わせ東京湾に注ぐ、流域面積 17.5km²、延長 14.4km の二級河川である(図 - 1 参照)。感潮区域は、中流域の池上地区(河口から約 5km)までである。平常時は、流域の涵養域から流出する水がほとんどない。このため、新宿区の落合水再生センターから再生水を導水しており、東急大井町線と交差する付近(河口から約 9.5km)で放流している。河道内の大分部は、コンクリートによる掘り込み形式で整備されている。一方、大田区池上地区では、護岸がツタ類で被覆されている。本報告では、洪水時にツタ類が河川流下に対してどの程度影響を与えているか把握するために、現地で流量観測を実施し、その結果について考察した。



図 - 1 対象流域

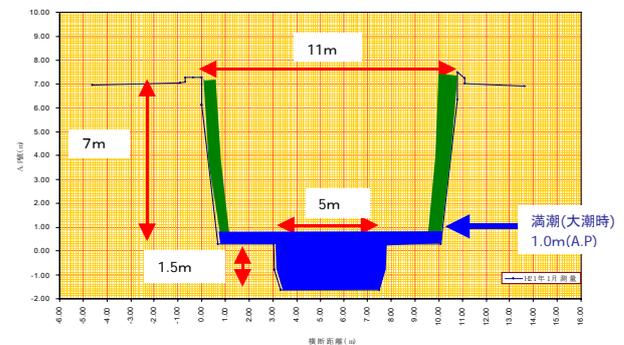


図 - 2 調査断面図

2. 観測場所及び観測方法

(1) 断面図

調査箇所の河道は、図 - 2 のとおり低水路と低水路敷からなる。低水路敷から天端までは、約 7m あり、コンクリート護岸となっている。調査箇所では、このコンクリート護岸の両岸にツタ類が被覆している。低水路は、幅が約 5m、深さが約 1.5m あり、平常時は潮の影響により水位が変動する。平常に最も水位が上昇するのは、大潮の満潮時で、1.0m(A.P.)と低水路敷より約 0.3m 上部まで達する。

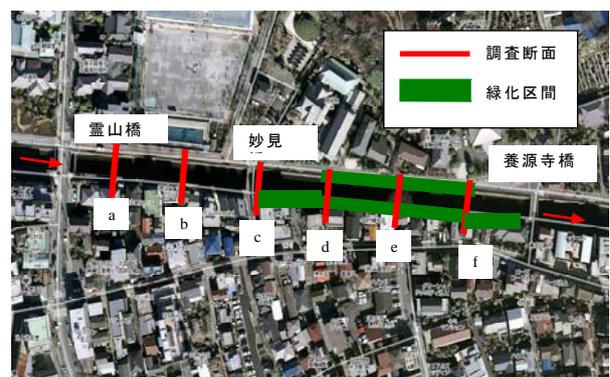


図 - 3 調査平面図



図 - 4 調査施設設置位置



図 - 5 現地のツタ（キヅタ）

ツタ類の下端は、大潮満潮時の水位の位置と一致することから、ツタ類の成長の範囲は、潮の制約を受けていることが考えられる。

(2) 平面図

図-3は、調査箇所を上空から平面的に見たものである。調査箇所である霊山橋から養源寺橋までの延長は、約 300m ある。上流側の霊山橋から妙見橋までの約 120m 区間は、ツタ類が全くないコンクリート護岸となっている。下流側の妙見橋から養源寺橋までの約 180m 区間は、両岸又は片岸でツタ類が被覆している。本調査では、ツタ類の有る区間とツタ類の無い区間の流況を把握するために、水位計を約 40m 間隔で 6 箇所設置した。

(3) 観測機器

図-4は、調査箇所における量水標、水位計、ケーブル、水位データ回収 BOX の設置場所について示したものである。量水標は、目視による水位の確認時に必要になる。現地の護岸法面の勾配は、測量結果から 1:0.19~1:0.24 であったことから、2分勾配の量水標を設置した。天端の両岸は、交通量が多く、管理用通路等のスペースがないため、小スペースで設置が可能な観測機器を検討し

