

流動ソイルセメント打設時および打ち重ね時に壁面に作用する側圧の検証

J F E 商事テールワン株式会社 ○長屋 佑美, 友重 勇気
株式会社本久 小布施 栄, 森 剛
一般財団法人砂防・地すべり技術センター 嶋 丈示

1. はじめに

近年、砂防事業において、現地発生土砂を有効活用できる砂防ソイルセメントが推進されている中、筆者らは、転圧不要で狭隘部での施工に適する流動タイプの砂防ソイルセメント（以下、流動ソイルセメント）に着目し、地山や砂防堰堤に連結可能な流動ソイルセメントを中詰め材とする構造物の工法開発を進めている。本工法は、既設構造物に連結した壁面材が型枠の役割を担うことから、流動ソイルセメントの打設時及び打ち重ね時の側圧に応じた部材設計を行う必要があるが、その特性に関する知見が少ないのが現状である。そこで、筆者らは、一軸圧縮試験の供試体を用いた要素試験、及び、実大実験における側圧を検証することで、流動ソイルセメント打設時及び打ち重ね時に壁面に作用する側圧の検証を行った。

2. 要素試験

2.1. 試験概要

流動ソイルセメントの側圧の特性を把握するため、一軸圧縮試験（ $\phi 125\text{mm}$ ）を元にした要素試験を行った。打設中の側圧を把握するには、流動ソイルセメントが十分に固まっていない状態での側圧を把握する必要がある。そこで、透明な硬質塩ビシート（厚さ 0.3mm）で型枠を作成し、ひずみゲージにより、上載圧を負荷した際の塩ビシートの周方向の応力を測定することで、フープ応力の公式から側圧を算出した。

本実験のソイルセメントは、実大実験と品質差が生じないようにするため、アスファルト合材用骨材で粒度を合わせた合成母材を用い、圧縮強度 3.0N/mm^2 となる配合を配合試験により求めた。その配合を表 1 に示す。練り混ぜ後に確認したスランプは 14cm であった。

表 1 配合表

	セメント	水	碎石 5号	碎石 6号	碎石 7号	砕砂	乾燥粘土
単用量 (kg/m^3)	90	268	621	281	280	597	94



写真 1 供試体状況

試験ケースを表 2 に示す。ケース 1 は、上載圧と側圧の比（以下、側圧係数）と経過時間の関係を把握するため、同じ供試体を 3 日間、繰り返し載荷した。ケース 2-1 及び 2-2 は、打ち重ね高さに応じた側圧を把握するため、各供試体を所定時刻に破壊まで載荷した。また、同時に通常の一軸圧縮試験も実施し、圧縮強度を測定した。

表 2 試験ケース

ケース	載荷範囲	載荷時刻
ケース 1	0.1kN	打設後 2h, 4h, 6h, 24h, 72h
ケース 2-1	破壊するまで	打設後 24h
ケース 2-2	破壊するまで	打設後 72h

2.2. 試験結果

各ケースにおける側圧係数と時間との関係を図 1 に示す。なお、ケース 2-1 及び 2-2 では、コンクリートの静弾性係数の算出範囲（JIS A 1149）を参考に、圧縮強度の 1/3 の範囲の側圧係数を算出した。

本結果から、打設後 2h の側圧係数は 0.288 で、時間経過とともに収束し、1 日経過時点では側圧は非常に小さくなることがわかった。打設時（2h～6h）の側圧係数は、コンクリート示方書（2023）の式から算出したコンクリート打設時の側圧係数 0.56（条件：スランプ 10cm、立ち上がり速度 0.2m/h、温度 10℃、打ち込み高さ 1.0m）と比較すると小さく、また、一般的な土の土圧係数 0.3～0.5 と比較しても小さい値となった。

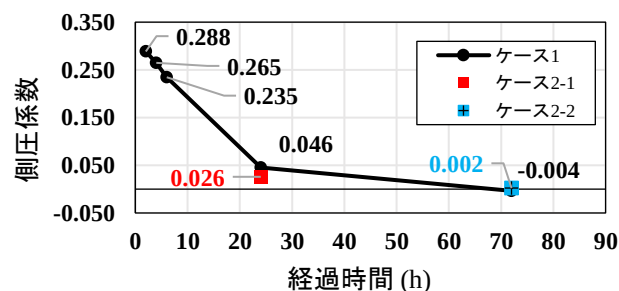


図 1 土圧係数と経過時間

ケース 2-1 における上載圧と側圧の関係を図 2 に示す。圧縮強度の 1/3 の範囲では側圧係数は小さく（傾きが大きく）、圧縮強度以上では、一定の側圧係数となることがわかった。実施工においては、圧縮強度の 1/3 程度の上載圧になる打設高さにすることで、下層の壁面に作用する側圧を小さくすることができ、経済

