

テンドンの付着抵抗に関する研究

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○小川 直人
 長岡技術科学大学 正会員 海野 隆哉
 長岡技術科学大学 正会員 高田 晋

1. はじめに

グラウンドアンカーを構成するアンカー体とテンドンの付着特性は、アンカー体の一要素を取り出した角型グラウト供試体に埋め込んだテンドンを引き抜き試験が用いられている。しかし、テンドン引抜き時の供試体の割れを防ぐために配置しているらせん筋や供試体形状等の影響によって、付着応力が過大に評価されがちである。そのため、このような要素試験で得られた付着応力が実地盤中において発揮するかは不明確である。一方、地盤中に設置されるグラウンドアンカーは、アンカー体形状が細長いことの他に、土被り荷重による拘束効果が付着応力に影響を及ぼすと考えられ、より実構造物に近い状態を再現して付着応力を求めることが重要となる。そこで、本研究では地盤中に造成したアンカーの付着特性を明らかにすることを目的として、テンドンの引抜き試験を実施した。

2. 引抜き試験の概要

(1) 試験条件および試験ケース

引抜き試験には土被り荷重を任意に設定できる実験土槽を用いた。模擬地盤は幅 1.0m、奥行き 1.0m、高さ 1.4m とし、テンドンは 7 本より 15.2mm の PC 鋼より線にエポキシ樹脂を塗装したエポキシストランドを使用して、地盤中央部にアンカー体長 $l_a=100\text{cm}$ 、アンカー体径 $d_a=9.0\text{cm}$ のアンカー体を造成した。表-1 に試験ケースを示す。テンドンをアンカー体から引き抜くために、本研究では本田らの試験²⁾と同様に模擬地盤材料を砂礫、上載圧を $\sigma_v=360\text{kN/m}^2$ 、相対密度 $D_r=70\sim 80\%$ とした。表-2 に砂礫の物理データを示す。なお、本研究では上載圧力による拘束効果の影響についても調べるため、上載圧力は試験ケースに応じて変化させることとした。

表-1 試験ケース

case	テンドン (本)	上載圧 σ_v (kN/m^2)	備考
1-1	1	360	試験方法の検証
1-2		60	case1-1 の比較試験
1-3		360	case1-1 の再試験
1-4		180	case1-3 の比較試験
2-1	2	360	
2-2			case2-1 の再試験
2-3			case2-2 の再現性の検討

(2) 試験体作製方法

模擬地盤は、層厚約 10cm 毎に $\phi 24\text{cm}$ の鋼製皿と質量

4.5kg のランマーを用い静的締固めを行うことで作製した。アンカーは硬質塩化ビニル管をあらかじめ設置し、模擬地盤作成後に引き抜いてできる円筒状の穴の中に硬質ポリエチレン製のスパーサーおよび計測器治具を取り付けたテンドンを挿入し、水セメント比 $W/C=0.50\sim 0.55$ のセメントペーストの打設を行い作製した。地盤工学会基準¹⁾でアンカー体の圧縮強度を仮設アンカーで 18N/mm^2 以上と定義しているため、アンカー体打設時に作製した圧縮強度試験用供試体の圧縮強度試験を行ってアンカー体の強度発現を確認した上で、引抜き試験を行った。

表-2 模擬地盤試料データ

	砂礫		
	礫まじり砂	砕石	玉砂利
粒径 (mm)	0.075~4.75	2.5~5	5~25
配合比	2 : 1 : 4		
均等係数 U_c	19.25		
曲率係数 $U_{c'}$	1.56		

(3) 試験方法

図-1 にテンドンの引抜き試験の概要と試験時における各種計測器の配置を示す。アンカー頭部はアンカーディスクとウェッジを用いて固定した。載荷方法は単調載荷、載荷速度は 0.10mm/min とした。また、テンドンがアンカー体から抜け出した段階で試験を終了することとした。試験ではテンドンの引抜き力、アンカー体・テンドン変位の計測を行い、アンカー体上部付近で計測した。

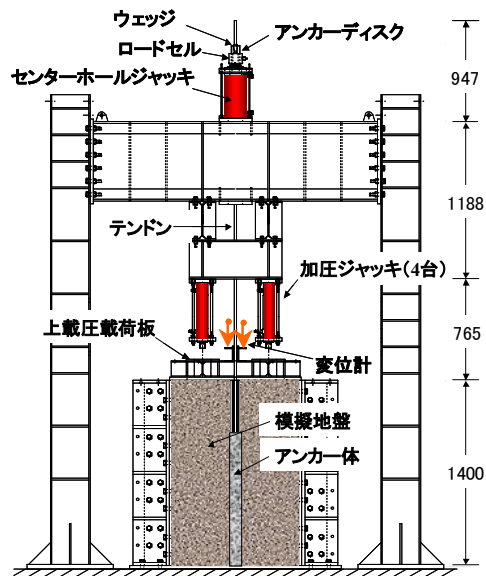


図-1 引抜き試験概要図（単位:mm）

キーワード：グラウンドアンカー、引抜き試験、付着応力、テンドン、上載圧力

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL:0258-46-9600 FAX:0258-47-9600

3. 試験結果および考察

表-3 に試験結果を示す。圧縮強度は case1-1 のみ基準値に達していないが、供試体のキャッピングに失敗したためである。

(1) 試験方法の検証 (case1-1)

図-2 に引抜き力 T と変位 δ の関係を示す。引抜き力がピークに達した後、衝撃音とともにテンドンの変位が急増し、すべりを起こした跡（白い条痕）が見られたため、付着切れが発生したと考えられる。

(2) 付着応力 τ_s -相対変位 δ_r 関係 (case1, case2)

