

アンカー定着部シースの拘束効果について

—— アウターグラウトを行った場合 ——

佐賀大学 理工学部 正 鬼塚克忠
岸本ボーリング (有) 正 秦 雅博

岸本ボーリング (有) 正 原 裕
佐賀大学 理工学部 学 ○佐藤裕一郎

1. まえがき: 数年前から砂層や砂礫層または亀裂の多い岩盤等を引張型永久アンカーの定着層とする場合、地下水の影響を考慮して、アンカー引張り材の定着部には、防錆効果の高いシース材が使用されるようになってきた。シースの役目としては、防錆効果の外にアンカー体の緊張に伴い、インナーグラウト部のグラウトが横方向に拡大するのを拘束する効果がある。定着部シース材質によるアンカー引張り材との付着強度に及ぼす影響は、シース外部のアウターグラウトの条件によって付着強度が異なるため、種類が違うシース自体の相互間の比較は明確にされていない。

本研究は、定着部シース材質及びアウターグラウトの有無によるアンカー引張り材とグラウトとの付着強度について室内試験を実施し、その結果をまとめて報告するものである。

2. 試験方法: シースの種類は、SHSシース(ステンレス製ワインディングシースφ87/80mm)とポリエチレン製コルゲートシース(φ85/75mm、以下Pシースという)および補強ポリエチレン製コルゲートシース(ポリエチレンシース内にエキスパンドメタル厚さ $t=2.0$ mmを挿入したものでφ85/71mm、以下RPシースという)の3種類に、軸方向と軸直角方向に0.2mピッチにひずみゲージを貼付したものを使用した。アンカーケーブルはPC鋼より線φ12.7mmを1, 2, 3本の3種類をシースの左右から内部にオーバーラップ配置し、スペーサーにてPC鋼より線をシース内のほぼ中央部に設置した。またアウターグラウトを行う場合には、各々のシースをVU管(塩化ビニール管φ114.0/107.8mm)内部に設置した。ここでVU管の弾性係数が 2.7×10^4 (kgf/cm²)であるので、岩盤の種類としては弾性係数 $1.5 \times 10^4 \sim 4.0 \times 10^4$ (kgf/cm²)の中硬岩に相当するとし、シースの内部と外部にグラウト注入を行い試験体を作製した。アンカーグラウトは、水・セメント比 $W/C=45\%$ のセメントペーストを注入し、4週間の材令でグラウトが硬化した後に、PC鋼より線を片側固定とし、反対方向にセンターホール型KKJジャッキ60tを使用して片側緊張荷重とした。荷重の測定には電磁ロードセルを、ひずみの測定にはデータロガーを使用した。

3. 試験体の種類と試験結果: 試験体の種類と試験結果を表-1に示す。アウターグラウト有無の時の定着部シースの材質の違いによるPC鋼より線の伸びと荷重の関係を図-1に示す。表-1中の付着強度は注)に示す式(1)(2)から各々求めた。