的な部材設計ができると考えられる。

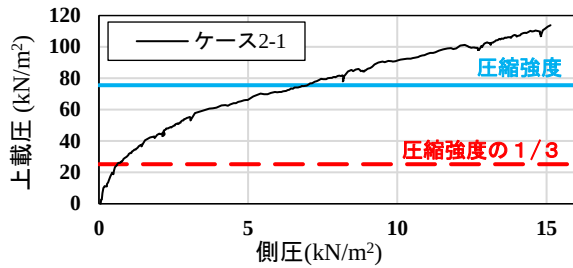


図2 上載圧と側圧の関係

3. 実大実験

3.1. 実験概要

実大実験により実構造に作用する側圧の検証を行った。実大模型の断面図の一例を図3に示す。全延長6m、高さ2.2mで、壁面は鋼製フレームに残存型枠を設置した構造と、溶接金網と不織布（以下、メッシュパネル）による壁面の2種類を用いた。側圧の計測は、各部材にひずみゲージを貼り付け、部材に作用する応力から推定した。また、打設はバックホウにより1日1層（層厚1.1m）で2日に分けて打設した²⁾。ソイルセメントは要素試験と同配合であるが、スランプは1日目6.5cm、2日目17.0cmと流動性に大きな差が生じた。原因として、1日目打設時の母材温度が37℃と高かったことから、著しいスランプロスが生じたと思われる。ただし、1日目と2日目とで圧縮強度の経時変化に差異は確認されなかった。

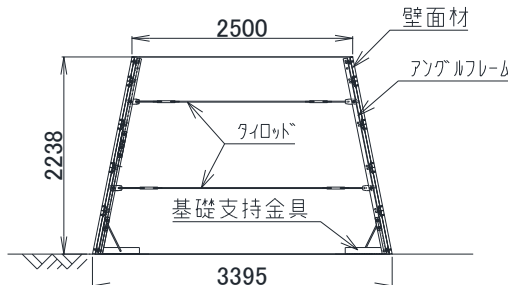


図3 断面図の一例

3.2. 検証結果

3.2.1. 打設時の壁面に作用する側圧

打設時の側圧について、各部材に作用した応力から基礎支持金具や壁面自重、壁面の曲げ剛性が側圧に対する抵抗に大きく寄与していることが考えられたため、1日目の側圧の推定においては、壁面自重とタイロッドの抵抗を考慮し、壁面のつま先を回転中心とするモーメントのつり合いから側圧を算出した。2日目では、上部の壁面部材に生じた曲げ応力から側圧を推定した（メッシュパネルでは応力を測定していないため、残存型枠のみとなる）。その結果を表3に示す。なお、側圧は土圧分布（三角形分布）と仮定した。

本結果では、1日目打設時の側圧係数は、要素試験の打設直後の側圧係数0.288～0.235と近い値となった。2日目の側圧係数が大きいのは、1日目よりソイルセメントの流動性が高かったことに加え、より流動性が高い上層45cmの範囲の側圧係数を算出しているためと考えられ、層厚1.1mにおける平均的な側圧係数は、これより低い値になると考えられる。

表3 側圧係数の推定値（打設時）

壁面材		残存型枠	メッシュパ [®] 札
側圧係数	1 日 目	0.274	0.213
	2 日 目	0.422	—

3.2.2. 打ち重ね時の壁面に作用する側圧

打ち重ね時の側圧は、1日目打設範囲の壁面に作用する側圧を等分布荷重と仮定して、2日目打設時の下層のタイロッドの張力増加分から側圧を推定した。その結果を表4に示す。

本結果より、要素試験の打設後24h経過後の側圧係数0.023と近い値となり、実大実験においても、上載圧の負荷によって壁面に作用する側圧は小さいことを確認した。なお、メッシュパネルの側圧係数が残存型枠より小さくなった要因については、壁面の剛性が低いことが影響した可能性が考えられるが、壁面に過度な変形はなく、不具合は確認されなかった。

表4 側圧係数の推定値（打ち重ね時）

壁面材	残存型枠	メッシュパネル
側圧(kN/m²)	0.78	0.23
上載圧(kN/m²)	25.1	25.1
側圧係数	0.031	0.009

4. 今後の展望

要素試験及び実大実験にて検証した結果、要素試験によって、おおよそ打設時及び打ち重ね時の側圧を把握できることがわかった。今後、異なる配合での検証等、詳細な検証を行う必要があるが、本要素試験を施工前に側圧特性を把握する方法として活用できることが期待される。また、今回の結果では、側圧は比較的小さい結果となったが、現地発生土砂を用いる場合にはその都度異なり、また実大実験の1日目と2日目で大きく変化したことからわかるように、施工毎にも異なると予想される。それらのばらつきを考慮した上で、合理的な側圧係数を設計で適用できるよう、今後も検証を継続していきたい。

【参考文献】

- 1) 友重ら：流動ソイルセメントにおける残存型枠および溶接金網を用いた連結式壁面構造の有効性の検証，令和7年度砂防学会研究発表会，2025。
- 2) 森ら：流動ソイルセメントにおけるプラントを用いない製造方法の有効性，令和7年度砂防学会研究発表会，2025。