

温度条件の異なるアンカー式補強材の引抜き試験

土木研究所	寒地土木研究所	正会員	○橋本	聖
同上		正会員	山梨	高裕
同上		正会員	林	宏親
同上		正会員	山木	正彦

1. 目的

冬期に補強土壁を構築する場合、昼間の作業を終えてから翌日の朝まで盛土を実施しない時間帯は外気によって盛土表層部に凍結が生じ、翌朝はこの状態からさらに盛土を構築し始める。このため、アンカー周辺の盛土が凍結して気温が上昇する春以降にこれらが融解すると、盛土が凍結しない状態と比較して引抜き抵抗に差異が生じる可能性がある。本稿では、施工時期を模擬してアンカー補強材（以降、補強材という）周辺の温度の違いが補強材の引抜き抵抗に及ぼす影響について考察したので報告する。

2. 試験概要

表-1 に使用した盛土材料の物理特性を示す。今回使用した盛土材料は砂質土（細粒分礫混じり砂）で良質材に分類される。引抜き試験用の補強材の仕様は、補強材を引抜いた際に発生する塑性域が土槽壁に接触しないアンカープレート幅（ b ）、引張力は補強材に最大上載圧 $\sigma_v=140\text{kN/m}^2$ が作用した場合の極限引抜き力 $P_{\max}$ を上回る必要がある。

アンカープレート幅は、三浦ら¹⁾が数値解析によって提案した盛土材のせん断抵抗角（ここでは $\phi_d=35.4^\circ$ ）と、 b （アンカープレート幅の半分）と d （塑性域の幅）の関係 $(b+d)/b$ の関係図¹⁾（塑性の広がりを出す角度 $\delta=0$ と仮定）より $b=20\text{mm}$ が得られ、1辺 40mm （厚さ $t=12\text{mm}$ ，SS400）とした（図-1）。PC 鋼の直径は、マニュアルに記載されている計算式²⁾で得られる極限引抜き力（ 21.6kN ）を上回る引張力（ 68.5kN ）を有する直径 $\phi 9.2\text{mm}$ （長さ $l=630\text{mm}$ ）とした。図-2 に引抜き試験装置を示す。引抜き試験装置は試験土槽、上蓋などで構成されており、空気圧で $\sigma_v=0\sim 160\text{kPa}$ の上載圧を付加させながら、試験土槽（長さ $1,100\text{mm}$ 、高さ 500mm 、幅 500mm ）の盛土に設置した補強材を $v=1\text{mm/min}$ で引抜くことが可能である。本試験では冬期施工による盛土を模擬するため、試験土槽内に $\rho_{d\max}90\%$ で密度調整した盛土に対して、試験土槽の側面に厚さ 50mm 、底面に厚さ 100mm の断熱材（熱伝導率規格値： $\lambda=0.028\text{W/mk}$ ）を取り付けることで、冷氣、暖気を試験土槽上面から 1 次元方向のみ作用させた。表-2 に試験ケースの一覧を示す。凍結・融解条件は融解後の経過日数をパラメータとした。本試験における融解の定義は、補強材より 100mm 下に設置した T 型熱電対が 0.1°C に達した時点からの経過日数である。補強材の引抜き試験は常温条件、凍結融解条件ともに、試験土槽上部に上蓋を設置し所定の上載圧を加えたあとに実施した。詳細な試験手順は既往文献³⁾を参照されたい。

表-1 試験材料の物理特性

試料	砂質土
土質名称	S-FG
土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	2.720
自然含水比 W_n (%)	17.1
最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm^3)	1.500
細粒分含有率 F_c (%)	16.7
シルト分 (%)	7.3
粘土分 (%)	9.4
液性限界 W_L (%)	NP
塑性限界 W_p (%)	
塑性指数 I_p	
凍上速度 U_h (mm/h)	0.10
凍上性	中

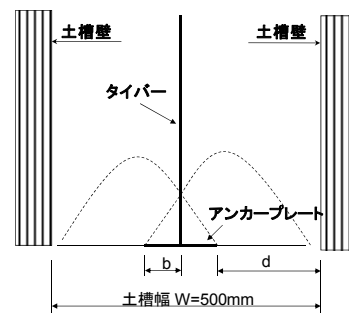


図-1 アンカー補強材の設置

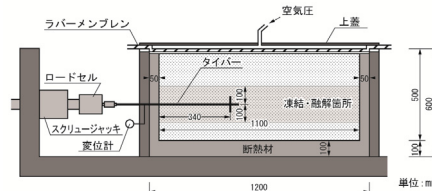


図-2 引抜き試験装置

表-2 試験ケース

ケース	盛土材料	締固め度	温度条件	上載圧 (kPa)
1	砂質土	$\rho_{d\max}90\%(W_n)$	常温	60
2				140
3				60
4			凍結・融解	140
5				60
6				140

キーワード：アンカー式補強材、引抜き試験、凍結融解

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 3 4 号 寒地土木研究所寒地地盤チーム TEL:011-841-1709

3. 試験結果と考察

図-3にケース1～6の補強材の引抜き変位量 δ と引抜き力 P の関係を示す。 P は δ が増加するに従って緩やかに増加し続けており、辰井ら⁴⁾が実施した補強材引抜き試験と同様に、いずれのケースも明確なピークは現れなかった。従って、各ケースの極限引抜き力 $P_{\max}$ は下記の三浦ら⁵⁾の研究成果を参考に算出した。

