

# 水浸沈下が壁面土圧に及ぼす影響

## EFFECTS OF SETTLEMENT DUE TO SUBMERGENCE ON EARTH PRESSURE AGAINST WALL

日置和昭<sup>1</sup>・東紘士<sup>2</sup>・菅浩亮<sup>2</sup>

Kazuaki HIOKI, Hiroshi AZUMA and Kosuke SUGA

<sup>1</sup>大阪工業大学工学部 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

E-mail: Hioki@civil.oit.ac.jp

<sup>2</sup>大阪工業大学大学院工学研究科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

**Key Words:** settlement due to submergence, earth pressure against wall, backfill, model test

### 1. はじめに

近年, 我が国では狭隘な地形を背景に, V字谷に道路や鉄道, 宅地などの盛土を造成する機会が多い。しかし, V字谷に造成した盛土は, 本来の谷筋の地形・地質状態から, 水の供給を極めて受け易い条件下にあるため, 締固めが不足すると, 水浸沈下の発生し易い盛土を造成することになる。このような盛土の造成に際し, 土留めを目的に擁壁を設けることがあるが, 擁壁裏込め土は十分な締固めが困難であるため, 施工上締固め不足になり易い。周知のとおり擁壁は豪雨時にしばしば崩壊するが, その一要因として水浸沈下が挙げられる。すなわち, 締固め不足の擁壁裏込め土が浸水すると, 水浸沈下が発生し, 裏込め土の強度が著しく低下することに起因して擁壁に作用する壁面土圧が増大するものと推察される。しかし, 水浸沈下発生時における壁面土圧増加のメカニズムについては十分に解明されておらず, その定量的評価もなされていないのが現状である。

本研究では, 豪雨などにより擁壁裏込め土の地下水位が急激に上昇する場合を想定し, 水浸土圧試験を実施した。具体的には, 水浸土圧試験装置を試作し, 擁壁裏込め土が水浸沈下する場合としない場合の壁面土圧を経時的に測定することにより, 水浸沈下が壁面土圧に及ぼす影響について種々の検討を行った。

### 2. 水浸土圧試験装置の試作

水浸土圧試験装置の概略図を図-1に示す。水浸土圧試験装置の主要部は, 試料を詰める透明アクリル容器(高さ28.4cm, 奥行き20.0cm), 変位制御装置, 積層バー(9個の縦横3.0cm, 奥行き20.0cmの移動可能なバーであり, 上下・左右にテフロンテープを貼付している), ゴムスリーブ(積層バーに装着している), 荷重計(積層バーを介して土圧ならびに水圧を測定する), フィルター付底板(一様に水位を上昇させるため, 同心円状と放射状の流路を設けている), 変速モーター付定流量ポンプから成る。

静水圧によるキャリブレーション結果を図-2に示す。同図より, 静水圧の理論値と実測値は概ね一致しており, これをもってキャリブレーションを完了とした。

### 3. 試料および試験方法

水浸土圧試験には, 土粒子の密度 $\rho_s$ が $2.69\text{g/cm}^3$ で, 砂分95%, シルト以下分5%の購入まさ土を用いた。試験手順は, 以下のとおりである。

- 1) 含水比調整した試料( $w_0=10\%$ )を所定の密度( $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3, 1.60\text{g/cm}^3$ )となるよう透明アクリル容器内に均質に詰めた(密度が均質な9層の水平層を木板による転圧により造成し, 模擬裏込め土とした)。

