

大成建設株式会社 正会員 弘埜 剛
 東京電力株式会社 正会員 高辻 哲
 大成建設株式会社 渡辺英昭

1. はじめに 著者らは土木学会トンネル工学委員会、開削トンネル小委員会において「開削トンネル指針」の見直し、改訂の一環として、土留アンカー（周面摩擦型アンカー）の現状を把握するため研究実績の調査を続けてきた。調査範囲は原則として、最近10年間の文献及び最近5年間の施工例とした。本文は、その内アンカーの引抜き抵抗と地盤の周面摩擦強度の関係を調査した結果についてまとめたものである。

2. 周面摩擦強度と地盤の関係 一般に摩擦型アンカーの引抜き抵抗は、次式で表される。

$$P = \pi D \int_0^L \tau \, d\ell$$

P : アンカーの引抜き抵抗 (kg.f/本)
 D : アンカー体径 (cm)
 τ : 周面摩擦強度 (kg.f/cm²)

周面摩擦強度の値は地盤の状態や地質によって異なり、その評価はアンカーの引抜き抵抗に大きく影響する。このためアンカーの引抜き抵抗は現位置試験により直接、確認することが望ましいが、加圧型のアンカーに対しては定着地盤の種別により推定する手法が一般的にとられている。周面摩擦抵抗と定着地盤との関係には土質工学会（1976）、土屋（1976）、柴崎（1974）、津室（1969）らの提案値がある。土質工学会の提案値は「アースアンカー工法（土質学会）」に示され、アースアンカー構造物の設計に現在広く用いられているが、他の提案の小さな値を採用している。

この値に対して、安江、石川（1980）は既往の文献の調査に独自のデータを加えることにより比較検討を加えている。また中村、（1979）らもアンカーの引抜き試験結果のデータをもとに、前記提案値との相異を示している。

著者らは同様に、既往文献及び引抜き試験結果の調査を行い、かなりのデータを得ることができた。

図-1 はこれらのデータから周面

表-1 アンカー周囲の摩擦抵抗
 （土質工学会）

地盤の種類		摩擦抵抗 (kg/cd)
岩	灰岩	15 ~ 25
	砂岩	10 ~ 15
	風化岩	6 ~ 10
	土	6 ~ 12
砂	N	1.0 ~ 2.0
	20	1.7 ~ 2.5
	30	2.5 ~ 3.5
	40	3.5 ~ 4.5
	50	4.5 ~ 7.0
砂	N	1.0 ~ 1.4
	20	1.8 ~ 2.2
	30	2.3 ~ 2.7
	40	2.9 ~ 3.5
	50	3.0 ~ 4.0
粘性土		1.0C

