

グラウンドアンカー一定着地盤の最大周面摩擦抵抗の簡易推定方法と連続打撃貫入抵抗との関係

(株)興和 ○(正)中野 義仁, 本間 則之
山本 宏幸, 近藤 史祥

1. はじめに

グラウンドアンカー(以下, アンカー)は, 代表的な位置における基本調査試験(引抜き試験)によって, 設計時に設定した定着地盤の深度や極限周面摩擦抵抗(τ_0)などの妥当性を確認して施工される。しかし, 試験計画最大荷重(T_p)まで載荷しても極限引抜き力(T_{ug})が確認できなかった場合は, 便宜的に T_p から τ_0 が評価される。さらに, 個々のアンカーは適性試験や確認試験で目的とした性能を有しているか確認はされるが, どの程度の τ_0 を有しているかは確認できない。 T_{ug} が確認できなかった引抜き試験において, それ未満の荷重段階で得た試験結果から τ_0 が推定でき, アンカー削孔情報から個々のアンカーの定着地盤の状態も定量的に評価できれば, より合理的な設計が可能になることに加え, 施工品質と説明責任の向上が期待できる。

著者らは, アンカーの効果的な施工・品質管理を目的に, RPD(ロータリーパーカッションドリル)による連続打撃動的貫入試験(以下, RPD 打撃試験)を利用した定着地盤の評価について研究を進めており, 定着地盤の地質変化や硬軟変化を評価できることを示唆した¹⁾²⁾。本稿は, 摩擦引張り型アンカーを対象にして, T_{ug} が確認できなかった引抜き試験における最大周面摩擦抵抗($\tau_{max}=\tau_0$)の簡易推定方法を誘導すると共に, その簡易推定方法と実測から得た τ_{max} と RPD 打撃試験による連続打撃貫入抵抗(P 値)の関係を検討し, RPD 打撃試験によるアンカー一定着地盤の τ_{max} の評価の可能性について報告するものである。

2. τ_{max} の簡易推定方法の誘導

(1) 誘導に利用した引抜き試験データ

表-1 に τ_{max} の簡易推定方法の誘導に利用した引抜き試験結果の概要を示す。引抜き試験結果は, 著者らが新潟県内で得た結果に加え, 表中の参考文献から他の施工地での試験結果も利用しており, 各引抜き試験は JGS 4101³⁾ に準じて実施されていることを確認している。また, 表中の「傾角」に示すように, 傾斜方向と鉛直方向に施工されたアンカーが混在している。

表-1. τ_{max} の簡易推定方法の誘導に利用した引抜き試験結果

アンカー体定着地盤	施工地	傾角 ^{※1} α (°)	試験数	削孔径 d_0 (mm)	アンカー長 l_a (m)	アンカー体長 l_b (m)	鋼材断面積 A_s (mm ²)	鋼材弾性係数 E_s (GN/m ²)	極限引抜き力 T_{ug} (kN)	参考文献
砂質土 ($N \leq 50$)	富山県	15~45	5	165	7.00~15.02	2.0	1184.4	192.2	689~982	3)
		90	3	135, 165	7.00~8.53	2.0	296.1, 1184.4	192.2	284~687	
	東京都	90	4	135	30.89~41.10	2.0	1184.4	192.2, 193.2	823~1373	
砂礫 ($N \geq 50$)	東京都	15~45	3	165	11.45~25.45	2.0	1184.4	191.8	782~924	3)
		90	1	165	11.08	2.0	1184.4	191.8	1214	
	北海道	90	1	135	20.90	2.0	987.0	192.2	1420	
強風化岩 & 風化岩	新潟県	25~60	21	90~135	5.00~21.00	0.9~3.0	138.7~1109.6	190.0~196.8	90~ T_p 以上 ^{※2}	3)
	静岡県	15	1	165	21.30	2.0	1184.4	193.2	982	
		90	1	165	14.50	2.0	1184.4	193.2	T_p 以上 ^{※2}	
軟岩	新潟県	30~60	6	90~115	6.50~18.00	1.0~2.3	270.9~592.3	190.0~197.0	T_p 以上 ^{※2}	3)
	静岡県	30, 45	2	165	14.10, 19.50	2.0	1184.4	193.2	1530, T_p 以上 ^{※2}	
		90	1	165	27.72	2.0	1184.4	194.1	1470	
	神奈川県	90	1	135	40.70	2.0	1184.4	192.2	1344	
	広島県	90	1	135	20.05	2.0	987.0	192.2	1422	
福岡県	90	2	135	27.72, 34.50	2.0	1184.4	192.2	1731, 1735		

