

水城築堤の土質特性に及ぼす年代効果

佐賀大学 工学部 学 員○本山智洋
 佐賀大学 低平地防災研究センター 正 員 林 重徳
 佐賀大学 工学部 学 員 中田敦也
 九州歴史資料館 調査課 栗原和彦、横田賢次郎

1. まえがき

福岡県太宰府市に現存する特別史跡“水城”は、千数百年を経過した人工構造物として築造された年を正確に特定できる数少ない大規模土構造物の一つである。その規模は、高さ約10～14m、全長は約1.2kmというものである。しかも、わずか1年間で完成させている。

平成5年11、12月に水城築堤の開削トレンチ調査が実施された際、開削断面において、水城築造当時、ほぼ同じ厚さで締固められたと思われる成層状態が確認されている。その締固め層の下部境界部分は稠密で固化が進行し、締固め層の上部から中間部にかけては、かなりポーラスであり、強度的にも低いようである。原因として、1330年の歳月によって、鉄分あるいは土の細粒分が締固め層境界に沈積したためと推測される。

本研究は、水城の堤体内部の土質特性に及ぼす年代効果を、強度特性、透水特性などから明らかにしようとするものである。

2. 実験の概要

ボーリング調査によって採取された試料を用いて、その試料において締固めが行われたと推測される層を特定し、且つ色調などからポーラス部分と稠密部分を判別し、その土層の上部、中間部および下部の各部分から供試体を削りだし、密度試験、透水試験、一面せん断試験を行うとともに、同試料の攪乱・締め固めた供試体の試験結果との比較、検討を行う。試料の採取深度と供試体No.を、表. 1に示す。なお、それぞれの試験方法は、次の通りである。

2. 1 透水試験

実験方法として、実際の地盤内の応力状態に近い状態で試験を行うために、三軸セルを用いた透水試験機で側圧を0.2 (kgf/cm²) に保って実験を行った。削りだし作成した供試体は、ほぼ直径6.5cm、高さ3cmの円盤状である。透水試験の方法は変水位法を用いた。

2. 2 一面せん断試験

一面せん断試験機は改良型一面せん断試験機を用いた。試験方法は、透水試験と同様に、試験試料として締固め層のポーラス部分から稠密部分へかけて採取し、圧密定圧せん断試験を行った。すべての試料について、垂直応力を0.2 (kgf/cm²) に固定し、それぞれの部分のせん断強度を求めた。

3. 実験結果及び考察

3. 1 透水試験から見た年代効果に関する考察

透水試験の試験結果を図. 1に示す。全体的に締固め層の境界部分は、透水性が極めて小さい。締固め層の4m部分(試料No.: P-1～P-4)と6m部分(試料No.: P-9～P-11)における透水係数の値にはポーラス部分と稠密部分で大きな開きがみられ、似通った傾向があった。これらに比べて、5m部分(試料No.: P-5～P-8)では全体に透水係数に大きな差がない。攪乱試料と地山の土を用いてそれぞれ実

き固め多供試体について行った透水試験の結果を、表. 1に示す。なお、攪乱試料は締固め層のポーラスな部分から稠密な部分にかかる全試料を混合、現地盤の平均含水比に含水比調整をし、試料の採取深さの平均湿潤密度に締固めて作成した。また、地山の土を用いた締固め試料は、地山の土の突き固め試験を行い、試料を作成した。せん断試験に用いた試料も同一の試料である。攪乱試料および締め固め供試体の透水係数は、いずれも

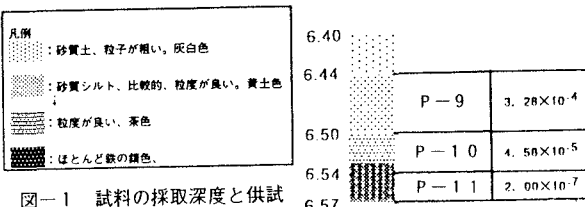


図-1 試料の採取深度と供試体及び透水試験結果

堤体のポーラス部と稠密部の試験値の間にあり、透水係数における年代効果の影響を考慮することができる。

3. 2 セン断試験から見た年代効果に関する考察

図. 2に、5 m部分の締固め層および攪乱土と地山の土を用いてそれぞれ調整した締固め試料での一面せん断試験の結果を示す。試料No S-1, S-2, S-4の不攪乱供試体については、初期挙動が直線的で一致している。ついで、最大せん断強度については、やはりポーラスから稠密になるに従い強度が大きくなっている。土粒子の細粒分が締固め層内の移動により締固め層の境界部に沈積し、その部分が稠密化し、強度的に堅固になったことが一因であると推定される。攪乱土と地山の土の締固め試料での実験結果と比較した場合、ポーラス部分の強度は、締固め試料より大きく、年代効果による固結作用の影響と考える。