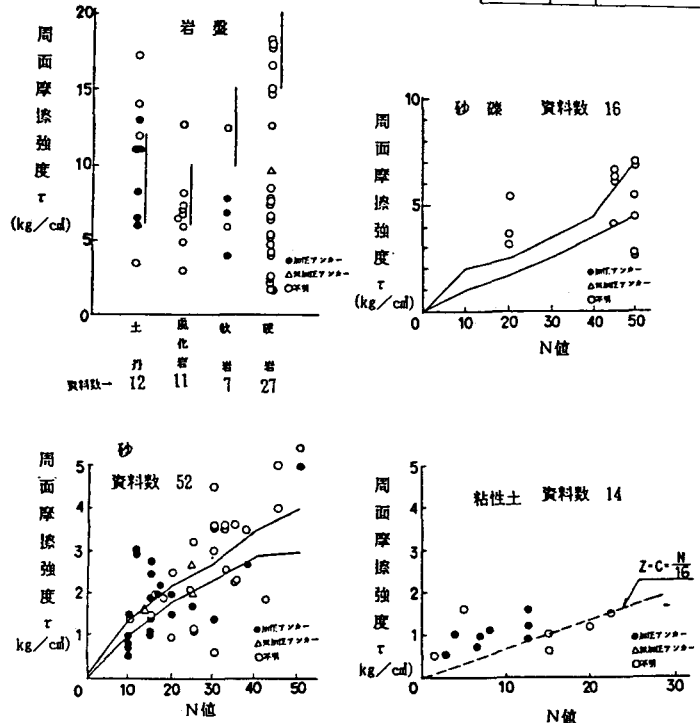


図-1 周面摩擦抵抗と地盤との関係

摩擦強度と地盤との関係を示したものである。周面摩擦強度の算出については、アンカー体径は、削孔径と等しいとし、定着地盤は均一であると仮定している。また引抜き抵抗は引抜き試験の値が明らかなものについては、引抜き試験からの値とし、引抜き試験の値の不明なものについては、設計アンカー力及び安全率から換算した値を用いている。図中の実線は土質工学会「アースアンカー工法（土質工学会）」に示されている提案値の範囲を示している。破線は、洪積粘性土で一般的とされている粘着力CとN値との関係 $C = N/16$ から $\tau = C$ の関係を間接的に表現したものである。それぞれの地盤種別の比較結果を表-2に示した。この結果によれば、地盤によっては周面摩擦強度を、単純に地盤の種別、N値のみから決定できないものがあることがわかる。これらの地盤に定着をする場合には、必ず引抜き試験等により確認することが必要であると考ええる。

表-2 土質工学会の提案値との対比

地盤の種類		比較結果
岩	硬岩	提案値を下まわるものが著しく多い
	軟岩	提案値を下まわるものが多い
盤	風化岩	ほぼ提案値に従う
	土丹	ほぼ提案値に従う
砂 礫		提案値を上まわるものが多い
砂		N値を30以下の場合提案値を下まわるものが多い
粘性土		ほぼ提案値に従う

3. 周面摩擦強度と定着長の関係 引抜き抵抗を周面摩擦強度から推定するに当り、引抜き抵抗は定着長に比例すると仮定しているが、周面摩擦強度についての理論的考察、実験結果からこの仮定が成立する範囲が限定されることが知られている。オスターマイヤー（1974）は、砂質地盤における引抜き試験の結果を分析し、アンカー定着長と引抜き抵抗の係数に考察を加えている。また上田、草深（1980）は、従来の設計に用いられたアンカー1本当りの引抜き抵抗に上限があることを指摘している。アンカーの引抜き抵抗を規定している各種の基準・指針でも引抜き抵抗を周面摩擦強度から推定するに当り、1本当りの引抜き抵抗もしくは定着長に上限を設定しているのが現状である。図-2は周面摩擦強度と定着長との関係を示したものである。これによると、定着長が長いものについては周面摩擦強度を大きくとった例は少ないことがわかる。図-3は $N = 20 \sim 30$ の砂地盤に設けられたアンカー体の周面摩擦強度と定着長との関係を示したものである。データ数は十分とは言えないが周面摩擦強度は定着長が長くなると減少する傾向にあると推定される。

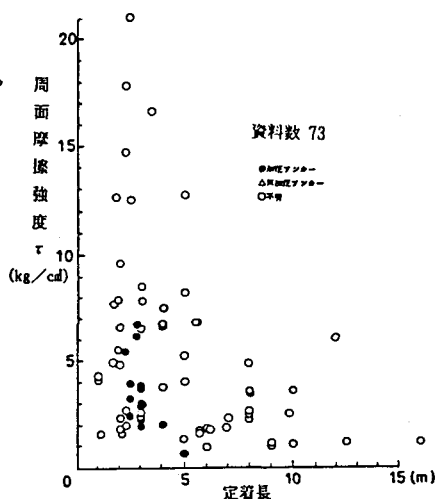


図-2 周面摩擦強度と定着長

4. まとめ 調査の結果をまとめると以下の如くである。

- (1) 周面摩擦強度を推定するに当り、地盤の種別、N値のみから単純に推定し難いものがあることが明らかになった。それらの地盤に定着を行う場合には、必ず引抜き試験等により確認することが重要である。
- (2) 定着長が長くなると周面摩擦強度は減少する傾向にあり、定着長が長いもので周面摩擦強度を大きくとった例は少ない。

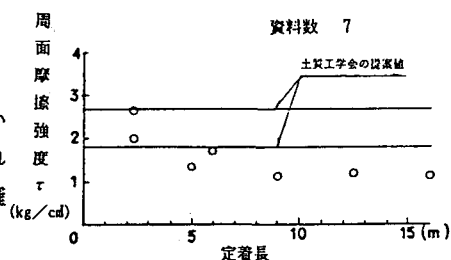


図-3 周面摩擦強度（砂 $N = 20 \sim 30$ ）と定着長