観測種別	回数	観測実施日	
晴天時流量観測	定期観測	1	平成20年12月8日
		2	平成20年12月20日
		3	平成20年12月25日
		4	平成21年1月10日
		5	平成21年1月15日
		6	平成21年1月27日
		7	平成21年2月3日
		8	平成21年2月18日
		9	平成21年2月27日
		10	平成21年3月2日
	大潮時観測	平成21年2月24~25日	
大雨時流量観測	第1回	平成21年1月21~22日	
	第2回	平成21年1月30~31日	

図 - 6 流量観測実施日



図 - 7 三映式プロペラ流速計
(出典 (株)ソーキ ホームページ)

た。水位計は、単3アルカリ電池2本で稼働が可能な CTIS 社のロガー一体型の半導体圧力式水位計 KPSI550 を採用した。平常時の水位についても水位の観測が可能になるように、低水路敷より約 1.0m 下の位置に水位計センサーを固定した。通常の非テレメータ型の水位計は、ロガーの記憶容量の都合上 10 分間隔が一般的である。一方、呑川のような中小河川では、洪水のピーク時間が数分から数十分で収束してしまう傾向があるため、水位の計測間隔は、1分とした。

(4) 流量観測

後述する不等流計算により粗度係数を求めるためには、流量のデータが必要となる。また、現地は、感潮域で潮の影響を受けることが分かっているが、その特性は十分に把握されていない。このため、霊山橋と妙見橋において、図-6の実施日に晴天時、大雨時、大潮満潮時の流量観測を実施した。流速は、0.040~3.298m/s の計測が可能な三映式プロペラ型流速計(図-7)を使用した。

(5) ツタの種類

調査の対象としているツタ(図-5)の種類は、キヅタ(ウコギ科キヅタ属)である。コンクリート構造物の壁面緑化などに利用されることも多く、常緑で、葉は互生し、10月から12月に球形の花序に黄緑色の花が咲く。日当たりの良い適潤地でよく生育し、放任のままでも手がかからない性質を持つ。現地のツタは、管理者である大田区が剪定や散水等の維持管理を行っている。

3. 観測結果

(1) 連続水位観測結果

a地点からf地点の6箇所に設置した水位計による水位観測は、2008年12月1日から開始した。当該地は、潮位の影響を受けることから気象庁の東京湾の潮位(東京都中央区晴海5丁目)を比較の対象とした。図-10は、2008年12月6日から10日までの東京湾の潮位、a地点、f地点の水位の変化を示したものである。a地点、f地点の水位は、東京湾の潮位変動とほとんど時間差がなく変化する傾向であった。また、干潮から満潮及び満潮から干潮時に水位が、約1時間周期で変動する現象が見られた。この現象の原因は、不明であるが、上流からの再生水による淡水の供給と東京湾からの塩水の遡上、淡水と塩水の混合などの影響が考えられる。

(2) 晴天時流量観測結果

晴天時流量観測は、霊山橋において2008年12月から2009年3月まで月2回程度の頻度で実施した。現地は、潮位の影響を受けることから、潮位が満潮から干潮に推移する時に観測を実施した。観測は、低水路に単管パイプで橋渡しを組んで行った。図-8は、2008年12月から2009年3月までの流量観測の結果である。流量は、0.055～0.419m³/sの範囲であった。呑川では、東京都の清流復活事業の一環として東急大井町線と交差する付近(河口から約9.5km)で、計画流量0.4m³/sの再生水が放流されている。観測結果は、おおむ

ね、この値と近い数字であった。

(3) 大潮時流量観測結果

現地における潮位の影響を把握するために、大潮時に流量観測を実施した。観測日は、東京湾の潮位表をもとに、2月の大潮時のうちで干満の差が最も大きい2月9日7時から10日7時の24時間を設定した。図-11は、東京湾の潮位、a地点における水位と流量の変化について示したものである。流量は、0.0～0.4m³/sの範囲であり、晴天時流量観測の結果とほとんど変わらない範囲であった。

図-8は、2009年2月9日20:00の低水路中央付近における流速分布である。低水路の深さは、約1.2mであるが、表層から0.5mまでの深さでは、流速0.2m/s程度あり、それ以下は、ほとんど流速がない。