表-1 試験体の種類と試験結果

シースの種類	より線の本数 n	P _{max} 時のより線の伸び (mm)	最大荷重 P _{max} (t)	最大付着強度		ひずみ		応力 P _{max} 時のより線の伸び (mm)	最大荷重 P _{max} (t)	最大付着強度		ひずみ		応力		フープテンション応力度 τ (kgf/cm ²)	拘束応力度 P (kgf/cm ²)
				単線周長 τ_1 (kgf/cm ²)	束ね周長 τ_2 (kgf/cm ²)	軸方向 (μ)	軸方向 (kgf)			単線周長 τ_1 (kgf/cm ²)	束ね周長 τ_2 (kgf/cm ²)	軸方向 (μ)	軸直角方向 (μ)	軸方向 (kgf)	軸直角方向 (kgf)		
S	1	62.3	7.91	19.8	19.8	305	640.5	111.7	9.53	23.89	23.89	154.5	1009.3	324.5	2119.6	2119.6	18.6
H	2	147.3	13.34	16.7	20.4	781	1640.1	114.3	22.71	28.47	34.87	433.3	2467.5	910.0	5181.6	5181.6	45.3
S	3	73.0	23.60	18.9	29.0	8257	17340.0	98.3	31.16	26.05	40.02	2489.0	3465.0	5226.8	7276.5	7276.5	63.7
P	1	7.8	3.01	7.4	7.4	-631	-6.3	13.7	6.06	15.19	15.19	420.3	296.7	4.2	2.7	8.1	0.3
	2	10.0	7.07	8.1	10.0	-1187	-11.9	17.3	7.41	9.49	11.37	599.7	1239.7	6.0	12.4	37.2	1.2
	3	16.3	7.33	6.0	9.2	-1993	-19.8	15.3	8.12	6.79	10.43	1029.0	1480.7	10.3	14.8	44.4	1.4
R P	1	20.0	7.15	17.9	17.9	-460	-4.6	17.3	7.97	19.99	19.99	323.7	413.0	3.2	4.1	12.4	0.7
	2	14.0	11.17	13.9	17.0	-1077	-10.8	16.7	11.69	14.65	17.95	1259.0	648.3	12.6	6.5	19.4	1.1
	3	10.0	13.24	10.2	15.6	-856	-8.6	17.3	15.17	12.73	18.56	1217.3	1096.0	12.2	11.0	32.9	1.9

1. アウターグラウトなし

注) 単線周長による付着強度 $\tau_1 = P/\phi \cdot \pi \cdot l_b \cdot n \cdots (1)$ 束ね周長による付着強度 $\tau_2 = P/D \cdot \pi \cdot l_b \cdots (2)$ τ_1 : 単線周長による付着強度 (kgf/cm²) τ_2 : 束ね周長による付着強度 (kgf/cm²)

P: 最大引張り荷重 (kgf)

 ϕ : PC鋼より線の径=1.27cmとする (cm)

n: PC鋼より線の本数 (本)

 l_b : PC鋼より線の実付着長 (cm)

D: PC鋼より線の束ね径 (cm)

2. アウターグラウトあり (VU管)

 $P = \tau \cdot l / r \cdots (3)$ ※P: RPシースの場合P: 拘束応力度 (kgf/cm²) $\tau = 3 \cdot E_p \cdot \epsilon \cdots (4)$ τ : フープテンション E_p : Pシースの弾性応力度 (kgf/cm²)係数 (kgf/cm²)

l: シースの厚さ (cm)

 ϵ : シースのひずみ

r: シースの半径 (cm)

4. 考察：1) 最大荷重について：各シースともに、実付着長 $l_0 \approx 1.00\text{m}$ である。P C 鋼より線の本数 $n = 1, 2, 3$ 本ともに最大引張り荷重 P_{max} は S H S シースが大きく、アウターグラウトを行ったもの大きい。ここでテンドン降伏応力 $T_p = 15.9 \sim 47.7\text{tf}$ であるので、引き抜け荷重は S H S シースの場合アウターグラウト有りで T_p の 60～65%、無拘束状態で 50% 程度となっておりアウターグラウトの有無による差異が明確に現れている。しかし他のシース材については拘束効果が明確に現れておらず、R P シースの場合、 T_p の約 50～30% で引き抜け、P シースではより小さな値を示し、テンドン降伏荷重の約 1/5 程度の非常に低い引張り荷重で引き抜けた。

2) 付着強度について：アウターグラウトを行ったとき S H S シースの付着強度 $\tau = 23.89 \sim 40.02\text{kgf/cm}^2$ 、R P シースは、 $\tau = 12.73 \sim 19.99\text{kgf/cm}^2$ 、P シースは、 $\tau = 6.79 \sim 15.19\text{kgf/cm}^2$ であり、S H S シースと R P シースの付着強度を比較すると約 1.7 倍、P シースと比較すると約 3 倍の付着強度を発揮する¹⁾。

3) 荷重・伸び挙動について：図-1 の荷重・伸び曲線にシースを拘束した場合と無拘束の状態について 3 種類のシースで P C 鋼より線 $n = 1, 2, 3$ 本について引張り試験を実施した結果、定着部シースの違いによる荷重と伸び曲線から、各シースとも荷重・伸び曲線は直線的な挙動を示しており、S H S シースの場合付着切れをしてからも引張り荷重が増加し、アウターグラウトを行った場合にはよりその傾向が大きく荷重低下は少ない¹⁾。これに対し、R P シースと P シースの場合、付着切れを示すと荷重は急激に低下している。

