

SSL ANCHOR ENGINEERING
General Manual

SSL 永久アンカー工法設計施工指針
(拡孔支圧型永久アンカー)
【ランク A, 防食構造Ⅱ対応】

平成 26 年 12 月



SSL 永久アンカー工法設計施工指針
（拡孔支圧型永久アンカー工法）
【ランク A, 防食構造Ⅱ対応】
（平成 26 年 12 月）

総目次

1.	総則	1
1.1.	適用範囲	1
1.2.	SSL 永久アンカー工法（拡孔支圧型永久アンカー工法）の機構と特徴	4
1.2.1.	支持機構	4
1.2.2.	SSL アンカーの特徴	5
1.3.	工法の支持機構	6
1.3.1.	拡孔支圧型アンカー（P 型, M 型）	6
1.4.	用語・記号	12
1.4.1.	用語	12
1.4.2.	記号	17
2.	計画・調査	18
2.1.	一般	18
2.2.	計画	18
2.3.	調査	19
2.4.	記録の保存	23
3.	機材	24
3.1.	一般	24
3.2.	PC 鋼材	25
3.3.	SSL アンカー体	26
3.4.	固定金具および関連部材	28
3.5.	頭部定着部材	30
3.6.	頭部保護部材	34
3.7.	グラウトおよび関連部材	38
3.8.	緊張装置	42
3.9.	拡孔ビット	44
4.	設計	45
4.1.	設計一般	45
4.1.1.	適用地盤	46

4.1.2. 設計アンカー力	46
4.1.3. 許容アンカー力	46
4.1.4. 芯抜き閉塞長	47
4.1.5. アンカーの配置	49
4.1.6. アンカーの長さ	51
4.1.7. アンカー頭部	52
4.1.8. テンドンの選定	54
4.1.9. 定着時緊張力	54
4.2. P 型アンカー（粘土・風化岩用）の設計	58
4.2.1. アンカーの許容引抜き力	58
4.2.2. アンカー一体部削孔長・標準拡孔長	59
4.2.3. 芯抜き閉塞長	60
4.2.4. テンドン諸元	62
4.2.5. 標準削孔径と拡孔径	62
4.3. P 型アンカー（軟岩～中硬岩）の設計	63
4.3.1. アンカーの許容引抜き力	63
4.3.2. アンカー一体部削孔長・標準拡孔長	64
4.3.3. 芯抜き閉塞長	64
4.3.4. テンドン諸元	66
4.3.5. 標準削孔径と拡孔径	66
4.4. M 型アンカーの設計	67
4.4.1. アンカーの許容引抜き力	67
4.4.2. アンカー一体部削孔長・標準拡孔長	68
4.4.3. 芯抜き閉塞長	68
4.4.4. テンドン諸元	70
4.4.5. 拡径にともなう引き出し長さ	70
4.4.6. 標準削孔径と拡孔径	70
4.5. アンカープレートの設計	71
4.5.1. 設計の考え方	71
4.5.2. 設計式	71
5. 施工	74
5.1. 一般	74
5.2. 施工計画	74
5.3. 施工管理	79
5.4. 材料の保管	80
5.5. 削孔	80

5.6.	テンダンの組立加工	84
5.7.	テンダンの取扱い	88
5.8.	テンダンの挿入と保持	88
5.9.	拡張	88
5.10.	グラウト注入	89
5.11.	養生	91
5.12.	頭部材料設置	91
5.13.	緊張・定着	93
5.14.	頭部処理	94
5.15.	記録	95
6.	防食	97
6.1.	一般	97
6.2.	アンカー体部の防食	98
6.3.	アンカー自由長部の防食	99
6.4.	アンカー頭部	99
7.	試験	105
7.1.	一般	105
7.2.	試験の計画	107
7.3.	基本調査試験	110
7.4.	適性試験	117
7.5.	確認試験	122
7.6.	その他の試験	125
8.	施工管理	127
8.1.	一般	127
8.2.	施工計画	127
8.3.	工程管理	128
8.4.	出来形管理	130
8.5.	品質管理	131
8.6.	工事写真管理	131
8.7.	安全管理	132
9.	維持管理	133
9.1.	一般	133
9.2.	アンカーの点検	134
9.3.	アンカーの健全度調査	137
9.4.	対策	138
9.5.	記録	138

1. 総則

本指針は、SSL 永久アンカー工法（拡孔支圧型永久アンカー工法…SSL-P 型、SSL-M 型）を永久構造物の一部として使用するに際して、計画・設計・施工・材料・防食・試験および維持管理に適用するものである。

本指針に記載のない事項については、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（JGS4101-2012）」（以下、「JGS 基準」という。）によるものとする。

1.1. 適用範囲

SSL は“Special Support Latch”の略称であり、アンカー体の設置地盤（岩盤）への嵌合（カンゴウ、はまり合い）機構における特徴を強調した呼称である。

SSL 永久アンカー工法は、そのアンカー体の支持機構により、「拡孔支圧型アンカー工法」、「周面摩擦先端圧縮型アンカー工法」の 2 工法に分類され、それぞれに用いられるアンカーの形式は次のとおりである。

拡孔支圧型アンカー工法	: SSL-P 型アンカー
	: SSL-M 型アンカー
周面摩擦先端圧縮型アンカー工法	: SSL-CE 型アンカー

SSL 永久アンカー工法は、その対象とする設置地盤の地質状況および一軸圧縮強度に応じて、より適した形式のものを選択でき、合理的な設計ができる。標準的な適用範囲は以下のとおりである。なお、各形式とも基本調査試験、拡孔試験の結果によって適用範囲を拡大して採用することができる。

○粘土、風化岩用（拡孔可能で孔壁が保持できる場合）

適用タイプ：SSL-P 型アンカー（Packer Type：P300，P400）

適用範囲：設置地盤の一軸圧縮強度（ σ_c ）が 5 MPa 以下

○岩盤（軟岩～中硬岩）用（岩盤が比較的安定し拡孔可能な場合）

適用タイプ：SSL-P 型アンカー（Packer Type：P200）

適用範囲：設置地盤の一軸圧縮強度（ σ_c ）が 3 ～ 50 MPa 以下

適用タイプ：SSL-M 型アンカー（Mechanical Type：35M，70M）

適用範囲：設置地盤の一軸圧縮強度（ σ_c ）が 3 ～ 25 MPa 以下

○岩盤（軟岩～硬岩）用（孔内崩壊など拡孔不能の場合を含め軟弱岩を除き広範囲）

適用タイプ：SSL-CE 型アンカー（Compressive End Type：35CE，65CE）

適用範囲：設置地盤の一軸圧縮強度（ σ_c ）が 5 MPa 以上

拡孔支圧型永久アンカーには、前項の P 型と M 型の 2 形式があるが、先端の「アンカー体部」が異なるのみで、「自由長部」、「アンカー頭部」は共通である。

表 1.1.1 拡孔支圧型永久アンカー工法概要一覧表

形式	支持機構	適用地盤		設置地盤の一軸圧縮強度 σ_c (MPa)	適用アンカー	テンドンの許容引張り力 (常時) T_{as} (kN/本)
		土質	地質			
SSL-P	拡孔支圧	粘土・風化岩	シラス、 第四紀堆積層等	5 以下	P300 P400	343, 768 343
		軟岩～中硬岩	第三紀堆積岩 (砂岩・頁岩・凝灰岩)	3～50	P200	768
SSL-M				3～25	35M 70M	343 768

SSL 永久アンカー工法は、室内での基礎試験をはじめ、現場での原位置試験により、その性能が実証されており、粘土地盤から硬岩地盤まで適用範囲が広く、その使用箇所は、地すべりや斜面の安定、法面の保護、鉄塔などの転倒防止、擁壁の補強などに適用できる工法である。

SSL 永久アンカーの各工法の適用にあたっては、設計アンカー力およびアンカー体設置位置の地盤条件すなわち、

- ① 設置地盤の一軸圧縮強度
- ② アンカー体設置位置における孔壁の自立性の有・無
 - 《無》→ SSL-CE 型
 - 《有》→ 拡孔支圧 (SSL-P・M) 型
- ③ アンカー体設置位置における拡孔の可否
 - 《可》→ 拡孔支圧 (SSL-P・M) 型
 - 《可～否》→ SSL-CE 型

等を考慮し、かつ経済性を勘案して、それに適合する形式のアンカーを採択する。

表 1.1.2 SSL アンカーの適用範囲（設置地盤対応）

SSL アンカー 形式	SSL-P 300				
	SSL-P 400		SSL-P 200		
			SSL-M 型		
	SSL-CE 型				
一軸圧縮強度 (σ_c)	0.125 0.5 1 2 3 5 10 20 25 50 100 (MPa)				
N 値	10 40 50 ($\sigma_c=N/80$)				
岩級区分	D～CL		CM	CH	B～A
地質概略分類	沖積層・洪積層		新第三紀堆積岩～古第三紀堆積岩		古生層
			中生層，火成岩，変成岩		
概略分類	ナイフで削れる			ナイフで かろうじ て削れる	ナイフでは削 れない

注：① SSL-CE 型は，設置地盤の一軸圧縮強度が 5～20 MPa の場合は，アンカー体設置予定深度で引抜き試験を実施し，極限引抜き力を求めて設計アンカー力を設定する。

② SSL-P 型の場合，設置地盤の一軸圧縮強度が求められない場合が多いので，引抜き試験で極限引抜き力を求めて設計アンカー力を設定する。

③ 一軸圧縮強度を基に設計する場合は，RQD が 60%以上の地盤を対象とする。

1.2. SSL 永久アンカー工法（拡孔支圧型永久アンカー工法）の機構と特徴

1.2.1. 支持機構

SSL 永久アンカー工法（拡孔支圧型永久アンカー工法）は、図 1.2.1 に示す機構からなり、次に示す特徴を有する。

テンドンは、全長にわたってグラウトに付着することなく、引張り力が確実にアンカー体に伝達される構造となっている。

テンドンにアンボンド加工された PC 鋼より線を使用するなど、防食、防錆効果および施工性を考慮した構造となっている。

SSL 拡孔支圧型永久アンカー工法は、写真 1.2.1 または写真 1.2.2 に見るような、上部に向かって広がる漏斗状の地盤破壊領域による地盤支持機構を実現させ、かつアンカーの基岩内における芯抜き閉塞区間および埋設深を適切にとることにより、現実の地盤破壊を生じさせないための工法である。

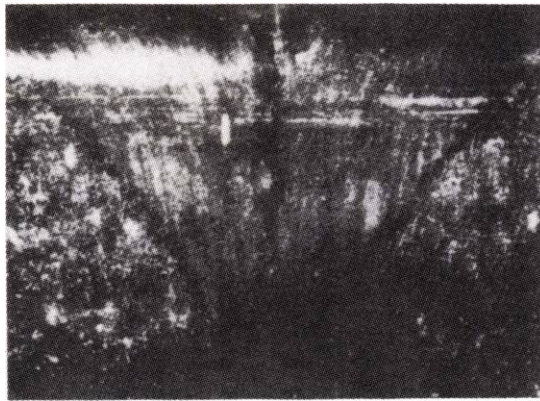


写真 1.2.1 支圧型アンカーによる地盤の支持機構

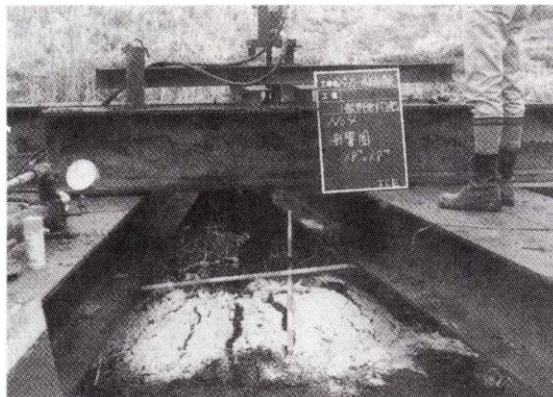


写真 1.2.2 漏斗状地盤破壊に伴って地表面で観察される破壊円

1.2.2. SSL アンカーの特徴

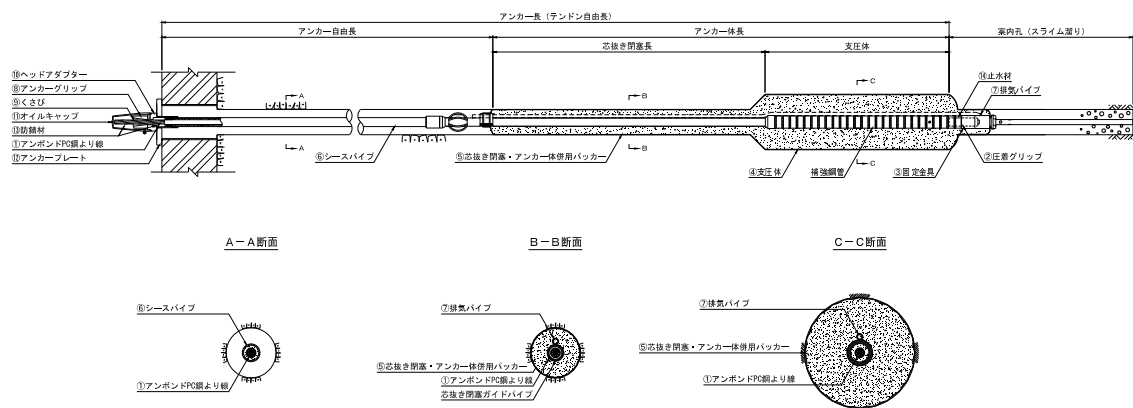
周面摩擦引張り型アンカーの弱点を克服し、アンカー工事を安全確実に施工するために開発された工法である。

設置地盤の一軸圧縮強度に応じてアンカーの形式（タイプ）および設計アンカー力が合理的に決定される。

拡孔支圧型アンカー工法の特徴（P 型，M 型）

拡孔支圧型アンカー工法は、支圧体部分を拡孔し、拡孔部における設置地盤の支圧強度によって、引張り力を支持する工法であり、次の特徴がある。

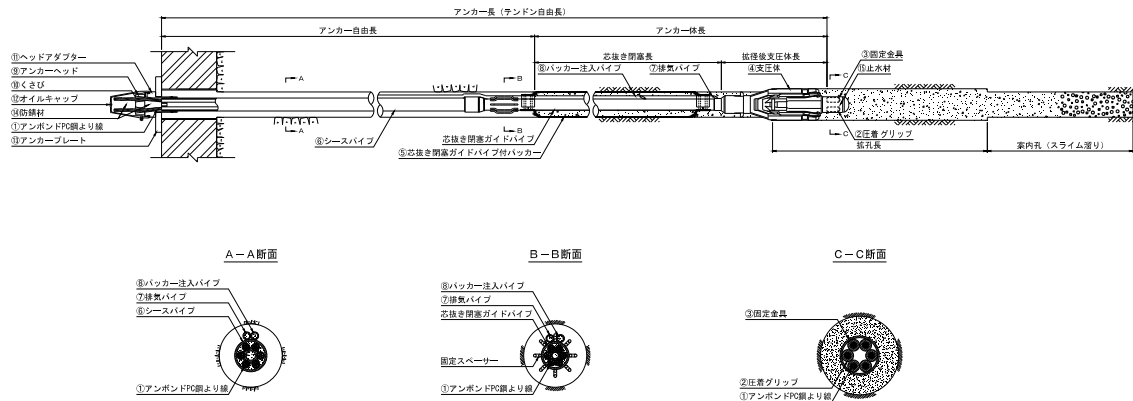
- ① グラウトの付着力に頼らない工法である。したがって、湧水や漏水があっても、芯抜き閉塞区間をパッカーによって圧入閉塞することにより、支圧強度低下の恐れがない。
- ② 周面摩擦引張り型アンカーで懸念される進行性破壊の危険がない。
- ③ アンカー体部削孔長（芯抜き閉塞部～案内孔部）が約 3.5～5.0m と短い。



材料名称表			
①	アンボンドPC鋼より線	⑨	くさび
②	圧着グリッパ	⑩	ヘッドアダプター
③	固定金具	⑪	オイルキャップ
④	SSL-P型支圧体	⑫	アンカープレート
⑤	芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー	⑬	防錆材
⑥	シースパイプ	⑭	止水材
⑦	排気パイプ		
⑧	アンカーグリッパ		

図 1.2.1(1) SSL-P 型永久アンカー標準構造図

1 総則



材料名称表			
①	アンボンドPC鋼より線	⑩	くさび
②	圧着グリップ	⑪	ヘッドアダプター
③	固定金具	⑫	オイルキャップ
④	SSL-M型支圧体	⑬	アンカープレート
⑤	芯抜き閉塞ガイドパイプ付パッカー	⑭	防錆材
⑥	シースパイプ	⑮	止水材
⑦	排気パイプ		
⑧	パッカー注入パイプ		
⑨	アンカーヘッド		

図 1.2.1(2) SSL-M 型永久アンカー標準構造図

1.3. 工法の支持機構

拡孔支圧型アンカー工法は、支圧体部分を拡孔し、拡孔部における設置地盤の支圧強度によって、アンカーの引張り力を支持する工法である。

1.3.1. 拡孔支圧型アンカー（P 型，M 型）

(1) 極限引抜き力

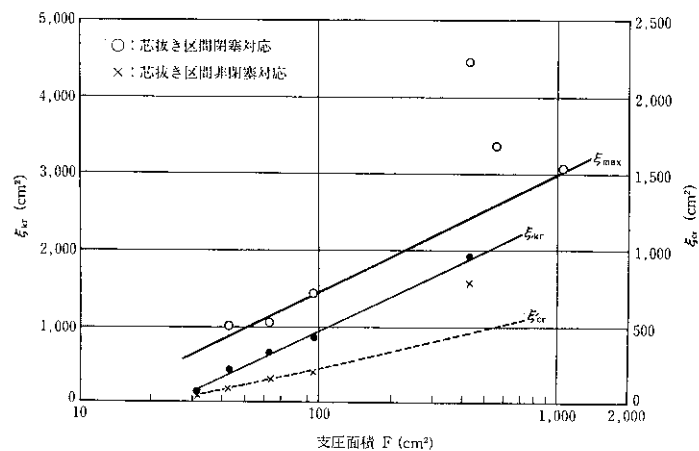


図 1.3.1 破壊荷重の一軸圧縮強度に対する比 ξ と支圧体の支圧面積 F との関係

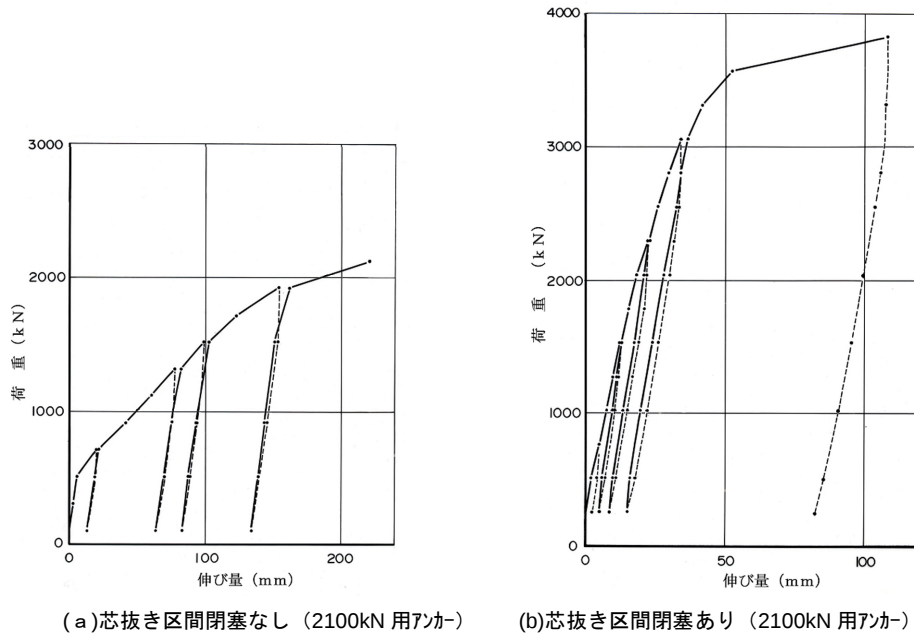


図 1.3.2 M 型アンカーによる荷重－伸び量曲線

図 1.3.1 に、破壊荷重の一軸圧縮強度に対する比 ξ と支圧体の支圧面積 F との関係を示す。図中の上側の直線は、芯抜き区間閉塞対応の岩盤破壊荷重 P_{max} の岩盤一軸圧縮強度 σ_c に対する比 ξ_{max} 下側の直線は、芯抜き区間非閉塞対応の岩盤めり込み荷重 P_{cr} の岩盤一軸圧縮強度 σ_c に対する比 ξ_{cr} 中央の直線は、芯抜き区間非閉塞対応の岩盤破壊荷重 P_{kr} の岩盤一軸圧縮強度 σ_c に対応する比 ξ_{kr} である。

この $\xi_{max}-F$ 直線は、

$$\xi_{max} = P_{max} / \sigma_c = 0.065825 \cdot \ln F + 0.451012 \quad \dots\dots (1)$$

あるいは

$$P_{max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 P_{max} ：芯抜き区間閉塞における破壊荷重 (kN)

σ_c ：岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

F ：支圧体の支圧面積 (m²)

$\ln$ ：自然対数

$\xi_{kr}-F$ 直線は、

$$\xi_{kr} = P_{kr} / \sigma_c = 0.064924 \cdot \ln F + 0.392286 \quad \dots\dots (3)$$

あるいは

$$P_{kr} = (0.064924 \cdot \ln F + 0.392286) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (4)$$

ここに、 P_{kr} ：芯抜き区間非閉塞における破壊荷重 (kN)

σ_c ：岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

F ：支圧体の支圧面積 (m²)

$\ln$ ：自然対数

で表される。

また $\xi_{cr}-F$ 直線は、

$$\xi_{cr} = P_{cr} / \sigma_c = 0.015629 \cdot \ln F - 0.094021 \quad \dots\dots (5)$$

あるいは

$$P_{cr} = (0.015629 \cdot \ln F - 0.094021) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (6)$$

ここに、 P_{cr} ：芯抜き閉塞区間非閉塞における岩盤めり込み荷重 (kN)

σ_c ：岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

F ：支圧体の支圧面積 (m²)

$\ln$ ：自然対数

となる。

芯抜き区間閉塞による岩盤めり込みに対する安全率 f_1 は、

$$f_1 = \frac{\xi_{max}}{\xi_{cr}} = \frac{0.065825 \cdot \ln F + 0.451012}{0.015629 \cdot \ln F + 0.094021} \quad \dots\dots (7)$$

また、芯抜き区間閉塞による芯抜き区間非閉塞に対する安全率 f_2 は、

$$f_2 = \frac{\xi_{max}}{\xi_{kr}} = \frac{0.065825 \cdot \ln F + 0.451012}{0.064924 \cdot \ln F + 0.392286} \quad \dots\dots (8)$$

で表わされる。

※ P_{cr} ：岩盤めり込み荷重

拡孔支圧型アンカーの芯抜き区間の閉塞が十分に行われないと、岩盤の支圧強度が大きくても、支圧体の肩部が孔壁を切り刻んで、尺取り虫的に引抜けに至る。この尺取り虫的破壊を呈する最小荷重を岩盤めり込み荷重という。

(2) 芯抜き閉塞長

拡孔支圧型アンカーの支持抵抗は、支圧体の肩部に連続するボーリング孔をある区間にわたって閉塞することによって大幅に増大することができる。このための、芯抜き閉塞長は、節理が細かく発達している場合のホブスト (L.Hobst) の式を用い、かつ岩盤めり込み荷重についての試験結果を考慮して、次式によって求める。

a) 設置地盤が完全に粘土状の場合

式 (9) によって決定する。

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d \cos \phi}{\pi \tan \phi (3c + \sigma_c k_0 \tan \phi \cos \phi)}} \quad \dots\dots (9)$$

ここに、 h_r : 芯抜き閉塞長 (m)

m_k : 安全率=3

T_d : 設計アンカー力 (kN)

ϕ : 設置地盤の内部摩擦角 (°)

σ_c : 設置地盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

c : 設置地盤の粘着力 (kN/m²)

$k_0 = \nu / (1 - \nu)$ $\because \nu$: 設置地盤のポアソン比

b) 設置地盤が風化岩で岩芯が残っている場合

式 (10) によって決定する。

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d}{\pi \sigma_c k_0 \tan^2 \phi}} \quad \dots\dots (10)$$

ここに、 h_r : 芯抜き閉塞長 (m)

m_k : 安全率=1.5

T_d : 設計アンカー力 (kN)

ϕ : 設置地盤の内部摩擦角 (°)

σ_c : 設置地盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

$k_0 = \nu / (1 - \nu)$ $\because \nu$: 設置地盤のポアソン比

＜SSL－P 型アンカー（粘土・風化岩用：P300，P400）＞

(1) 許容引抜き力

設計にあたっては，式（2）の P_{max} を安全率で除してアンカーの許容引抜き力とする。

ただし，設置地盤が粘土で一軸圧縮試験が出来ない場合は，原則として現場引抜き試験を行い，許容引抜き力を求める。

粘土・風化岩用の P 型アンカー工法は，設置地盤の一軸圧縮強度が $\sigma_c \leq 5\text{MPa}$ の地盤に適用され，設置地盤の圧縮強度と支圧面積の関係による許容引抜き力は式（2）および式（11-1）によって決定される。

$$P_{max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2) \text{ (再掲)}$$

$$T_{ag} = \frac{1}{f} P_{max} \quad \dots\dots (11-1)$$

または，式（11-1）の T_{ag} を設計アンカー力として，これと地盤の一軸圧縮強度 σ_c をもとに，式（12）によって支圧体の所要支圧面積 F を求め，これを満足する支圧体を規格品から選べばよい。

$$F \geq \exp \left[\frac{f \cdot T_d / \sigma_c - 0.451012}{0.065825} \right] \quad \dots\dots (12)$$

ここに， F ：所要支圧面積（ m^2 ）

T_d ：設計アンカー力（ kN ）

$\exp (A)$ ： e^A

f ：安全率＝2.5

なお，粘土・風化岩用の P 型の各支圧体別に式（7），式（8）によって安全率 f を求めると以下のとおりである。

表 1.3.1 P 型芯抜き閉塞長安全率一覧

区分	支圧面積（ m^2 ）	安全率（ f_1 ）	安全率（ f_2 ）
P300	0.055945	5.33	1.27
P400	0.106304	5.14	1.22

(2) 芯抜き閉塞長

P 型アンカーの芯抜き閉塞長は，設置地盤の状態に応じ，設置地盤が完全に粘土状の場合であれば式（9），設置地盤が風化岩で岩芯が残っていれば式（10）によって決定する。

