

差分法による長大アンカー体の引抜抵抗力の推定

防災設計工学研究室 白井 若菜
指導教官 海野 隆哉

1. はじめに

表層部分の不安定化の原因となる自重を相対的に安定した地盤に支持させることを目的に開発されたグラウンドアンカー工法は、施工性能の向上により、地下工事における工期短縮、工事費の節減、周辺地盤・構造物への影響の低減などの利点から、様々な工事に利用されている。しかし、グラウンドアンカーの支持力機構についてはまだ十分には解明されていない。

2. 目的

本研究では、本田¹⁾、飯島²⁾らによる模擬アンカーの室内引き抜き試験結果(図1)²⁾から、伝達関数による解析法を用いて試験結果と解析結果の整合性の評価、長大アンカーの力学的挙動および極限引抜き荷重の推定を行うことを研究目的とする。

3. 模擬アンカーの室内引抜き試験

試験では、表1に示す通り模擬地盤の種類を砂礫、礫まじり砂、細砂の3種類とし、上載圧力条件を変化させて引抜き試験を行った。

表1 試験条件

case	地盤条件	上載圧力 σ_v (kN/m ²)	想定深度 (m)
1	砂 礫	0	0
2	砂 礫	180	15
3	砂 礫	360	30
4	礫まじり砂	0	0
5	礫まじり砂	180	15
6	礫まじり砂	360	30
7	細 砂	0	0
8	細 砂	360	30

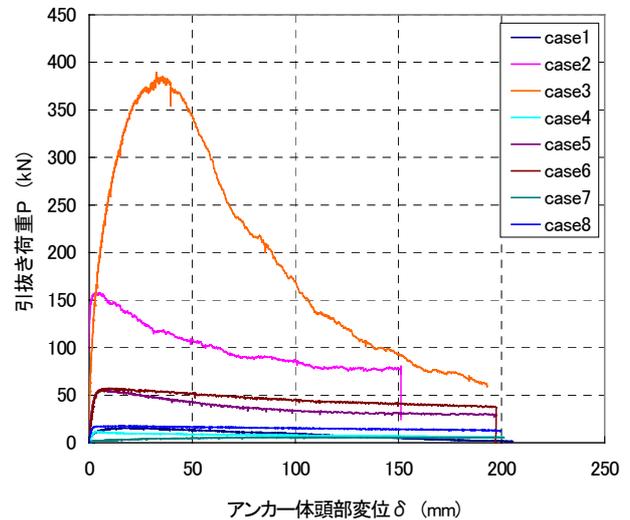


図1 試験結果

4. 解析

本研究では、伝達関数による解析法を用いて解析を行った。この方法ではアンカー体を弾性体と仮定し、周面摩擦力度を、アンカー体周面と地盤との間の相対変位の関数として解析を行う。中心差分法の式を式(1)に示す。

$$Q_{m+1} - Q_{m-1} = 2U f_m \cdot L / 100 \quad (1)$$

- Q : 軸力
- U : 周長
- f : 周面摩擦力度
- L : アンカー体長
- m : 要素番号

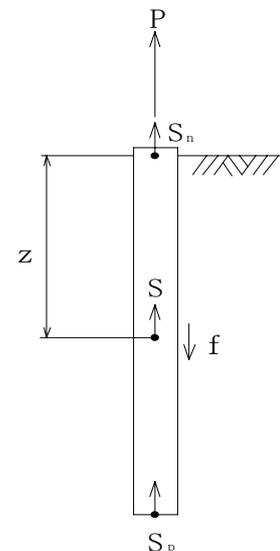


図2 地盤への荷重伝達

(1) 周面摩擦力度-変位関係

解析では試験により求められた周面摩擦力度-変位関係を用いた。周面摩擦力度は引抜き荷重をアンカー体周面積で除することで求め、変位はアンカー体変位とテンドンのひずみから求めた。試験ではアンカー体引抜き量 200mm程度までしか行なわれていないため、それ以降は最も相関性を有している近似式により決定している。図3に、case3の模擬地盤における周面摩擦力度-変位関係を示す。

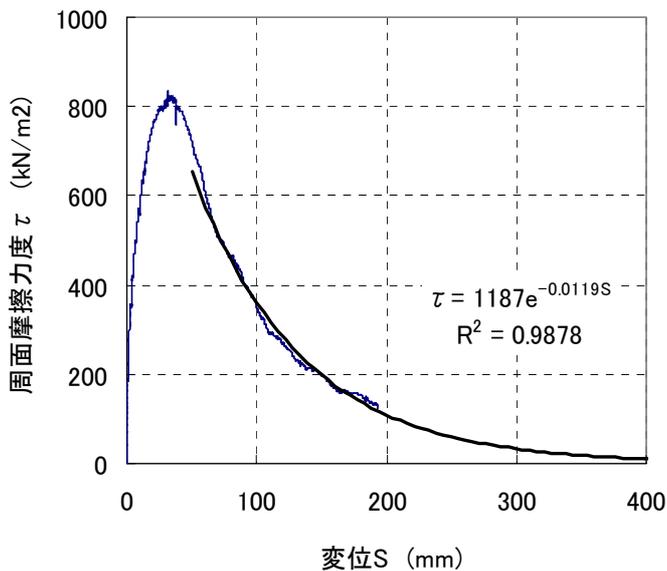


図3 周面摩擦力度-変位関係 (case3)