図-4は三浦ら⁵⁾が細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$ 以下の盛土材料を対象に室内および現場引抜き試験の結果から、 P と δ の関係を統計的に整理したものである。図中の直線の中央点は室内および現場引抜き試験において P が $P/P_{\max}=1.0$ に達した δ をアンカープレート幅 B で正規化した平均($=0.284$)を示している。各ケースの $P_{\max}$ に相当する P は δ/B (アンカープレート幅:40mm) $=0.284$ より $\delta=11.36\text{mm}$ を算出し交差する各ケース $P \sim \delta$ 曲線から得た(図-3)。

図-5は補強材上の上載圧 σ_v と引抜き試験で得た $P_{\max}$ に相当する P の関係を示す。通常、補強材の許容引抜き力は $P_{\max}$ に対して安全率3($P_{\max}/3$)を見込んでおり、設計土圧に相当する引抜き力以上であることが要求される。各温度条件の $P_{\max}$ に相当する P を比較すると、常温(ケース1、2)に対して融解1日後(ケース3、4)、融解3日後(ケース5、6)の値が融解後の時間の経過に伴って、 σ_v の大小に関係なく低下していることがわかる。特に融解3日後の $P_{\max}$ に相当する P は、常温のそれと比較して約2～3割の低下が確認された。ただし、融解1、3日後の $P_{\max}$ に相当する P は実務上の閾値である $P_{\max}/3$ (常温)を上回っている。

図-6は B と δ との比に対する $P/P_{\max}$ の関係である。 $P_{\max}/3$ に相当する δ をみると、各ケースともアンカープレート幅の約3%($0.03B$)以下の変形量相当で得られることがわかる。これらの結果は、辰井ら⁴⁾や三浦ら⁵⁾が実施した引抜き試験結果と同様である。

以上より、常温と凍結融解条件を比較すると $P_{\max}$ に相当する P には差異が生じるが、凍結・融解条件のそれは実務上の閾値である $P_{\max}/3$ を超過していること、 $P_{\max}/3$ の δ は温度条件に拘わらず $0.03B$ 以下の小変位で得られることを考慮すると、実務上、補強材周辺の凍結融解が引抜き抵抗に及ぼす影響は小さいと考えられる。

4. まとめ

本報告では、補強材周辺の温度条件違いが引抜き抵抗へ与える影響を確認するために、引抜き試験を実施した。その結果、補強材の引抜き抵抗は常温条件と比べ、凍結融解条件では低下することが確認された。しかし、凍結融解条件による引抜き抵抗は、実務上の閾値($P_{\max}/3$)以上を有することや、 $P_{\max}/3$ の δ は温度条件に拘わらず $0.03B$ 程度の小さな変位で得られることから、補強材周辺の凍結融解が直ちに壁の健全性に影響を及ぼさないと推察される。

【参考文献】1) 三浦, 野見山, 日下部, 境: 多数アンカー擁壁の模型実験および引き抜き抵抗の数値解析, 第29回土質工学研究発表会, pp.2445-2448, 1994. 2) (財)土木研究センター: 多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル(第4版), 2014. 3) 橋本, 山梨, 林, 山木: 積雪寒冷地の温度条件を考慮したアンカー式補強材の引抜き試験, 地盤工学会北海道支部技術報告集第55号, pp.93-100, 2015. 4) 辰井, 三浦, 三澤, 小浪: アンカー式補強土壁の引抜き抵抗力に関する検証実験, 第40回地盤工学研究発表会, pp.719-720, 2005. 5) 三浦, 西田, 森政, 小浪, 工藤: アンカープレートの引抜き強度と地盤特性の力学的・統計的検討, 第41回地盤工学研究発表会, pp.1817-1818, 2006.

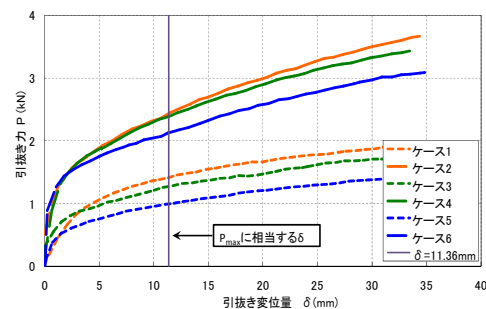


図-3 引抜き力と引抜き変位量

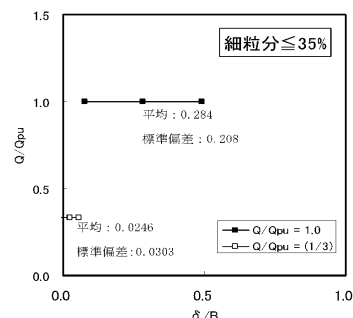


図-4 $F_c \leq 35\%$ の引抜き力と引抜き変位

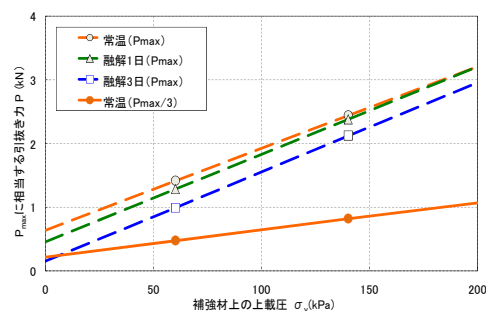


図-5 補強材の上載圧と引抜き力

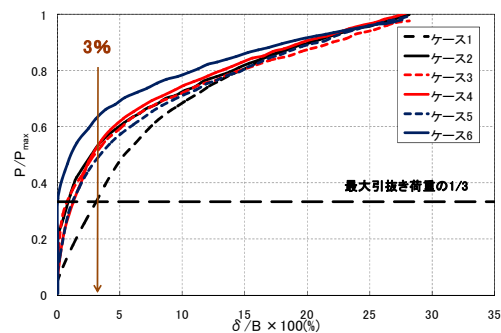


図-6 δ/B と $P/P_{\max}$