

# 文化財・国境石の保護対策に関する基礎的検討

福岡大学工学部 学生会員 ○栗原 杏奈  
福岡大学工学部 正会員 渡辺亮一, 皆川朋子, 山崎惟義, 伊豫岡宏樹

## 1. はじめに

国境石は、江戸時代に国境の目印として建てられた標石である。全国各地の国境沿いに建てられ、現在では文化財等に指定されるものが多い。福岡県筑紫郡那珂川町においても、筑前国と肥前国との境の要衝に43基の国境石が残されており、町の文化財に指定されている<sup>1)2)</sup>。

現在、那珂川上流域には、福岡県による五ヶ山ダムが建設されているが、那珂川沿いに建てられた4基が貯水池に水没する位置にある。また、このうち2基はすでに崩壊していることから、ダム完成までに国境石の保護対策を講じていく必要がある。しかしながら、国境石が設置されている那珂川の水利条件等は明らかではなく、保護対策のための基礎情報は乏しい。



写真1, 2. 崩壊前(左)と崩壊後(右)の国境石

## 2. 目的

本研究では、五ヶ山ダム貯水池に水没する国境石の保護対策を検討するため、基礎情報となる国境石付近の水利条件等を把握し、保護対策を立案するための基礎情報を得ることを目的とする。

## 3. 五ヶ山ダムと国境石の概要

五ヶ山ダム(集水面積18.9km<sup>2</sup>)は、那珂川の上流、筑紫郡那珂川町大字五ヶ山の南畑ダムと脊振ダムの間に建設する重力式コンクリートダムで総貯水容量4,020万立方メートルを有する多目的ダムであり、洪水調節、流水の正常な機能の維持・河川環境の保全、水道用水の供給および異常渇水時の緊急水補給を目的としている<sup>3)</sup>。昭和53年の大干ばつを契機に渇水対策ダムとして計画され、現在工事が実施されており、完成は平成29年度を予定している。国境石は、那珂川流路が2つに分流している区間の右流路の左岸石垣の中に組み込まれている(写真1, 2)。国境石地点の標高は概ね397、398、395、388mであり、五ヶ山ダムの常時満水位である407.1mよりやや低い位置にある。

## 4. 方法

### 4.1 現状把握及び移動限界粒径の算出

#### (1) 流量及び河床勾配の測定

分流前1側線、分流後2側線、合流後1側線におい

て30~120cmおきに水深、流速を測定し、流量を算出した。2流路の河床高は、レベル測量により測定し、河床勾配をそれぞれ算出した。

流量測定及びレベル測量は、それぞれ平成23年10月31日、11月27日に行った。

#### (2) 移動限界粒径の算出

洪水時の右流路の移動限界粒径を以下の手順で算出した。

1/50,000の地図(国土地理院)から到達時間と流域面積を、雨量強度式から降雨強度を求め、確率別の流量を算出した。流量 $Q(m^3/s)$ の算定には合理式を用いた。

$$Q = \frac{1}{3.6} fIA$$

ここで $f$ は流出係数、 $I$ は降雨強度(mm/h)、 $A$ は集水面積(km<sup>2</sup>)を表している。流出係数は土地利用状況(山地)から0.7を採用した<sup>5)</sup>。降雨強度は、福岡県の降雨強度曲線式<sup>3)</sup>から確率規模ごとの降雨強度 $I(mm/h)$ を算出した。降雨強度式は、以下に示す。

$$I = \frac{a}{t^n + b}$$

ここで $a, b, n$ は確率規模ごとの定数、 $t$ は到達時間(min)を表している。なお、到達時間に関しては、土研式により算出した。

$$t = 1.67 \times 10^{-3} \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.7}$$

ただし、上式は自然流域の場合に適用される。ここで、 $L$ は流路長(m)、 $S$ は流域最遠点から流量検討地点の標高差を流路長で割った値を表している。到達時間は10分に満たなかったため、定義に則して10分とした。

以下の式から、粒径と水深の関係を算出した。

$$\tau_* = \frac{IR}{Sd} \doteq 0.05 \quad \dots \dots (a)$$

ここで、 $\tau_*$ は無次元掃流力、 $I$ は河床勾配、 $R$ は径深(m)、 $S$ は水中比重(1.6とする)、 $d(m)$ は粒径を表している。 $R=H$ とすると、(a)式は次のように変形出来る。

$$d = 12.5 \times IH \quad \dots \dots (b)$$

水深は、以下に示す手順で求めた。

連続式 
$$Q = Av = BHv$$

ここで、 $A$ は断面積(m<sup>2</sup>)、 $B$ は川幅(m)を表している。なお、左・右流路の流量分配は、川幅比1.5:1とした。また、マンニングの式より、流速 $v(m/s)$ は以下となる。

$$v = \frac{1}{n} I^{\frac{1}{2}} R^{\frac{2}{3}}$$

ここで、 $n$  は粗度係数、 $I$  は河床勾配、 $R$  は径深(m)を表している。粗度係数は代表粒径と粗度係数の関係から引用した。 $R=H$  とし、水深  $H$ (m)は以下の式で求めた後、(b)式より、確率別雨量と水深及び水深と移動する石の粒径を算出した。

$$H = \left( \frac{nQ}{BI^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

## 4.2 対策案の検討

4.1 の結果を踏まえ、国境石保護対策案についての検討を行った。

## 5. 結果及び考察

### 5.1 現状把握及び移動限界粒径

#### (1) 流量及び河床勾配

分流前後の流量は平均して約  $0.97\text{m}^3/\text{s}$  であった。右・左流路の各流量はそれぞれ約  $0.76\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.11\text{m}^3/\text{s}$  であり、平常時の流量は左流路に多く流下していた。