＜SSL－P 型アンカー（軟岩～中硬岩用：P200）、SSL－M 型アンカー＞

(1) 許容引抜き力

軟岩～中硬岩用の P 型アンカー工法は、設置地盤の一軸圧縮強度が $3\text{MPa} \leq \sigma_c < 50\text{MPa}$ の岩盤に適用される。

また、M 型アンカー工法は、設置地盤の一軸圧縮強度が $3\text{MPa} \leq \sigma_c < 25\text{MPa}$ の岩盤に適用される。

許容引抜き力は、設置地盤の一軸圧縮強度と支圧体の支圧面積との関係によって求まり、式 (2) および式 (11-2) によって決定される。

$$P_{max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2) \text{ (再掲)}$$

$$T_{ag} = \frac{1}{f} P_{max} \quad \dots\dots (11-2)$$

または、式 (11-2) の T_{ag} を設計アンカー力として、これと岩盤の一軸圧縮強度 σ_c とをもとに、式 (12) によって支圧体の所要支圧面積 F を求め、これを満足する支圧体を規格品から選ばばよい。

$$F \geq \exp \left[\frac{f \cdot T_d / \sigma_c - 0.451012}{0.065825} \right] \quad \dots\dots (12) \text{ (再掲)}$$

ここに、 F : 所要支圧面積 (m^2)

T_d : 設計アンカー力 (kN)

$\exp (A)$: e^A

f : 安全率 = 1.5

なお、軟岩～中硬岩用の P 型アンカー及び M 型アンカーの各支圧体における安全率 f は、以下のとおりである。

表 1.3.2 P 型及び M 型芯抜き閉塞長安全率一覧

区分	支圧面積 (m^2)	安全率 (f_1)	安全率 (f_2)
P200	0.016675	6.04	1.43
35M	0.003130	18.34	3.99
70M	0.004270	10.50	2.41

(2) 芯抜き閉塞長

芯抜き閉塞長は、設置地盤が風化岩で岩芯が残っている場合の式 (10) によって決定される。

1.4. 用語・記号

本指針に用いる主な用語・記号は JGS¹⁾ 基準に準ずる。また、本アンカー工法に用いる用語・記号および部材名称は新たに定義する。

本指針に用いる主な用語・記号は、JGS 基準に準じて定義する。なお、新たに定義する用語・記号は下線で示す。

1.4.1. 用語

(1) アンカー体

グラウトの注入により造成され、引張り部からの引張り力を地盤との支圧抵抗によって地盤に伝達させるために設置する抵抗部分をいう。

(2) SSL

“Special Support Latch”の略称で、アンカー体の設置地盤への嵌合（はまり合い）機構を特徴とする。

(3) 拡孔支圧型アンカー

支圧体部分のみを大きく拡孔し、拡孔部における設置地盤の支圧強度によって引張り力を支持する方式のアンカー。

(4) 先端圧縮型アンカー

アンカー体の先端部（底部）に支圧体を設け、先端部において引張り力を支持する方式のアンカー。

(5) 引張り部

アンカー頭部からの引張り力をアンカー体に伝達するために設置する部分をいう。

(6) アンカー頭部

構造物からの力を引張り力として引張り部に伝達させるための部分をいい、定着具と支圧板からなる。

(7) 設計上の基岩面

すべり面（設置地盤面）の深さは一様でないので、確認されたすべり面（設置地盤面）深度よりも、2m 程度深くした地点を採用する。

(8) 芯抜き閉塞区間

拡孔支圧型アンカーの支持抵抗は、支圧体の肩部に連続する削孔部をある区間閉塞することによって大幅に増大させることができる。この区間を指す。芯抜き区間の閉塞が十分に行われないと、岩盤の支圧強度が大きくても、支圧体の肩部が孔壁を切り刻んで、尺取り虫的に引抜けに至ることがある。

(9) 拡 孔

支圧体部で支圧強度を得るために、削孔径を大きくすること。拡孔は、削孔最終深度において拡孔ビットのカッターを開かせ、ロックがかかったことを確認してから、拡孔ビットを引上げながら拡孔する。

(10) 拡 径

支圧抵抗を得るため、アンカー体の径を拡大すること。

(11) 案内孔

拡孔部より孔底側の削孔部分をいい、長さは 1.0m である。拡孔ビットの振れ止め（コマの心棒の役目）機能により、拡孔の精度を上げるとともに、スライムだまりとなる。

(12) グラウト

テンドン内部および地盤とテンドンとの空隙を充填する主要な注入材あるいは注入材が固化したものをいい、セメント系グラウトと合成樹脂系グラウトなどがある。

(13) テンドン

引張り力を伝達する部材として組立てられたものをいう。SSL アンカーでは、アンボンド PC 鋼より線を用いる。

(14) アンボンド PC 鋼より線

PC 鋼より線をアンボンドシース（接着されていないシース）で被覆し、中に防錆油を充填したものをいう。

(15) 定着具

テンドンをアンカー頭部で定着させる部材をいう。SSL アンカーではアンカーヘッドおよびくさびを用いる。（1 本構成のテンドンではグリップと称する）

(16) ヘッドアダプター

シースパイプとオイルキャップを接合し、止水する金具をいう。

(17) アンカーヘッド（グリップ）

アンボンド PC 鋼より線をくさびによって把持、固定するための円形の拘束金具。

(18) シームレスパッカー

縫い目がなく伸縮性に富むパイレン製のパッカーで、グラウトの水分は濾出するが、セメント分は保持されるよう内側にパイル加工が施されている。

(19) 芯抜き閉塞パッカー（M 型）、芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー（P 型）

芯抜き閉塞区間を確実に閉塞するために用いるシームレスパッカー円柱体（圧入によっても破損しなパイレンの筒）で、M 型に用いる。また、芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカーは P 型に用い、支圧体が尺取り虫的に引抜けるのを防止するものである。

(20) 固定金具

アンボンド PC 鋼より線に圧着された圧着グリップを固定する金具で、キャップ、固定台座で構成されている部材をいう。

(21) 圧着グリップ

アンボンド PC 鋼より線に圧着固定され、引張り力を固定金具内の台座に伝達する金具をいう。

(22) SSR 拡孔ビット

SSL 拡孔支圧型アンカー (P 型, M 型) の, 支圧体部分を拡孔するための専用ビット。

(23) 防食

アンカー部材の腐食の発生や進行を防ぐことをいう。

(24) シール材

テンドンおよび定着具に地下水や雨水が浸入しないようにするためのもので、本アンカーではゴム系シール材を用いる。

(25) アンカー長 (I_A)

アンカー全体の長さをいい、アンカー体長とアンカー自由長よりなる。

(26) アンカー体長 (I_a)

地盤に対して力の伝達が行われているアンカー体の長さをいう。

(27) アンカー自由長 (I_f)

アンカー頭部のテンドン定着位置からアンカー体までの長さをいう。

(28) テンドン長 (I_s)

テンドンの全長をいい、テンドン自由長および余長からなる。

(29) テンドン自由長 (I_{sf})

アンカー頭部に作用する引張り力を、アンカー体まで伝達させる部分のテンドンの長さをいう。SSL アンカーでは圧着グリップと固定金具内の台座が接する箇所からアンカーヘッド座面までの長さ、緊張時にはジャッキのプリングヘッド座面までの長さとなる。

(30) 削孔長 (I_B)

アンカー設置のために実際に削孔する全長をいう。

(31) 案内孔長 (I_G)

最深部の拡孔部より孔底側の案内孔の長さをいう。

(32) 拡孔長 (I_D)

支圧体部の拡孔する部分の長さをいう。

(33) 拡径長

支圧体が拡径した時の長さをいう。

(34) 支圧体組立長

支圧体を組み立てた（拡径前の）状態の時の長さ。

(35) 引き出し長さ

M 型の支圧体の拡径を確実に行うための、テンドンを引き出す長さ。

(36) 芯抜き閉塞長（ h_r ）

拡孔支圧型アンカーの支持抵抗は、支圧体の肩部に連続する削孔部をある区間閉塞することによって大幅に増大させることができる。この区間の長さを指す。

(37) 削孔径（ d_B ）

削孔ビットの公称直径をいう。

(38) アンカー体径（ d_A ）

アンカー体の公称直径をいう。

(39) 案内孔径（ d_G ）

最深部の拡孔部より孔底側の案内孔の直径をいう。

(40) 拡孔径（ d_E ）

削孔径を部分的に拡大する場合、その公称拡孔直径をいう。

(41) 拡径径

支圧体を拡径した時の最大直径をいう。

(42) 支圧体組立径

支圧体を組み立てた状態（拡径前）の時の最大直径。

(43) 支圧体質量

支圧体の質量。

(44) アンカー傾角（ α ）

アンカーの打設方向と水平面とのなす角をいう。

(45) アンカー水平角（ θ ）

アンカー打設方向と構造物の基準とする鉛直面のなす角をいう。

(46) 極限アンカー力（ T_u ）

アンカーが終局限界状態になる力をいい、テンドンの極限引張り力、テンドンの極限拘束力および、アンカーの極限引抜き力のうち最も小さい値で決まる。

(47) アンカーの極限引抜き力 (T_{ug})

地盤とアンカー体との間に生じている支圧が終局限界状態になる値をいう。

(48) テンドンの極限引張り力 (T_{us})

テンドンに用いる鋼材の JIS に定められた最大試験力などから求めた引張り力に相当する値をいう。

(49) テンドンの降伏引張り力 (T_{ys})

テンドンに用いる鋼材の JIS に定められた 0.2% 永久伸びに対する試験力などから求めた引張り力に相当する値をいう。

(50) 許容アンカー力 (T_a)

テンドンの許容引張り力、テンドンの許容拘束力および、アンカーの許容引抜き力のうち最も小さい値をいう。

(51) アンカーの許容引抜き力 (T_{ag})

アンカーの極限引抜き力を安全率で除した値をいう。

(52) テンドンの許容引張り力 (T_{as})

テンドンの極限引張り力またはテンドンの降伏引張り力を、それぞれの安全率で除したもののうち小さい値をいう。

(53) 初期緊張力 (P_i)

アンカーの緊張・定着作業を行うときにテンドンに与える引張り力をいう。

(54) 定着時緊張力 (P_t)

アンカーの緊張・定着作業が終了したときにテンドンに作用している引張り力をいう。

(55) 残存引張り力 (P_e)

アンカーの供用時にテンドンに作用している引張り力をいう。

(56) リラクセーション

テンドンのひずみを一定に保持したとき、応力または緊張力が時間とともに減少する現象をいう。

(57) 基本調査試験

アンカーの設計に必要な設計定数を決定するための試験をいう。

(58) 適性試験

施工されたアンカーの設計および施工が適切であるか否かを調べるための試験をいう。

(59) 確認試験

施工されたアンカーが、設計アンカー力に対して、安全であることを確認するための試験をいう。

(60) 責任技術者

責任技術者とは、構造物の所有者、発注者、設計者、施工者および維持管理者、あるいは所定の手続きによって業務を代行する技術者のうち、アンカーに関するそれぞれの段階で常時管理または監督する立場にあるものをいう。

1.4.2. 記号

A_s : テンドンの断面積	a : アンカー体間隔
b : アンカー頭部間隔	d_A : アンカー体径
d_B : 削孔径	E : テンドンの弾性係数
d_E : 拡孔径	l_B : 削孔長
l_A : アンカー長	l_a : アンカー体長
l_f : アンカー自由長	l_s : テンドン長
l_{sa} : テンドン拘束長	F : 支圧体の支圧面積
f_s : 極限引抜き力に対する安全率	h_r : 芯抜き閉塞長
l_{sf} : テンドン自由長	l_{sf}' : 試験アンカーのテンドン自由長
m_k : 芯抜き閉塞に係わる安全率	P_e : 残存引張り力
P_i : 初期緊張力	P_t : 定着時緊張力
q : 単位面積当たりの支圧抵抗	P_{kr} : 芯抜き区間非閉塞における破壊荷重
P_{max} : 芯抜き区間閉塞における破壊荷重	P_{cr} : 岩盤めり込み荷重 (初期ずり荷重)
T_{us} : テンドンの極限引張り力	T : アンカー力
T_{ub} : テンドンの極限拘束力	T_{ab} : テンドンの許容拘束力
T_{as} : テンドンの許容引張り力	T_{ys} : テンドンの降伏引張り力
α : アンカー傾角	T_{ag} : アンカーの許容引抜き力
τ : 単位面積当たりの周面摩擦抵抗	θ : アンカー水平角
T_a : 許容アンカー力	T_d : 設計アンカー力
T_o : 初期荷重	T_p : 計画最大荷重
T_t : 最大試験荷重	T_{ug} : アンカーの極限引抜き力
T_u : 極限アンカー力	ν : 設置地盤のポアソン比
ξ : 破壊荷重の一軸圧縮強度に対する比	σ_c : 岩盤の一軸圧縮強度
ϕ : 設置地盤の内部摩擦角	c : 設置地盤の粘着力

2. 計画・調査

2.1. 一般

- (1) 拡孔支圧型アンカー（P 型，M 型）の実施にあたっては，アンカーの特性を踏まえたうえで，計画および調査を行う。
- (2) アンカーおよびアンカーされる構造物の安全性，アンカーの施工性，アンカーの維持管理などについて十分に検討し計画を行う。
- (3) アンカーの設計，施工，維持管理などに必要な資料を得るため調査を行う。

本アンカーの実施にあたっては，アンカーの目的，アンカーの重要度，アンカーの供用期間などを考慮し，以下に示すような特性について十分な理解をしたうえで，計画および調査を行う。

- 1) アンカーの試験や初期緊張力の導入によって，地盤やアンカーされた構造物が変形し，アンカー周辺に影響を与えることがある。
- 2) 拡孔支圧型アンカー（P 型，M 型）は設置地盤の支圧抵抗によって，アンカーの引抜き抵抗力を期待するものである。したがって，同一形状のアンカーであっても地盤性状や施工方法の違いによって，極限引抜き力などに大きな差異が生じる。
- 3) アンカー設置後の時間の経過とともに起こる残存引張り力の減少および腐食の進行などに対応するために適切な維持管理を行わなければならない。

2.2. 計画

本アンカーの計画では，次の事項について技術的検討を行う。

- 1) アンカーされる構造物，周辺地盤，近接構造物などの変位と安定
- 2) アンカーの目的，供用期間および環境条件に応じた防食構造
- 3) アンカーの目的，規模などの諸条件に応じた，試験の方法と実施時期
- 4) アンカー設置地盤の長期にわたる安定性
- 5) アンカーの維持管理方法
- 6) 厳しい条件下における技術的検討

以下に示す事項は，高品質のアンカーを築造し，供用していくうえで重要であり，設計や施工段階で検討したのでは，手戻りが生じることも考えられる。このため計画段階において技術的検討を加えアンカー採用の適否を判断する。

- 1) アンカーは緊張力によって地盤の変位を防止し，安定性をはかる工法であるが，適正試験と確認試験において緊張力を加えた場合や定着時緊張力を導入した時点で，緊張前と比較して構造物や地山に大きな変形が生じることがある。したがって構造物やアンカー周辺構造物および地中埋設物等への変形による影響についてあらかじめ十分検討する。
- 2) 計画段階で腐食環境の調査を行い，本アンカーの有する耐食性がこれを満足するかどうか検討する。

- 3) 基本調査試験や適正試験は、アンカーの設計に必要な諸定数を得たり、施工後のアンカーの品質を確認するために必要かつ重要な試験であり、アンカーの目的や施工量に対して適切な数量で適切な時期に実施できるよう、計画段階において検討する。

特にアンカーの主要部は地中に造成されるので、直接的な観察による施工管理ができないことから、適正試験と確認試験は、アンカーの品質確認のために欠かせない試験である。

- 4) アンカーは、供用期間中アンカーが健全であるとともに、アンカー体を設置している地盤が安定であることが重要である。

一般に、有機質土層、粘性土、密度の小さい砂質土、粘土化しやすい地質などにアンカーを設置すると残存引張り力が低下する。このような地盤では、クリープや地盤の圧密などによる緊張力の低下について十分な検討を行ったうえでアンカー工の採否について判断し、必要に応じて長期試験を実施する。

また、鉄道や道路交通などの振動による動的影響が、長期にわたることが予想される場合には、計画においてその影響を考慮する。

- 5) 一般にアンカーの残存引張り力は時間の経過とともに減少する。また、テンドンや定着具などの腐食はアンカーに致命的な影響を与えることとなる。さらに、斜面安定対策などに用いた場合には、長期的には設計外力の変化もありうる。

したがって、長期間供用するアンカーについては、アンカーの維持管理が特に重要であることから、計画段階で維持管理方法について検討するとともに、維持管理を考慮したアンカーの形式についても検討することが望ましい。

- 6) 設計条件や施工条件の厳しいアンカーについては、あらかじめ技術的検討を行い、必要に応じて施工性に関する調査を行う。

2.3. 調査

(1) 一般調査

一般調査は、主に地形、土地利用の状況、近接する構造物、埋設物、気象条件、施工に関連する事項などについて行う。

(2) 地盤調査

地盤調査は、アンカーおよびアンカーされる構造物によって影響を受ける範囲について、地盤の地質学的構成および工学的特性、地下水の状況、腐食環境などについて行う。

(3) 基本調査試験

アンカーの設計に用いる地盤の極限支圧抵抗を調べるために引き抜試験を行う。また、必要に応じて、アンカーの長期安定性を調べるために長期試験を行う。

(1) 一般調査

アンカーの実施にあたって行う調査のうち地盤調査以外の調査を一般調査という。

計画や設計にあたっては、地形、埋設物や近接する構造物の位置、交通振動の影響、温

泉地帯などの腐食環境条件を調査する。寒冷地では、凍上・凍結の影響あるいは積雪量や雪崩の可能性などの調査が必要である。

また、施工にあたっては、上記のほかに、周辺の土地利用状況、電力や用水の調達、機械や資材の搬入、廃棄物の処理、排水状況、削孔時の騒音・振動、グラウト時の地下水汚染、地盤の持上げなどによる周辺への影響などについて調査し、適切な施工計画を立て、確実な施工を行う。

さらに、維持管理を計画するために、埋設物や近接する構造物とアンカー設置位置との関係、腐食環境の状況と変化の見通しなどを調査する。

近隣での施工例や、設計・施工条件の類似した実施例は極めて有益であるので、入手可能な既存資料を収集し精査する。

一般調査の実施内容を整理して以下に示す。

1) 文献による調査

過去の切土、盛土などの施工記録、斜面崩壊などの履歴

2) 隣接構造物の状況とそれに対する影響度調査

構造物の変位、アンカー体設置地盤との関係

3) 地下埋設物調査

水道・ガス・電線・その他ライフラインなどの位置および影響

4) 周辺環境調査

削孔や車両運行による騒音・振動の影響、温泉地・地中迷走電流などの腐食環境

5) 施工条件の調査

資機材の搬入・搬出条件、用排水、電力などの調達条件、他工事との工程調整

(2) 地盤調査

アンカーの設置地盤に関する調査を地盤調査という。地盤調査は、アンカーの施工規模や地質の変化の程度に応じて、調査の密度を高める。

地盤調査は、地表踏査、リモートセンシング、サウンディング、調査ボーリング、原位試験、室内試験などがある。

地盤調査の結果は、施工時に調査内容と実施工データが対比できるように、整理・保存しておく。

アンカーの計画、設計、施工、維持管理にあたって必要な主な地盤調査の内容を以下に示す。

1) 腐食に関する調査

周辺環境調査や地質調査により、テンドンの腐食やグラウトに悪影響を与える環境と判断した場合は、必要に応じて腐食に関する調査を行い、本アンカーの採否とアンカーに使用するそれぞれの材料ごとに必要な防食対策の検討資料とする。

2) 設計アンカー力を求める調査

設計アンカー力の対象となる外力としては、土圧、地すべり力、地下水による揚圧力、地震力、風荷重などがある。これらのうち土圧や地すべり力を求めるために、地盤の構造とそれを構成する各地層の強度定数や地下水位、間隙水圧、透水性など地下水に関する情報を用いる。

調査の方法としては、地表踏査や調査ボーリングがあり、各種物理探査、ボーリング孔を利用した物理検層なども有効である。

その際、堆積環境や地質年代区分等にも留意した地質構造的判断も加えて、地盤全体の性状を判断する。またアンカーを斜面安定に用いる場合には、斜面移動の履歴や斜面に対するアンカーの設置位置などが設計アンカー力に影響を及ぼすので、滑落崖など概括的な地形にも十分注意する。

3) アンカー体の設置地盤を求める調査

アンカー体の設置位置は、アンカー供用期間中安定している地盤とするが、地盤の性状については、一般に文献調査とともにボーリング調査などから求めている。我が国の地質は一般に複雑であり、数点のボーリングによって、広い範囲の地盤の状態を推定することは困難である。したがって、地盤性状に応じて密度の高い調査を行ってアンカー体の設置位置を決定するとともに、施工時に削孔スライムやトルクなどの削孔データと地盤調査結果とを照合してアンカー体設置地盤として適切であることを確認することが重要である。

また、アンカー体の設置位置は、単に個々の地層の強度に着目するだけでなく、地盤全体の構造上からも十分信頼できる位置とする。

設置位置はすべり面ないし崩壊面より深い位置で、かつ所要の引抜き抵抗が得られる地盤とし、群アンカーの場合にはさらに一連のアンカー群を包含する地盤全体の安定が得られる位置とする。

4) アンカーの極限引抜き力を求める調査

極限引抜き力は、本工事の条件にできる限り近い条件のもとで引抜き試験を行って求める必要がある。

5) 反力体の設計のための調査

アンカーを地盤に固定し、アンカー力を地盤に伝える支圧ブロック、受圧板や法枠などの反力体は、著しい変形や沈下を起こさないように設計する。設計にあたって必要な、反力体に接する背面土の地盤反力係数等の値は、N 値からの換算あるいは平板載荷試験や孔内水平載荷試験によって求めている。

6) 施工性に関する調査

アンカーの施工性には、地盤の地質や地下水の状況、地形、作業空間、騒音振動等の環境上の制約のほか、削孔深度と孔径、工期等の条件が影響する。特に地質と地下水の状況はアンカーの品質にも関連することから十分な調査を行う。また、以下に示す施工条件の厳しいアンカーでは、削孔やグラウトの注入が困難になることもありうるので、類似の施工例を十分調査するとともに、必要に応じて試験施工を行い、使用機器の選定や、その施工方法の適否を確認することが極めて有効である。

- ① アンカー長の長いアンカー
- ② 非常に硬い巨礫や岩盤を貫通するアンカー
- ③ 厚い礫層を貫通するアンカー
- ④ 亀裂の多い岩盤に設置するアンカー
- ⑤ 粘土化や、風化の著しい岩盤に設置するアンカー
- ⑥ 高被圧地下水下に設置するアンカー

7) 地下水の調査

計画で記述したように地下水位が高い場合、被圧地下水がある場合、あるいは逆に透水性が大きく逸水があるような地盤の場合は、グラウトの充填が不十分になったり、予想外の注入量を要したりする場合があります、事前注入や特殊なグラウトを使用するなどの対応が必要となることがある。

また、これらの地盤では、被圧地下水の湧出や地盤の緩みなどが原因となって、削孔において孔壁の保持が困難な場合やアンカー体の造成が不確実となる場合がある。

したがって、透水性が大きいと予想される場合や、湧水がある場合には、ボーリング孔を利用して、透水性、地下水位、孔壁の強度などに関する調査を行う。

(3) 基本調査試験

基本調査試験には引抜き試験と長期試験がある。下記の点に考慮して調査を検討する。なお、具体的な試験方法については、第7章に詳述している。

1) 引抜き試験

アンカーの設計では、地盤の極限支圧抵抗を設定する必要がある。このため計画時に、ボーリング調査と同時に引抜き試験を実施するのが良い。

2) 長期試験

長期試験は、重要な構造物に計画されるアンカーの残存引張り力の減少傾向を推定するために実施される。

この調査は残存引張り力を設定荷重以上に保つ必要があるアンカー等を実施されるもので一般のアンカーでは実施しなくても良い。

2.4. 記録の保存

アンカーの計画・調査に関する諸資料は、設計・施工、維持管理に資するため、責任技術者が保管する。

計画、調査に関する諸資料は、アンカーの設計、施工、維持管理上重要であるので、記録責任者を明示して記録し、期間を定めて責任技術者が保存する。特に供用期間が長いアンカーの下記のデータは維持管理に必要なため、その供用期間中保存する。

- ・ 調査ボーリング位置
- ・ 柱状図，地質横断図
- ・ アンカー体設置地盤情報総括表

なお、アンカーカルテが整備されている斜面や構造物では、アンカーカルテに可能な限り詳細なデータを記録し維持管理に利用する。

3. 機材

3.1. 一般

本アンカー工法に使用する材料は、規格（形状、寸法、強度および耐久性）が明示され、その目的に応じた品質が保証されているものを使用する。

SSL アンカー工法（P 型・M 型）で用いられる主な材料，機材は次のとおりである。

表 3.1.1 SSL アンカー工法用材料・機材一覧

材料・機材	区分	参照項目
PC 鋼材		3.2
SSL アンカー体	P 型・M 型	3.3
固定金具および関連部材	(1) 固定金具	3.4
	(2) 圧着グリッブ	
頭部定着部材	(1) アンカーヘッド（グリッブ）	3.5
	(2) くさび	
	(3) 支圧板（アンカープレート）	
	(4) アジャストプレート	
頭部保護部材	(1) ヘッドアダプター	3.6
	(2) オイルキャップ	
	(4) シースパイプ	
	(5) 防錆材	
	(6) シール材	
グラウトおよび関連部材	(1) グラウト	3.7
	(2) 芯抜き閉塞パッカー	
	(3) パッカー注入および排気パイプ	
	(4) 閉塞ガイドパイプおよびシース部専用止水具	
緊張装置	(1) ジャッキおよび緊張治具	3.8
	(2) 油圧ポンプ	
拡孔ビット		3.9

3.2. PC 鋼材

SSL 永久アンカーの PC 鋼材は、全工程、工場で管理生産されたアンボンド PC 鋼より線を用いることを原則とし、PC 鋼より線は JIS などの公的機関の規格および基準に適合したものを使用する。