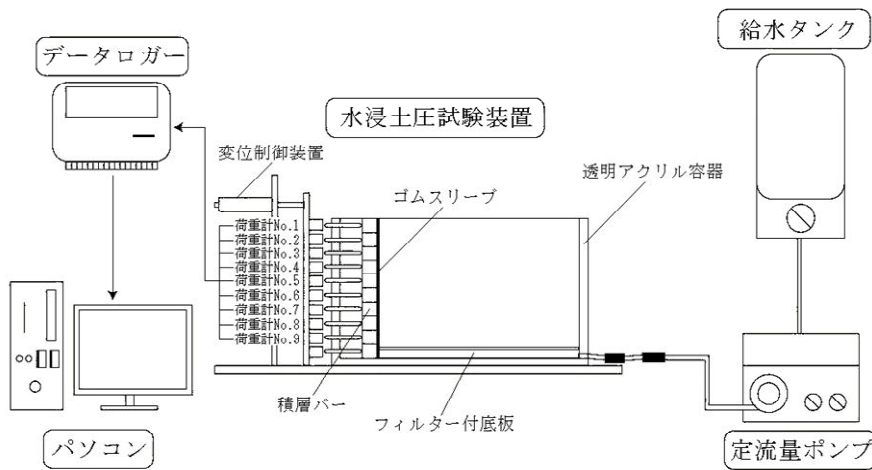


図-1 水浸土圧試験装置の概略図

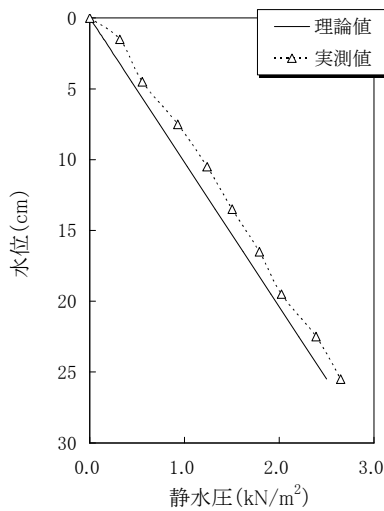


図-2 キャリブレーション結果

- 2) 模擬裏込め土に  $5.0\text{kN/m}^2$  の等分布荷重を載荷し、載荷により沈下が生じる場合には、沈下が収束するまで待った。
- 3) 積層バーに変位が生じないように変位制御装置により積層バーを固定した後、定流量ポンプを用いて給水（約  $260\text{cm}^3/\text{min}$ ）を行い、水浸に伴う壁面土圧（土圧と静水圧の和）の増加量を荷重計 No.1~No.9 により自動計測した。また、水位と水浸沈下量は目測した。なお、給水は水位が地表面に到達するまで続けた。

#### 4. 試験結果および考察

試験結果の一例として、荷重計 No.3 における壁面土圧（土圧と静水圧の和）増加量の経時変化を静水

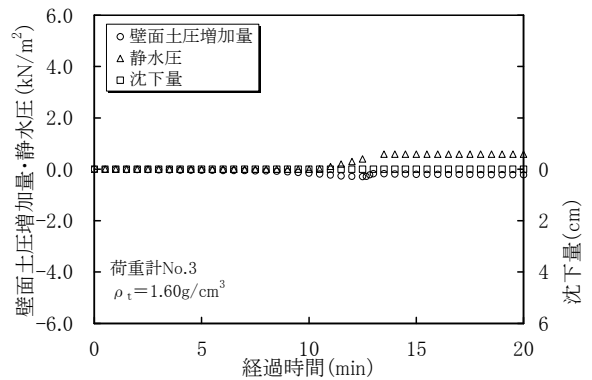


図-3 壁面土圧増加量の経時変化  
(荷重計 No.3 :  $\rho_t = 1.60\text{g/cm}^3$ )

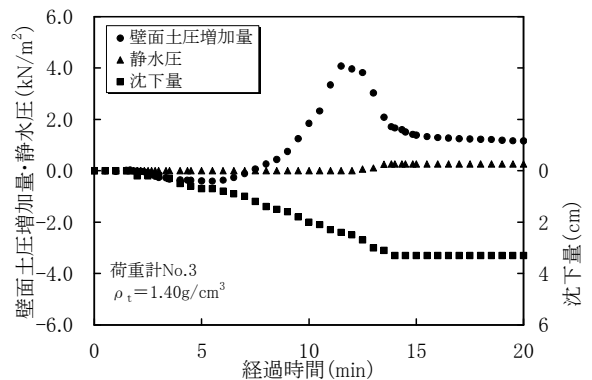


図-4 壁面土圧増加量の経時変化  
(荷重計 No.3 :  $\rho_t = 1.40\text{g/cm}^3$ )