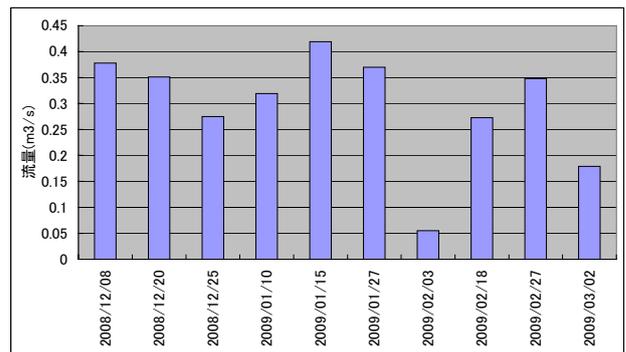


図-8 晴天時流量観測結果
(2008年12月から2009年3月)

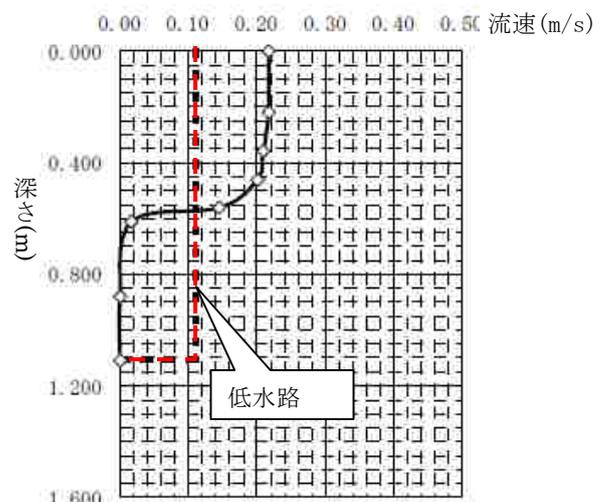


図-9 低水路の流速分布
(大潮流量観測時 2009年2月9日20:00)