本アンカー工法に用いるアンボンド PC 鋼より線の規格および仕様を示す。

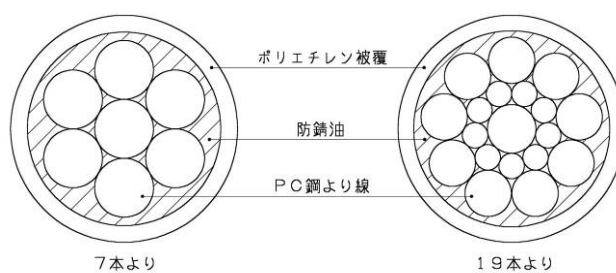


図 3.2.1 アンボンド PC 鋼より線

表 3.2.1 アンボンド PC 鋼より線の規格および仕様

規格	呼名 (mm)	外径 (mm)	被覆 厚さ (mm)	裸線 単位質量 (g/m)	公称 断面積 (mm ²)	0.2% 永久伸び に対する 試験力 (kN)	最大 試験力 (kN)	伸び (%以上)
SWPR7B 7 本より	12.7	16.2	1.25	774	98.71	156 以上	183 以上	3.5
	15.2	18.7	1.25	1,101	138.7	222 以上	261 以上	3.5
SWPR19 19 本より	17.8	21.8	1.5	1,652	208.4	330 以上	387 以上	3.5
	19.3	23.3	1.5	1,931	243.7	387 以上	451 以上	3.5
	21.8	25.8	1.5	2,482	312.9	495 以上	573 以上	3.5

※記号には通常リラクセーション材は N が、低リラクセーション材は L がつく。

3.3. SSL アンカー体

P 型, M 型アンカーは, テンドンを構成するアンボンド PC 鋼より線に圧着グリップを取り付け, これを固定金具に装着してアンカー体に引張り力を伝達する構造となっている。

アンカー体の構造を以下に示す。

〈SSL-P 型〉

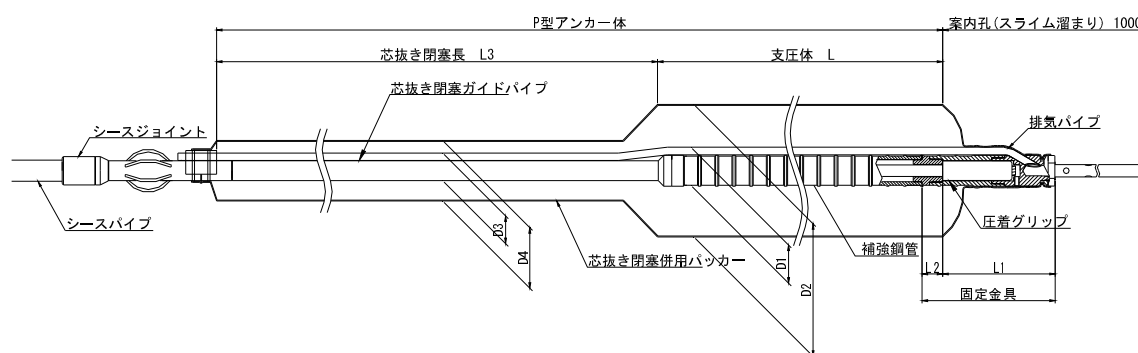


図 3.3.1 SSL-P 型構造図

表 3.3.1 P 型アンカー体の形状

(単位:mm)

区分	テンドン 構成	支圧体			固定金具		芯抜き閉塞パツカー			シース パイプ	質量 M (kg)
		L	D1	D2	L1	L2	L3	D3	D4		
P300	φ 12.7-1	1000	102	300	255	47	※ 2000	102	137	PE48/41	34.6
P400	φ 21.8-1	1000	102	400	255	47		102	157	PE48/41	34.6
P300	φ 12.7-4~7	1200	115	300	209	25		115	157	PE70/62	38.5
P200	φ 12.7-4~7	1000	104	200	209	25	※ 1000	104	137	PE70/62	23.4

※芯抜き閉塞長は要設計計算

材質：閉塞ガイドパイプ, 炭素鋼管

支圧体・固定金具, 炭素鋼ほか

〈SSL-M 型〉

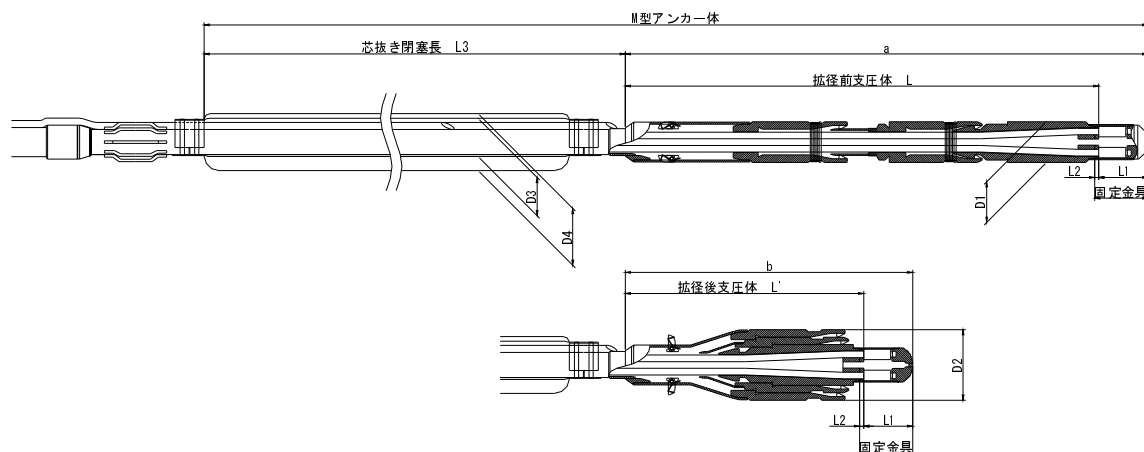


図 3.3.2 SSL-M 型構造図

表 3.3.2 M 型アンカー体の形状

【拡張前（組立時）】

(単位：mm)

区分	テンドン 構成	拡張前支圧体			固定金具		芯抜き閉塞パッカー			質量 (kg)
		L	a	D1	L1	L2	L3	D3	D4	
35M	φ 17.8-1	980	1145	75	165	60	※	72	125	14.2
	φ 19.3-1		1165		185					14.3
	φ 21.8-1		1190		210					14.5
70M	φ 12.7-4～7	1138	1256	98	118	10		92	137	31.2

※芯抜き閉塞長は要設計計算

【拡張後】

(単位：mm)

区分	テンドン 構成	拡張後支圧体			シースパイプ	最大引出し長 (L-L')
		L'	b	D2		
35M	φ 17.8-1	465	630	146	PE48/41	515
	φ 19.3-1		650			515
	φ 21.8-1		675			515
70M	φ 12.7-4～7	567	685	170	PE70/62	571

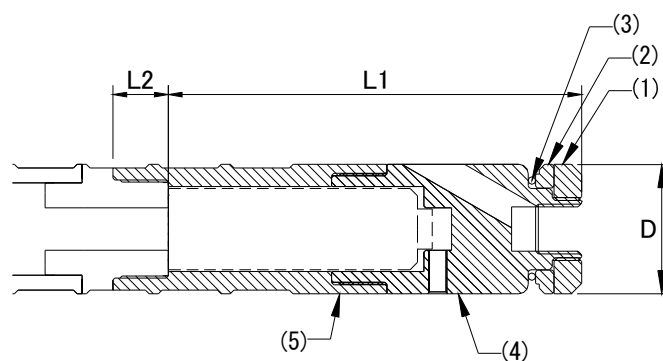
材質：支圧体，ダクタイル鋳物

3.4. 固定金具および関連部材

先端部材は、固定金具、圧着グリップから構成される。

(1) 固定金具

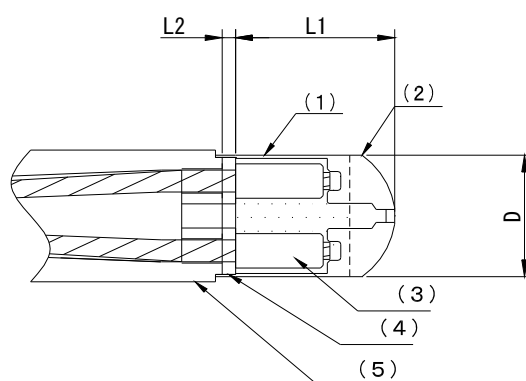
圧着グリップ加工したアンボンド PC 鋼より線を固定する金具でボトムキャップ、ボトムカバー、台座からなる。P 型は、補強鋼管とネジによって接続され、M 型は、支圧体と一体形成される。



(1)	止水ナット
(2)	止水座金
(3)	止水リング
(4)	止水強化付きボトムキャップ
(5)	ボトムカバー

※P 型・PC 鋼より線の構成により若干形状が異なります。

図 3.4.1 (1) P 型固定金具構造図



(1)	ボトムカバー
(2)	ボトムキャップ
(3)	圧着グリップ
(4)	補強金具
(5)	スライダーヘッド

※M 型・PC 鋼より線の構成により若干形状が異なります。

図 3.4.1 (2) M 型固定金具構造図

表 3.4.1 固定金具の形状

区分	テンドン 構成	L1 (mm)	L2 (mm)	D (mm)	質量 (kg)
P300/400	φ 12.7-1	255	47	70	2.9
	φ 15.2-1				
	φ 17.8-1				
	φ 21.8-1				
P300※	φ 12.7-4~7	209	25	82	4.9
P200	φ 12.7-4~7	209	25	82.6	5.0
35M	φ 17.8-1	165	60	64	2.5
	φ 19.3-1	185			2.6
	φ 21.8-1	210			2.8
70M	φ 12.7-4~7	118	10	85	2.1

※上表で P300 のテンドン構成 φ 12.7×4~7 については、オプションとする。

(2) 圧着グリップ

圧着ジャッキを用いてアンボンド PC 鋼より線の固定側端部に圧着し、引張り力を固定金具内の台座に伝達する金具である。

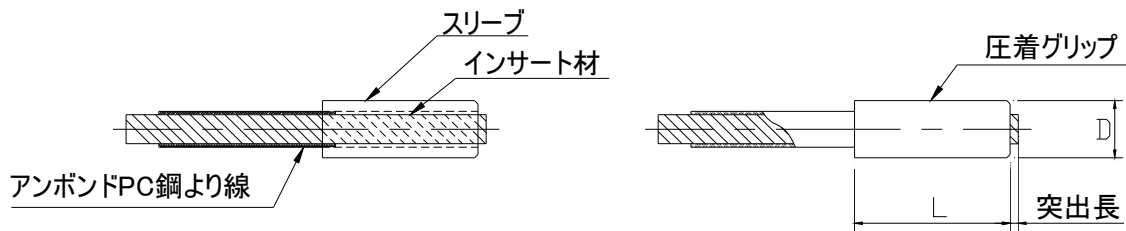


図 3.4.2 圧着グリップ構造図

表 3.4.2 加工後圧着グリップの形状

PC 鋼より線		径D (mm)	長さL (mm)	PC 鋼より線 突出長 (mm)	質量 (kg)
種類	呼び名 (mm)				
7 本より	φ 12.7	25.5±0.5	65±3.0	4.0~8.0	0.18
	φ 15.2	30.5±0.5	80±3.0		0.30
19 本より	φ 17.8	35.0±0.5	111±3.0		0.65
	φ 19.3	38.0±0.5	131±3.0		0.88
	φ 21.8	44.2±0.5	157±3.0		1.43

材質：炭素鋼ほか

3.5. 頭部定着部材

頭部定着部材はアンカーヘッド（アンカーグリップ）、くさび、および支圧板（アンカープレート）によって構成され、アンカー引張り力を伝達するテンドンを図部において固定する役目を担う。

このほか、テンドン軸方向に対して直角な面で接していない場合の定着に用いる角度調整台座として、現場で任意に角度が調整できるアジャストプレートが用いられる。

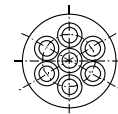
(1) アンカーヘッド（アンカーグリップ）

アンボンド PC 鋼より線の緊張側端部をくさびにより固定する円形の台座金具で、アンボンド PC 鋼より線のサイズおよび使用本数により形状が決まっている（1 本用については、アンカーグリップと称す）。本アンカーに用いる標準形状を表 3.5.1 (1)、表 3.5.1 (2) に示す。

表 3.5.1 (1) アンカーグリップの形状寸法

	アンカーグリップ (1 本用)				
テンドン構成	φ 12.7-1	φ 15.2-1	φ 17.8-1	φ 19.3-1	φ 21.8-1
高さ H (mm)	50	50	60	65	75
孔 配 置					
外径 D (mm)	45	50	50	55	65
質量 (kg)	0.5	0.7	0.9	1.0	2.0

表 3.5.1 (2) アンカーヘッドの形状寸法

	アンカーヘッド
テンドン構成	φ 12.7-4~7
高さ H (mm)	50
孔配置	
外径 D (mm)	110
PCD (mm)	60
質量 (kg)	2.5

材質：炭素鋼相当品

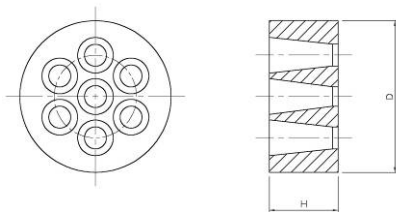


図 3.5.1 アンカーヘッド構造図

(2) くさび

くさびはアンボンド PC 鋼より線をアンカーヘッド（アンカーグリップ）に固定するもので、アンボンド PC 鋼より線のサイズにより、その形状が決まっている。本アンカーに使用するくさびの形状を表 3.5.2 に示す。

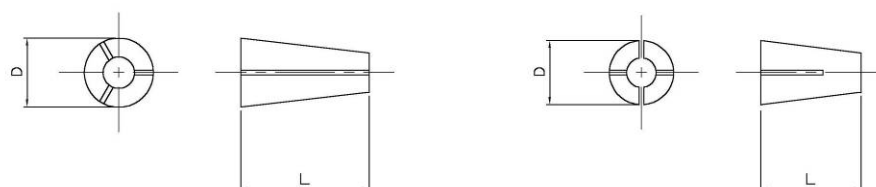


図 3.5.2 くさび構造図

表 3.5.2 くさびの形状

	アンカー ヘッド用	アンカーグリップ用				
テンドン	φ 12.7	φ 12.7	φ 15.2	φ 17.8	φ 19.3	φ 21.8
L (mm)	40.0	52	56	60	65	75
D (mm)	26.2	28	32	38	39	44
形状	二つ割	三つ割		二つ割		

材質：クロムモリブデン鋼ほか

(3) 支圧板（アンカープレート）

支圧板は、定着具からの荷重を台座に、伝達させるために設置する部材で、溶融亜鉛メッキされたものを標準とする。大きさおよび厚さは設計アンカー力、反力体抜き孔径、削孔径などに基づいて計算される。立面に対する定着では支圧板のズレ防止のため、注文に応じて反力体の抜き孔径に応じた位置に長さ 20mm 程度の管を付けたものが用意されている。

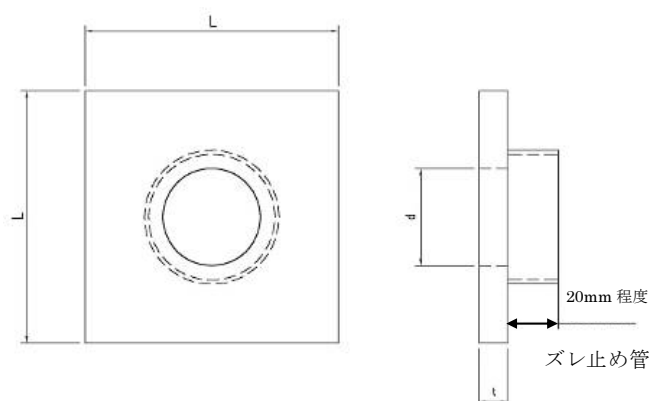


図 3.5.3 支圧板形状

(4) アジャストプレート

アジャストプレートは、テンドン軸方向に対して直角な面で接していない場合の定着に用いる角度調整台座で、傾斜した二枚の円形台座（上部アジャストプレート、下部アジャストプレート）を組み合わせ、角度を調整することが可能である。

アジャストプレートで角度補正を行う場合、反力体の前面に近い位置でシースを切断するとヘッドアダプター内にシースが十分に挿入されず、ヘッドアダプター内に水などが浸入する恐れがある。そのため、アジャストプレートを使用する際は、反力体の前面から6cm 程度の位置でシースを切断する。そのほかの角度補正台座を使用する場合も、シース切断位置の検討が必要である。

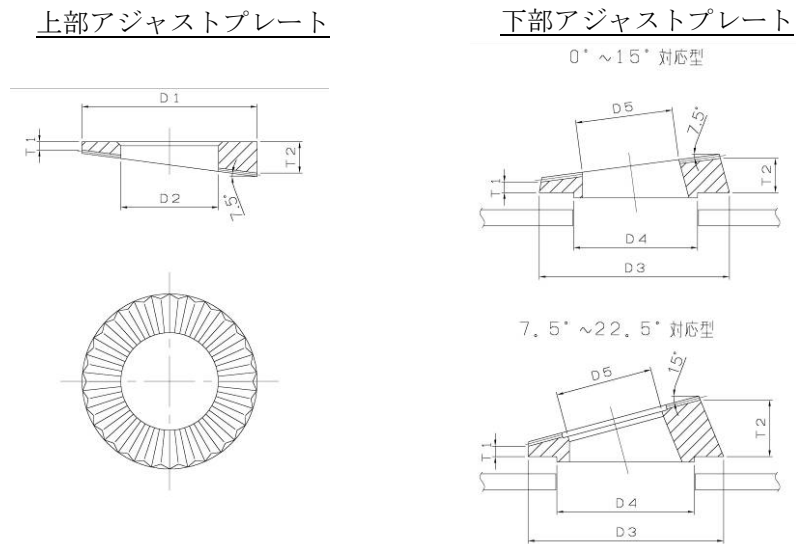


図 3.5.4 アジャストプレート構造図

表 3.5.3 アジャストプレートの諸元

(単位 : mm)

区分	形式		θ	D1	D2	D3	D4	D5	T1	T2
上部	B*135		7.5	135	40~80	—	—	—	10	27.5
	B*165		7.5	165	50~92	—	—	—	10	31.5
下部	*A135	7.5°型	7.5			148	103	78	10	28.0
	*B135	15°型	15			152	113	82	10	45.5
	*A165	7.5°型	7.5			180	117	92	10	32.0
	*B165	15°型	15			185	130	92	10	53.5

材質：球状黒鉛鋳鉄品，防食加工：熔融亜鉛メッキ加工

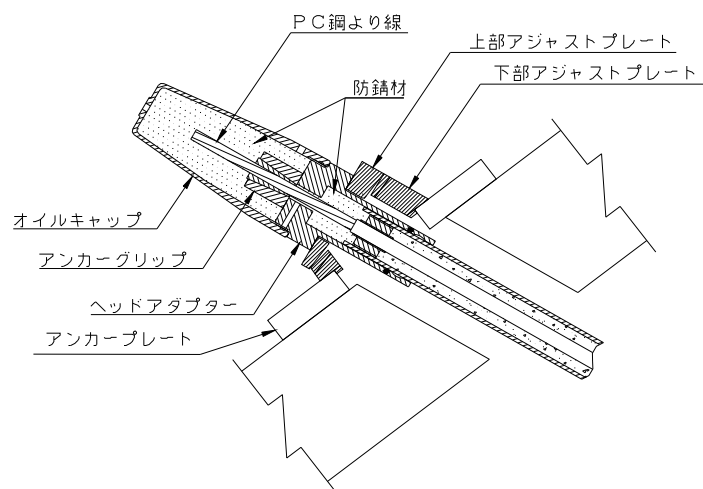


図 3.5.5 アジャストプレート適用例

表 3.5.4 ヘッドアダプターとアジャストプレートの適合諸元

テンドン構成	アジャストプレート規格 上部アジャストプレート+下部アジャストプレート		角度調整範囲	アンカープレート 抜き穴径
$\phi 12.7-1 \sim \phi 21.8-1$ (P300/P400, 35M)	B*135 (D _{2max} =80)	*A135 (7.5°型) *B135 (15°型)	0°～15.0° 7.5°～22.5°	min $\phi 107\text{mm}$ min $\phi 117\text{mm}$
$\phi 12.7-4 \sim 7$ (P300, P200, 70M)	B*165 (D _{2max} =92)	*A165 (7.5°型) *B165 (15°型)	0°～15.0° 7.5°～22.5°	min $\phi 121\text{mm}$ min $\phi 134\text{mm}$

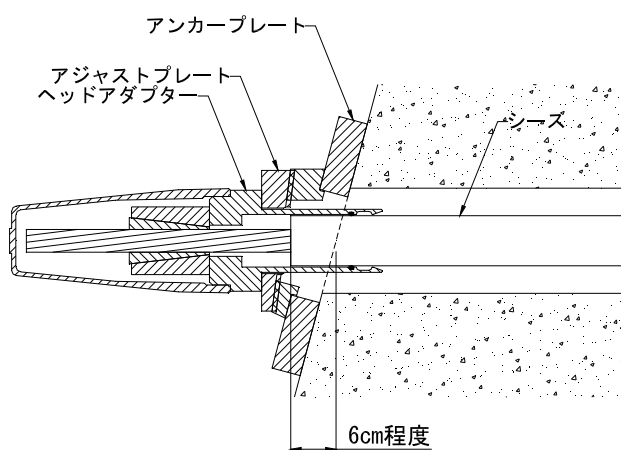


図 3.5.6 アジャストプレート使用時のシーズ切断位置

3.6. 頭部保護部材

アンカー頭部は周辺環境の影響を受けやすい箇所であり、過酷な条件下におかれることが多い。このため、本アンカーではヘッドアダプターシステムを採用することで、水密性に優れたヘッドアダプター、オイルキャップ、シースパイプから構成される。

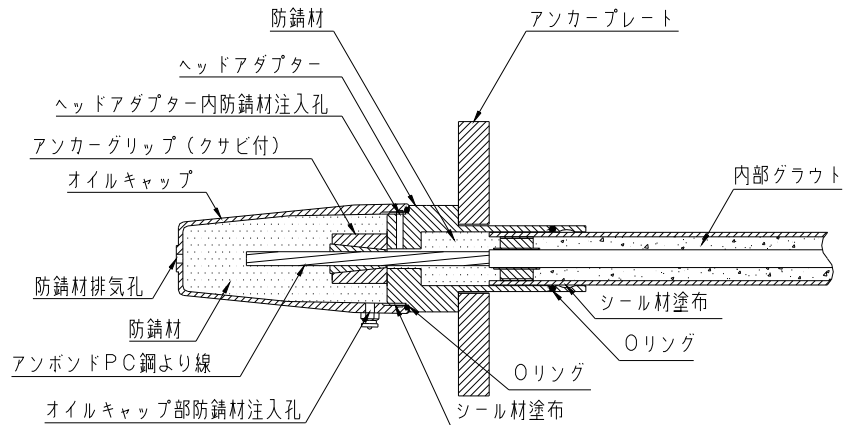


図 3.6.1 アンカー頭部概念図

(1) ヘッドアダプター

シースパイプとオイルキャップを接続し、アンカー頭部定着部材とその背面に有害物質を浸入させないことを目的とした金具で、オイルキャップとはネジにより接続される。また、シースパイプとの接続部の水密性は、Oリング、シール材により保護され、空隙には防錆材が充填される。

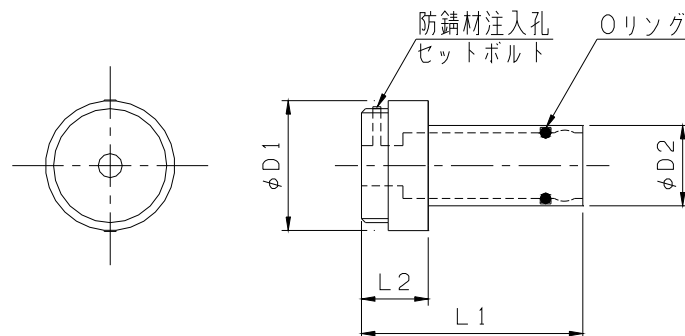


図 3.6.2 ヘッドアダプターの形状

表 3.6.1 ヘッドアダプターの寸法

区分	テンドン 構成	φ D 1 (mm)	φ D 2 (mm)	L 1 (mm)	L 2 (mm)	質量 (kg)	防錆材 (kg)
P300 P400	φ 12.7-1	97	60.5	166	50	2.9	0.2
	φ 15.2-1	97	60.5	166	50	2.8	0.2
	φ 17.8-1	97	60.5	166	50	2.8	0.2
	φ 21.8-1	97	60.5	166	50	2.7	0.2
P300	φ 12.7-4～7	138	82.6	179	60	5.3	0.5
P200	φ 12.7-4～7	138	82.6	179	60	5.3	0.5
35M	φ 17.8-1	97	60.5	166	50	2.8	0.2
	φ 19.3-1	97	60.5	166	50	2.7	0.2
	φ 21.8-1	97	60.5	166	50	2.7	0.2
70M	φ 12.7-4～7	138	82.6	179	60	5.3	0.5

※材質：炭素鋼，防食加工：溶融亜鉛メッキ加工ほか

注：① ヘッドアダプターとシースの接続

ヘッドアダプターとシースの接続は止水に十分注意して接続しなければならない。

ヘッドアダプターのシース接続パイプ内側のＯリングから口元にかけてスエバーシールを塗布する。スエバーシールはスエバーシールチューブの口元径の大きさと連続的に螺旋状に巻きつけるものとする。

シース外側に受圧板口元からできるだけ奥までスエバーシールを螺旋状に丁寧に塗布する。

② ヘッドアダプターとオイルキャップの接続

ヘッドアダプターのオスネジ部に止水テープを 3 重に巻き付けた上スエバーシールをオスネジ部全体に塗布する。オイルキャップメスネジ部にスエバーシールを塗布する。

(2) オイルキャップ

ヘッドアダプターのネジを介して，ヘッドアダプターと一体となる構造で，PC 鋼より線，アンカーヘッドおよびくさびを外的環境から保護し，防食するための防錆材を充填しておく容器である。テンドンの種類（サイズ，本数）に応じた形状が選択される。

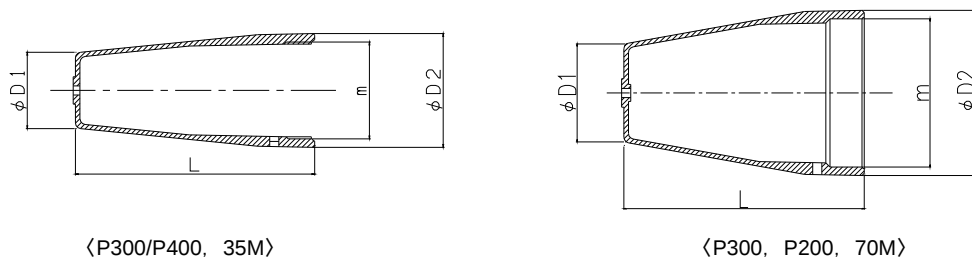


図 3.6.3 オイルキャップ

表 3.6.2 オイルキャップの形状

区分	テンドン構成	φ D1 (mm)	φ D2 (mm)	L (mm)	質量M (kg)	防錆材V (kg)
P300/P400 35M	φ 12.7-1 ～ φ 21.8-1	66	100	210	0.9	0.9
P300 P200 70M	φ 12.7-4～7	86	145	210	1.3	1.5