3. 3 土粒子の密度および乾燥密度の結果からの考察

図. 3に締固め層のポーラス部から稠密部にかけての土粒子の密度と試料の乾燥密度および透水係数の変化を示す。層を色調の変化から判断し、締固め層であるとしていたが、図. 3の土粒子の密度の変化からみると、G.L.-5.25 m付近で土粒子の密度が一番大きく、透水試験の結果からも-5.25 m付近で透水係数が急激に変わっている。このことは、-5.25 m付近に土粒子の細粒分あるいは土中の何らかの物質が沈積したためと考えられる。土の乾燥密度については、締固め層の上部から下部にかけて密度が小さくなっており、この結果は必ずしも土中の土粒子の細粒分などの移動を裏付けるものではない。

表-1

	透水係数 k (cm/sec)	せん断応力 τ (kgf/cm ²)
攪乱締固め試料	4.54×10^{-6}	0.371
地山土の締固め試料	4.59×10^{-5}	0.597

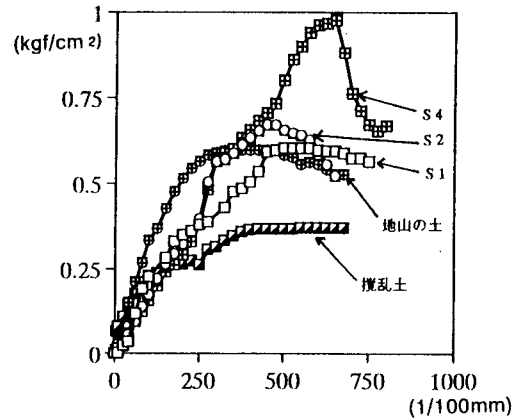


図-2 一面せん断試験結果 (応力～変位関係)

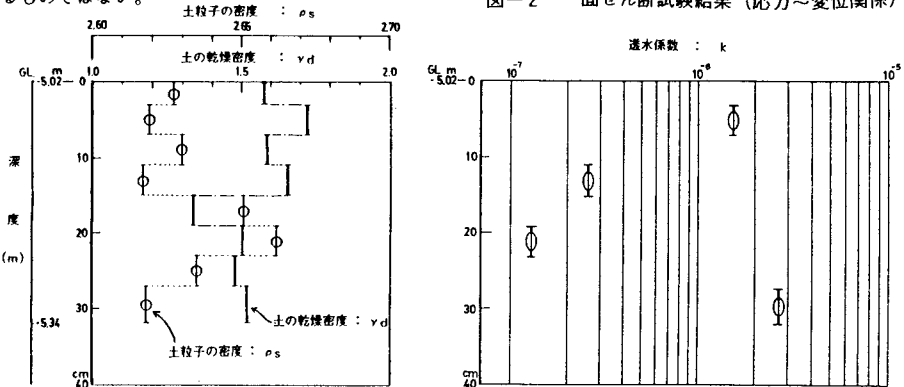


図-3 締固め層5 m部の密度及び透水係数の変化

4. まとめ

1330年という歳月の年代効果が透水特性に及ぼす影響は、締固め層の上部と下部においてポーラスな部分と稠密な部分を生じさせ、このことが透水性の差異に現れている。せん断強度に関しては、土層のポーラス化によって強度的に弱くなっているのではないかと考えたが、実際には、セメンテーションなどの固結作用により、攪乱試料より強度的に大きくなっているようである。

参考文献

- 1) 林重徳、橋口達也、石松好雄、栗原和彦、横田賢次郎；地盤工学から見た太宰府・水城築堤（その1）、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第IV部門、2) 石松好雄、桑原滋朗；古代日本を発掘する— 4 太宰府と多賀城、1985、3) 福岡県教育委員会；水城—昭和50年発掘調査報告書、1976、
- 2) 林重徳、中田敦也、本山智洋、石松好雄、栗原和彦、横田賢次郎；地盤工学から見た“水城”の築堤技術、土木学会創立80周年記念シンポジウム、1994、
- 3) 本山智洋、林重徳、中田敦也、栗原和彦、横田賢次郎；水城築堤から探る当時（1300年前）の土木技術、土木学会西部支部平成6年度研究発表会、（投稿中）