

特別史跡「水城」における土工量算定と濠への貯水能力に関する研究

佐賀大学理工学部

○学生員 片岡真人

佐賀大学低平地防災研究センター

正会員 林 重徳

1. はじめに

福岡県太宰府市と大野城市の市境に位置する特別史跡「水城」は、今から約1330年前に短期間で築造された我が国有数の大規模土構造物である(図-1)。日本の土木技術の原点ともいえるこの水城築堤にあたって、当時どのくらいの土工量または作業人員が必要とされたのか、また本堤の前面(博多側)には幅約60m、水深約4.0mの濠が確認されているが、この濠の構造や機能についてはいままだほとんど調査・検討されていない。本研究では水城における土工工事量の推定、および水城周辺域からの集水量算出により濠の貯水能力の検討を行った。

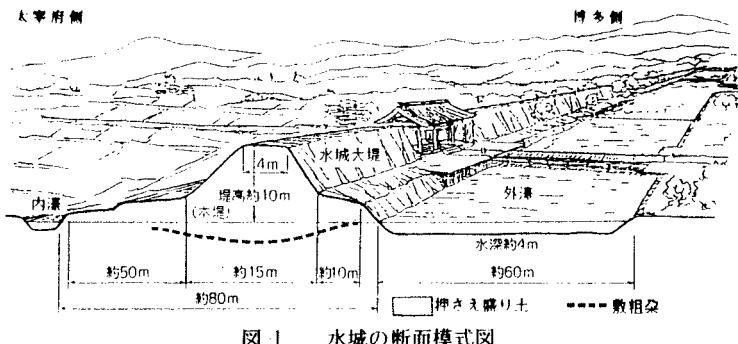


図 1 水城の断面模式図

2. 水城における土工工事量の推定

2.1 土量の算定

まず一昨年実施された測量結果と部分的に確認にされている壕の断面形状をもとに、算定した全土量を表-1に示す。

掘削、運搬、締め固めが行われる土工工事における土量は、地山の土量(掘削土量)、ほぐした土量(運搬土量)、締め固めた土量(盛土量)にわかれる。土量変化率(*L*および*C*)は、通常地山の土量を基準とした体積比で表される。ここで使用された土を普通土・砂質土で*L*=1.30、*C*=0.95として、表-1に示す築堤を行うに必要な地山土量を求めたものが表-2である。

この結果 $325,320\text{m}^3 - 214,200\text{m}^3 = 111,120\text{m}^3$ が濠以外の場所(土取り場)から運ばれてきた土量となる。

2.2 作業人員の推定

我が国における古代土木工事(土工)に関する調査報告の事例は少なく入手できた文献としては仁徳陵古墳建設の例が最も参考になった。水城築堤とほぼ同時代の土木工事であり、技術的にもさほど変化はないものとし本研究においてもこの作業能率結果に近似した値を用いてみることとした。これにより掘削、運搬、盛土それぞれにおける延べ作業人員は、表-3、表-4に示す値が推定される。

表-3 濠掘削からの土工量算定

	掘削	運搬	盛土
作業能率($\text{m}^3/\text{人日}$)	2.0	4.0	3.0
土量 (m^3)	214,200	278,460	203,490
作業人員 (人日)	107,100	69,600	67,800

表-4 土取り場掘削からの土工量算定

	掘削	運搬	盛土
作業能率($\text{m}^3/\text{人日}$)	2.0	0.1	3.0
土量 (m^3)	111,120	144,460	105,560
作業人員 (人日)	55,560	1444,600	35,200

以上のように、これらの土工工事に要する合計作業人員数は、延べ1779,860(人日)と膨大なものである。これらの土工工事の他、東西にあったとされる2つの門・木樋、内濠および集水溝などの関連工事を同時に施工したと考えられるので、総作業人員数は、およそ180万(人日)に達したものと推定される。

さらに日本書紀に見られる記述から、この水城築堤工事は1年以内で施工されたと推定される。このことより気象条件なども考慮にいれて実行業日数を150日間とすると、 $1800,000(\text{人日}) \div 150(\text{日}) = 12,000(\text{人})$ となり、毎日12,000近い人々が当時この工事に参加していたことになる。このことからも、水城の築堤工事が当時の緊迫した国際情勢から我が国の命運をかけ、国家の総力を結集した大土木工事であったと言うことができよう。

3. 水城濠の集水能力に関する検討

昨年実施した濠の貯水能力に関する研究によって、濠の底・側部に施工された遮水粘土層の厚さに対する、木樋取水口の水位と濠に流れ込む水量の関係、木樋の本数と流入量の関係について、以下のような結果がえられて いる。