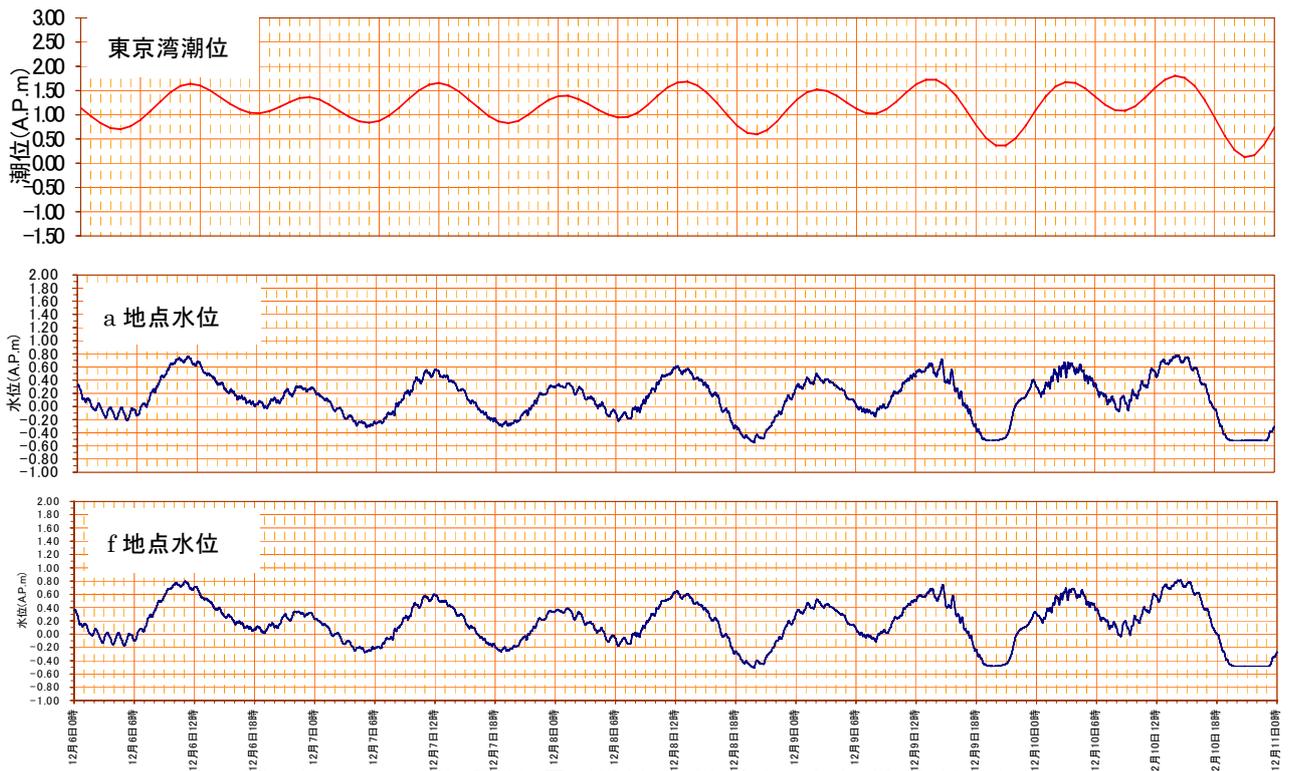


図 - 10 連続水位観測結果 (2008年12月6日から12月10日)

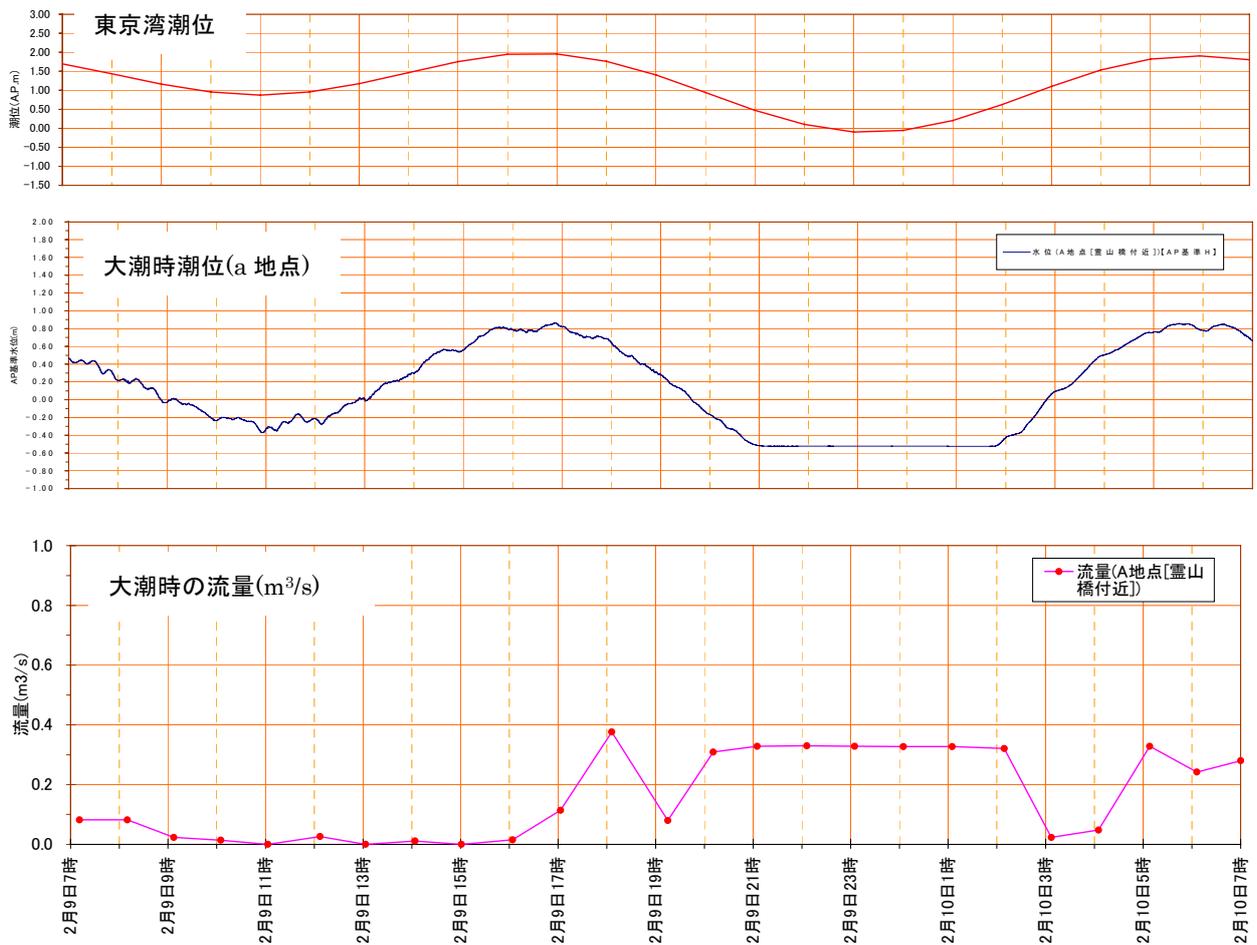


図 - 11 大潮時流量観測結果 (2月9日7時から10日7時)