材質：アルミ鋳物

(3) 切断余長

地盤のクリープやリラクセーションが生じた場合には、アンカーの残存引張り力が経時的に減少するため、再緊張が必要となる。このように、再緊張が予想される場合には、テンドンを構成する引張り材は緊張代を残して切断する。

また、除荷が必要となるのは、軸力計を交換する場合や設計アンカー力以上の荷重が作用する場合である。設計アンカー力以上の荷重が作用する場合は、地盤の強度の低下による土圧の増大、地すべりブロックの拡大、地下水位の上昇、凍上、応力解放、地盤の膨張等が要因と考えられ、これらの可能性については十分な検討を行い、設計段階で切断余長を決定する。

このように地盤の不安定化によるアンカー力の増大が生じた場合には、テンドンが破断したり、アンカー体が引抜ける可能性があるため、アンカーの増し打ちなどの対策を行った後に、除荷を行う。

また、除荷や再緊張に伴い、いったん緊張力を解放する場合には、テンドン自由長は数～数十 cm 程度短くなるため、このような場合を考慮して、切断余長を決定する必要がある。

本工法で使用する定着具において、再緊張する場合に必要な切断余長は以下の通りである。

表 3.6.3 再緊張に要する切断余長

区分	テンドン構成	最大切断余長 (mm)	再緊張する際に必要な 最小切断余長 (mm)
P300/P400 35M	φ 12.7-1	約 125	70
	φ 15.2-1	約 120	70
	φ 17.8-1	約 115	90
	φ 19.3-1	約 110	95
	φ 21.8-1	約 100	95
P300, P200 70M	φ 12.7-4～7	約 120	80

※上記の切断余長で不足する場合は、別途長尺オイルキャップを製作し、使用する。

(4) シースパイプ

シースパイプは、厚肉なポリエチレン樹脂からなり、テンドンを防食する被覆材となるほか、グラウト注入時の管路となる。

表 3.6.4 シースパイプの諸元

呼び径 (mm)	外径 (mm)	肉厚 (mm)	内径 (mm)	質量 (g/m)
30	42.0	3.5	35.0	394
40	48.0	3.5	41.0	455
50	60.0	4.0	52.0	654
65	76.0	5.0	66.0	1040
75	89.0	5.5	78.0	1340

材質：低密度ポリエチレン

(5) 防錆材

アンカー頭部および固定金具内は、防錆油を防錆材として充填し、保護するものとする。アンカー頭部に用いる防錆油は周辺環境を考慮し、高温下でも粘性の高いものが望ましく、長期的な信頼性を有する高品質なものを使用する。下表に代表的な防錆油（ブイコート H、プロコート C）の一般性状を示す。

表 3.6.5 防錆材の一般性状の例

試験項目	単位	ブイコート H	プロコート C
密度 (15℃)	g/cm ³	0.91	0.91
ちょう度 (@25℃)		265	244
滴点	℃	197	206
湿潤試験 (A 級)	時間	1000	1000

(6) シール材

ヘッドアダプターとシースパイプ、さらにオイルキャップとの接続部に用い、テンドンや定着具への水の浸入を防止するためのものである。水密性を高めるために水膨潤弾性シール材を用いる。

このほか固定金具のボトムカバー周辺の接続部にも用い、防水措置を講ずる。

下表に使用実績の多いスエバーシール K-1 の一般性状を示す。



図 3.6.4 シール材荷姿

表 3.6.6 シール材の硬化前性状（代表値）

項目	外観	比重 (23°C)	押し出し性 (23°C)	スランプ（縦） (35°C)	タックフリー (23°C, 50%RH)
試験結果	グレー色，ペースト状	1.25	4 秒	0mm	4 時間

表 3.6.7 シール材の硬化後物性（代表値）

項目	硬度 (Hs)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	引裂強さ (kN/m)
試験結果	25	2.6	950	10

3.7. グラウトおよび関連部材

(1) セメント

セメントは、JIS などの規格および基準に適合したポルトランドセメントを用いることを標準とする。

(2) 練混ぜ水

練混ぜ水は、グラウト、テンドンなどに悪影響を及ぼす油、塩類、有機物、その他の物質の有害物を含まないものとする。

(3) 混和材料

混和材料は、JIS などの規格および基準に適合したものを使用する。

(4) その他のグラウト

セメント系グラウト以外のグラウトを用いる場合は、所要の品質および性能を有しているものを使用する。

(1) グラウト

アンカーに使用するグラウトはセメントペーストとする。グラウトは、確実なアンカー体を形成し、テンドンを腐食から保護するとともにアンカー力を設置地盤に確実に伝達するものである。したがってグラウトに要求される品質としては、まだ固まらないグラウトでは良好な流動性を有し、練混ぜから注入終了までの間に流動性の低下がないこと、注入後の容積変化が小さいことなどである。また、固まった後のグラウトについては、十分な強度を有すること、堅実な充填がされていること、水密性に優れていることなどである。

グラウトに用いる材料には、セメント、水、混和材料がある。要求される品質を満足するためには、グラウトの所要の強度、施工性、地盤などを十分考慮のうえ選定する。

本アンカーではグラウトと耐荷体との十分な付着強度を得るため、また圧縮強度を確保するために設計基準強度は以下の通りとする。

表 3.7.1 グラウトの設計基準強度

設計基準強度 f'_{ck}	24 (N/mm ²)
------------------	-------------------------

また、シースパイプ内に注入する際の流動性を確保するため、P ロートによる流下時間は、10～18 秒程度を目安とする。

現在、一般的に使用されているグラウトの配合例を示す。ただし実際の施工にあたっては、セメントや混和剤の種類、温度（外気温、水温）などによってグラウトの性状が変化することが予想されるため、事前に試験練りを行う必要がある。

表 3.7.2 グラウトの配合（例）

	セメント C	水 W	混和剤 (マスターレオビルド 4000※)	備考
重量配合比	1	0.5	0.01C (ℓ)	W/C=50%の場合
1 m ³ 当たり配合	1230 kg	615 kg	12.3 ℓ	セメント比重 3.15 (普通) の場合

※マスターレオビルド 4000 は、単位水量の一部になるため練り混ぜ水量を補正する必要がある。

注 1) 混和剤は必要に応じて使用する。添加量は混和剤の種類によって異なる。

注 2) P ロートによるフロー値は、練混ぜ直後のフロー値で 10～18 秒程度を目安とする。

(2) 芯抜き閉塞パッカー (M 型)、芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー (P 型)

P 型、M 型についてはアンカー体部への加圧注入を目的とするほか、芯抜き閉塞部を確実に造成するためにシームレスパッカー（耐圧性の高い縫い目のない構造）を使用するものとする。

パッカー加圧方式は、ケーシング加圧方式と比較して、下記に示す利点を有する。

- ① アンカーの引抜き耐力の発現を、本来目的とするアンカー体部のみに限定することができ、かつこの耐力を確認することができる。
- ② 自由長部等からの孔内流動水によりグラウトが流出、希釈されることを防止できる。
- ③ ケーシング加圧方式が不適当とされる岩盤に対しても確実に閉塞部が造成され、加圧注入することができる。

また、拡孔支圧型アンカーでは、漏水性地盤であってもパッカー部（芯抜き閉塞部）は造成が確実であることから、これによりアンカー耐力を十分に発現させることができる。

M 型アンカーでは、パッカーを使用する際に、排気パイプを併用する。これは、パッカー加圧注入に引き続いて行われるアンカー体部注入により、アンカー体部の孔内水やスライムがグラウトに置換されて排出されることを促すためのものである。

注入作業時には孔口で排水が注入グラウトに完全に置換され安定するのを確認し、これに続いて排気パイプを閉塞してアンカー体部の加圧注入に移行する。

＜シームレスパッカーの形状＞

シームレスパッカーの形状は次に示すとおりである。

表 3.7.2 シームレスパッカーの形状

呼び径	折り幅	注入時最大直径	適用アンカー	注入時最大圧力
φ 120	約 18cm	180mm	35M, 70M	0.6MPa

＜シームレスパッカーの特性＞

- ①密着性：グラウトの注入により膨張するとともに、注入初期段階でグラウトが適度に漏出し孔壁に密着する。
- ②急結性：注入を継続すると、パイル編みされた生地が次第に目詰まりし、グラウトは脱水されて水分のみが漏出する。この結果、注入直後に固結度が高く、アンカー体部のグラウト圧入に耐え得るパッカー閉塞部が造成される。

1) P 型用 芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー

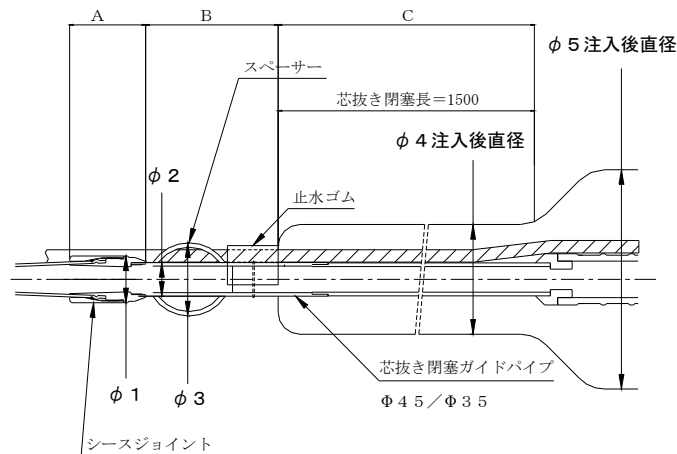


図 3.7.1 P 型用 芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー構造図

（芯抜き閉塞長 $h_r=1.5m$ の例）

表 3.7.3 P 型用 芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー寸法

（単位：mm）

区分	デンドン 構成	シース パイプ	φ 1	φ 2	φ 3	φ 4	φ 5	A	B	C
P300	φ 12.7-1 ～	PE48/41	63.5	45.0	97	137	300	105	260	1500～
P400	φ 21.8-1	PE48/41	63.5	45.0	97	157	400	105	260	1500～
P300	φ 12.7-4～7	PE70/62	82.0	60.5	97	157	300	105	245	1300～
P200	φ 12.7-4～7	PE70/62	82.6	60.5	97	137	200	105	245	1000～

※ φ 4 寸法はロータリーパーカッション削孔の場合

2) M 型用 芯抜き閉塞ガイドパイプ付パッカー

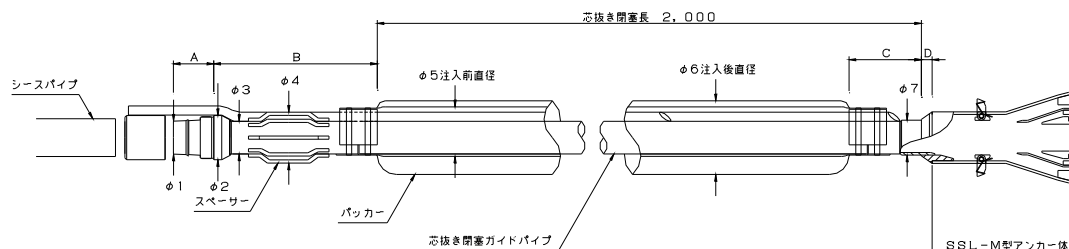


図 3.7.2 M 型用 芯抜き閉塞ガイドパイプ付パッカー構造図

(芯抜き閉塞長 hr=2.0m の例)

表 3.7.4 M 型用 芯抜き閉塞ガイドパイプ付パッカー寸法

(単位：mm)

区分	テンドン 構成	シース パイプ	φ 1	φ 2	φ 3	φ 4	φ 5	φ 6	φ 7	A	B	C	D
35M	φ 17.8-1 ～ φ 21.8-1	PE48/41	41	63.5	42.7	80	72	125	42.7	75	235	135	15
70M	φ 12.7- 4～7	PE70/62	61	82	60.5	95	92	137	65	75	300	135	23

※ φ 6 寸法はロータリーパーカッション削孔

(3) パッカー注入パイプおよび排気パイプ

パッカー注入パイプおよび排気パイプは、ポリエチレンパイプを使用する。

表 3.7.5 パッカー注入パイプおよび排気パイプ一覧表

呼び径 (mm)	外径 (mm)	肉厚 (mm)	内径 (mm)	質量 (g/m)
10	17.0	2.0	13.0	88
13	21.5	2.7	16.1	148

(4) 閉塞ガイドパイプおよびシース部専用止水具

閉塞ガイドパイプとパッカー結束部の止水は専用止水具を用いる。

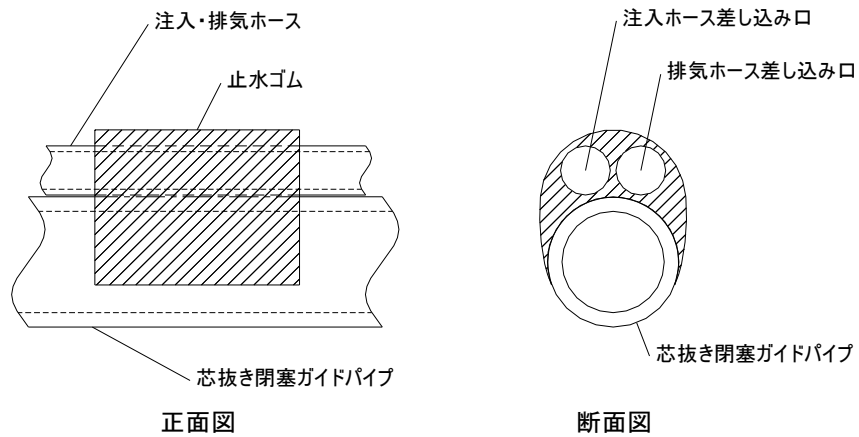


図 3.7.3 芯抜き閉塞ガイドパイプ止水具

材質：硬質ゴム

3.8. 緊張装置

アンカー工法に用いる緊張装置は、ジャッキと油圧装置から構成され、その性能はアンカー緊張力に適応するように工夫されている。

(1) ジャッキおよび緊張治具

ジャッキの構成部材は、センターホール型で油圧により作動するジャッキ本体とジャッキチェア、プリングヘッド、およびメッキくさびによって構成される。

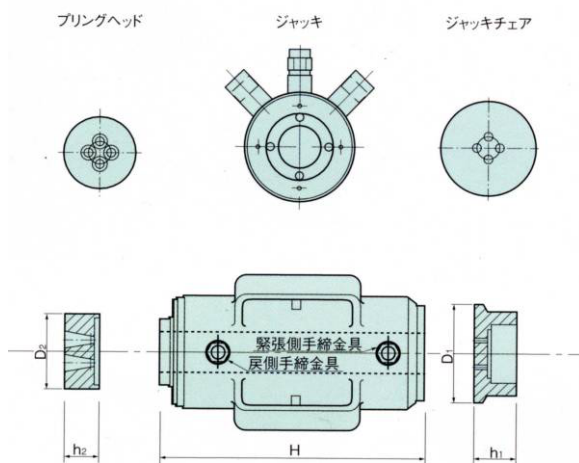


図 3.8.1 ジャッキの構成

表 3.8.1 ジャッキチェアおよびブリングヘッドの形状 (単位: mm)

テンドン構成	ジャッキチェア		ブリングヘッド	
	D1	h1	D2	h2
φ 12.7-1	110	80	84	73
φ 15.2-1	120	80	110	73
φ 17.8-1	120	95	110	85
φ 19.3-1	120	100	110	85
φ 21.8-1	120	105	110	85
φ 12.7-4~7	190	50	140	85

表 3.8.2 ジャッキの仕様

型 式	600 -180	600 -300	1000 -180	1000 -300	1000 -400	1600 -200	1600 -350	1600 -500	拡張専用 ジャッキ
最大荷重 (kN)	600		1,000			1,600			160
ストローク (mm)	180	300	180	300	400	200	350	500	400
受圧面積 (cm ²)	88.55		148.4			236.99			23.29
最大圧力 (MPa)	67.8		67.4			67.5			68.70
全長 (mm)	370	490	390	510	650	404	560	746	590
質量 (kg)	45	55	70	91	118	115	150	220	26

(2) 油圧ポンプ

電動油圧ポンプは作業条件を勘案し、超小型・軽量な可搬性に優れたポンプユニット。
2 位置 4 方弁を標準装備しており、複数シリンダーを遠隔操作でき、A ポートリリーフバルブと B ポートリリーフバルブとが別々に設定されており、試験、緊張・定着などが容易にできる。

表 3.8.3 ポンプユニット諸元

型式	100 V 油圧ユニット
電源	AC100 V 単層 50/60 Hz 14 A
モーター仕様	0.45 kW 整流子モーター
高圧時圧力	70 MPa
低圧時圧力	1.5 MPa
高圧時吐出量	0.6 ℓ /min (60 MPa 60 Hz 時)
低圧時吐出量	2.0 ℓ /min (無負荷 60 Hz 時)
タンク油量	5 ℓ (有効 2.5 ℓ)
操作方法	復動用 2 位置 4 方電磁弁, 手元スイッチ操作
総質量	24 kg
電源コード長	3 m
適用作動油	ISO VG 32N 相当
操作スイッチコード	オプション

3.9. 拡孔ビット

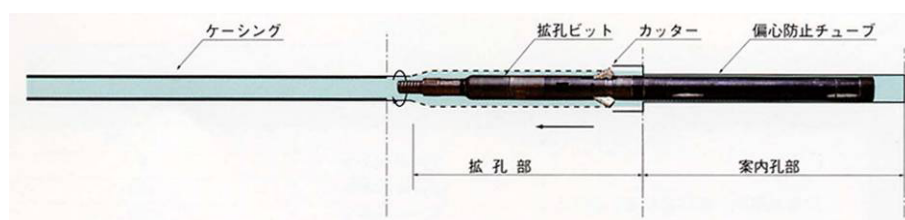
P 型, M 型アンカーは, 支圧体部の拡孔が必要であり, その拡孔作業のため, SSR 拡孔ビットが用意されている。

SSL 拡孔支圧型アンカーの専用拡孔ビットはアンカー形式に応じて, 以下の型式がある。
拡孔は孔底より手前に引き, 拡孔する。

表 3.9.1 SSR 拡孔ビット (P, M 型用)

拡孔ビット型式	本体径 (mm)	本体長 (mm)	偏心防止 チューブ長 (mm)	全長 (mm)	最大 拡孔径 (mm)	質量 (kg)	備 考
300P 型 SSR-300	100	755	1,000	1,755	300	39	ロータリー用右回転ビット
400P 型 SSR-400	120	1,060		2,060	400	66	〃
300P 型 SSR-300P	100	770		1,770	300	39	パカッション用左回転ビット
400P 型 SSR-400P	120	1,060		2,060	400	66	〃
200P 型 SSR-200	100	755	500	1,255	200	39	ロータリー用右回転ビット
200P 型 SSR-200P	100	770		1,270	200	39	パカッション用左回転ビット
35M 型 SSR-150	76	625	1,000	1,625	146	12	ロータリー用右回転ビット
70M 型 SSR-180	100	665		1,665	170	38	〃
35M 型 SSR-150P	76	625		1,625	146	12	パカッション用左回転ビット
70M 型 SSR-180P	100	665		1,665	170	38	〃

〈SSR-180 拡孔ビット (M 型用)〉



〈SSR-300 拡孔ビット (P 型用)〉

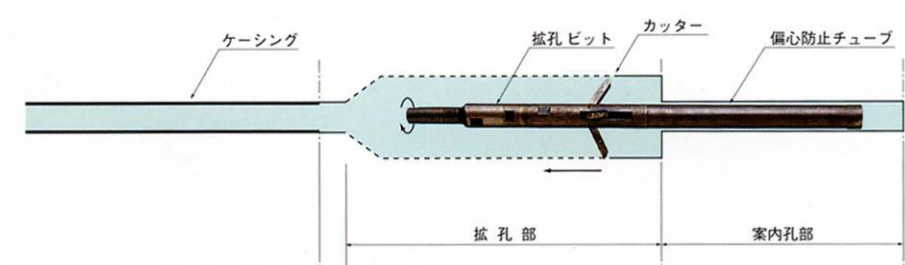


図 3.9.1 拡孔ビット

4. 設計

4.1. 設計一般

- (1) アンカーの設計においては、その目的に適合するように安全性、施工性および経済性を考慮し、周辺の構造物、埋設物などに有害な影響がないように検討を行う。
- (2) アンカーの設計に際しては、原則として基本調査試験を行って、その結果を反映する。

- (1) アンカーは土留め・斜面・のり面・各種構造物の安定など種々の用途に用いられ、その使用期間も多岐にわたる。アンカーの設計にあたっては、アンカー自体の安全性やアンカーを含めた構造物系全体の安定性を確保するだけでなく、施工性、経済性および周囲の環境にも配慮する。

アンカーの仕様は、アンカーされる構造物の種類、アンカーの使用目的や使用条件等に応じて、アンカーを含む構造物全体の安定や許容される変形量を満足するように決定する。

表 4.1.1 アンカーの供用期間と構造物の置かれる条件による分類

構造物の種類	供用期間	
	2 年未満	2 年以上
一般の構造物	ランク B	ランク A
特殊な条件下にある構造物	ランク A	

表 4.1.1 は、アンカーを、供用期間と構造物の置かれる条件により分類したものである。一般的なアンカーのうち、供用期間が 2 年を超えるものについてはランク A としている。また、ケーブルクレーンの基礎のように常に繰り返し荷重が作用する場合、あるいは温泉地帯や海岸沿いなどの高腐食条件下で使用されるアンカーについては、供用期間によらずランク A に分類している。ランク A のアンカーに関しては、仕様や安全率などを、その重要度やアンカーの使用方法などを勘案して設定する。

- (2) 事前に基本調査試験が実施されていない場合や、過去に行われた基本調査試験の仕様が、計画されているアンカーの形状と異なる場合には、当該計画に対して適切な設計を行うため、実際に施工するアンカーと同じ条件で基本調査試験を行い、設計に用いる諸定数を求める。

しかし、現場状況などにより設計に先立って基本調査試験を行うことができない場合もある。近隣の同種工事で実績がある場合や、簡易な仮設に用いる場合には、責任技術者の判断により基本調査試験を省略することができるが、施工開始後早期に適性試験を行って、設計の妥当性を確認する。

4.1.1. 適用地盤

本アンカーは、十分な支圧抵抗が確保される地盤にアンカー体を設置させることを原則とする。

本アンカーには、粘土・風化岩用及び軟岩～中硬岩用の P 型と軟岩～中硬岩用の M 型があり、各アンカーに適用される拡孔ビットの拡孔能力には限界がある。

設置地盤の一軸圧縮強度による拡孔ビットの拡孔能力の目安は、粘土・風化岩対応の P400 用で 2MPa 以下、P300 用で 5MPa 以下、軟岩～中硬岩対応の P200 用で 50MPa 以下、M 型用で 25MPa 以下の範囲とされる。

このため、本アンカーの設計にあたっては、設置地盤の土質・岩石試験ならびに基本調査試験を行って、アンカーの許容引抜き力を決定する。

設置地盤の一軸圧縮強度を基にアンカーの許容引抜き力を決定する場合は、設置地盤の RQD が 60%以上の資料から採取したコアを供試体とすることが望ましい。

RQD60%以下の地盤に設置する場合は、基本調査試験を行ってアンカーの許容引抜き力を決定することが望ましい。

4.1.2. 設計アンカー力

設計アンカー力は、4.1.3.で定める許容アンカー力を超えないものとする。

設計アンカー力は、4.1.3.で定める許容アンカー力を超えないものとする。また、設計アンカー力は、アンカーされるアンカー構造物、アンカーの配置および地盤条件等を考慮して決定する。

4.1.3. 許容アンカー力

許容アンカー力は、テンドンの許容引張り力とアンカーの許容引抜き力のいずれか最も小さい値を採用する。

(1) テンドンの許容引張り力

テンドンの許容引張り力 (T_{as}) は、テンドンの極限引張り力 (T_{us}) およびテンドンの降伏引張り力 (T_{ys}) に対して、低減率を乗じた値のうち、小さい値とする。

(2) アンカーの許容引抜き力

アンカーの許容引抜き力 (T_{ag}) は、設置地盤の一軸圧縮強度ならびに基本調査試験によって決定される。

(1) テンドンの許容引張り力

本アンカーのテンドンは、各形式によってアンボンド PC 鋼より線と本数の組み合わせが標準化されている。

テンドンの許容引張り力 (T_{as}) は、テンドンの極限引張り力 (T_{us}) およびテンドンの

降伏引張り力 (T_{ys}) に対して、低減率を乗じた値のうち、表 4.1.2 のいずれか小さい値とする。

PC 鋼より線の 1 本当たりの規格荷重は表 4.1.3 のとおりである。

表 4.1.2 テンドンの極限・降伏引張り力に対する低減率

分類		テンドン極限引張り力 (T_{us}) に対して	テンドン降伏引張り力 (T_{ys}) に対して
ランク A	(常時)	0.60	0.75
	(地震時)	0.80	0.90
初期緊張時，試験時		—	0.90

表 4.1.3 アンボンド PC 鋼より線の規格荷重 (ランク A, 1 本当たり)

呼び径 (mm)	諸 元						許容引張り力 (JGS)	
	外径 (mm)	被覆 厚さ (mm)	公称 断面積 (mm ²)	裸線 単位質量 (kg/m)	極限 引張り力 T_{us} (kN)	降伏 引張り力 T_{ys} (kN)	常時 $0.60 T_{us}$ (kN)	地震時 $0.90 T_{ys}$ (kN)
2.7	16.2	1.25	98.71	0.774	183 以上	156 以上	109	140
15.2	18.7	1.25	138.7	1.101	261 以上	222 以上	156	199
17.8	21.8	1.5	208.4	1.652	387 以上	330 以上	232	297
19.3	23.3	1.5	243.7	1.931	451 以上	387 以上	270	348
21.8	25.8	1.5	312.9	2.482	573 以上	495 以上	343	445