- 1)木樋2本で考え、取水口の水位を0.6mで考えると、粘土層の厚さ0.3m以上で濠の水位3m貯水が可能である。
- 2)木樋4本で考え、取水口の水位を0.6mで考えると、粘土層の厚さ0.15m以上で濠の水位3m貯水が可能である。

しかし実際に濠として機能をするためには、水城周辺域から木樋取水口への集水量が重要となる。そこで今回濠構造に関する検討の継続として、水城周辺域からの集水量の算出をおこなった。木樋標高(約30m)以上の水城集水区域を御笠川分流点(4点)、西木樋側・東木樋側計6区域に分割した流域平面図を図-2に示す。この地域における各確率年降雨強度における洪水時の流出量を算出した結果を表-5に示す。

表-5 各確率年降雨強度における水城集水区域からの洪水時の流出量

(m ³ /h)	分流点①	分流点②	分流点③	分流点④	東木樋側	西木樋側	合計
2年確率	106,452	311,220	286,632	46,332	5,796	11,340	767,772
5年確率	147,420	430,920	396,900	64,152	8,028	15,732	1063,152
10年確率	180,180	486,144	485,064	78,408	9,828	19,224	1258,848
20年確率	196,560	530,316	529,164	85,572	10,728	20,952	1373,292
30年確率	212,940	574,560	573,264	92,700	11,628	22,716	1487,808
50年確率	229,320	618,732	617,364	99,828	12,492	24,444	1602,180
100年確率	245,664	662,904	661,464	106,956	13,392	26,208	1716,588

この結果、水城周辺域流出量合計は、水城濠へ貯水させるに十分の値が得られた。また昨年の結果から木樋1本あたりの最大流入量は、取水口の水位0.6mの場合で4.48(m³/h)とされている。ここで木樋への流入が比較的容易とおもわれる、東・西木樋側流域からの2年確率降雨強度における流出時間を0.5、24、120、240、480、720(h)として求められる流出量を図-3に示す。これより東・西木樋側流域それぞれにおいて、流出時間720(h)(=30日)まで流出量4.48(m³/h)は確保できると推定される。

4. まとめ

御笠川分流点(4点)における集水量を除いて、東・西木樋側流域からの流出量だけでも木樋1本~4本における取水口の水位0.6mとした木樋の最大流入量4.48~17.9(m³/h)が確保できると推定される。つまり濠は遮水粘土層の厚さが0.15m以上あったならば、3m以上の水位を保たれていたと考えられる。またこれにより遠方からの人工的流路などによる導水方法は用いなくとも近くから集水されるもので水は充分に確保でき、濠としての機能を果たしていたと考えられる。それほど有効な生産手段をもたなかつてであろう古代、幅60mと長さが約1kmにも達する濠への貯水方法を考え、300,000m³を越える土構造物を建設し得た中央権力の強大さ、人々のエネルギー、そして指導にあたったであろう技術者達の観察にあらためて驚かされる。

参考文献

- 1) (財)大林組; 王陵現代技術と古代技術の比較による「仁徳天皇陵の建設」1985
- 2) 石田謙一、林重徳; 平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集第Ⅲ部門 水城堤の堀構造に関する地盤工学的検討

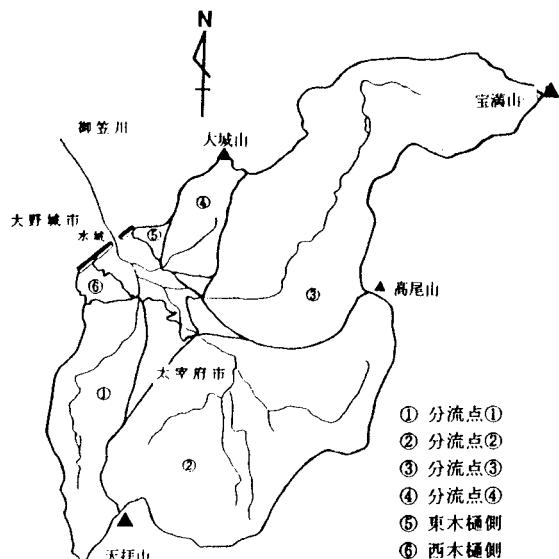


図-2 水城の集水区域平面図

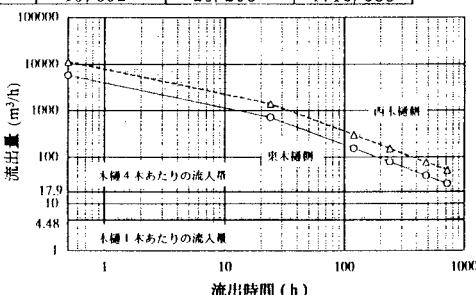


図-3 流出時間に対する東・西木樋側流出量の変化