(4) 雨天時流量観測結果

雨天時の観測は、2009年1月30日9:00から31日12:00に実施した。雨量及び流量のピークは、潮位が干潮から満潮に推移する時に出現した。

潮位の上昇する時間帯と潮位の停滞する時間帯での水位の変化を比較するために、前者の観測値をA-1、A-2、後者の観測値をB-1、B-2とした。

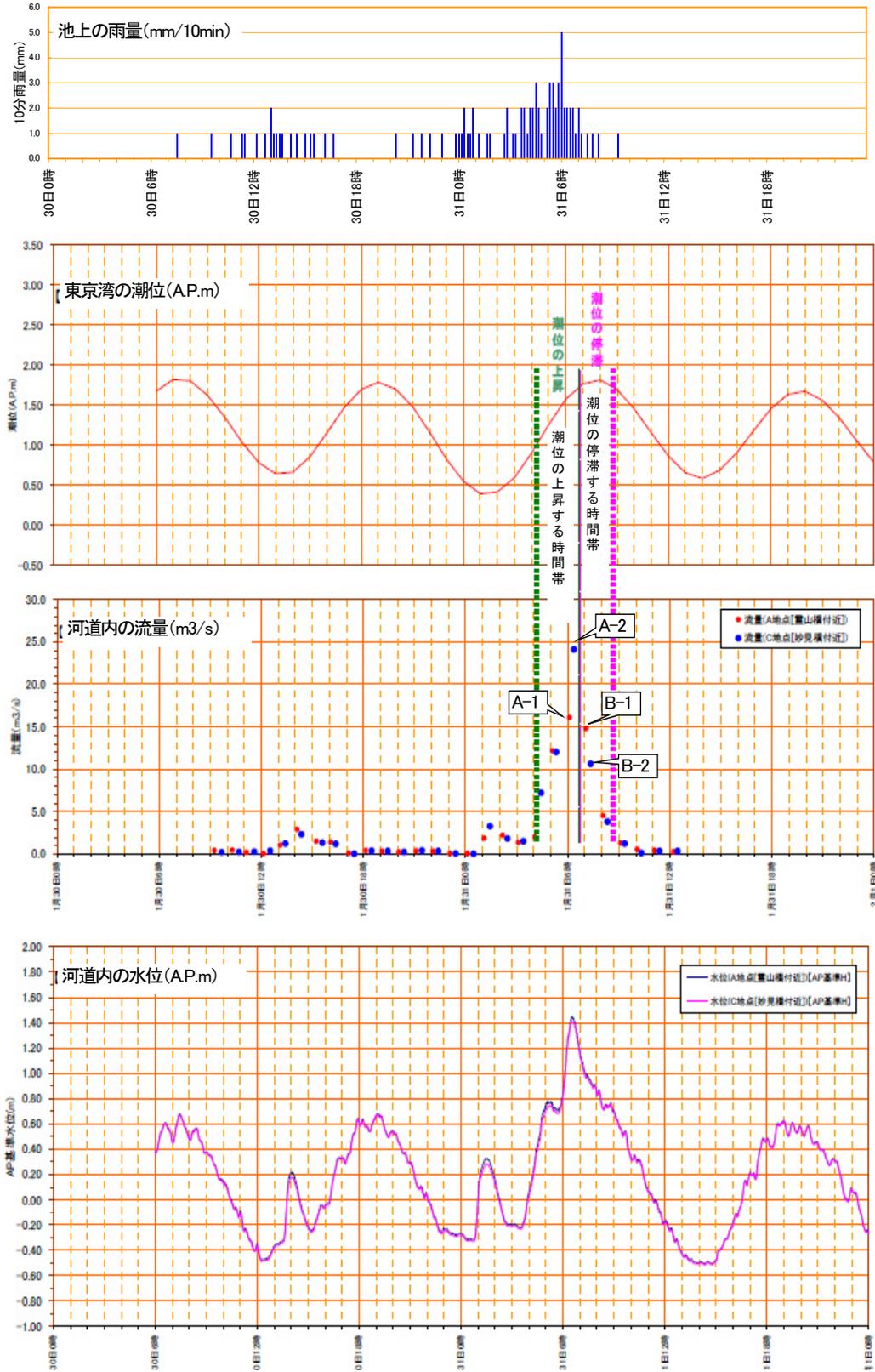


図 - 12 雨量，東京湾潮位，流量，水位 (2009年1月30日6:00から2月1日0:00)

2009年1月30日9:00から31日12:00の観測では、総雨量70mmの降水量が想定された。アメダス世田谷では、30日39.5mm、31日63.0mmを記録した。アメダス東京では、31日に68.0mmを記録し、1月としては統計開始以来の極値を更新した。図-12は、2009年1月30日6:00から2月1日0:00における池上の雨量、東京湾の潮位、霊山橋と妙見橋の流量と水位である。霊山橋から約100mに位置する池上雨量観測所では、総雨量91mm、時間最大雨量18mmを記録した。同降雨における水位及び流量のピークは満潮時に出現し、流量は24.13m³/s、水位は1.4m(A.P.)を記録した。降雨の影響を受けない時の満潮時水位は、約0.6m(A.P.)であったことから、降雨の影響により約0.8mの水位上昇を確認した。

4. 護岸ツタ類の影響検討

(1) ツタ類の有無による河川水位

雨天時流量観測中に、ツタ類がある箇所まで推移が上昇したのは約3時間で、その間に8回の観測を実施した。ツタ類のある区間(d地点からf地点)で水位が必ず上流側より上昇したのは、水位が0.9m(A.P.)以上の時であったことから、0.9m(A.P.)以上の水位をツタ類の影響のある水位とした。図-13は、その時の河川水位を河川縦断方向に並べたものである。ツタ類の有る区間(d地点からf地点)の平均水位差は0.043m、平均水面勾配は1/2256