4) フープテンション応力度と拘束力：アウターグラウトを行った試験体のシース外周のひずみからフープテンション応力度を計算し拘束応力度 P を注) に示す式(3)(4)より求めた。ここで Coulomb のせん断応力式 $\tau = P \cdot \tan \phi + c$ が成立するものとし、内部摩擦角 $\phi = 45^\circ$ 、付着力 $c = 0$ として τ を求めると S H S シースの場合 $\tau = 18.6 \sim 63.7\text{kgf/cm}^2$ となり実測値 $\tau = 23.89 \sim 40.02\text{kgf/cm}^2$ と近い値を示すが、R P シースの場合 $\tau = 0.7 \sim 1.9\text{kgf/cm}^2$ 実測値 $\tau = 12.73 \sim 19.99\text{kgf/cm}^2$ P シースの場合で $\tau = 0.3 \sim 1.4\text{kgf/cm}^2$ 実測値 $\tau = 6.79 \sim 15.19\text{kgf/cm}^2$ を示した。

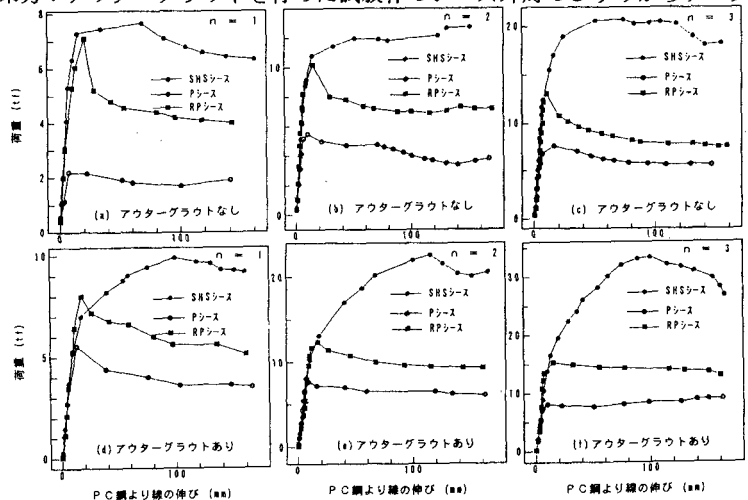


図-1 荷重・伸び曲線

5. まとめ：1) 今回の試験では、アウターグラウトの有無にかかわらず、S H S シースは R P シースや、P シースに比べ、大きな付着強度が得られた。S H S シースは他の 2 種類のシースに比べ、アウターグラウトを行った場合には、より安定した付着耐力が得られるであろう。

2) シースとグラウトの拘束効果は、S H S シースとポリエチレンシースとで比較すると、シース材の厚さ ($t:\text{mm}$) と弾性係数 ($E:\text{kgf/cm}^2$) が関係し、その比率は、 $n = t \cdot E_s / t_p \cdot E_p = 0.35 \times 2.1 \times 10^6 / 1.2 \times 1.0 \times 10^4 \approx 61$ となり、S H S シースの拘束効果がいかに大きいかわかる。このように使用されるシース材によって拘束効果が大きく異なるが、拘束効果としてプラスに働くか、マイナスに働くかは使用する材料の弾性係数によって決まるといえる。

3) 今回の試験結果から、総合的に判定すると、① S H S シース、② 補強ポリエチレンシース、③ ポリエチレンシースの順にアンカー定着部シース材としての評価ができる。

〔参考文献〕 1) 鬼塚克忠・原 裕・秦 雅博・栗谷浩司：アンカー定着部シースの拘束効果に、ついて(その 1) - シース材の違いによる考察 - , 土木学会西部支部研究発表会, PP. 556-557, 1994.

2) 山田邦光・内藤清司・原 裕・岡田隆幸：定着部シースの拘束効果に関する研究(残留摩擦抵抗性状試験), 土木学会第 4 8 回年次学術講演会, PP. 1266-1267, 1993.