(2) 解析手順

- ① 下端に変位を与え、No.1 要素の midpoint 変位とする。
- ② 変位に対応する周面摩擦力度を求める。
- ③ 周面摩擦力度、周長、要素長から軸力の増分、要素上端変位を求める。
- ④ 要素の下半分の弾性変形量を求める。
- ⑤ ①、④から新たな midpoint 変位を決定する。
- ⑥ ①と⑤の変位の誤差が 0.01%未満になるまでくり返す。
- ⑦ 収れんしたら No.2 要素に移り、この計算をアンカー体頭部までくり返す。

(3) 解析モデル

試験との整合性を確認するために行った解析では試験と同様のアンカー体諸元を用いているが、長大アンカーの解析ではテンドンの降伏荷重が極限引抜き荷重よりも大きくなる必要があるため、試験とは異なるテンドンを用いた。case1,4~8ではSWPR7B-19を、case2,3ではSWPR19を用いている。解析モデルの諸元を表2に示す。

表2 解析モデルの諸元

アンカー体		グラウト	
直径 (mm)		弾性係数 (kN/m ²)	
150		2.4×10 ⁷	
テンドン			
記号	公称断面積 (mm ²)	本数	弾性係数 (kN/m ²)
SWPR7B-19	1410	1	1.862×10 ⁸
SWPR19	532.4	12	

5. 解析結果および考察

(1) 試験結果の解析

アンカー体長 1mのものについて、上載荷重 360kN/m²を載荷した場合の解析結果を、3種類の模擬地盤それぞれの代表的な結果として図4に示した。

すべての模擬地盤について、試験結果を解析によって再現できていることが確認できた。

砂礫を模擬地盤とした場合では、試験結果と同様の挙動を示しているが、残留部で誤差が見られる。これは解析において、変位が大きいほど先端変位を変化させるピッチも大きくなっているためである。

礫まじり砂、細砂を用いた場合ではどちらも引抜き荷重の減少が直線的であったため、差は小さくなった。

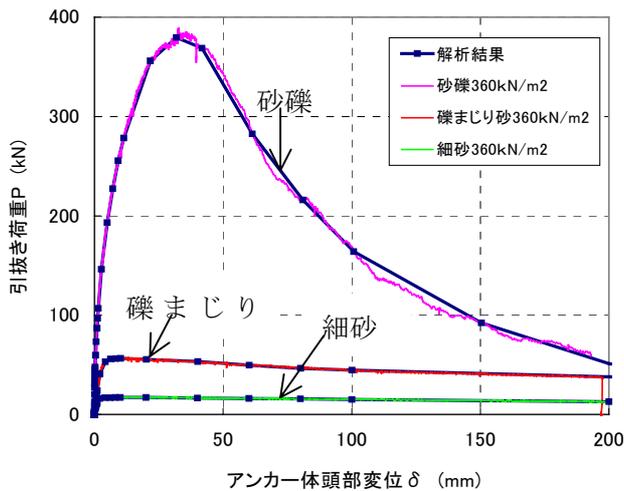


図3 模擬アンカーの解析結果

(2) 長大アンカーの解析

2m~30mのアンカーについても同様に解析を行った。図4~6に、上載荷重 360kN/m²を載荷したの模擬地盤について長大アンカーの解析を行った結果を示す。

砂礫を用いた場合では、引抜き荷重が最大 9000kN 近くと、非常に大きくなった。また、アンカー体長 30mでは、極限引抜き荷重に達した後、アンカー体頭部変位 150mm付近でほとんど変位増加が無いまま引抜き荷重が急激に低下した。これは、アンカー体頭部の変位がほぼ変化しないままアンカー体頭部と先端の変位差が小さくなり、周面摩擦力度の小さな変位に集中したことが原因である。変位 600mm付近からは、引抜き荷重が非常に小さい状態で一定となった。

礫まじり砂では、砂礫に比較すると小さな引抜き荷重だが、それでも最大 1500kN 以上の値になった。極限引抜き荷重直後で急激な低下が見られるが、その後大きく低下することなく安定した。

細砂では、他の地盤を用いた場合に比較して小さな引抜き荷重となった。また、極限引抜き荷重後の減少が直線的となった。この傾向は試験結果からも得られており、そのことが影響していると考えられる。