圧ならびに沈下量と併せて図-3~図-4 に示す。  $\rho_t = 1.60\text{g/cm}^3$  の場合は、静水圧の上昇過程で水浸沈下は発生せず、壁面土圧の増加はほとんど認められなかった。しかし、  $\rho_t = 1.40\text{g/cm}^3$  の場合には、静水圧

の上昇過程で約 3.3cm の水浸沈下が発生し、壁面土圧が著しく増加した。具体的には、荷重計 No.3 に静水圧が作用し始めた（水位が荷重計 No.3 の高さ付近まで達した）とき、壁面土圧はピーク値（初期値から 4.0 kN/m<sup>2</sup> の増加量）を示し、さらに静水圧が作用する（水位が上昇する）と壁面土圧は減少し、最終的に壁面土圧は初期値から 1.1kN/m<sup>2</sup> の増加量となった。すなわち、図-5 に示すように、緩い裏込め土の水位が上昇する過程において、水面付近で土粒子の移動が発生し強度が著しく低下する<sup>1)</sup>と同時に、側圧係数  $K$  が大きくなり、壁面土圧が増加したものと推察される。一方、土粒子の移動終了部では強度の回復<sup>1)</sup>に伴い側圧係数  $K$  が小さくなり、壁面土圧が減少した（ただし、壁面土圧の初期値からの増加量はゼロには戻らず、何割かは残留した）ものと推察される。このことを確認するため、裏込め土（荷重計 No.3 の高さ付近）の水浸前、水浸時、水浸後における側圧係数  $K$  を算出すると、表-1 のようになった。これによると、水浸時（土粒子の移動時）の側圧係数  $K$  は水浸前の約 3.5 倍に増加しているが、

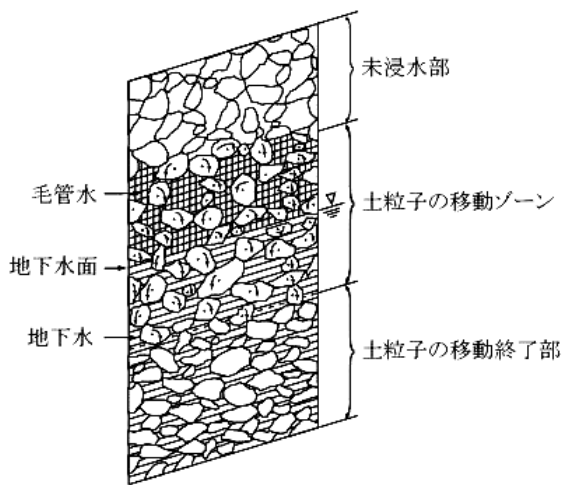


図-5 水位上昇過程における水面付近の模式図

表-1 水浸過程における側圧係数  $K$  の変化

試料	水浸前	水浸時	水浸後
$\rho_t = 1.60\text{g/cm}^3$	0.54	0.51	0.53
$\rho_t = 1.40\text{g/cm}^3$	0.32	1.11	0.57

水浸後（土粒子の移動終了後）には約 1.8 倍まで減少していることが表れており、水浸沈下の発生過程（水浸前 → 水浸時 → 水浸後）で側圧係数  $K$  が大きく変化（増減）することが確認された。なお、水浸前後における側圧係数  $K$  が異なる要因としては、密度や飽和度の変化など様々な要因が挙げられる。