(2) アンカーの許容引抜き力

本アンカーの許容引抜き力は、設置地盤および設置岩盤の一軸圧縮強度ならびに基本調査試験によって、決定される。

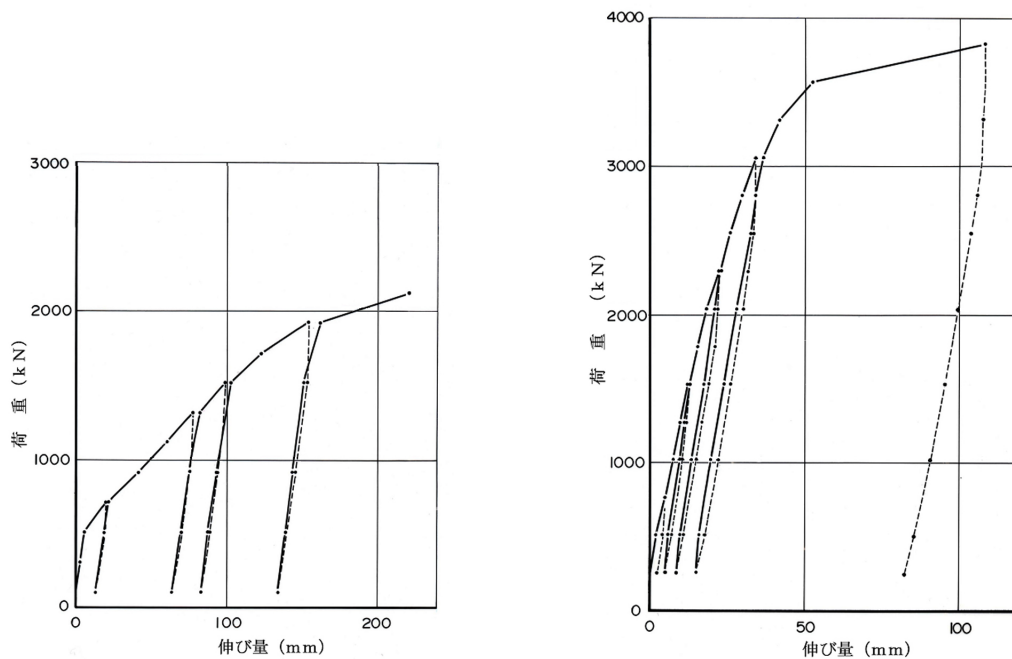
4.1.4. 芯抜き閉塞長

芯抜き閉塞長は、砂岩などの脆性岩盤において、支圧体肩部に作用するアンカー引張り力によって、肩部に接する岩盤がボーリング削孔の内側に欠け落ち、このため支圧体が尺取り虫的に引抜けるのを防ぐための、グラウトによる所要充填区間長である。

図 4.1.1 に、芯抜き区間を閉塞しない場合と閉塞した場合における、荷重-伸び量曲線の例を示す。

図 4.1.1 (a) が、芯抜き区間を閉塞しない場合の例で、図中の P_{cr} (岩盤めり込み荷重) を境に荷重落ちが生じ、荷重-伸び量曲線の勾配が緩やかになる。この荷重落ちは、芯抜き区間における岩盤がボーリング削孔壁の内側に欠け落ちるために発生する現象で、支圧体が尺取り虫的に引抜けるため荷重対応の塑性伸びが増大する。芯抜き区間をある区間長にわたって閉塞した場合の試験例が図 4.1.1 (b) であり、荷重-伸び量曲線は直線状に伸び、塑性伸びもほとんど発生しない。

表 4.1.4 に、芯抜き区間を閉塞した場合と閉塞しない場合における岩盤破壊荷重を対比して示す。



(a) 芯抜き区間閉塞なし（2100kN 用アンカー） (b) 芯抜き区間閉塞あり（2100kN 用アンカー）

図 4.1.1 M 型アンカーによる荷重-伸び量曲線

表 4.1.4 アンカー荷重-伸び量試験（長崎県平地すべり地）

設計アンカー力 (kN)		700	1300	2100	5000
支圧体の支圧面積 (cm ²)		42.7	64.1	95.9	432.4
岩盤の一軸圧縮強度 (MPa)		12.88	24.10	24.15	15.70
岩盤破壊荷重 (kN)	芯抜き区間閉塞なし	560	1600	2100	3000
	芯抜き区間閉塞あり	1300	2600	>3500	>7000
芯抜き区間閉塞の場合の岩盤破壊安全率		1.85	2.00	>1.66	>1.4
引張り材降伏荷重に対する安全率		1.4	1.4	1.4	1.4

(注 1)：破壊荷重において>の記号は、破壊荷重が確認できなかったもの。

(注 2)：破壊荷重とは、破壊が実際に確認されたわけではなく、荷重-伸び量曲線からそれと判断された荷重。

表 4.1.4 に示すように、芯抜き区間の閉塞による破壊所要荷重の増大は、非閉塞の場合の実に 1.6 倍以上であり、この値は、設計アンカー力に対して 1.4 倍以上の安全率に相当する。上表の最後に記載してある、引張り材降伏荷重に対する安全率 1.4 を上回り、「設計上とくに岩盤の破壊についての検定を行う必要がない」ことを示唆している。

P 型、M 型の設計施工にあつては、芯抜き区間の閉塞が必要条件である。

4.1.5. アンカーの配置

(1) アンカー配置計画

アンカーの配置は、アンカーで固定される構造物の周辺地盤を含めた全体的な安定性、近接構造物や地中構造物への影響、地質等を考慮して計画する。

(2) アンカー傾角

アンカー傾角は、所定のアンカーが確実に造成できるように決定する。

(3) アンカー体の設置間隔

アンカー体の設置間隔は、アンカーの相互作用を考慮して決定する。

(1) アンカーの配置計画

アンカーは、アンカーされる構造物、アンカーする地盤について構造物全体の安定を確認し配置する。アンカー体設置位置およびアンカーの方向や間隔は、設計段階の初期にあらかじめ想定し、不経済な設計になったり、施工段階で問題が生じないようにする。

アンカーの配置計画に際しては、アンカー設置対象地盤中の埋設物、構造物、杭などについて事前に十分調査する。調査結果にもとづき、近接構造物に対する影響や近接構造物がアンカーへ与える影響について検討する。構造物、地中埋設物などの障害物がある場合は、孔曲がりなど削孔精度を考慮して、アンカー傾角、アンカー水平角について十分検討してアンカーの配置を決定する。また、既設構造物施工時の地盤の乱れ、埋戻し不良などに伴うアンカー体設置地盤の緩み等、アンカー自身への影響についても十分検討する。

対象とする地盤が土砂で構成されている場合には、構造系全体の安定の他に、注入中のグラウトの漏れの防止やアンカーの許容耐力を得るための上載圧の確保などのために、アンカー体の最小土被り厚を 5m 以上確保することが望ましい。

(2) アンカー傾角について

アンカー頭部に加わる力の方向は、アンカーの軸方向と一致させるのが最も有利であるが必ずしも一致するとは限らない。また、アンカー傾角 (α)、アンカー水平角 (θ) によっては、アンカー軸方向以外の力が発生するので、アンカー工法の適否を含めて分力に対する検討も必要となる。

したがって、アンカーを計画する場合、その設置角度は力学的有利性だけでなく、種々の条件を考慮して決定する。

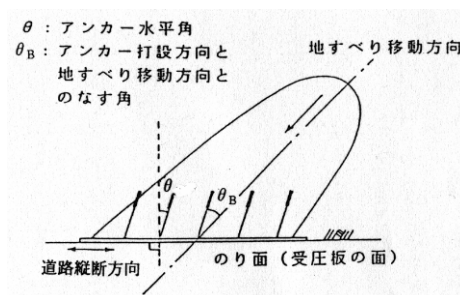


図 4.1.2 アンカー打設角度と地すべり移動方向および道路縦断方向との関係²⁾

水平角が大きいと受圧板に滑動力が発生することがあるため水平角を極力小さくすることが望ましい。

土留めや斜面・のり面の安定を目的としたアンカーでは、設置角度は一般的に $\alpha \leq 45^\circ$ で設計される。ただし、アンカーの傾角 (α) を $-5^\circ \sim +5^\circ$ の範囲にすると、残留スライムおよびグラウト硬化時に生じるグラウトブリーディングがアンカーの耐力に大きく影響する可能性があるため、この範囲は避ける。削孔長が長い場合は、削孔精度の維持が困難となるので、なるべく余裕のある傾角とするのが望ましい。

また、図 4.1.3 に示すように断面的に受圧板とアンカーの施工角度の差が大きい場合には、アンカーの緊張により受圧板が上方へ移動する事例もみられる²⁾ ため、滑動に対する安定を検討する必要がある。

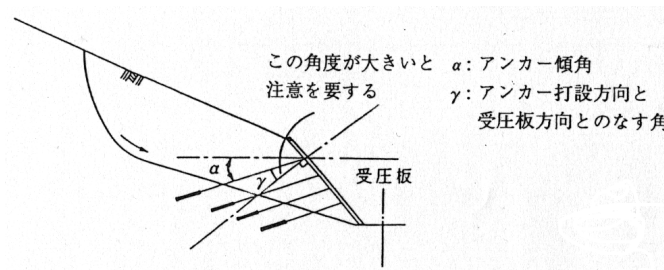


図 4.1.3 受圧板とアンカーの打設角度の関係²⁾

(3) アンカー体の設置間隔

アンカー体設置間隔は、設計アンカー力、アンカー体径、アンカー体長などアンカー諸元を考慮して決定する。この場合、グループ効果によりアンカーの極限引抜き力が減少する場合があることに注意しなければならない。

グループ効果の影響はアンカー体設置間隔、アンカー体長、アンカー体径、地盤との関係により求まる。一般的には 1.5m 以上確保すればグループ効果は考慮しなくてよいと考えられている。もし、間隔をこれより狭くして設置する場合には、アンカー傾角をずらした千鳥配置とすることにより、アンカー体相互の離隔を確保する方法もある。

4.1.6. アンカーの長さ

(1) アンカー自由長

アンカー自由長は、原則、最小長さを 4m とし、土被り厚さ、構造系全体の安定等を考慮して決定する。

(2) テンドン自由長

テンドン自由長は、変形を考慮し、かつ所要の緊張力を確保できるように決定する。本アンカーのテンドン自由長は、圧着グリップ座面とアンカーヘッド（グリップ）座面との間の距離とする。

(3) アンカー体長

アンカー体長は、各アンカーの支圧体の長さとし、芯抜き閉塞区間を加算した長さを標準とする。

(4) 芯抜き閉塞長

芯抜き閉塞長は、設置地盤の一軸圧縮強度および設計アンカー力等によって、芯抜き閉塞長を求める式により決定する。ただし、標準閉塞長として最低閉塞長が決められている。

(1) アンカー自由長 (l_f)

アンカー自由長は、アンカー頭部からの引張り材に導入された緊張力をアンカー体に伝達する部分であり、アンカー体と構造物の離隔を確保する役目もある。このため、自由長部の引張り材、シース等との摩擦抵抗を極力小さくする構造とし、その長さは、アンカーされる構造物とアンカー体設置地盤の間の地盤が破壊したり、変形が大きくなならないように 4m 以上を標準とする。

また、アンカー自由長は、構造物、アンカーおよび地盤を含めた全体系の安定に対しても十分に安全となるように設定する。

一般に土留め、擁壁などのように土圧を受ける構造物では、少なくとも主働すべり面以深にアンカー体を設置するようにアンカー自由長を決定しなければならない。また地すべり抑止のためにアンカーを用いる場合、潜在すべり面を含むすべり面より深部の地盤にアンカー体が設置され、かつアンカー体の外側を通るすべり面に対して所定の安全率が得られるように自由長を設定する。

本指針では、この設計上の基岩面を設置地盤面より 2m 程度深くした地点とする。

(2) テンドン自由長 (l_{sf})

本アンカーは、テンドン全長にわたって、グラウトと付着しないアンボンド PC 鋼より線を用いるため、テンドンは圧着グリップとアンカーヘッド（グリップ）座面の間にわたって伸びが生じる。したがって構造物の変位によって急激に大きな荷重がアンカーにかかるような現象に対し、アンカー頭部、アンカー体保護のための緩衝効果が大きい。

(3) アンカー体長 (l_a)

本アンカーではアンカー体長を支圧体長とし、芯抜き閉塞長を加算した長さとする。

(4) 案内孔長 (l_G)

拡孔部より孔底側に、拡孔のための中心軸とする削孔長さが必要であり、これを案内孔といい、その長さを案内孔長という。

4.1.7. アンカー頭部

- (1) アンカー頭部は、アンカー力に対して所要の強度を持ち、有害な変形を生じない構造とする。
- (2) 余長
使用するジャッキの寸法に合わせて、余長を設けるものとする。
- (3) 切断余長
再緊張あるいは除荷の必要性が予測される場合、アンカー頭部はそれに対応できる構造とする。

(1) について

アンカー頭部すなわち定着具と支圧板は、アンカー力を構造物や地山に確実に伝えるために設けられる部分である。

定着具と支圧板は、テンドンの軸方向に対して直角な面で接するようにし、その部材は、力学的に十分安定したものであることが重要である。

傾斜定着する場合は、テーパープレートやアジャストプレートにより補正する必要があるが、支圧板にすべり力が生じるため、すべりに対する十分な検討が必要である。

アンカー頭部を検討する際は、設計アンカー力に対して十分安全であるように検討を行う。しかしながら、基本調査試験等で設計アンカー力以上の力が作用する場合などは、それらを配慮して荷重を設定する必要がある。

(2) 余長 (l)

テンドンの余長は、使用するジャッキに併せて必要な長さを確保する。本工法では、**300mm 程度までのストロークのジャッキを用いる場合、1.0m の余長を設けることを標準とする。**ラムチェアを用いる場合や、より長いストロークのジャッキを用いる場合は、それらの寸法に応じて余長を長くする必要がある。

ただし、M 型の場合、支圧体拡径時に PC 鋼より線を 0.5m 程度引き出すため、テンドン挿入時の余長は余裕を見て、**0.6m** を標準とする。

(3) 切断余長

地盤のクリープや引張り材のリラクセーションが生じることなどにより、アンカー力は経時的に減少する。このことにより、再緊張が必要となると予測できる場合には、テンドンを構成する引張り材の緊張代を十分に長く残して切断するか、再緊張できる定着具を用いる。

除荷が必要となるのは、軸力計を交換する場合や設計アンカー力以上の荷重が作用する場合である。設計アンカー力以上の荷重が作用する場合は、地盤の強度の低下による土圧

の増大，地すべり区域などですべり土塊が拡大した場合，地下水位の上昇，凍上，応力解放，地盤の膨張等が要因として考えられ，これらの可能性については十分な検討を行い，設計段階で定着具の構造を決定する。

このように地盤の不安定化によるアンカー力の増大が生じた場合には，テンドンが破断したり，アンカー体が引抜ける危険性があるため，アンカーの増し打ちなどの対策を行った後に，除荷を行う。

なお，再緊張するにあたり，一旦緊張力を全て解放する場合には，引張り材の引き込まれ量が問題となる。引張り材の引き込まれ量の予測では，引張り材の戻り量の他に，緊張力の開放に伴う構造物の変形量や地盤の変位量も加味する必要がある。

また，荷重解放後の再緊張に使用する材料や，再緊張方法については，事前に計画する。

本工法で使用する定着具において，再緊張する場合に必要な切断余長は以下の通りである。

表 4.1.5 再緊張に要する切断余長

区分	テンドン構成	最大切断余長 (mm)	再緊張する際に必要な 最小切断余長 (mm)
P300/P400 35M	φ 12.7-1	約 125	70
	φ 15.2-1	約 120	70
	φ 17.8-1	約 115	90
	φ 19.3-1	約 110	95
	φ 21.8-1	約 100	95
P300, P200 70M	φ 12.7-4～7	約 120	80

※上記の切断余長で不足する場合は，別途長尺オイルキャップを製作し，使用する。

4.1.8. テンドンの選定

テンドンは、設計アンカー力にもとづき選定する。

本工法で標準的に用いられるテンドンの諸元を表 4.1.6 に示す。

表 4.1.6 テンドンの諸元 (ランク A)

区分	テンドン 構成	断面積 (mm ²)	裸線単位質量 (kg/m)	極限 引張り力 T_{us} (kN)	降伏 引張り力 T_{ys} (kN)	許容引張り力 (JGS)	
						常時 $0.60 T_{us}$ (kN)	地震時 $0.90 T_{ys}$ (kN)
P300 P400	φ 12.7-1	98.7	0.774	183	156	109	140
	φ 15.2-1	138.7	1.101	261	222	156	199
	φ 17.8-1	208.4	1.652	387	330	232	297
	φ 21.8-1	312.9	2.482	573	495	343	445
P300 P200	φ 12.7-4	394.8	3.096	732	624	439	561
	φ 12.7-5	493.5	3.870	915	780	549	702
	φ 12.7-6	592.2	4.644	1,098	936	658	842
	φ 12.7-7	690.9	5.418	1,281	1,092	768	982
35M	φ 17.8-1	208.4	1.652	387	330	232	297
	φ 19.3-1	243.7	1.931	451	387	270	348
	φ 21.8-1	312.9	2.482	573	495	343	445
	φ 12.7-4	394.8	3.096	732	624	439	561
70M	φ 12.7-5	493.5	3.870	915	780	549	702
	φ 12.7-6	592.2	4.644	1,098	936	658	842
	φ 12.7-7	690.9	5.418	1,281	1,092	768	982

4.1.9. 定着時緊張力

アンカーに導入する定着時緊張力は、使用目的に応じ、地盤を含めた構造物全体の安定を考慮して決定する。

(1) 初期緊張力と定着時緊張力

初期緊張力は、アンカー頭部を緊張・定着する際にテンドンに与える引張り力の最大値であり、定着完了直後にテンドンに作用している引張り力を定着時緊張力という。

残存引張り力は、地盤のクリープや引張り材のリラクセーションの影響により時間の経過とともに減少するだけでなく、土留めアンカーのように掘削が進むにつれて増加する場合や地下水位の変動などの外力の影響により増減する場合もあるので、さまざまな増減の要素を考慮して定着時緊張力を決める。

特に本設構造物に用いるアンカーの場合は、供用期間が長いことから、残存引張り力の経時変化について、事前に十分検討しておく必要がある。残存引張り力の経時変化をもたらすものには、主に次のものが挙げられる。

1) 定着時における緊張力の低下

ジャッキ等により初期緊張力を導入されたテンドンを定着具で固定する際に、定着具のなじみ、すべり等により引張り材が引き込まれ緊張力が低下する。このため定着する工法特有のセット量をあらかじめ考慮して初期緊張力を決める。定着完了直後にテンドンに作用している定着時緊張力が、残存引張り力の初期値となる。

SSL アンカー工法で用いる定着具のセット量は 4mm である。セット量による緊張力の低下量は以下の式により算出される。

$$\Delta P = S \times A_s \times E_s / l_{sf} \dots \dots \dots \text{(式 4.1)}$$

ここで、

ΔP : セット量による緊張力の低下量 (kN)

S : セット量 (mm)

A_s : 引張り材断面積 (mm²)

E_s : 引張り材弾性係数 (kN/mm²)

l_{sf} : テンドン自由長 (mm)

2) 地盤のクリープ

地盤のクリープには、アンカーを含む構造物全体が対象としている地盤のクリープ的変位とアンカー体周辺地盤の変位がある。地盤のクリープを低減する方法としては、初期緊張力としてテンドンの降伏引張り力の 90% 以内かつ設計アンカー力の 1.2～1.3 倍の引張り力のある期間与えた後、所定の定着時緊張力が得られるよう定着する方法もある。なお重要構造物に永久アンカーを用いる場合には、長期試験を行い、地盤の長期安定性を確認する。任意時間経過後の残存引張り力については、長期試験結果から式 7.2.5 で求めることができる。

3) 引張り材のリラクセーション

PC 鋼材の見掛けのリラクセーション率は、土木学会編 コンクリート標準示方書を参考とし、表 4.1.7 のとおりとする。

表 4.1.7 PC 鋼材の見掛けのリラクセーション率

PC 鋼材の種類	見掛けのリラクセーション率
PC 鋼より線	5%

4) アンボンドシースと引張り材の摩擦

アンボンドシースと引張り材の摩擦は、通常の状態ではアンボンド PC 鋼より線の摩擦係数は 1m あたり 0.001 とほとんど問題はないが、アンボンド PC 鋼より線をコンクリート等の中に埋設した場合は摩擦係数が大きくなる。

土木学会コンクリート標準示方書では、1mあたりの摩擦係数は0.004とされているが、SSLアンカー工法に使用しているφ12.7mmのアンボンドPC鋼より線をモルタル中に30mの長さにとって埋設させ、摩擦係数確認試験を実施した結果、1mあたりの摩擦係数は0.002という結果が得られている。

SSLアンカー工法はシースパイプ内全長にわたってグラウトで固化させているため、PC鋼より線長が20mを超える場合はPC鋼より線の摩擦係数を0.002とし、次式を用いて検討断面のテンドン引張り力を求め、ジャッキ位置における引張り力を調整することが望ましい。

$$P = P_0 \cdot e^{-(\mu a + \lambda x)} \dots\dots\dots (式 4.2)$$

ここに、

P : 検討断面におけるテンダンの引張り力 (kN)

P_0 : ジャッキ位置におけるテンダンの引張り力 (kN)

μ : テンダンの角変化1ラジアンあたりの摩擦係数

a : テンダンの角変化 (ラジアン)

λ : テンドン1mあたりの摩擦係数

x : テンダンのジャッキつかみ位置から検討断面までの長さ (m)

表 4.1.8 PC鋼より線1m当りの摩擦係数

種類	アンボンドPC鋼より線
λ	0.002

(現場試験による)



摩擦試験状況

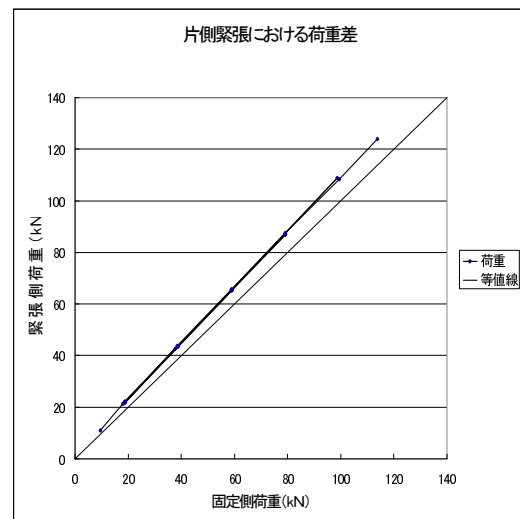


図 4.1.6 片側緊張における荷重差

緊張側荷重 P と固定側荷重 P_0 の値が等しい場合、すなわち、摩擦抵抗が全くなければ、曲線は図 4.1.6 の等値線上にプロットされるはずである。しかし、固定側荷重の方が常に小さい値を示し、しかもそれは直線的に変化している。

5) 粘性土層の圧密

アンカーによる地盤への影響範囲内に粘性土層がある場合，アンカーにより地盤に新たな応力が加わり，圧密が生じることがある。この圧密による地盤変位により残存引張り力が低下する。

(2) アンカー頭部の変位量

アンカー頭部は引張り力を受け変位するが，許容変位量は，対象とする構造物により異なる。したがって，設計の際にはあらかじめ許容変位量を設定し，計算による変位量が許容値内に収まるようにしなければならない。

アンカー頭部の変位量としては，テンドン自由長部の伸び縮みのほかにアンカー体自身の変位（地盤との相対変位）や地表面の膨れ上がりなどが考えられる。アンカー頭部の変位量の大部分は，テンドン自由長の伸びに起因する。テンドン自由長の引張り材の各々の長さが同じ場合のテンドン自由長の伸びを（式 4.3）に示す。なお，テンドン自由長部の伸びは適性試験により必ず確かめなければならない。

$$u = (T \cdot l_{sf}) / (A_s \cdot E_s) \dots\dots\dots (式 4.3)$$

ここで，

u : テンドン自由長部の伸び (mm)

T : テンドン自由長部の引張り力 (kN)

l_{sf} : テンドン自由長 (mm)

A_s : 引張り材断面積 (mm²)

E_s : 引張り材弾性係数 (kN/mm²)

4.2. P 型アンカー（粘土・風化岩用）の設計

4.2.1. アンカーの許容引抜き力

(1) 設置地盤の一軸圧縮強度が判明している場合

粘土地盤～風化岩用の P 型アンカー工法は、設置地盤の一軸圧縮強度 σ_c が 5MPa 以下の地盤に適用され、設置地盤の一軸圧縮強度と支圧面積の関係による許容引抜き力は式 (2) および式 (11-1) によって決定する。

$$P_{max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2) \text{ (再掲)}$$

$$T_{ag} = \frac{1}{f} P_{max} \quad \dots\dots (11-1) \text{ (再掲)}$$

ここに、 P_{max} : 芯抜き区間閉塞における破壊荷重 (kN)
 σ_c : 岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)
 F : 支圧体の支圧面積 (m²)
 $\ln$: 自然対数
 T_{ag} : アンカーの許容引抜き力 (kN)
 f : 安全率 ($f=2.5$)

式 (2) および式 (11-1) に基づいてアンカー体別に $\sigma_c=0.5\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 対応のアンカーの許容引抜き力を求め表 4.2.1 に示す。

ただし、設置地盤が粘土で一軸圧縮試験が出来ない場合は、原則として現場引抜き試験を行い、許容引抜き力を求める。

表 4.2.1 P 型アンカーの許容引抜き力一覧表

区分		P300	P400	P300
テンドン構成		φ 12.7-1～φ 21.8-1	φ 12.7-1～φ 21.8-1	φ 12.7-4～7
粘土・風化岩対応拡孔ビット		SSR-300	SSR-400	SSR-300
削孔径 (アンカー体挿入孔径)	ロータリー削孔	13.5cm	14.5cm	14.5cm
	ロータリーバックカッション削孔	13.7cm	15.7cm	15.7cm
拡孔径 (アンカー体直径)	ロータリー削孔	30.0cm	40.0cm	30.0cm
	ロータリーバックカッション削孔	〃	〃	〃
支圧面積 F (m ²) (ロータリーバックカッション削孔対応)		0.055945	0.106304	0.051327
設置地盤の一軸圧縮強度 対応の許容引抜き力 (kN)	σc= 500 kN/m ²	52	60	—
	σc=1000 kN/m ²	104	121	
	σc=1500 kN/m ²	156	182	
	σc=2000 kN/m ²	208	242	
	σc=2500 kN/m ²	261	拡孔困難	
	σc=3000 kN/m ²	313		
	σc=3500 kN/m ²	365		
	σc=4000 kN/m ²	417		
	σc=4500 kN/m ²	470		
	σc=5000 kN/m ²	522	511	