※1: アンカー打設方向と水平面とのなす角度 ※2: 試験計画最大荷重(T_p)を載荷しても極限引抜き力が確認できなかったもの

(2) 簡易推定方法の誘導

藤田ら⁴⁾は, アンカー体の周面摩擦抵抗(τ)は同頭部変位量(δ)の0.5 乗に比例し, その関係からアンカー体の荷重と変位量の関係を予測する方法を提案している。さらに, 森脇ら³⁾は, $\tau-\delta$ 関係を双曲線関数によるバイリニア型で近似し, アンカー体の荷重と変位量の関係に加え, アンカー体の応力も予測できる方法を提案している。しかし, 藤田らの方法は N 値 ≤ 50 の地盤における引抜き試験結果から誘導されたものであり, 岩盤への適用性については確認されていない。また, 森脇らの方法は岩盤も含む種々の地盤における引抜き試験結果から検討された方法であるが, $\tau-\delta$ 関係の近似曲線のフィッティングに試行を重ねることが必要であり, これら方法は実務ではあまり普及していないのが実状である。

アンカー体の τ と δ の関係は, 上田ら⁷⁾により, アンカー体長(l_a)がある長さ以下では, τ は l_a に比例して変化するが, l_a が長くなると τ は変化しないことが示され, JGS 4101⁵⁾ はそ

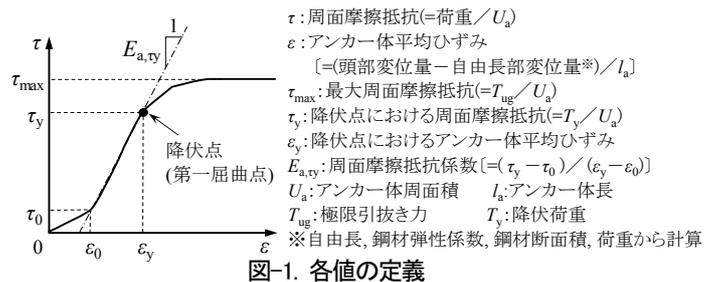


図-1. 各値の定義

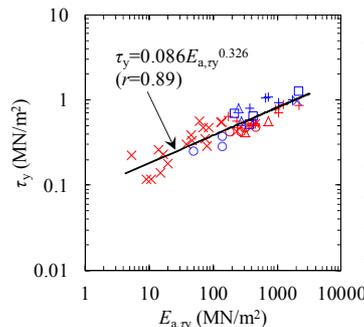


図-2. τ_y と $E_{a,ty}$ の関係

表-2. 図-2 と 3 の凡例

アンカー体定着地盤	打設方向	
	傾斜	鉛直
砂, 砂質土	N 値=10~20	○
	N 値 ≥ 50	□
砂礫(N 値 ≥ 50)		△
強風化~風化岩		×
軟岩		+

キーワード: グラウンドアンカー, 削孔管理, 基本調査試験, 周面摩擦抵抗, 連続打撃動的貫入試験, P 値
連絡先: 〒950-0951 新潟県新潟市中央区鳥屋野 4 丁目 7-22 (株)興和 土質試験センター TEL 025-281-5135

