

羽根付き鋼管の引抜き抵抗を評価する地盤の諸数値に関する実験的検討

システム計測	正	○中西義隆	正	成田雅章
新日鉄住金エンジニアリング	正	澤石正道	正	和田昌敏
東京工業大学	正	高橋章浩		

1. はじめに

近年、集中豪雨や大規模地震による斜面崩壊を抑制するため、土構造物の改修が検討されており、著者らはその斜面安定工法として、図1に示す開口を設けた羽根付き鋼管（以下、鋼管ともいう）を斜面へ水平方向に打設し、水抜き効果と部材の補強効果により斜面の安定性を高める工法を開発している。本鋼管の引抜き抵抗力は図1に示す羽根円筒表面積（羽根径を直径とする円周と有効羽根区間長^{図1注}）との積）と鋼管周辺土のせん断強さとの積で評価できることが、実盛土での引抜き試験に基づき提案¹⁾されている。ただし、鋼管周辺土のせん断強さを求めるには、地盤の諸数値を現地試験により適切に設定する必要があるが、引抜き試験によらず設定する方法についてはほとんど調べられていない。そこで、本研究では盛土地盤の現場密度試験と再構成試料による三軸圧縮試験を実施し、同じ盛土で実施した既往の羽根付き鋼管の引抜き試験の結果²⁾と比較することで、引抜き抵抗力を評価するための地盤の諸数値に関して考察する。

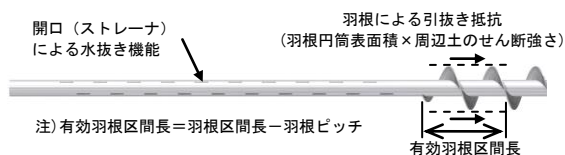


図1 羽根付き鋼管と引抜き抵抗メカニズム

2. 現場密度試験

礫まじり粘性土で構築された高さ 3m の試験盛土の正面と側面において、図2に示す箇所で現場密度試験を実施した。試験方法は、砂置換による土の密度試験とそこで採取した土の含水比試験で、1地点あたり3回で正面2地点、側面1地点で実施した。本来は引抜き抵抗力を評価するための地盤の諸数値が必要であるため、羽根が貫入されている盛土深部の密度を求めるべきであるが、実際の現場において盛土深部で現場密度試験を多数実施することは現実的ではないため、あえて表層で試験を実施した。その結果、正面の調査位置 No.A (GL+1.5m) では湿潤密度 1.493g/cm³、乾燥密度 1.102g/cm³、含水比 35.6%、最大粒径 20mm、正面の No.B (GL+0.5m) では湿潤密度 1.444g/cm³、乾燥密度 0.971g/cm³、含水比 48.5%、最大粒径 3mm、側面の No.C (GL+1.5m) では湿潤密度 1.384g/cm³、乾燥密度 1.090g/cm³、含水比 27.0%、最大粒径 30mm という値が得られた。

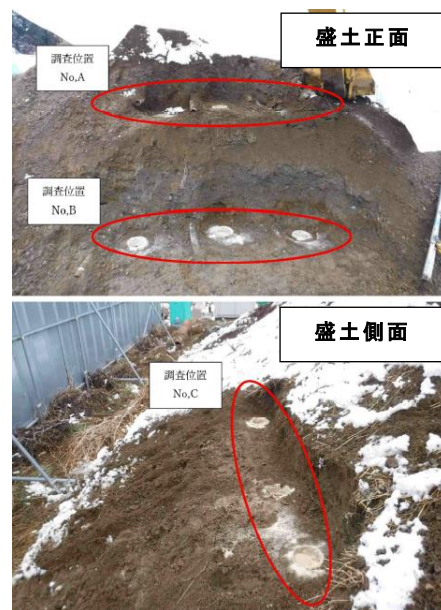


図2 現場密度試験の実施地点

3. 再構成試料による三軸圧縮試験

図3に盛土正面（No.A, B）と側面（No.C）の粒度分布を示す。正面は最大粒径 9.5mm、細粒分 55%、礫分 6%で、側面は最大粒径 19mm、細粒分 45%、礫分 15%であり、両者とも均等係数は 30 以上である。

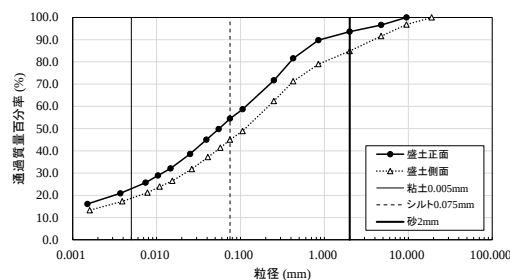


図3 盛土地盤の粒度分布

キーワード 羽根付き鋼管、引抜き抵抗、地盤の諸数値、現場密度試験、三軸圧縮試験
連絡先 〒130-0014 東京都墨田区亀沢 1-26-4 システム計測株式会社 03-5611-2500