次に、荷重計 No.8 における壁面土圧（土圧と静水圧の和）増加量の経時変化を静水圧ならびに沈下量と併せて図-6～図-7 に示す。 $\rho_t = 1.60\text{g/cm}^3$  の場合は、静水圧の上昇過程で水浸沈下の発生は認められなかったものの、荷重計 No.3 とは若干傾向が異なり、壁面土圧の増加（初期値から 2.7kN/m<sup>2</sup> の増加量）が認められた。この増加量のほとんどは静水圧（荷重計 No.8 の高さ付近では、2.2kN/m<sup>2</sup> の静水圧が作用している）によるものと考えられる。一方、 $\rho_t = 1.40\text{g/cm}^3$  の場合には、給水後すぐに水浸沈下の発生に伴う著しい壁面土圧の増加が認められ、その後も壁面土圧はさらに増加し、最終的には 5.0kN/m<sup>2</sup> の増加が確認された。しかし、この増加量は静水圧のみでは説明できず、静水圧とは別の何らかの支配要因

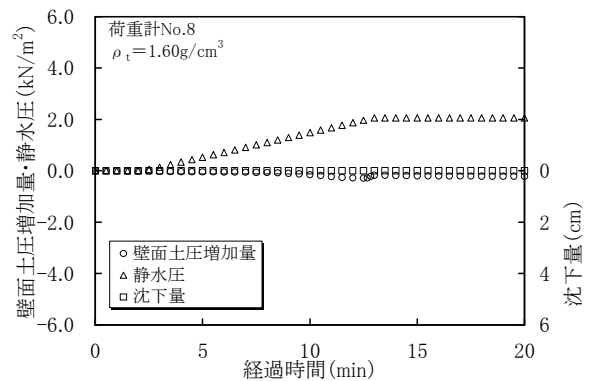


図-6 壁面土圧増加量の経時変化  
(荷重計 No.8 :  $\rho_t = 1.60\text{g/cm}^3$ )

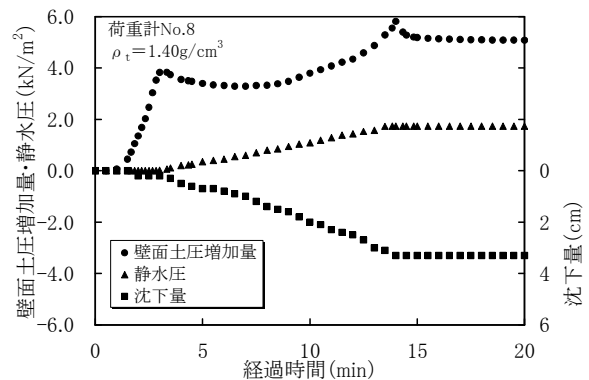


図-7 壁面土圧増加量の経時変化  
(荷重計 No.8 :  $\rho_t = 1.40\text{g/cm}^3$ )

があるものと推察される。そのため、裏込め土（荷重計 No.8 の高さ付近）の水浸後における側圧係数  $K$  を算出すると、 $\rho_t=1.60\text{g/cm}^3 : 0.48$ ,  $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3 : 0.79$  となり、静水圧の上昇過程において水浸沈下が発生するか否かで、水浸後の側圧係数  $K$  は大きく異なるものと推察される。なお、 $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3$  の場合、水浸沈下の発生により水浸後の湿潤密度は  $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3$  から  $1.61\text{g/cm}^3$  まで増加しており、水浸後の湿潤密度はほぼ同じであったことを付記しておく。