であり、ツタ類の無い区間(a地点からd地点)の平均水位差は0.017m、平均水面勾配は1/8206であった。ツタ類のある箇所は、ツタ類のない場所よりも水面勾配が大きい傾向であった。

(2) 不等流計算による粗度係数の検討

河道内のコンクリートとツタ類の粗度係数は、次の不等流計算式により求めた。

$$Hu = H_L + \left(\frac{Q^2}{2g \cdot A_L^2} - \frac{Q^2}{2g \cdot A_U^2} \right) + \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot \Delta X}{2R_L^{4/3} \cdot A_L^2} + \frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot \Delta X}{2R_U^{4/3} \cdot A_U^2} \right)$$

H：水位(m)、Q：流量(m³/s)、R：径深(m)、A：断面積(m²)、x：距離(m)、u：上流断面、L：下流断面、n：マンニングの粗度係数

計算は以下の手順で行った。

- ①ツタ類の無い区間(a地点からd地点)は、全断面を同一粗度とし、同定値をコンクリートの粗度とする。
- ②ツタ類の有る区間(d地点からf地点)は、①で求めたコンクリートの粗度を条件として入力し、ツタ類の粗度を同定する。

同定した結果、コンクリートの粗度係数は、0.0125~0.185、ツタ類の粗度は、0.033~0.039と表-1のとおりとなった。現地の水位は、東京湾の潮位の影響を受けることから、潮位の上昇する時間帯と潮位の停滞する時間帯で粗度を比較した。潮位の上昇する時間帯のコンクリートの粗度は、