の結果から l_a の範囲を 3~10m としている. このような τ と δ の関係における l_a の影響を正規化するため, 図-1 に示すようにアンカー体平均ひずみ(ε)を定義し, 表-1 の各試験結果による τ と ε の関係から得た降伏点(第一屈曲点)における周面摩擦抵抗(τ_y)と周面摩擦抵抗係数($E_{a,ry}$)の関係を図-2 に整理した. 同図の凡例は, 表-2 に示す通りである. τ_y は約 0.1~1.3MN/m² の範囲であるが, 両値の関係は定着地盤の種類やアンカー打設方向に依存せず, 指数的な関係にあり, 相関係数(r)も高い. 図-3 は, 図-2 と同様に整理した τ_{max} と $E_{a,ry}$ の関係であり, 凡例も同様である. T_{ug} が確認できた試験が少なく, データ数は τ_y より少ないが, 両値の関係も図-2 と同様に指数的な関係にあり, r も高い結果が得られる. これら結果は, $E_{a,ry}$ から τ_y と τ_{max} の概略値が推定できることを示している. また, 各回帰式から得られる τ_y と τ_{max} は, $\tau_y \approx 0.55\tau_{max}$ の関係となり, 降伏は T_{ug} の約半分の荷重で生じていることがわかる. 図-3 には JGS 4101⁹⁾に参考として紹介されている τ_u の内, 図中で整理した定着地盤の種類に対応する τ_u の範囲も示している. τ_{max} は τ_u と同義の値であるが, 砂・砂質土, 砂礫の τ_{max} は, それら地盤に対応する τ_u (①, ②, ③)より大きく, 強風化~風化岩の τ_{max} は風化岩の τ_u (④)より幅が広い傾向にあり, JGS 4101⁹⁾に示されている τ_u は, 同基準の解説に述べられているように, あくまで参考値として捉えることが肝要であることを裏付けている.

図-4 は, τ_y の 25%, 50%, 75%における周面摩擦抵抗係数(E_a)と $E_{a,ry}$ の関係である. $E_{a,ry25}$ と $E_{a,ry50}$ はバラツキが大きいが, $E_{a,ry75}$ は $E_{a,ry}$ とほぼ同等である. すなわち, $T_p \approx T_{ug}$ と考えると, 引抜き試験で降伏荷重(T_y)が確認できなかった場合, T_p の 40%程度までの荷重と変位量の関係が得られていれば,

図-2 と 3 を利用して τ_y と τ_{max} の概略値を推定できる. また, 適性・確認試験による荷重と変位量の関係からも推定できる.

3. τ_y , τ_{max} と P 値の関係

アンカー削孔と併行して行う RPD 打撃試験の概念図を図-5 に示す. 同試験は, 削孔中の貫入時間と打撃・回転・給進油圧から掘削エネルギーを評価し, P 値を求める試験¹⁾である. また, P 値は貫入長 30cm に対する値を基本とし, 深度 1m 間隔で測定している.

図-6 に表-1 に示した以外の施工地で実施した引抜き試験と適性・確認試験から得た τ_y , τ_{max} と P 値の関係を示す. 黒塗りのプロットは, 引抜き試験による実測の τ_y と τ_{max} である. また, 白塗りのプロットは T_y が確認できなかった試験であり, 図-2 と 3 から τ_y と τ_{max} を推定している. 全て強風化~風化岩での結果であるが, 推定した τ_y , τ_{max} と P 値の関係は, 実測値の延長線上にプロットされ, 全プロットによる τ_y , τ_{max} と P 値の関係は, 指数的な関係にあり, r も 0.9 以上と相関性が良く, 図-2 と 3 の推定方法が妥当であることも裏付けている. 図-6 の結果は, 多種の地盤についてもデータを蓄積して検討することが重要であるが, アンカー削孔に RPD 打撃試験を併用することによって, τ_y と τ_{max} の概略値を P 値から推定できることを示唆している.