三軸圧縮試験を行う再構成試料は、現場密度試験による乾燥密度に合わせて作成することを試みたが緩すぎて形状（直径 5cm, 高さ 10cm）が保てないため、形状が保てる範囲で最小の密度となるようにした。そして、現場密度試験の3地点の値に近い含水比 40%（試料 A）、35%（試料 B）、30%（試料 C）をねらい 3 ケースの試料を作成した。三軸圧縮試験では、非圧密非排水（UU）で試料 A, B はセル圧を 25, 50, 75kN/m², 試料 C は 50, 100, 200 kN/m²とした。試験結果を表 1 および図 4 に示す。

表 1 再構成試料の三軸圧縮試験(UU)等による盛土地盤の諸数値

試料	A	B	C
湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.741	1.777	1.855
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.219	1.314	1.414
自然含水比 w_n %	42.9	35.3	31.2
間隙比 e	1.174	1.016	0.795
50%粒径 D_{50} mm	0.056	0.056	0.1161
細粒分含有率 %	54.5	54.5	45.0
飽和度 S_r	96.8	91.9	99.7
液性限界 w_L %	58.2	58.2	53.4
塑性限界 w_p %	34.5	34.5	22.4
粘着力 c_u kN/m ²	6.0	40.2	52.9
内部摩擦角 ϕ_u °	3.7	2.7	16.5

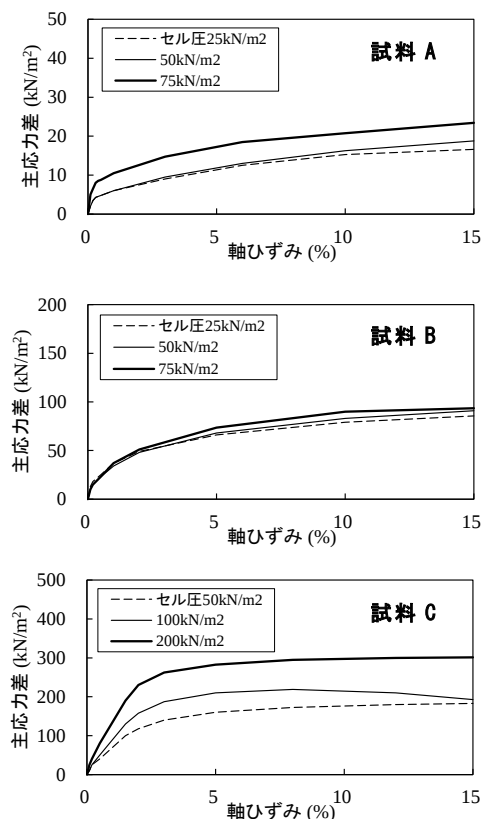


図 4 軸差応力と軸ひずみの関係

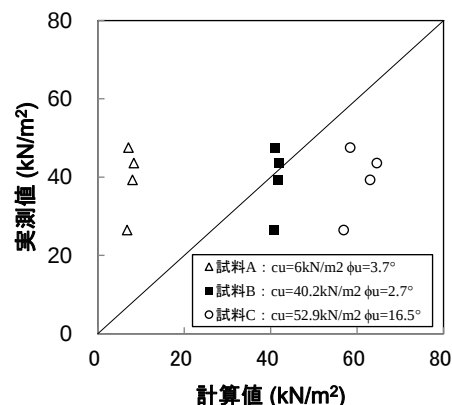


図 5 実測値と諸数値から求めたせん断強さの計算値との関係

4. 引抜き抵抗力を評価する地盤の諸数値に関する考察

図 5 に既往の引抜き試験²⁾の最大荷重を羽根円筒表面積で除して求めた鋼管周辺土のせん断強さ（以下、実測値と呼ぶ）と三軸圧縮試験結果の c_u , ϕ_u とクーロン破壊基準 $\tau = c_u + \sigma_v \cdot \tan \phi_u$ から求めたせん断強さ（以下、計算値と呼ぶ）との関係を示す。これより、現場密度試験の値に近い試料 A から得られた諸数値による計算値は実測値に対して過小であり、試料 B に基づく計算値が実測値に最も近い。これらの要因としては、羽根が貫入している盛土深部では表層よりも密度が大きいと考えられること、現場では 20～30mm 程度の礫が多数混入しているのに対し、再構成試料では大きな供試体は形状が保てず作成することが困難で、大きな礫を除去して供試体を形成したために現場と同程度の締固め状態にすると再構成試料の密度が現場よりも相対的に大きくなったものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、盛土地盤の現場密度試験と再構成試料による三軸圧縮試験を実施し、羽根付き鋼管の引抜き抵抗力を評価するための地盤の諸数値について考察した。以下に本検討で得られた知見を示す。

- (1) 盛土表層地盤に礫が混入している場合、同等の密度で再構成試料を作成するのは困難な場合がある。
- (2) 三軸圧縮試験を実施して地盤の諸数値を得る場合、再構成試料の密度を表層地盤の現場密度に近づけると、鋼管の引抜き抵抗力を過小評価する数値が得られる可能性がある。

参考文献

- 1) 土木学会，既設斜面を補強する斜面安定工法（NS スロープキーパー）の設計施工法に関する技術評価 報告書，土木学会技術推進ライブラリー No.21, 2018
- 2) 澤石正道，和田昌俊，中西義隆，成田雅章，高橋章浩：粘性土盛土へ水平打設した羽根付き鋼管の引抜き抵抗に関する一考察，第 53 回地盤工学研究発表会（投稿中）