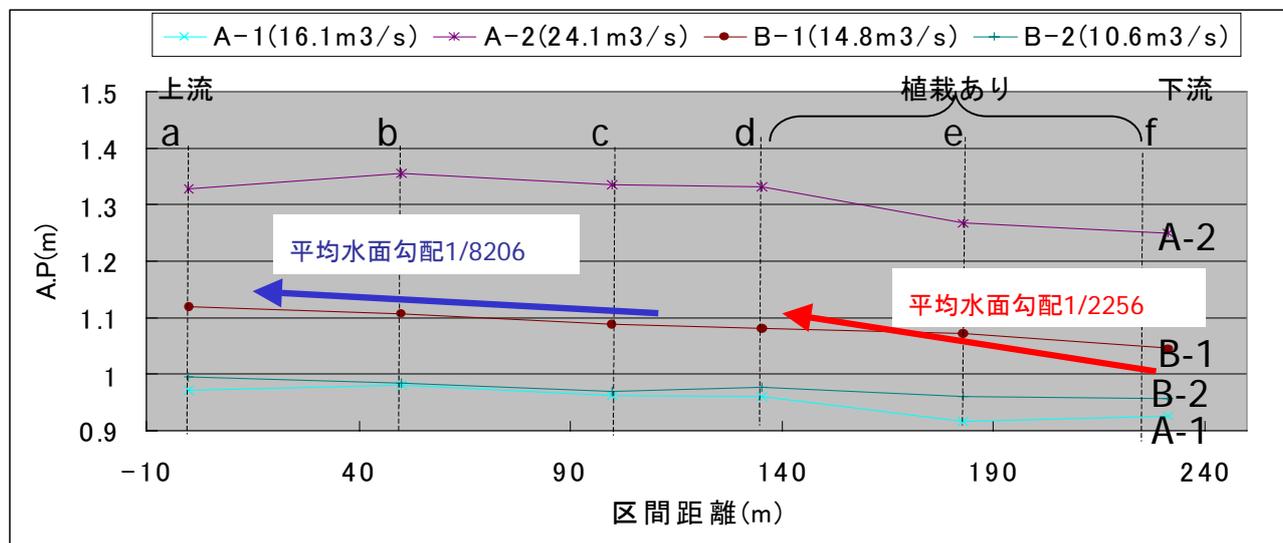


図 - 13 河川縦断方向の水位

0.0125～0.0135 と潮位の停滞する時間帯の粗度 (0.0175～0.0185)よりも小さい傾向であった。表-2 は建設省河川砂防技術基準 (案) で定義されている粗度係数と計算結果を比較したものである。計算結果におけるコンクリートの粗度は、建設省河川砂防技術基準 (案) におけるコンクリート人工水路の粗度に相当する結果となった。計算結果におけるツタ類の粗度は、建設省河川砂防技術基準 (案) における平野の小水路、雑草なし又は、雑草、灌木ありの粗度に相当する結果となった。

(3) 計画高における推定

①水位について

(2) で求めた粗度係数を用いて、計画高における水位を推定した。呑川の 50mm/h 計画 (f=0.8) における計画諸元から、下流端 f 地点の計画高を 6.1m (A.P.)、計画流量を 180m³/s と設定した。またツタの粗度は、計算結果 (0.033～0.039) の平均値 0.036、コンクリートの粗度は、計算結果 (0.0125～0.0185) の平均値 0.0155 を用いた。図-14 は、上述の条件を元にツタのある場合とツタがない場合について計算した結果である。

ツタがある場合はツタがない場合と比べて、d 地点で 11cm の水位差、a 地点で 15cm の水位差が生じる結果となった。現地の護岸は、余裕高さが設定されており、ツタがある場合の水位と天端までの水位差は、約 1.0m 程度ある結果であった。

①合成粗度について

(2) で求めた粗度係数を用いて、d 地点における合成粗度を計算した。合成粗度は、建設省河川砂防技術基準 (案) で定義されている以下の式を用いた。

$$n = \left(\frac{\sum s_i n_i^{3/2}}{\sum s_i} \right)^{2/3}$$

n_i : 各部位の粗度係数

s_i : 各部位の潤辺

ツタの粗度を 0.034、コンクリートの粗度を 0.0125 とした場合、合成粗度は 0.0267 となった。ツタの粗度を 0.039、コンクリートの粗度を 0.0135 とした場合、合成粗度は 0.0304 となった。

		流量	A-D区間	D-F区間
		(m ³ /s)	コンクリート	ツタ類
潮位の上昇する時間帯	A-1	16.10	0.0125	0.0340
	A-2	24.13	0.0135	0.0390
潮位の停滞する時間帯	B-1	14.76	0.0185	0.0350
	B-2	10.64	0.0175	0.0330