(2) 現場引抜き試験結果による場合

現場引抜き試験を行い，試験結果より以下のように安全率を決定し，アンカーの許容引抜き力を求める。

- ・アンカーの極限引抜き力が求められなかった場合
安全率=1.5
- ・アンカーの極限引抜き力が求められた場合
安全率=2.5

$$T_{ag} = \frac{1}{f} T_{ug} \quad \dots\dots (13)$$

ここに， T_{ug} : 極限引抜き力 (kN)
 T_{ag} : アンカーの許容引抜き力 (kN)
 f : 安全率

現場引抜き試験を行った場合は，式(13)に基づいてアンカーの許容引抜き力を求める。

4.2.2 アンカー体部削孔長・標準拡孔長

P型アンカーのアンカー体部削孔長は，芯抜き閉塞長+拡孔長+案内孔長とする。

標準拡孔長，案内孔長を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 標準拡孔長

区分	テンドン構成	標準拡孔長	案内孔長
P300	φ 12.7-1～φ 21.8-1	1.0m	1.0m
P400	φ 12.7-1～φ 21.8-1	1.0m	1.0m
P300	φ 12.7-4～7	1.2m	1.0m

4.2.3. 芯抜き閉塞長

拡孔支圧型アンカーの支持抵抗は、支圧体の肩部に連続するボーリング孔をある区間にわたって閉塞することによって大幅に増大することができる。このための、芯抜き閉塞長は、節理が細かく発達している場合のホブスト (L.Hobst) ⁴⁾ の式を用い、かつ岩盤めり込み荷重についての試験結果を考慮した、式 (9)、(10) によって求めればよい。ただし、多くの岩石試験結果を基とした一軸圧縮強度とポアソン比の関係から、表 4.2.4~4.2.5 (1~2) に設置地盤の一軸圧縮強度対応の芯抜き閉塞長を、それぞれの設計アンカー力に対応して求めた。同表から読みとつてもよい。

a) 設置地盤が完全に粘土状の場合

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d \cos \phi}{\pi \tan \phi (3c + \sigma_c k_0 \tan \phi \cos \phi)}} \quad \dots\dots (9) \text{ (再掲)}$$

ここに、 h_r : 芯抜き閉塞長 (m)
 m_k : 安全率=3
 T_d : 設計アンカー力 (kN)
 ν : 設置地盤の内部摩擦角 (°)
 σ_c : 設置地盤の一軸圧縮強度 (kPa)
 c : 設置地盤の粘着力 (kPa)
 k_0 : $= \nu / (1 - \nu)$ $\because \nu$: 設置地盤のポアソン比

b) 設置地盤が風化岩で岩芯が残っている場合

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d}{\pi \sigma_c k_0 \tan^2 \phi}} \quad \dots\dots (10) \text{ (再掲)}$$

ここに、 h_r : 芯抜き閉塞長 (m)
 m_k : 安全率=1.5
 T_d : 設計アンカー力 (kN)
 ϕ : 設置地盤の内部摩擦角 (°)
 σ_c : 設置地盤の一軸圧縮強度 (kPa)
 k_0 : $= \nu / (1 - \nu)$ $\because \nu$: 設置地盤のポアソン比

P 型アンカーの芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカーの芯抜き閉塞長は、標準タイプとして 1.5m を装着している。なお、芯抜き閉塞長は最低 1.5m となる。また $h_r > 1.5m$ となる場合には、標準タイプ以上とする必要があり、芯抜き閉塞長は 0.5m 括約とする。

参考として以下に代表的な粘土の内部摩擦角 ϕ および粘着力 c を示す。

表 4.2.3 代表的な粘土の性質 ⁵⁾

材 料	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kPa)
軟らかいベントナイト	7~13	10~20
非常に軟らかい有機質粘土	12~16	10~30
軟らかい、わずかに有機質粘土	22~27	20~50
軟らかい水成粘土	27~32	30~70
硬い水成粘土	30~32	70~150

表 4.2.4 P 型 芯抜き閉塞長（粘土地盤, $T_d=30\sim60\text{kN}$ ）

地質	N 値	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	粘着力 c (kPa)	内 部 摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)			
							設計アンカー力 T_d (kN)			
							30	40	50	60
泥岩	24	300	0.28	0.389	10	34.0	1.05	—	—	—
	32	400	0.28	0.389	10	36.9	0.86	0.99	—	—
	40	500	0.28	0.389	10	39.5	0.72	0.84	0.93	1.02
風化凝灰質 砂 岩	24	300	0.27	0.370	10	34.0	1.07	—	—	—
	32	400	0.24	0.316	10	36.9	0.93	1.07	—	—
	40	500	0.21	0.266	10	39.5	0.84	0.97	1.08	1.18
砂岩・ シルト岩 凝 灰 岩	24	300	0.20	0.250	10	34.0	1.21	—	—	—
	32	400	0.20	0.250	10	36.9	1.01	1.16	—	—
	40	500	0.19	0.235	10	39.5	0.88	1.01	1.13	1.24
風化凝灰岩	24	300	0.29	0.408	10	34.0	1.04	—	—	—
	32	400	0.26	0.351	10	36.9	0.89	1.03	—	—
	40	500	0.23	0.299	10	39.5	0.80	0.93	1.04	1.13
風化緑色岩	24	300	0.25	0.333	10	34.0	1.11	—	—	—
	32	400	0.25	0.333	10	36.9	0.91	1.05	—	—
	40	500	0.25	0.333	10	39.5	0.77	0.89	0.99	1.09

表 4.2.5 (1) P 型 芯抜き閉塞長（風化岩, $T_d=50\sim150\text{kN}$ ）

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)		
					設計アンカー力 T_d (kN)		
					50	100	150
泥 岩	500	0.28	0.389	30.0	1.05	—	—
	1000	0.28	0.389	30.0	0.74	1.05	—
	2000	0.28	0.389	30.0	0.53	0.74	0.91
	3000	0.28	0.389	30.0	0.43	0.61	0.74
砂岩・ シルト岩 礫 岩 凝 灰 岩	500	0.19	0.235	30.0	1.35	—	—
	1000	0.17	0.205	30.0	1.02	1.45	—
	2000	0.16	0.190	30.0	0.75	1.06	1.30
	3000	0.15	0.176	30.0	0.64	0.90	1.10
風化凝灰岩	500	0.23	0.299	30.0	1.20	—	—
風化緑色岩	500	0.25	0.333	30.0	1.14	—	—
	1000	0.25	0.333	30.0	0.80	1.14	—
	2000	0.25	0.333	30.0	0.57	0.80	0.98
	3000	0.25	0.333	30.0	0.46	0.66	0.80

表 4.2.5 (2) P 型 芯抜き閉塞長（風化岩, $T_d=200\sim300\text{kN}$ ）

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)		
					設計アンカー力 T_d (kN)		
					200	250	300
泥 岩	2000	0.28	0.389	30.0	1.05	1.18	1.29
	3000	0.28	0.389	30.0	0.86	0.96	1.05
砂岩・シルト岩	2000	0.16	0.190	30.0	1.50	1.68	1.84
	3000	0.15	0.176	30.0	1.28	1.43	1.56
礫 岩	2000	0.16	0.190	30.0	1.50	1.68	1.84
	3000	0.15	0.176	30.0	1.28	1.43	1.56
凝灰岩	2000	0.16	0.190	30.0	1.50	1.68	1.84
	3000	0.15	0.176	30.0	1.28	1.43	1.56
風化緑色岩	2000	0.25	0.333	30.0	1.14	1.27	1.39
	3000	0.25	0.333	30.0	0.93	1.04	1.14

4.2.4. テンドン諸元

本工法で標準的に用いられるテンダンの諸元を表 4.2.6 に一括して示す。

表 4.2.6 P 型 テンダンの許容引張り力一覧表 (ランク A)

区分	テンダンの構成	鋼材諸元				許容引張り力 (kN)		
		鋼材の断面積 (mm ²)	裸線単位質量 (kg/m)	極限引張り力 T_{us} (kN)	降伏引張り力 T_{ys} (kN)	プレストレス中 $0.90 T_{ys}$	使用状態	
							常時 $0.60 T_{us}$	地震時 $0.90 T_{ys}$
P300 P400	12.7-1	98.7	0.774	183	156	140	109	140
	15.2-1	138.7	1.101	261	222	199	156	199
	17.8-1	208.4	1.652	387	330	297	232	297
	21.8-1	312.9	2.482	573	495	445	343	445
P300	12.7-4	394.8	3.096	732	624	561	439	561
	12.7-5	493.5	3.870	915	780	702	549	702
	12.7-6	592.2	4.644	1098	936	842	658	842
	12.7-7	690.9	5.418	1281	1092	982	768	982

4.2.5. 標準削孔径と拡孔径

表 4.2.7 P 型標準削孔径と拡孔径

(単位 : mm)

区分	テンダンの構成	アンカー体		拡孔ビット径		ロータリー削孔方式			ロータリーハーフカッション削孔方式		
		組立径	拡径径	拡孔前	拡孔径	シールドパイプ			ドリルパイプ		
						削孔径	呼び径	内径	削孔径	呼び径	内径
P300	φ 12.7-1 ～ φ 21.8-1	102	300	100	300	135	132	115 以上	137	135	106 以上
P400	φ 12.7-1 ～ φ 21.8-1	102	400	120	400	145	146	125.8 以上	157	146	123 以上
P300	φ 12.7-4 ～7	115	300	100	300	145	146	125.8 以上	157	146	123 以上

※削孔径：シールドクラウンおよびリングビットの外径で、設計計算に使用する。

※呼び径：歩掛り上の呼び径

注：シールドパイプ・ドリルパイプのカップリング内径は支圧体組立径および拡孔ビット拡径前径よりも大きいものを選定する。

4.3. P 型アンカー（軟岩～中硬岩）の設計

4.3.1. アンカーの許容引抜き力

(1) 設置岩盤の一軸圧縮強度が判明している場合

軟岩～中硬岩用の P 型アンカー工法は、設置地盤の一軸圧縮強度が $3 \text{ MPa} \leq \sigma_c \leq 25 \text{ MPa}$ の軟岩～中硬岩に適用され、設置岩盤の一軸圧縮強度と支圧面積の関係による許容引抜き力は、式 (2) および式 (11-2) によって決定する。

$$P_{\max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2) \text{ (再掲)}$$

$$T_{ag} = \frac{1}{f} P_{\max} (f = 1.5) \quad \dots\dots (11-2) \text{ (再掲)}$$

式 (2)、式 (11-2) に基づいてアンカー体別に $\sigma_c = 3 \sim 12 \text{ MPa}$ に対応するアンカーの許容引抜き力を求め表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 P 型アンカーの許容引抜き力一覧表

区分		P200
テンドン構成		$\phi 12.7\text{-}4 \sim 7$
岩盤用拡孔ビット		SSR-200
削孔径 (挿入孔径)	ロータリー削孔	13.5cm
	ロータリーパネーション削孔	13.7cm
拡孔径 (アンカー体直径)		20.0cm
支圧面積 F (m ²)		0.016675
設置岩盤 の各一軸 圧縮強度 における アンカー の許容引 抜き力 (kN)	$\sigma_c = 3000 \text{ kN/m}^2$	363
	$\sigma_c = 4000 \text{ kN/m}^2$	484
	$\sigma_c = 5000 \text{ kN/m}^2$	605
	$\sigma_c = 6000 \text{ kN/m}^2$	726
	$\sigma_c = 7000 \text{ kN/m}^2$	847
	$\sigma_c = 8000 \text{ kN/m}^2$	968
	$\sigma_c = 9000 \text{ kN/m}^2$	1089
	$\sigma_c = 10000 \text{ kN/m}^2$	1210
	$\sigma_c = 11000 \text{ kN/m}^2$	1331
	$\sigma_c = 12000 \text{ kN/m}^2$	1452

(2) 現場引抜き試験結果による場合

現場引抜き試験を行い、試験結果より以下のように安全率を決定し、アンカーの許容引抜き力を求める。

$$T_{ag} = \frac{1}{f} T_{ug} \quad \dots\dots (14)$$

ここに、 T_{ug} : 極限引抜き力 (kN)
 T_{ag} : アンカーの許容引抜き力 (kN)
 f : 安全率 ($f=1.5$)

現場引抜き試験を行った場合は、式 (14) に基づいてアンカーの許容引抜き力を求める。

4.3.2. アンカー一体部削孔長・標準拡孔長

P 型アンカーのアンカー一体部削孔長は、芯抜き閉塞長＋拡孔長＋案内孔長とする。

標準拡孔長，案内孔長は，表 4.3.2 に示す通りである。

表 4.3.2 標準拡孔長・案内孔長

区分	テンドン構成	拡孔長	案内孔長
P200	φ 12.7-4～7	1.0m	0.5m

4.3.3. 芯抜き閉塞長

芯抜き閉塞長は，粘土・風化岩用の P 型と同様に設置岩盤が風化岩で岩芯が残っている場合の式 (10) によって決定される。ただし，種々の岩石試験結果を基とした一軸圧縮強度とポアソン比の関係から，表 4.3.3 に設置岩盤の一軸圧縮強度対応の芯抜き閉塞長を，それぞれの設計アンカー力に対応して求めた。同表から読みとつてもよい。なお，求められた h_r が $h_r < 1.0\text{m}$ の場合は 1.0m ， $h_r > 1.0\text{m}$ の場合は 0.5m 括約とする。(例 $1.07 \rightarrow 1.5\text{m}$)

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d}{\pi \sigma_c k_0 \tan^2 \phi}} \quad \dots\dots (10) \text{ (再掲)}$$

ここに， h_r : 芯抜き閉塞長 (m)

m_k : 安全率 = 1.5

T_d : 設計アンカー力 (kN)

ϕ : 設置岩盤の内部摩擦角 (°)

σ_c : 設置岩盤の一軸圧縮強度 (kPa)

k_0 : $= \nu / (1 - \nu)$ $\therefore \nu$: 設置岩盤のポアソン比

表 4.3.3 (1) P 型 芯抜き閉塞長 ($T_d=100\sim300\text{kN}$)

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部 摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)				
					設計アンカー力 T_d (kN)				
					100	150	200	250	300
泥 岩	10000	0.28	0.389	30.0	0.33	0.41	0.47	0.53	0.58
	20000	0.28	0.389	30.0	0.24	0.29	0.33	0.37	0.41
	30000	0.28	0.389	35.0	0.16	0.19	0.22	0.25	0.27
砂岩・ シルト	10000	0.12	0.136	30.0	0.56	0.69	0.79	0.89	0.97
	20000	0.10	0.111	30.0	0.44	0.54	0.62	0.70	0.76
	30000	0.09	0.099	35.0	0.31	0.38	0.44	0.50	0.54
硬質砂岩 粘 板 岩	10000	0.37	0.587	30.0	0.27	0.33	0.38	0.43	0.47
	20000	0.34	0.515	30.0	0.20	0.25	0.29	0.32	0.35
	30000	0.32	0.471	30.0	0.17	0.21	0.25	0.28	0.30
礫 岩 凝灰岩 砂岩/シルト岩	10000	0.12	0.136	30.0	0.56	0.69	0.79	0.89	0.97
	20000	0.10	0.111	30.0	0.44	0.54	0.62	0.70	0.76
	30000	0.09	0.099	35.0	0.31	0.38	0.44	0.50	0.54
花崗岩 流紋岩	20000	0.18	0.220	30.0	0.31	0.38	0.44	0.49	0.54
	30000	0.14	0.163	35.0	0.24	0.30	0.35	0.39	0.42
安山岩, 玄武岩 蛇紋岩	20000	0.37	0.587	30.0	0.19	0.23	0.27	0.30	0.33
	30000	0.35	0.538	35.0	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23
破 砕 緑色岩	10000	0.13	0.149	30.0	0.54	0.66	0.76	0.85	0.93
	20000	0.13	0.149	30.0	0.38	0.47	0.54	0.60	0.66
	30000	0.13	0.149	35.0	0.26	0.31	0.36	0.40	0.44

表 4.3.3 (2) P 型 芯抜き閉塞長 ($T_d=350\sim800\text{kN}$)

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部 摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)				
					設計アンカー力 T_d (kN)				
					350	400	500	600	800
泥 岩	5000	0.28	0.389	30.0	0.88	0.94	1.05	1.15	—
	10000	0.28	0.389	30.0	0.62	0.66	0.74	0.81	0.94
	20000	0.28	0.389	30.0	0.44	0.47	0.53	0.58	0.66
	30000	0.28	0.389	35.0	0.30	0.32	0.35	0.39	0.45
砂岩・ シルト 礫 岩 凝灰岩	5000	0.13	0.149	30.0	1.42	1.52	1.70	1.86	—
	10000	0.12	0.136	30.0	1.05	1.12	1.26	1.38	1.59
	20000	0.10	0.111	30.0	0.82	0.88	0.98	1.08	1.24
	30000	0.09	0.099	35.0	0.59	0.63	0.70	0.77	0.89
硬質砂岩 粘 板 岩	5000	0.40	0.667	30.0	0.67	0.72	0.80	0.88	—
	10000	0.37	0.587	30.0	0.51	0.54	0.61	0.66	0.77
	20000	0.34	0.515	30.0	0.38	0.41	0.46	0.50	0.58
	30000	0.32	0.471	30.0	0.33	0.35	0.39	0.43	0.49
花崗岩 流紋岩	20000	0.18	0.220	30.0	0.58	0.63	0.70	0.77	0.88
	30000	0.14	0.163	35.0	0.46	0.49	0.55	0.60	0.69
安山岩, 玄武岩 蛇紋岩	20000	0.37	0.587	30.0	0.36	0.38	0.43	0.47	0.54
	30000	0.35	0.538	35.0	0.25	0.27	0.30	0.33	0.38
破 砕 緑色岩	5000	0.13	0.149	30.0	1.42	1.52	1.70	1.86	—
	10000	0.13	0.149	30.0	1.00	1.07	1.20	1.32	1.52
	20000	0.13	0.149	30.0	0.71	0.76	0.85	0.93	1.07
	30000	0.13	0.149	35.0	0.48	0.51	0.57	0.63	0.72

4.3.4. テンドン諸元

本工法で標準的に用いられるテンドン諸元を表 4.3.4 に一括して示す。

表 4.3.4 P 型用テンドン諸元 (ランク A)

区分	テンドン 構成	鋼 材 諸 元				許容引張り力 (kN)		
		鋼材の 断面積 (mm ²)	裸線 単位質量 (kg/m)	極限 引張り力 T_{us} (kN)	降伏 引張り力 T_{ys} (kN)	プレスト ンク [®] 中 $0.90 T_{ys}$	使用状態	
							常時 $0.60 T_{us}$	地震時 $0.90 T_{ys}$
P200	12.7-4	394.8	3.096	732	624	561	439	561
	12.7-5	493.6	3.870	915	780	702	549	702
	12.7-6	592.3	4.644	1098	936	842	658	842
	12.7-7	690.9	5.418	1281	1092	982	768	982

4.3.5. 標準削孔径と拡孔径

表 4.3.5 P 型標準削孔径と拡孔径

(単位 : mm)

区分	テンドン 構成	アンカー体		拡孔ビット径		ロータリー削孔方式			ロータリーパーカッション削孔方式		
		組立径	拡径径	拡孔前	拡孔径	シールドパイプ			ドリルパイプ		
						削孔径	呼び径	内径	削孔径	呼び径	内径
P200	φ 12.7- 4~7	104	200	100	200	135	132	115 以上	137	135	106 以上

※削孔径：シールドクラウンおよびリングビットの外径で、設計計算に使用する。

※呼び径：歩掛り上の呼び径

注：シールドパイプ・ドリルパイプのカップリング内径は支圧体組立径および拡孔ビット拡径前径よりも大きいものを選定する。

4.4. M 型アンカーの設計

4.4.1. アンカーの許容引抜き力

M 型は、設置岩盤の一軸圧縮強度が $3\text{MPa} \leq \sigma_c \leq 25\text{MPa}$ の軟岩～中硬岩に適用される。

(1) 設置岩盤の一軸圧縮強度が判明している場合

許容引抜き力は、設置岩盤の一軸圧縮強度と支圧体の支圧面積との関係によって求まり、式 (2) は P 型アンカーの式と同様である。

$$P_{\max} = (0.065825 \cdot \ln F + 0.451012) \cdot \sigma_c \quad \dots\dots (2) \text{ (再掲)}$$

$$T_{ag} = \frac{1}{f} P_{\max} (f = 1.5) \quad \dots\dots (11-2) \text{ (再掲)}$$

式 (2)、式 (11-2) に基づいてアンカー体別に $\sigma_c = 3 \sim 12\text{MPa}$ に対応するアンカーの許容引抜き力を求め表 4.4.1 に示す。

表 4.4.1 M 型アンカーの許容引抜き力一覧表

区分		35M	70M
テンドン構成		$\phi 17.8-1 \sim \phi 21.8-1$	$\phi 12.7-4 \sim 7$
岩盤用拡孔ビット		SSR-150	SSR-180
削孔径 (挿入孔径)	ロータリー削孔	10.5cm	13.5cm
	ロータリーバーカッション削孔	12.5cm	13.7cm
拡孔径 (アンカー体直径)		14.6cm	17.0cm
支圧面積 F (m ²)		0.00313	0.00427
設置岩盤 の各一軸 圧縮強度 における アンカー の許容引 抜き力 (kN)	$\sigma_c = 3000 \text{ kN/m}^2$	142	183
	$\sigma_c = 4000 \text{ kN/m}^2$	190	244
	$\sigma_c = 5000 \text{ kN/m}^2$	238	306
	$\sigma_c = 6000 \text{ kN/m}^2$	285	367
	$\sigma_c = 7000 \text{ kN/m}^2$	333	428
	$\sigma_c = 8000 \text{ kN/m}^2$	380	489
	$\sigma_c = 9000 \text{ kN/m}^2$	428	551
	$\sigma_c = 10000 \text{ kN/m}^2$	476	612
	$\sigma_c = 11000 \text{ kN/m}^2$	523	673
	$\sigma_c = 12000 \text{ kN/m}^2$	571	734

(2) 現場引抜き試験結果による場合

現場引抜き試験を行い、アンカーの許容引抜き力を求める。

$$T_{ag} = \frac{1}{f} T_{ug} \quad \dots\dots (14)$$

ここに、 T_{ug} : 極限引抜き力 (kN)
 T_{ag} : アンカーの許容引抜き力 (kN)
 f : 安全率 ($f=1.5$)

現場引抜き試験を行った場合は、式 (14) に基づいてアンカーの許容引抜き力を求める。

4.4.2. アンカー一体部削孔長・標準拡孔長

M 型アンカーのアンカー一体部削孔長は、芯抜き閉塞長＋拡孔長＋案内孔長とする。

標準拡孔長，案内孔長は，表 4.4.2 に示す通りである。

表 4.4.2 標準拡孔長・案内孔長

区分	テンドン構成	拡 孔 長	案 内 孔 長
35M	φ 17.8-1～φ 21.8-1	1.2m	1.0m
70M	φ 12.7-4～7	1.3m	1.0m

4.4.3. 芯抜き閉塞長

芯抜き閉塞長は，P 型アンカー工法と同様に設置岩盤が風化岩で岩芯が残っている場合の式 (10) によって決定される。ただし，種々の岩石試験結果を基とした一軸圧縮強度とポアソン比の関係から，表 4.4.3 に設置岩盤の一軸圧縮強度対応の芯抜き閉塞長を，それぞれの設計アンカー力に対応して求めた。同表から読みとつてもよい。なお，求められた h_r が $h_r < 1.0\text{m}$ の場合は 1.0m ， $h_r > 1.0\text{m}$ の場合は 0.5m 括約とする。(例 $1.07 \rightarrow 1.5\text{m}$)

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k T_d}{\pi \sigma_c k_0 \tan^2 \phi}} \quad \dots\dots (10) \text{ (再掲)}$$

ここに， h_r : 芯抜き閉塞長 (m)

m_k : 安全率 = 1.5

T_d : 設計アンカー力 (kN)

ϕ : 設置岩盤の内部摩擦角 (°)

σ_c : 設置岩盤の一軸圧縮強度 (kPa)

k_0 : $= \nu / (1 - \nu)$ $\therefore \nu$: 設置岩盤のポアソン比

表 4.4.3 (1) M 型 芯抜き閉塞長 ($T_d=100\sim300\text{kN}$)

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部 摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)				
					設計アンカー力 T_d (kN)				
					100	150	200	250	300
泥 岩	5000	0.28	0.389	30.0	0.47	0.58	0.66	0.74	0.81
	10000	0.28	0.389	30.0	0.33	0.41	0.47	0.53	0.58
	20000	0.28	0.389	30.0	0.24	0.29	0.33	0.37	0.41
	30000	0.28	0.389	35.0	0.16	0.19	0.22	0.25	0.27
砂岩・ シルト	5000	0.13	0.149	30.0	0.76	0.93	1.07	1.20	1.32
	10000	0.12	0.136	30.0	0.56	0.69	0.79	0.89	0.97
	20000	0.10	0.111	30.0	0.44	0.54	0.62	0.70	0.76
	30000	0.09	0.099	35.0	0.31	0.38	0.44	0.50	0.54
硬質砂岩 粘 板 岩	5000	0.40	0.667	30.0	0.36	0.44	0.51	0.57	0.62
	10000	0.37	0.587	30.0	0.27	0.33	0.38	0.43	0.47
	20000	0.34	0.515	30.0	0.20	0.25	0.29	0.32	0.35
	30000	0.32	0.471	30.0	0.17	0.21	0.25	0.28	0.30
礫 岩 凝灰岩 砂岩/シルト岩	5000	0.13	0.149	30.0	0.76	0.93	1.07	1.20	1.32
	10000	0.12	0.136	30.0	0.56	0.69	0.79	0.89	0.97
	20000	0.10	0.111	30.0	0.44	0.54	0.62	0.70	0.76
	30000	0.09	0.099	35.0	0.31	0.38	0.44	0.50	0.54
花崗岩 流紋岩	20000	0.18	0.220	30.0	0.31	0.38	0.44	0.49	0.54
	30000	0.14	0.163	35.0	0.24	0.30	0.35	0.39	0.42
安山岩, 玄武岩 蛇紋岩	20000	0.37	0.587	30.0	0.19	0.23	0.27	0.30	0.33
	30000	0.35	0.538	35.0	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23
破 砕 緑色岩	5000	0.13	0.149	30.0	0.76	0.93	1.07	1.20	1.32
	10000	0.13	0.149	30.0	0.54	0.66	0.76	0.85	0.93
	20000	0.13	0.149	30.0	0.38	0.47	0.54	0.60	0.66
	30000	0.13	0.149	35.0	0.26	0.31	0.36	0.40	0.44

表 4.4.3 (2) M 型 芯抜き閉塞長 ($T_d=350\sim800\text{kN}$)