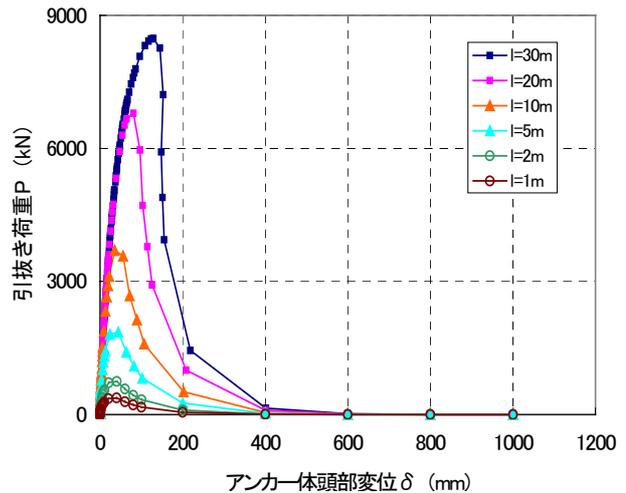


図4 長大アンカーの解析結果 (case 3)

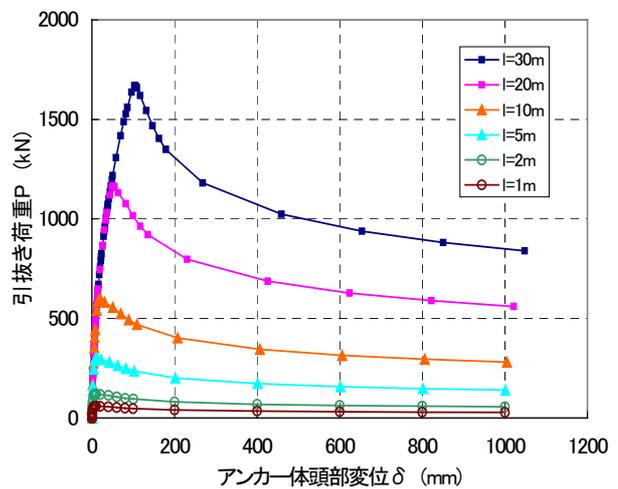


図5 長大アンカーの解析結果 (case 6)

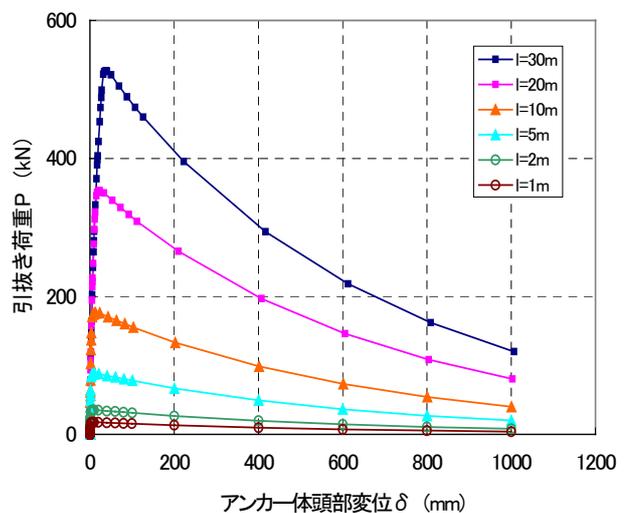


図6 長大アンカーの解析結果 (case 8)

一般に、緩い砂地盤を除き、砂層、砂礫層での極限引抜き荷重はアンカー体長 10mを超えるとほとんど増加しないと言われている³⁾が、本研究ではほぼ比例して増加していた(図6)。

これは、模擬地盤が十分に密になっていなかったこと、試験で得られた周面摩擦力度が最大値に達した後十分に低下していないことなどが考えられる。

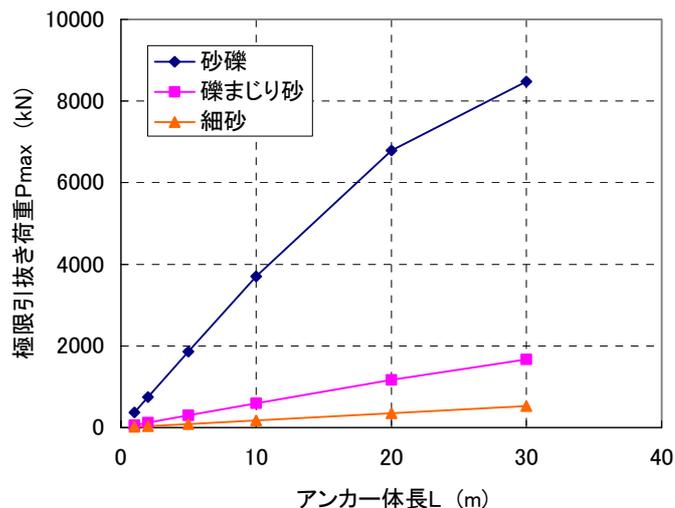


図6 極限引抜き荷重-アンカー体長

6. まとめ

- ・地盤の周面摩擦力度-変位関係について十分にデータが得られている場合、アンカー体の諸元を与えることで簡易的に引抜き荷重-アンカー体変位関係を推定できる。
- ・本研究の解析で用いた実験結果のみから、現実の長大アンカーの極限引抜き荷重を推定することは難しい。

7. 参考文献

- 1) 本田昌之, 長大アンカー体の周面摩擦抵抗に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2005
- 2) 飯島正泰, 深部地盤におけるアンカー体の周面摩擦抵抗に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2006
- 3) 地盤工学会基準 グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 (JGS4101-2000), 社団法人地盤工学会, 2003