図-3、図-4 に case1 シリーズと case2 シリーズの、付着応力とテンドンとアンカー体の相対変位関係を示す。付着応力度は引抜き力をテンドン定着区間で除して求めた。 τ_s - δ_r 曲線の初期段階において相対変位はほとんど発生せず、case1 シリーズは $\tau_s=1.8\text{N/mm}^2$ 、case2 シリーズは $\tau_s=1.2\text{N/mm}^2$ 付近から伸び始めた。付着応力はその後も緩やかに増加を続け、ピークに達した後急激に減少した。また、最大付着応力度は case1-3 よりも case2-3 の方が約 30%減少した。

(3) 付着応力度分布 (case1-3)

平均付着応力度の最大値は、角型グラウト供試体を用いた引抜き試験で得られた値 $\tau_s=3.69\text{N/mm}^2$ と比較してかなり小さくなった。図-5 に鉄筋コンクリートの引抜き試験結果から得られた付着強度と、テンドンのひずみが先端ほど小さくなることを考慮して求めた case1-3 の付着応力度分布を示す。付着応力度はアンカー体上端から先端に向かって小さくなり、アンカー体長の長いテンドンでは平均付着応力度がさらに下がると考えられる。

(4) 上載圧の影響 (case1-3, case1-4)

上載圧の大小による最大付着応力度の変化は見られなかった。ただし、付着応力は地盤の拘束圧に依存すると考えられているため、今後検討の余地がある。

4. まとめ

- ・ τ_s - δ_r 曲線において、初期段階は相対変位がほとんど発生しないが、 τ_s がある一定値に達すると大きく発生し、 τ_s はピークに達した後急激に減少する。
- ・ テンドン本数 1 本よりもテンドン本数 2 本のほうが最大付着応力度は約 30%低くなる。
- ・ 上載圧の大小による最大付着応力度の変化は見られなかった。

謝辞

本試験の試験体製作にあたって、(株)住友電工スチールワイヤーのご協力を頂きました。ここに記して深く感謝致します。

参考文献

- (1) (社)地盤工学会：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)，2003
- (2) 本田昌宏：長大アンカー体の周面摩擦抵抗に関する研究，長岡技術科学大学大学院修士論文，2005
- (3) (財)土木研究センター：土木系材料技術・技術審査証明報告書「スーパーフロテックアンカー」，2000

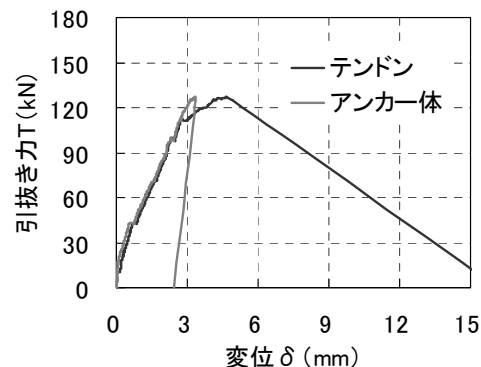


図-2 引抜き力と変位の関係 (case1-1)

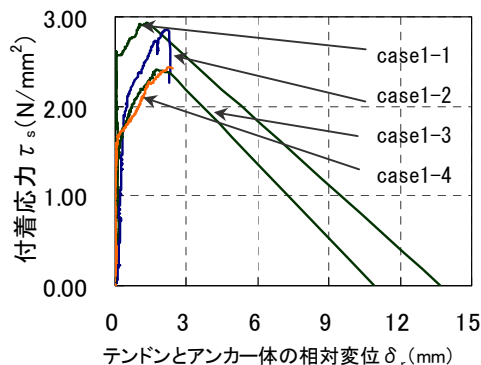


図-3 付着応力と相対変位の関係 (case1 シリーズ)

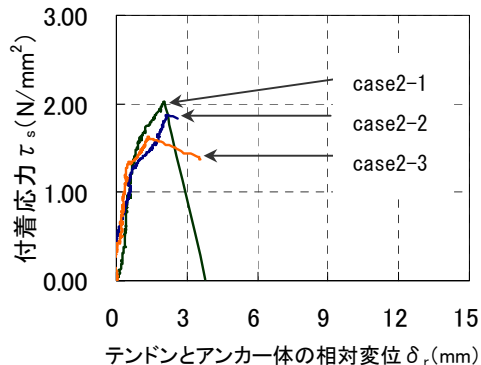


図-4 付着応力と相対変位の関係 (case2 シリーズ)

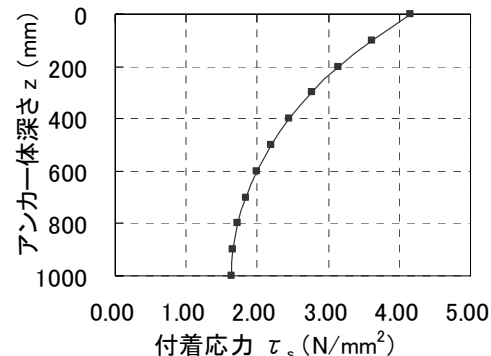


図-5 付着応力度分布 (case1-3)

表-3 試験結果

試験case	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3
上載圧力(kN/m ²)	360	60	360	180	360	360	360
スペーサーの数	3	3	1	1	1	1	1
圧縮強度(N/mm ²)	11.9	18.0	20.3	19.8	20.7	22.9	22.4
アンカー体長(cm)	109	101	107	102	86	102	101
付着長(cm)	91	83	101	96	80	96	95
最大引抜き力(kN)	127	113	116	111	154	172	155
最大付着応力度(N/mm ²)	2.93	2.86	2.41	2.44	2.02	1.87	1.70