表 - 1 コンクリートの粗度とツタの粗度

建設省河川砂防基準(案)調査編		計算結果
状況	マニングnの範囲	
コンクリートの人工水路	0.014～0.020	コンクリート(0.0125～0.0185)
計画粗度	0.0225	
平野の小水路、雑草なし	0.025～0.033	ツタ類 (0.033～0.039)
平野の小水路、雑草、灌木あり	0.030～0.040	

表 - 2 計算結果と建設省砂防基準(案)との比較

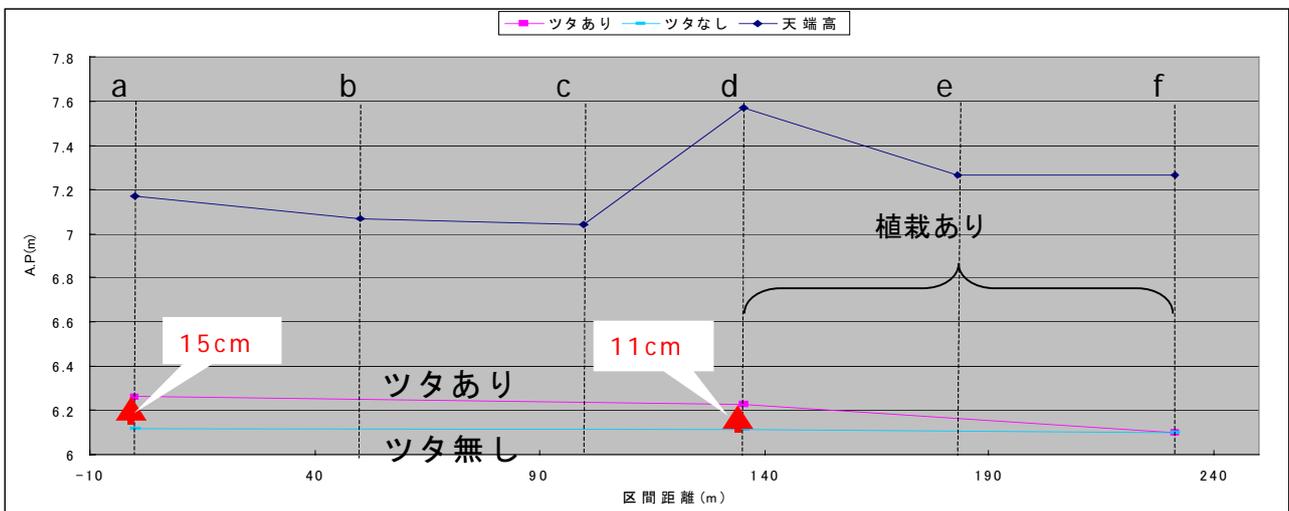


図 - 14 計画高における水位の推定

5. まとめ

- ・ 0.9 m(A. P.)以上の水位のうち、ツタ類のある箇所は、ツタ類のない場所よりも水面勾配が大きい傾向であった。
- ・ 不等流計算により粗度係数を求めたところ、コンクリートの粗度係数は、0.0125～0.0185、ツタ類の粗度は、0.033～0.039であった。
- ・ 潮位の上昇する時間帯のコンクリートの粗度は0.0125～0.135と潮位の停滞する時間帯の粗度(0.0175～0.0185)よりも小さい傾向であった。
- ・ 不等流計算により計画高における水位を推定したところ、ツタがあることで、d地点で11cm、a地点で15cmの水位上昇となる結果となった。
- ・ 計画高におけるd地点の合成粗度を推定したところ、ツタの粗度を0.034、コンクリートの粗度を0.0125とし場合、合成粗度は0.0267となった。ツタの粗度を0.039、コンクリートの粗度を0.0135とし場合、合成粗度は0.0304となった。
- ・ 本調査では、ツタ類の全長約7mに対して約1.4mの水位上昇とツタ類の影響を十分に捉えきってない可能性があるため、今後はより大きい規模の出水を観測する予定である。

参考文献

- 1)杉原大介、高崎忠勝、岩屋隆夫：霞川調節池における越流堤高の検討、土木学会関東支部第36回
- 2)増田信也、高崎忠勝：神田川流域における粗度係数の実態、平15.都土木技研年報、171-186