ここで、水浸沈下発生の有無が壁面土圧に及ぼす影響について考察を深めるため、 $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3$ （ただし、水浸後の湿潤密度は  $\rho_t=1.61\text{g/cm}^3$ ）の場合と  $\rho_t=1.60\text{g/cm}^3$  の場合における水浸後の壁面土圧増加量（荷重計 No.1~No.9）を図-8 に示す。これによると、水浸後の湿潤密度（ $\rho_t=1.60\text{g/cm}^3$ ）がほぼ同じであるにもかかわらず、水浸沈下が発生した場合（ $\rho_t=1.40\text{g/cm}^3$ ）としなかった場合（ $\rho_t=1.60\text{g/cm}^3$ ）とでは、前者の方が壁面土圧増加量はかなり大きい値（1.3~2.0 倍程度）を示している。この要因としては、水浸沈下発生の有無による“構造の差”が考えられる。既往の文献によると、 $Yi^{2)}$ は、電子顕微鏡を用いて、密度と飽和度がほぼ等しい状態にあっても水浸沈下の大きさの履歴が異なる試料では粒子骨格の相違から“構造の差”があることを指摘し、原田<sup>3)</sup>は、活性度の低い試料ほど水浸沈下が静的・動的強度に及ぼす影響（水浸沈下発生の有無による強度差）が大きくなると報告している。以上を踏まえると、過去に水浸沈下の発生履歴を持つ擁壁裏込め土が水浸すると、壁面土圧は通常想定される壁面土圧よりも大きくなる可能性が示唆される。また、水締め（強制的な水浸沈下の発生）によって施工された擁壁裏込め土は、転圧によって施工された擁壁裏込め土と比較し、密度と飽和度がほぼ等しい状態にあっても強度的に劣る可能性がある。

## 5. まとめ

本研究では、水浸土圧試験装置を試作し、擁壁裏込め土が水浸沈下する場合としない場合の壁面土圧を経時的に測定することにより、水浸沈下が壁面土圧に及ぼす影響について種々の検討を行った。得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

- (1) 緩い裏込め土では静水圧の上昇過程において、水面付近で水浸沈下が発生し、その過程（水浸

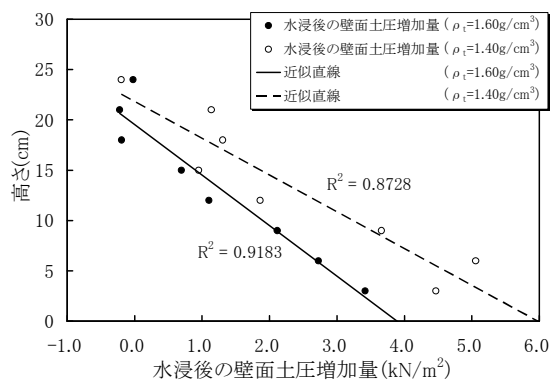


図-8 水浸後の壁面土圧増加量

前 → 水浸時 → 水浸後）で側圧係数  $K$  が大きく変化（増減）する。具体的には、水浸時（土粒子の移動時）に側圧係数  $K$  が著しく増加し、水浸後（土粒子の移動終了後）には減少する（ただし、水浸前の側圧係数  $K$  には戻らない）。

- (2) 水浸後の湿潤密度がほぼ同じであっても、水浸沈下の発生履歴によって、水浸後の壁面土圧は大きく異なる。この要因としては、土粒子骨格の相違による“構造の差”と推察する。

今後は、水浸沈下に伴う壁面土圧の増加量と水浸沈下量との相関性、乾湿繰返しに伴う壁面土圧の挙動評価ならびに裏込め土のせん断強さと側圧係数  $K$  との相関性などについて検討を行う予定である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、水浸土圧試験装置の作成にご協力頂いた本郷隆夫氏（地域地盤環境研究所）、また水浸土圧試験にご協力頂いた鴨川成弥君（大阪工業大学大学院）、堀良行氏（倉敷市消防局）に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 福田護：浸水に伴う土のせん断抵抗の低下と盛土斜面の一安定解析，土質工学会論文報告集，Vol.18, No3, pp.76~82, 1978.
- 2) Yi, F: Behavior of Compacted Collapsible Soils Subjected to Water Infiltration, doctor thesis presented to University of Tokyo, 1991.
- 3) 原田健二：締固め崩壊性土の水浸による体積と強度変化に関する研究，東京大学博士請求論文，1994.

(2008. 5. 16 受付)