図 1 に河床縦断面図及び国境石の位置を示す。国境石のある右流路の勾配は  $1/20$ 、左流路の勾配は  $1/22$  であった。

#### (2) 移動限界粒径

表 1 に、確率規模別の右流路における水深，移動限界粒径，流量を示す。3 年規模で水深は  $1.01\text{m}$ 、移動限界粒径は  $0.63\text{m}$ 、流量は  $37.8\text{m}^3/\text{s}$ 、200 年規模で水深は  $1.38\text{m}$ 、移動する石の粒径は  $0.86\text{m}$ 、流量は  $63.8\text{m}^3/\text{s}$  であった。

### 5.2 対策案

国境石のある右流路の河床勾配は約  $1/20$  であり、確率規模  $1/3$  でも約  $0.6\text{m}$  の粒径の石が移動することが予測された。また、右流路右岸の国境石(図 1④)付近において洗掘がみられたことから(写真 3)、近年、国境石のある右流路において河床低下が生じ、これに伴い、河床勾配が大きくなり掃流力が増加し、国境石にも大きな掃流力が作用していることが示唆された。これらのことから、まず、現在残っている国境石および石垣の保護を目的とした、以下のような河床低下に対する緊急対策案を講じていく必要があると考えられる。



写真3 右岸の洗掘箇所

以下のような河床低下に対する緊急対策案を講じていく必要があると考えられる。

#### 対策案 A：床止めの設置

現在の河床より天端が数m程度、河床より高い床止めを設置し、玉石を充てんし、河床勾配を緩くすることで掃流力を低下させる。縦断面図の  $100\sim 200\text{m}$  間の河床勾配を  $1/20$  から  $1/30$  には  $1.33\text{m}$ 、 $1/50$  にするためには  $3\text{m}$  の高さの床止めを設置する必要がある

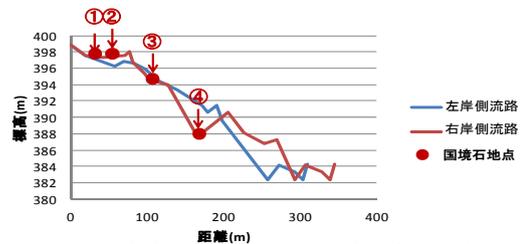


図1 2流路の河床縦断面図及び国境石地点

表1 各流量における移動限界粒径(右流路)

水深H(m)	粒径d(m)	流量(m <sup>3</sup> /s)	確率規模
1.38	0.86	63.8	1/200
1.32	0.83	59.2	1/100
1.32	0.82	59.1	1/80
1.29	0.81	57.2	1/50
1.26	0.78	54.4	1/30
1.23	0.77	52.4	1/20
1.16	0.72	47.7	1/10
1.09	0.68	42.9	1/5
1.01	0.63	37.8	1/3

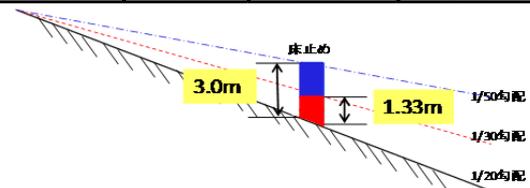


図2 床止めの設置概略図(右流路)

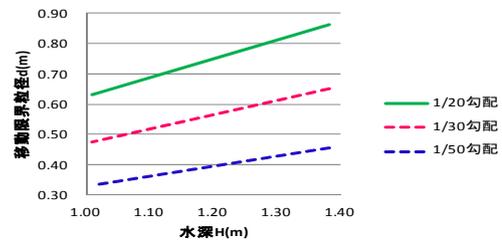


図3 水深と移動限界粒径の関係(右流路)

(図 2)．河床勾配を  $1/50$  程度に変化させると、掃流力は大きく低下し、国境石を保全することができる(図 3)。

#### 対策案 B：巨石の敷き詰め

河床勾配は現況とし、移動限界粒径より大きい巨石( $0.9\text{m}$ 以上)を用い敷き詰め、河床低下を抑制する。

## 6. まとめ

本研究では、五ヶ山ダム貯水池に水没する国境石の保護対策を検討するための基礎情報として河床勾配や移動限界粒径を把握し、緊急的対策を示した。今後、河床材料の縦断的分布を調査し、河床低下の要因を明らかにする等、具体的な対策のための基礎情報を収集する必要がある。

## 謝辞

本研究は、那珂川町より助成金を受けて実施されたものである。那珂川町役場、福岡県五ヶ山ダム建設事務所の方々には情報提供をして頂いた。ここに記して謝意を示す。

## 参考文献

- (1) 国境石について  
<http://www.geocities.jp/chikuzensakaiisi/page132.html>
- (2) 国境石那珂川町文化財ハンドブック，那珂川町教育委員会，2002 pp.1-2
- (3) 五ヶ山ダムホームページ，福岡県五ヶ山ダム建設事務所：<http://gokayama-dam.jp/>
- (4) 河川砂防技術基準(案)計画編，国土交通省，2004 p19