地 質	一軸圧縮強度 (kPa)	ポアソン比 ν	k_o	内部 摩擦角 (°)	芯抜き閉塞長 (m)				
					設計アンカー力 T_d (kN)				
					350	400	500	600	800
泥 岩	5000	0.28	0.389	30.0	0.88	—	—	—	—
	10000	0.28	0.389	30.0	0.62	0.66	0.74	0.81	—
	20000	0.28	0.389	30.0	0.44	0.47	0.53	0.58	0.66
	30000	0.28	0.389	35.0	0.30	0.32	0.35	0.39	0.45
砂岩・ シルト 礫 岩 凝灰岩	5000	0.13	0.149	30.0	1.42	—	—	—	—
	10000	0.12	0.136	30.0	1.05	1.12	1.26	1.38	—
	20000	0.10	0.111	30.0	0.82	0.88	0.98	1.08	1.24
	30000	0.09	0.099	35.0	0.59	0.63	0.70	0.77	0.89
硬質砂岩 粘 板 岩	5000	0.40	0.667	30.0	0.67	—	—	—	—
	10000	0.37	0.587	30.0	0.51	0.54	0.61	0.66	—
	20000	0.34	0.515	30.0	0.38	0.41	0.46	0.50	0.58
	30000	0.32	0.471	30.0	0.33	0.35	0.39	0.43	0.49
花崗岩 流紋岩	20000	0.18	0.220	30.0	0.58	0.63	0.70	0.77	0.88
	30000	0.14	0.163	35.0	0.46	0.49	0.55	0.60	0.69
安山岩, 玄武岩 蛇紋岩	20000	0.37	0.587	30.0	0.36	0.38	0.43	0.47	0.54
	30000	0.35	0.538	35.0	0.25	0.27	0.30	0.33	0.38
破 砕 緑色岩	5000	0.13	0.149	30.0	1.42	—	—	—	—
	10000	0.13	0.149	30.0	1.00	1.07	1.20	1.32	—
	20000	0.13	0.149	30.0	0.71	0.76	0.85	0.93	1.07
	30000	0.13	0.149	35.0	0.48	0.51	0.57	0.63	0.72

4.4.4. テンドン諸元

本工法で標準的に用いられるテンドン諸元を表 4.4.4 に一括して示す。

表 4.4.4 M 型用テンドン諸元 (ランク A)

区分	テンドン 構成	鋼 材 諸 元				許容引張り力 (kN)		
		鋼材の 断面積 (mm ²)	裸線 単位質量 (kg/m)	極限 引張り力 T_{us} (kN)	降伏 引張り力 T_{ys} (kN)	プレストレッ シング中 $0.90 T_{ys}$	使用状態	
							常時 $0.60 T_{us}$	地震時 $0.90 T_{ys}$
35M	17.8-1	208.4	1.652	387	330	297	232	297
	19.3-1	243.7	1.931	451	387	348	270	348
	21.8-1	312.9	2.482	573	495	445	343	445
70M	12.7-4	394.8	3.096	732	624	561	439	561
	12.7-5	493.6	3.870	915	780	702	549	702
	12.7-6	592.3	4.644	1098	936	842	658	842
	12.7-7	690.9	5.418	1281	1092	982	768	982

4.4.5. 拡径にともなう引き出し長さ

M 型の場合、拡孔部において、支圧体の拡径作業が必要であり、各アンカーとも拡径は「テンドンの引き出し作業」によって行われる。

拡径にともなうテンドンの引き出し長さは、表 4.4.5 のとおりである。

M 型の場合、拡径によるテンドンの引き出しにより、緊張余長 1m 程度が確保される。

表 4.4.5 M 型 引き出し長

区分	テンドン構成	テンドンの引き出し長 (cm)
35M	φ 17.8-1 ~ φ 21.8-1	51.5
70M	φ 12.7-4 ~ 7	57.1

4.4.6. 標準削孔径と拡孔径

表 4.4.6 M 型標準削孔径と拡孔径

(単位 : mm)

区分	テンドン 構成	アンカー体		拡孔ビット径		ロータリー削孔方式			ロータリーパーカッション削孔方式		
		組立径	拡径径	拡孔前	拡孔径	シールドパイプ			ドリルパイプ		
						削孔径	呼び径	内径	削孔径	呼び径	内径
35M	φ 17.8-1 ~ φ 21.8-1	75	146	76	146	105	101	87.6 以上	125	115	87 以上
70M	φ 12.7- 4~7	98	170	100	170	135	132	115 以上	137	135	106 以上

4.5. アンカープレートの設計

4.5.1. 設計の考え方

アンカープレートの設計の考え方は以下の通りである。

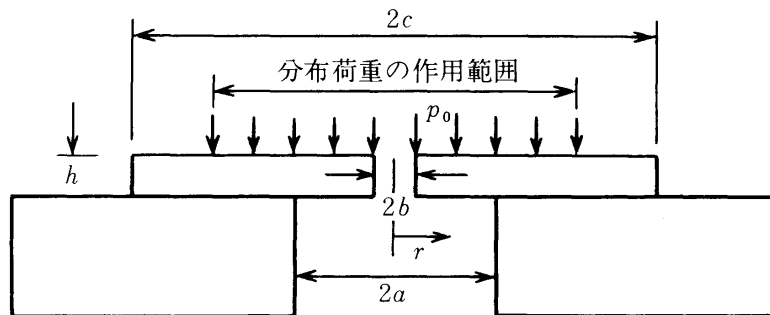
- ① アンカープレートの厚さは、プレートを版とみなして設計する。
- ② アンカープレートは曲げにも押抜きせん断にも耐え得るものとする。
- ③ アンカープレートに作用する力は限定した範囲で等分布荷重が作用するものとする。
すなわち受圧板の抜穴径が 16.5cm のものについては 25cm, 抜穴径 21.6cm については 30cm とする。
- ④ アンカープレートの周辺境界条件を単純支持、また抜き穴の条件を自由端とする。
- ⑤ 板厚については安全率 1.5 を見込むものとする。
- ⑥ 鋼材（SS400）の許容応力度を表 4.5.1 に示す。

表 4.5.1 鋼材（SS400）の許容応力度

鋼材の板厚 (mm)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	許容せん断応力度 τ_{pa} (N/mm ²)
40 以下	140	80
40 を超え 75 以下	125	75
75 を超え 100 以下	125	75

4.5.2. 設計式

(1) 曲げの検討



アンカープレートに分布荷重 p_0 が作用する場合のたわみ式は、

$$w = \frac{p_0 r^4}{64D} + \frac{c_1 r^2}{4} (\log r - 1) + \frac{c_2 r^2}{4} + c_3 \log r + c_4 \quad \dots\dots (29)$$

ここに、 D : 板の曲げ剛性、

$c_1 \sim c_4$: 積分定数

式 (29) より、 M_r , Q_r を誘導すると、

$$M_r = -D \left\{ \frac{p_0 r^2}{16D} (3+\nu) + \frac{1+\nu}{2} c_1 \log r + \frac{1-\nu}{4} c_1 + \frac{1+\nu}{2} c_2 - \frac{1-\nu}{r^2} c_3 \right\}$$

$$Q_r = -D \left(\frac{p_0 r}{2D} + \frac{c_1}{r} \right) \quad \dots\dots (30)$$

ここに、 M_r ：半径方向の曲げモーメント

アンカープレートの周辺境界条件を単純支持、また抜き穴の条件を自由端とすると、

$$(i) \quad r=a: w=0, \quad M_r=0 \quad \dots\dots (31)$$

$$(ii) \quad r=b: M_r=0, \quad Q_r=0$$

式 (31) の境界条件より積分定数を定め、たわみ式、曲げモーメント式を求めると次のようになる。

$$w = \frac{p_0}{8D} \left[\frac{r^4 - a^4}{8} + (r^2 - a^2) \left\{ \frac{(3+\nu)b^2}{2(1+\nu)} + \frac{b^2(a/b)}{(a/b)^2 - 1} - \frac{(3+\nu)(b^2 + a^2)}{4(1+\nu)} \right\} \right. \\ \left. + \log(a/r) \left\{ b^2 r^2 + \frac{(3+\nu)a^2 b^2}{2(1-\nu)} - \frac{2(1+\nu)b^2 \log(a/b)}{(1/b^2 - 1/a^2)(1-\nu)} \right\} \right]$$

$$M_r = -\frac{p_0(3+\nu)(r^2 - a^2)(r^2 - b^2)}{16r^2} - \frac{(1+\nu)p_0 b^2}{4} \log(a/r) - \frac{(1+\nu)p_0 b^2 \log(a/b)(r^2 - a^2)}{4r^2 \{(a/b)^2 - 1\}}$$

$$M_t = -\frac{p_0}{16r^2} \left[(1+3\nu)r^4 - (3+\nu)\{(a^2 + b^2)r^2 + a^2 b^2\} \right] \\ - \frac{(1+\nu)p_0 b^2}{4} \log(a/r) - \frac{(1-\nu)p_0 b^2}{4} - \frac{p_0(1+\nu)b^2 \log(a/b)(r^2 + a^2)}{4r^2 \{(a/b)^2 - 1\}} \quad \dots\dots (32)$$

ここに、 M_t ：円周方向の曲げモーメント

$(M_r)_{max}$ 、 $(M_t)_{max}$ の大きい方を M_{max} として、最大曲げ応力 σ_{max} を式 (33) より求める。

$$\sigma_{max} = \frac{6M_{max} \cdot f}{h^2} \quad \dots\dots (33)$$

$\sigma_{max} \leq \sigma_{sa}$ となるように板厚を定める。

$$h \geq \sqrt{\frac{6M_{max} \cdot f}{\sigma_{sa}}} \quad \dots\dots (34)$$

(2) 押抜きせん断の検討

図において次式により押抜きせん断応力を求める。

$$\tau_p = P_a / (b_p \cdot h) \quad \dots\dots (35)$$

$\tau_p \leq \tau_{pa}$ となることを確認する。

以上にもとづいて各設計強度におけるアンカープレート形状・板厚を算出した計算例を表 4.5.1 に示す。

表 4.5.1 アンカープレート寸法 (計算例)

(単位 : mm)

区分	テンドン 構成	設計 アンカー力 (kN/本)	辺 長		アンカープレート 板厚 t	アンカープレート 抜穴径	受圧板 抜穴径 d	削孔径 ϕ	抜き穴 管種
			$\sigma_{ck} =$ 15 MPa (フレム用)	$\sigma_{ck} =$ 21 MPa					
P300	12.7-1	100	250	250	16	63	165	137.0	VP
	17.8-1	200	250	250	22	63	165	137.0	VP
	21.8-1	300	250	250	28	63	165	137.0	VP
	21.8-1	343	300	250	28	63	165	137.0	VP
P300	12.7-4	400	300	300	36	86	216	157.0	VP
	12.7-5	500	360	300	38	86	216	157.0	VP
	12.7-6	600	360	360	40	86	216	157.0	VP
	12.7-7	700	400	360	45	86	216	157.0	VP
	12.7-7	768	400	360	45	86	216	157.0	VP
P400	12.7-1	100	250	250	22	63	216	157.0	VP
	17.8-1	200	300	250	32	63	216	157.0	VP
	21.8-1	300	300	300	36	63	216	157.0	VP
	21.8-1	343	300	300	38	63	216	157.0	VP
35M	17.8-1	200	250	250	22	63	165	125.0	VP
	21.8-1	300	250	250	28	63	165	125.0	VP
	21.8-1	343	300	250	28	63	165	125.0	VP
70M	12.7-4	400	300	300	28	86	165	137.0	VP
	12.7-5	500	300	300	32	86	165	137.0	VP
	12.7-6	600	360	300	36	86	165	137.0	VP
	12.7-7	700	360	300	38	86	165	137.0	VP
	12.7-7	768	360	360	38	86	165	137.0	VP

注 1) 辺長は、10mm 括約でご指定ください。

注 2) アンカープレート板厚は、標準板厚の中からご指定ください。

標準板厚 : 12, 15, 19, 22, 25, 28, 32, 36, 38, 40, 42, 45, 50 (単位 : mm)

注 3) 抜き穴管種は塩ビ管 (VP) 又は、ポイド管を使用した場合。

5. 施工

5.1. 一般

本アンカーの施工は、地盤条件、環境条件、施工条件などを十分に把握して立案した施工計画書に基づき実施する。

アンカーは、土留め支保工、構造物の浮上がりや転倒の防止工、地すべり対策工や斜面・のり面の安定工など様々な目的で用いられている。また、使用材料や荷重伝達方式、防食方法などの種類により多種多様なものが存在している。このため、アンカーの施工もその目的や施工場所、およびアンカーの構造・仕様にあった方法で行うことが望ましい。したがって、アンカーの施工にあたっては、このような点に十分留意し、工事内容や現場の施工条件などを把握し、安全確保・災害防止・周辺環境の保全がはかれるようにするとともに、アンカーの設計仕様を満足し適切な品質が得られるように施工計画を立案する。施工は、アンカーに関する十分な知識と経験などを有する責任技術者の指導のもとに専門の作業者が施工管理を行う。なお、専門の作業者としては、しかるべき資格を持ったものを選定することが望ましく、これによってさらに的確な施工が可能になる。

アンカーの施工の良否は、アンカーの耐力や構造物の安定に直接影響する。このため、施工にあたっては、施工計画が本指針に適合していることを確認する必要がある。

5.2. 施工計画

- (1) 本アンカーの施工に際しては、設計仕様を満足するアンカーを造成するために、各施工段階における施工方法や施工管理方法を定める施工計画書を作成する。
- (2) 施工計画は現場およびその周辺の安全と環境保全やアンカーの維持管理に対して配慮したものとする。

本アンカーの施工にあたっては、地盤条件、環境条件、施工条件などの諸条件を十分に把握したうえで、施工方法、施工管理、品質管理、および安全管理に関する詳細な計画を立案し、これに基づき施工計画書を作成する。また、施工計画書には、施工管理基準を明示するとともに維持管理にも配慮する。

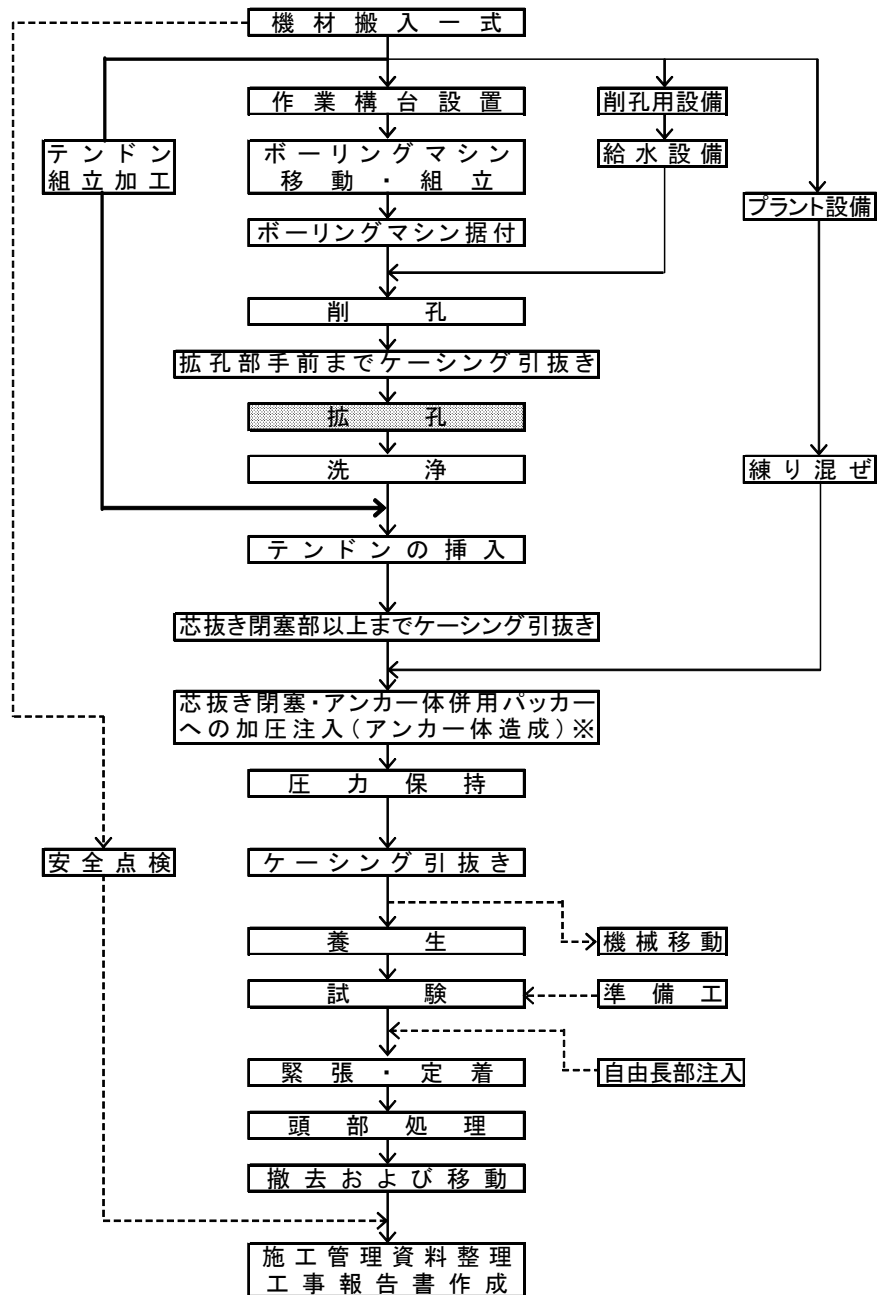
施工計画書に記載する標準的な項目には以下のものがある。

- | | |
|------------------------------|---------------|
| ① 工事目的 | ⑦ 使用材料 |
| ② 工事概要（名称，場所，工期，仕様，数量，地盤条件等） | ⑧ 仮設計画 |
| ③ 計画・設計条件 | ⑨ 作業手順・施工要領 |
| ④ 工程 | ⑩ 施工管理・品質管理計画 |
| ⑤ 工事管理組織編成表 | ⑪ 安全管理計画 |
| ⑥ 使用機器 | ⑫ 技術資料・カタログなど |
| | ⑬ その他 |

SSL アンカー工法の各形式の標準的な施工手順例を次に示す。

アンカー施工フローチャート

【P型アンカー】



※注入要領・・・ ① 設計アンカー体体積のグラウトを注入し、中断する。

② 約3分程度中断した後再度グラウトを注入する。

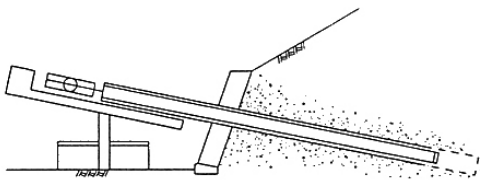
注入圧約0.5MPaまで注入圧を上昇させ再度中断する。

③ ②の作業を繰り返しグラウトの注入圧を徐々に上げる。0.5～0.6MPaまで上昇させることによりアンカー体が造成される。

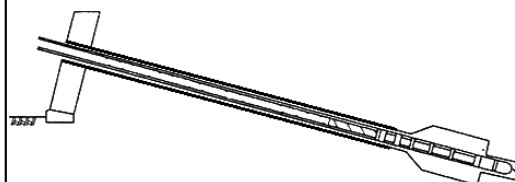
注：注入直後に芯抜き閉塞部は固結するが、支圧体部は径が大きく一度の注入では内部まで脱水し難く数回に渡りグラウトの注入を行う必要がある。

【P 型アンカー】

①削孔

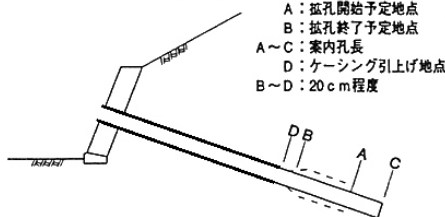
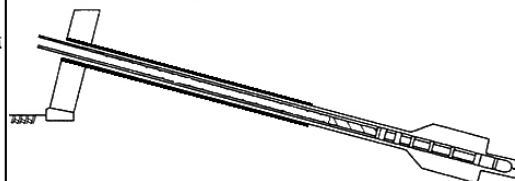


⑥SSLテンドンの挿入

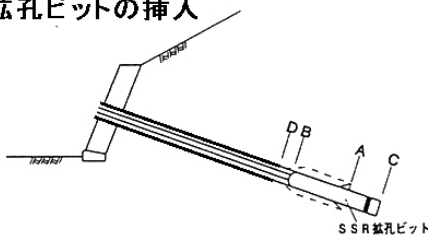
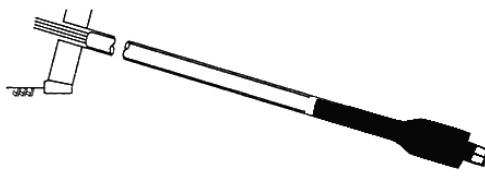


②ケーシング一部引き上げ

A : 掘孔開始予定地点
B : 掘孔終了予定地点
A～C : 案内孔長
D : ケーシング引き上げ地点
B～D : 20 cm 程度

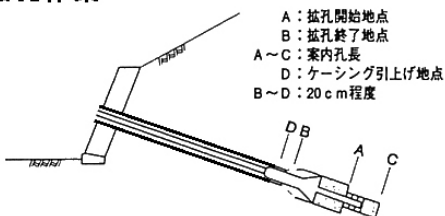
⑦ケーシング一部引き上げ
(芯抜き閉塞部以上)

③掘孔ビットの挿入

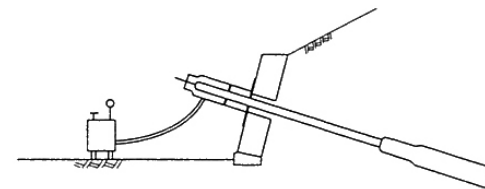
⑧芯抜き閉塞・アンカー体併用パッカー
への注入及び圧力保持

④掘孔作業

A : 掘孔開始地点
B : 掘孔終了地点
A～C : 案内孔長
D : ケーシング引き上げ地点
B～D : 20 cm 程度



⑨緊張・定着



⑤掘孔部孔内洗浄

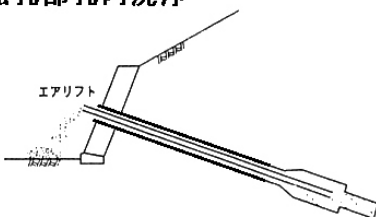
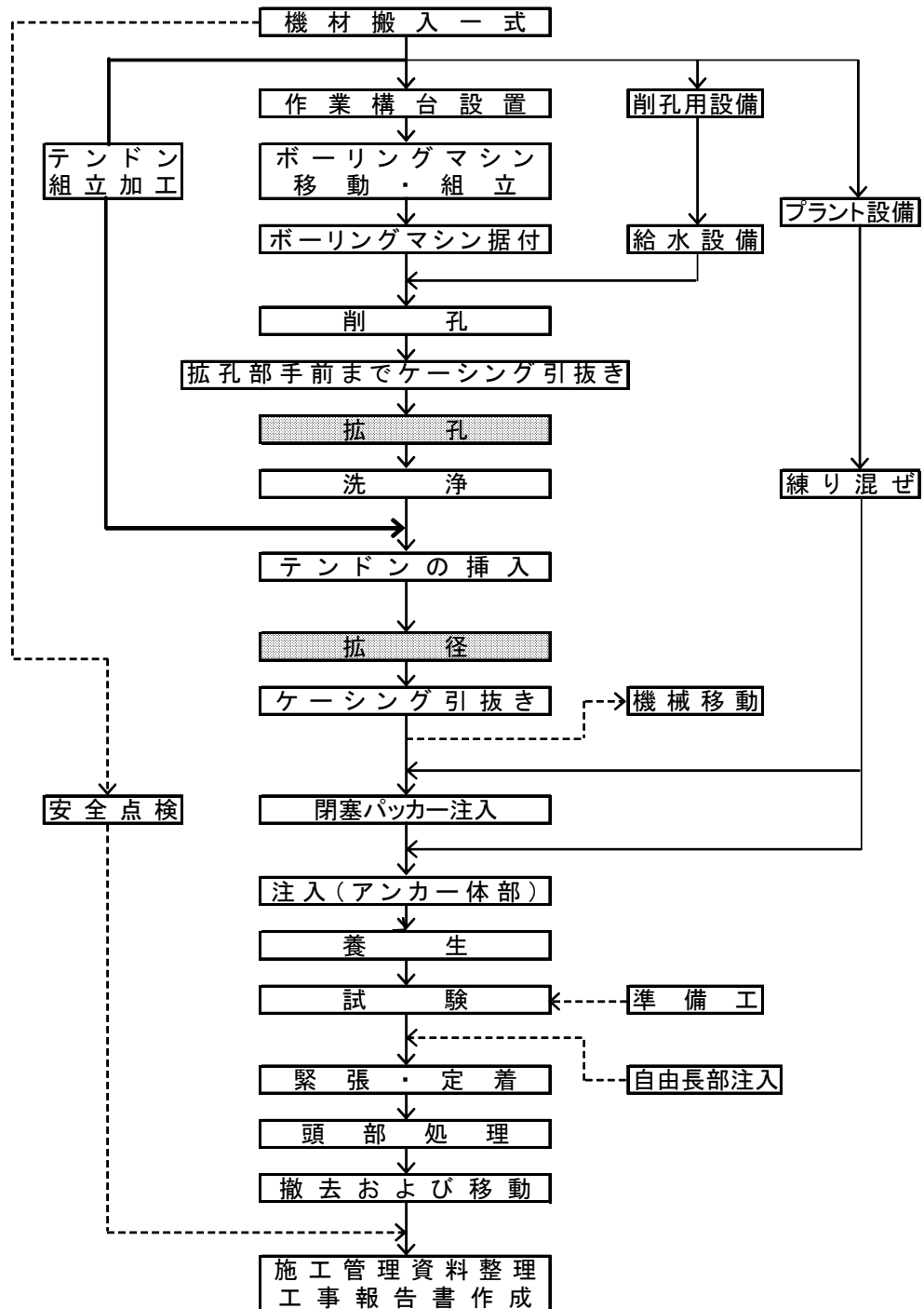