4. おわりに

T_{ug} が確認できなかった引抜き試験において, T_p の 40%程度の荷重段階までの荷重と変位の関係が得られていれば適用できる τ_y と τ_{max} の簡易推定方法を誘導した. また, その簡易推定方法と実測による τ_y , τ_{max} と P 値の関係について検討した結果, それらの相関性は良く, アンカー削孔時に RPD 打撃試験を併用することによって P 値から τ_y と τ_{max} の概略値が推定できることが示唆された. さらに, 簡易推定方法が妥当であることも裏付けられた.

〈参考文献〉1)中野ら:RPD による連続打撃動的貫入試験のアンカー削孔管理への適用, 土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集, pp.613-614, 2014. 2)近藤ら:RPD による連続打撃動的貫入試験を利用したアンカー地盤の評価について, 第 50 回地盤工学研究発表会講演集, pp.1441-1442, 2015. 3)森脇ら:多層地盤に定着した地盤アンカーの引抜き抵抗, 土木学会論文集, No.487/III-26, pp.157-166, 1994. 4)堀ら:鉛直型永久アンカーの引き抜き試験結果から得られる設計定数, グラウンドアンカー設計・施工例に関するシンポジウム発表論文集(地盤工学会), pp.17-20, 1998. 5)地盤工学会:グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012. 6)藤田ら:アースアンカーの荷重-変位関係の予測, 第 13 回土質工学研究発表会講演集, pp.1161-1164, 1978. 7)上田ら: N 値によるアンカーの荷重-引抜き量曲線の推定, 基礎工, Vol.10, No.6, pp.97-103, 1982.

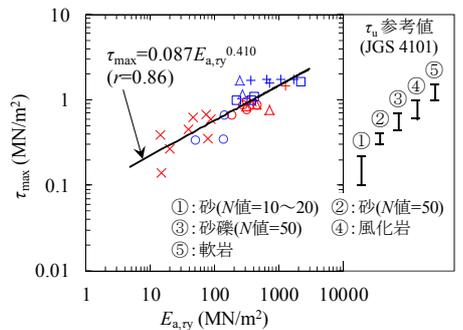


図-3. τ_{max} と $E_{a,ry}$ の関係

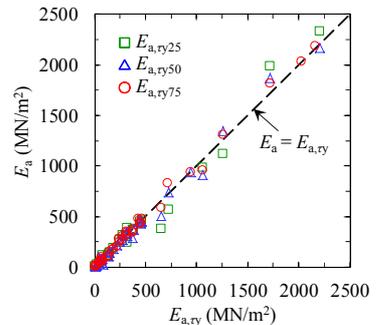


図-4. E_a と $E_{a,ry}$ の関係

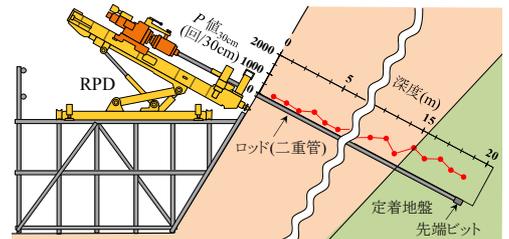
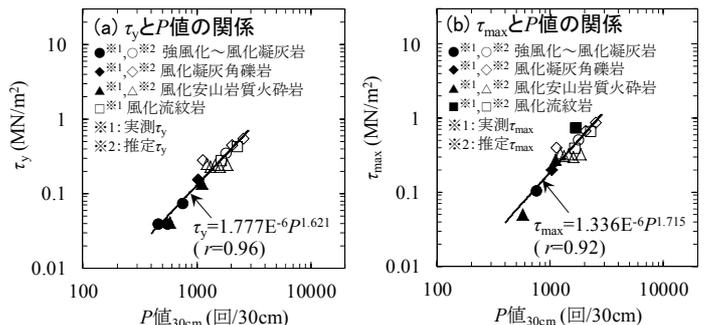


図-5. アンカー削孔時の RPD 打撃試験概念図



※ P 値は, アンカー体定着区間の平均値で整理. また, 施工地によって先端ビット径が異なるため, 孔径比で ϕ 115mm の値に補正.

図-6. τ_y , τ_{max} と P 値の関係