図 5.2.1 P 型アンカー削孔・定着手順

注：④の作業を行うに当たり，掘孔ビットのカッターが完全に掘がったことを確認し，掘孔開始地点にマーキングする。

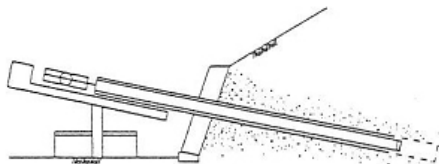
アンカー施工フローチャート

【M型アンカー】

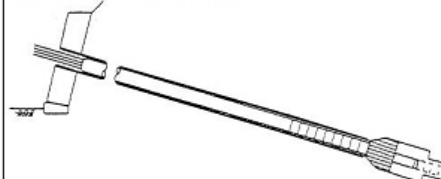


【M 型アンカー】

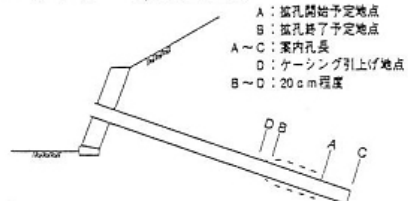
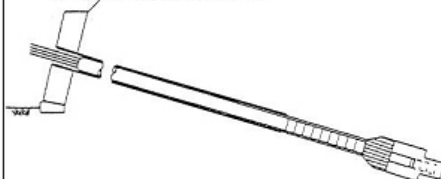
①削孔



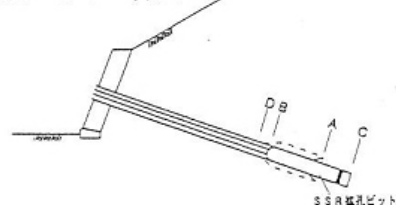
⑦アンカー体の拡張



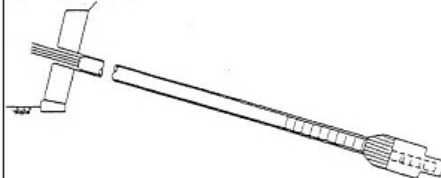
②ケーシング部引き上げ

⑧ケーシング部引き上げ
(芯抜き閉塞部以上)

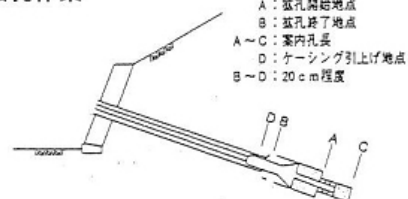
③掘孔ビットの挿入



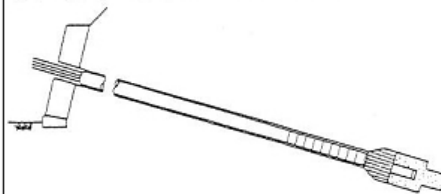
⑨芯抜き閉塞パッカーへの注入



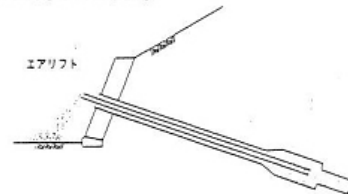
④掘孔作業



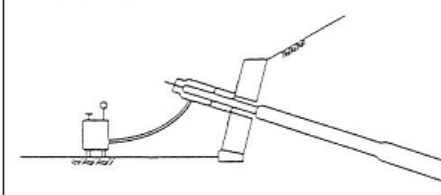
⑩アンカー体部グラウト注入



⑤掘孔部孔内洗浄



⑪緊張・定着



⑥SSL tendonの挿入

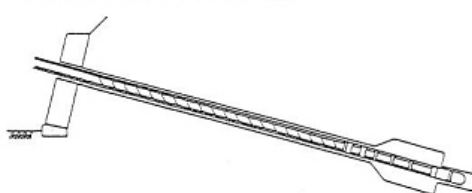


図 5.2.2 M 型アンカー削孔・定着手順

注：④の作業を行うに当たり，掘孔ビットのカッターが完全に掘がったことを確認し，掘孔開始地点にマーキングする。

5.3. 施工管理

- (1) アンカーの施工および施工管理は、施工計画書に基づき実施する。
- (2) アンカーの施工において計画時に想定した条件と異なる事態が生じた場合には、その原因を速やかに調査し、必要に応じて適切な対策を講じる。

(1) について

アンカーの施工は、施工計画書に基づき行われるので、責任技術者はその内容を十分に理解し、把握しておく必要がある。特に、工事の目的・規模・施工条件・周辺環境・設計条件・地盤条件・近接構造物などについては、施工において注意を要する。

施工管理は、作業手順の項目ごとに管理するものであり、その管理基準値を外れた場合には、適切な処置を講じる。なお、管理基準値は、従来から実施されてきた試験・設計・施工などから経験的に定められたものがあるので、それらを参考に設定することが望ましい。

(2) について

アンカーの施工において計画時に想定のできないトラブルが生じる事例として、地盤条件・地下水および地中障害物に関するものなどがある。

地盤条件に関するものには、地層の不陸や断層等の地層構成の複雑さに起因して生じるものが多い。この場合のトラブルは、所定のアンカー体設置地盤が得られないこと、地盤条件と削孔機械の非適合により施工能力が著しく低下すること、および、透水性の大きい地盤や割れ目・空洞のある岩盤等で削孔水またはグラウトが逸失してしまうことなどである。また、削孔時の転石等の障害、アンカー受圧構造物背面地盤の耐力不足なども地盤条件に関するものとして挙げられる。

地下水に関するものには、アンカー設置位置が地下水位以下の場合や、削孔時に想定外の被圧水に遭遇し、水圧により削孔口元から地下水や土砂が噴出し施工不能に陥ること、および、地下水の影響でグラウトが希釈され、あるいは周辺地盤に流出し所定のアンカー体が得られないことなどがある。

地中障害物に関しては、主に都市部のアンカー工事で多く、想定外の地中埋設物が障害となったり、想定した位置と異なることによるトラブルが発生することがある。

アンカー施工において何らかの不測の事態が生じた場合には、その原因を速やかに調査し、適切な対策を講じるものとする。

5.4. 材料の保管

- (1) 使用する材料は、その機能を損なうことのないように保管する。
- (2) 材料の保管時には、必要に応じて、材料の化学物質等安全データシートを明示する。

アンカー施工に使用する定着具やテンドンおよびその加工用材料の保管は、環境条件が良く、調達・運搬等を考慮し、施工に支障のない適切な場所で行う。保管場所は、水平で平らな所を選択し、地表面と直接接しないようにし、雨水・湿気・塩分・泥等の付着で材料の品質に有害な影響を与えないように配慮する。特に袋詰めセメントは、雨水・湿気の影響がない場所に地表面から離して保管する。バラセメントの場合には、気密性を十分に保つことのできるサイロに保管する。

アンカーで使用する注入材、防錆材、止水材等は、化学物質安全データシートの内容、取扱い上の注意事項を作業員に周知し、作業員が常に閲覧できるように掲示する。



図 5.4.1 セメントサイロの使用例

5.5. 削孔

- (1) アンカーの削孔は、設計図書に示された位置、削孔径、長さ、方向などについて、施工計画書で定めた管理値を満足するように行う。
- (2) アンカーの削孔により、周辺地盤への影響が懸念される場合には、適切な方法を用いてこれを防止する。
- (3) 孔口から著しい出水や土砂の噴出が生じ、アンカー体のグラウトの品質確保に支障を及ぼす状態が予想される場合には、アンカー体が完成するまでこれを防止できる適切な処置を行う。
- (4) 孔内洗浄は、地盤条件や施工条件に応じて清水またはエアなどの方法により行う。

削孔は、アンカーの品質や施工の工期・経済性に大きな影響を与える特に重要な作業工程であるため、設計仕様・地盤条件・施工条件・施工規模などを考慮して削孔機械や削孔システムを選定し、アンカーの品質が十分満足できるものとなるように管理を行いながら

施工する。また、削孔中の管理では、単なる施工管理のみに留まらず、周辺環境に対する影響や安全性の確保といった点にも配慮する。

削孔に際しては、本アンカーの特長を十分に引き出すために、圧搾空気で孔内のスライムを排除するとともに、スライムだまり（余長）を確保する。

スライムだまりは、P 型、M 型の場合は、案内孔部がこれに該当する（1.0m）。

〔削孔手順〕〈P 型、M 型〉※ロータリーパーカッションの場合

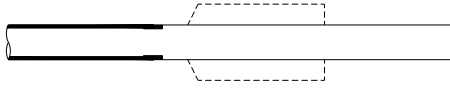
1) 削孔

削孔は、所定の径のケーシングを用いて、「拡孔長＋案内孔長」まで削孔する。（ケーシングの外径および内径を厳守しなければ支圧面積不足、またはアンカー体の挿入が不能となる場合がある）。

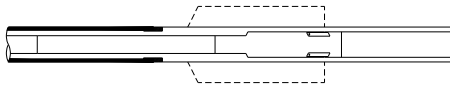
2) 拡孔

- ① 設計のアウトタービット径で予定の深度まで削孔し、ロッドを引抜き、アウトタービットを拡孔肩部より 20cm 程度引き上げる。
- ② 拡孔ビットには、偏心防止チューブを装着した「SSR 拡孔ビット」を孔底まで挿入する。
- ③ 孔底まで挿入された拡孔ビットはボーリングマシンの推進給圧力を上昇させ、ゆっくりと右回転（逆）させ、約 60°回転させるとカッター（閉）のロックが解除され、ロッドが拡孔ビット内に挿入され、拡孔ビットのカッターが開き、拡孔が開始される。
- ④ さらに所定の径に拡孔する（カッター（開）のロックを掛ける）ために給圧を掛けたまま、左回転（正）し、約 3 分間程度同一場所を拡孔する。（岩の硬度により多少拡孔時間は異なる。）
- ⑤ 拡孔が満足されているかの確認は、ボーリングマシンの回転を止めロッドの引き上げを試みる。この際、拡孔が満足している場合には負荷が掛かり、ロッドを引き上げることができず、所定の径に拡孔されていることが確認される。
- ⑥ ⑤で拡孔が確認された後、拡孔開始地点にマーキングし、拡孔ビットを左回転（正）させ、所定の深度を拡孔する。予定区間が十分に拡孔されているかの確認は、拡孔ビットが予定区間をスムーズに移動が可能であれば、拡孔作業は終了する。
- ⑦ 拡孔ビットを孔底まで下げ、エアリフトを 2～3 回行い、拡孔部のスライムを排除する。
- ⑧ ⑦を行った後、油圧を掛け約 60°右回転（逆）させることで、カッター（開）のロックが解除され、カッターは拡孔ビット内に収納され、拡孔ビットを回収することが可能になる。
- ⑨ 拡孔ビットを引上げ回収作業は終了する。

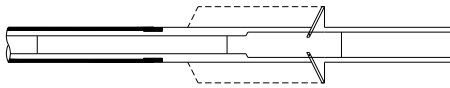
①ケーシング部引上げ



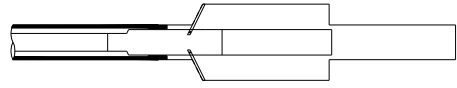
②SSR拡孔ビット挿入



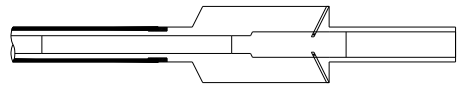
③カッター（閉）のロック解除する。
④カッター（開）のロック掛ける。
⑤カッター（開）のロックの確認。



⑥所定の拡孔長を拡孔する。



⑦拡孔ビットを孔底に下げ、エアリフトを行う。



⑧カッター（開）のロックを解除する。
⑨拡孔ビットの回収。

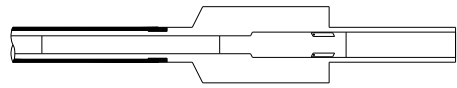


図 5.5.1 拡孔作業

3) 孔内洗浄

孔内洗浄は、孔内にあるスライムを水と共に圧搾空気を送って噴出させて洗浄する（エアリフト）。孔内の水がなくなれば孔口から注水し、再度、圧搾空気で洗浄する。孔内のスライムが無くなるまで繰り返し実施する。

4) 拡孔の確認

拡孔の確認は、拡孔ビットのカッターが完全に拡がってロックが掛かっているかを確認して行う。確認の手順は、下記による。

- ① 拡孔ビットのカッターを拡げる作業を行う。
- ② ボーリングマシンの回転を止める。
- ③ 給圧を掛け拡孔ビットを引き上げる。
- ④ この際、カッターが完全に拡がり、ロックが掛かっているとロッドに抵抗が掛かりボーリングマシンが前方に移動する。
- ⑤ 完全に拡がっていない場合、容易にロッドを引き上げることが出来る。この場合、完全にカッターが拡がるまで、①～③の作業を繰り返す。
- ⑥ 完全にカッターが拡がったことを確認したら、拡孔開始位置にマーキングを行い所定の長さを拡孔する。

〔標準削孔径・拡孔径・ケーシング仕様〕

各形式における，標準削孔径，拡孔径，ケーシング仕様を以下に示す。

表 5.5.1 P 型 標準削孔径と拡孔径

(単位：mm)

区分	テンドン 構成	支圧体		拡孔ビット径		ロータリー削孔方式			ロータリーパーカッション削孔方式		
						シールドパイプ			ドリルパイプ		
		組立径	拡径径	拡孔前	拡孔径	削孔径	呼び径	内径	削孔径	呼び径	内径
P300	φ 12.7-1～ φ 21.8-1	102	300	100	300	135	132	115 以上	137	135	106 以上
P400	φ 12.7-1～ φ 21.8-1	102	400	120	400	145	146	125.8 以上	157	146	123 以上
P300	φ 12.7- 4～7	115	300	100	300	145	146	125.8 以上	157	146	123 以上
P200	φ 12.7- 4～7	104	300	100	300	135	132	115 以上	137	135	106 以上

※削孔径：シールドクラウンおよびリングビットの外径で，設計計算に使用する。

※呼び径：歩掛り上の呼び径

注：シールドパイプ・ドリルパイプのカップリング内径は支圧体組立径および拡孔ビット拡径前径より大きいものを選定する。

表 5.5.2 M 型標準削孔径と拡孔径

(単位：mm)

区分	テンドン 構成	支圧体		拡孔ビット径		ロータリー削孔方式			ロータリーパーカッション削孔方式		
						シールドパイプ			ドリルパイプ		
		組立径	拡径径	拡孔前	拡孔径	削孔径	呼び径	内径	削孔径	呼び径	内径
35M	φ 17.8-1～ φ 21.8-1	75	146	76	146	105	101	87.6 以上	125	115	87 以上
70M	φ 12.7- 4～7	98	170	100	170	135	132	115 以上	137	135	106 以上

※削孔径：シールドクラウンおよびリングビットの外径で，設計計算に使用する。

※呼び径：歩掛り上の呼び径

注：シールドパイプ・ドリルパイプのカップリング内径は支圧体組立径および拡孔ビット拡径前径より大きいものを選定する。

5.6. テンドンの組立加工

テンダンの組立加工はテンダンの品質保持のため、工場加工を原則とする。現場における組立を計画する場合は、適切な設備環境のもとで十分な品質管理が可能な場合に限るものとする。

<組立手順>

1) PC 鋼より線の切断

PC 鋼より線を所定の長さで、ディスクカッターにより切断する。

2) 圧着グリップ加工

アンボンド PC 鋼より線に圧着グリップを装着する際、事前にアンボンドシースを取り除き（圧着加工後の寸法）、圧着ジャッキを用いて圧着する。

圧着グリップ加工は、工場で加工することを原則とするが、7 本より PC 鋼より線（ $\phi 12.7$ 、 $\phi 15.2$ ）の場合は専用ジャッキを用いて現場加工することができる。ただし現場加工する場合は十分な品質管理を行うものとする。



圧着前



圧着後

図 5.6.1 圧着グリップ加工

圧着グリップの品質は、次の仕様を満足しなければならない。

- ① 施工前のスリーブ表面に、キズや凸凹および加工性を阻害する異常がないこと。
- ② 加工後の圧着グリップの外観は表面円滑で、割れ、有害なキズおよび曲がりなどの変形がないこと。
- ③ $\phi 17.8 \text{ mm}$ 以上の径の PC 鋼より線の圧着加工は、工場加工による。

3) アンボンド PC 鋼より線の端部処理

固定金具内の油密性を高めるために、圧着グリップ側の端部にスパンシールテープを少量巻き付ける。（図 5.6.2）

また、ジャッキ側の端部もグラウトが浸入するのを防止するため、ビニールテープで入念に養生する。ただし、グラウトの流下を阻害しないよう仕上がり径が大きくなるよう留意する。



図 5.6.2 アンボンド PC 鋼より線の端部処理



図 5.6.3 アンボンド PC 鋼より線ジャッキ側端部のビニールテープによる処理

4) シースの切断

シースを所要長で切断する。支圧体との接続端面は管軸に直交するよう、特に留意して切断する。

5) テンドン組立

- ① アンボンド PC 鋼より線を組立架台に載せ、固定金具の台座部を緊張端側より通す。アンボンド PC 鋼より線と台座の貫通孔が接する隙間にはスエバーシール材を充填しておく。
- ② 70M 型では支圧体内の円形注入スペーサーをビニールテープでずれないように取り付ける。
- ③ 以下の手順でボトムカバーおよびボトムキャップを取り付ける。
 - a) 圧着グリップ加工した PC 鋼より線を圧着グリップ押込み機で台座に締め込む。また、ボトムカバー内に防錆材（グリス系防錆油）を充填した後、パイプレンチで締結する。
 - b) 締結する前にボトムキャップの排気プラグをあらかじめ外し、防錆材（プロコート C、ブイコート H 同等品）が十分に充填されるように締結する。
 - c) 止水性を高めるため、台座のオスネジ部には止水テープを 3 重に巻きスエバーシールをオスネジ部全体に塗布する。



図 5.6.4 円形注入スペーサーの取付状況

(ϕ 12.7-4 では 50 cm 間隔で 2 箇所 に 1 個ずつ, ϕ 12.7-5 では同 2 箇所 に 2 個ずつの 4 個,
 ϕ 12.7-6 では 100 cm 間隔で 2 箇所 に 1 個ずつ tendon が整列するように取り付ける。)

- d) ボトムカバーのメスネジ部全体にスエバーシールを塗布しておき, ボトムキャップとの接続も同様とし, オスネジ部には止水テープを 3 重に巻き, スエバーシールを塗布する。
- e) ボトムキャップの空気抜き孔から溢出した防錆材は, ウェス等を用い, 除去しメスネジ部にはスエバーシールを塗布しメクラボルトには止水テープを巻き, スエバーシールを塗布する。



図 5.6.5 防錆材の充填

- ④ グラウトスリーブ, 補強鋼材の順に通し, パイプレンチで締結する。
- ⑤ 70M 型では, tendon に 1.0m 間隔で星型注入スペーサーをビニールテープで取り付ける。35M 型および P 型では tendon のジャッキ側端部と, 受圧板表面予定位置にストランドセンタライザーを取り付ける。

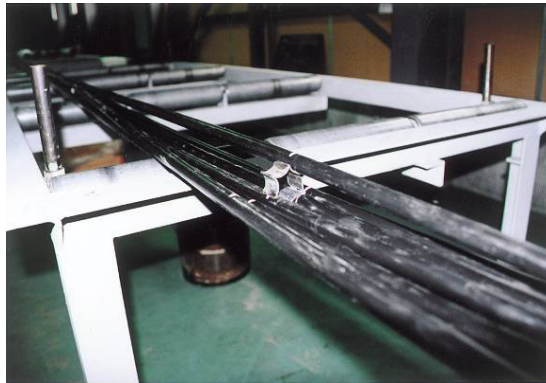


図 5.6.6 星型注入スペーサーの取付

- ⑥ シースにテンドンを通し，支圧体に接続する。この際アンボンド PC 鋼より線の端部がシースを傷つけないよう樹脂製挿入キャップを用いる。



図 5.6.7 樹脂製挿入キャップ

- ⑦ また，冬季はシースが硬化するため，ヒーター等により加温しながら接続する必要がある。接続後，締め付けリングをジョイントカバー内にセットし，パイプレンチで締結する。（締め付けリングが支圧体側にずれないように留意する。）



ジョイントカバー

締め付けリング

図 5.6.8 シースの接続

5.7. テンドンの取扱い

テンドンは、傷つけたり、鋭く曲げたり、または、防食用材料を破壊したりすることのないように注意して取扱う。アンカー体のグラウトと付着する部分のテンドンは、機能を損なうものが付着しないようにていねいに取扱う。

テンドンは、アンカーの重要な部材であるため、これを損なわないように取扱う。テンドンは、製造時に抜き取り検査が行われ、所定の規格値を満足していることを確認した後に出荷されているが、その後の現場での挿入作業までの間でも、傷による損傷や過度の曲げがないように注意を払う必要がある。また、アンボンド加工された鋼材においては、シーラや防錆材などの防食用材料を損傷することがないように取扱う。

組立完了後のテンドンは、地表面に直接置くことを避け、十分な保護措置を講じる。

5.8. テンドンの挿入と保持

テンドンの挿入は、有害な損傷や変形を与えない方法を用いて所定の位置に正確に行い、グラウトが硬化するまでテンドンが動かないように保持する。

テンドン運搬の際は、テンドンを傷つけないように注意する。挿入前の仮置きの際もテンドンを直接地表面に置くことを避け、挿入時には油や土などが付着しないように注意し、その作業中には、よじれ・損傷しないようにする。

テンドンが長尺の場合や、狭隘な施工場所での挿入の際は、テンドンを引き伸ばさずに挿入可能な回転装置やローラーを使用する。

挿入したテンドンは、グラウト注入から緊張・定着が終了するまで、振動や変形を与えることがないようにする。

5.9. 拡張

M 型は拡孔部における支圧面積を得るために、支圧体を機械的に拡張する。

M 型の場合は拡孔完了後テンドンを挿入し、ケーシングの先端に支圧体の拡張用ツメを引っ掛け、拡張専用ジャッキ等で PC 鋼より線を引き上げることにより拡張を行う。拡張のための引張り力は、30kN 程度とする。

拡張の確認は、PC 鋼より線の「引き出し長」によって行う。

M 型の場合、拡張によるテンドンの引き出しにより、緊張余長 1m 程度が確保される。

表 5.9.1 引き出し長

区分	テンドン構成	テンドンの引き出し長 (cm)
35M	φ 17.8-1～φ 21.8-1	51.5
70M	φ 12.7-4～7	57.1

5.10. グラウト注入

グラウトの注入は、テンドン挿入後、速やかに行わなければならない。
注入は、置換注入と加圧注入、充填注入により行われる。

(1) 注入方法

グラウト注入は以下の手順にしたがって行うことを原則とする。

(P 型)

- ① テンドンを挿入する。
- ② 芯抜き閉塞部のケーシングを引抜く。
- ③ シースパイプを注入ホースとしてアンカー体部、芯抜き閉塞部に加圧注入する。

(M 型)

- ① テンドンを挿入し、支圧体を拡張する。
- ② 芯抜き閉塞部のケーシングを引抜く。
- ③ 芯抜き閉塞パッカーに加圧注入する。
- ④ パッカーを加圧したままシースパイプを用いアンカー体部に注入する。
- ⑤ 排気ホースからのリターンが注入材と同等になり安定するのを確認した上で、排気ホースを閉塞してアンカー体部に加圧注入する。

(2) 置換注入

置換注入は、孔内における排水や排気を円滑に行うため、アンカーの最低部から開始することとし、その作業は、注入したグラウトと同等の性状のものが孔口から排出されるまで、中断せずに連続して行う。

(3) 加圧注入

パッカー、アンカー体部は加圧注入することを原則とする。

加圧注入は、アンカー体周辺の地盤条件に応じた適切な方法を用いて実施する。

(4) 充填注入

充填注入は、自由長部の空隙充填と地山の緩みを抑えるために実施する。

(1) 注入方法

グラウトの練混ぜは、設計図書に示された仕様・配合で行い、原則としてミキサーとアジテーターを使用し、注入作業中に一定のコンシステンシーを確保する。

練混ぜしたグラウトは施工計画書に示された所定の品質であることを確認しなければならない。グラウトの品質管理試験は一般に P ロートによるフロー値の計測や比重の計測によって行われる。

圧縮強度は、直径 5cm、高さ 10cm のモールドで成型した円柱供試体で行う。供試体の作成、養生、試験方法などは、JIS A 1132 および JIS A 1108 に準じて行う。



図 5.10.1 二槽式グラウトミキサーおよび小型セメントサイロからなる注入プラントの例

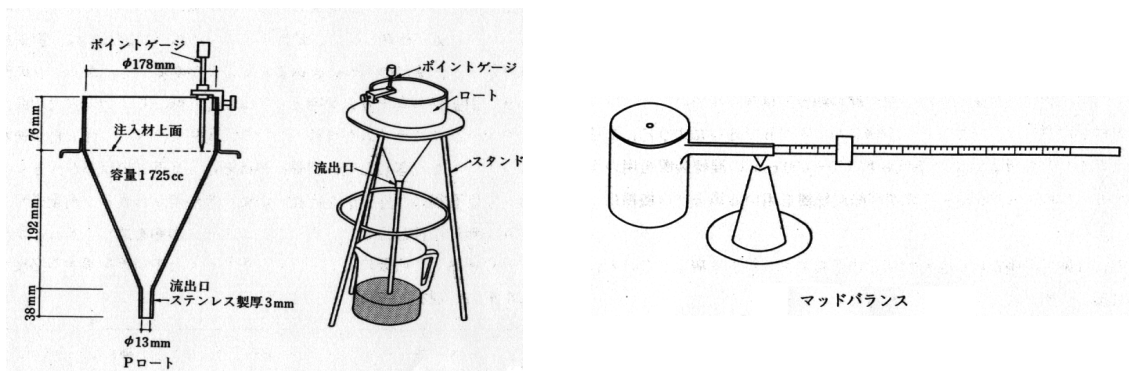


図 5.10.2 P ロートおよびマッドバランス

(2) 置換注入

グラウトの置換注入は、孔内に残留する削孔水を排除し、リターンが注入材とほぼ同等のコンシステンシーになるまで（P 型を除く）続けなければならない。品質の確認は通常目視および手ざわりで行うが、フロー値などの計測により確認することが望ましい。

注入はグラウトポンプによって行うが、孔内の水によってグラウトが稀釈されたり、空洞が出来ないようにゆっくりと注入できる機械を選定する必要がある。

(3) 加圧注入

加圧注入は、設置地盤にグラウトを浸透させることにより摩擦抵抗を高めるためのほか、アンカー体の細部にグラウトを浸透させ、また、設置地盤の節理や亀裂等を充填して支持特性や化学的な環境を安定化させるために行う。このほかパッカーの注入についても、SSL アンカー工法では孔壁との密着性を得るために加圧注入を行うものとする。注入圧力は、0.6MPa までとする。

パッカー加圧注入は注入容量が小さいため、小容量（10～15ℓ/min 程度）のグラウトを送ることが可能な専用ポンプの使用が望ましい。

(4) 充填注入

パッカーを用いて加圧注入を行った場合は、必要に応じて自由長部に充填注入を行うものとする。

5.11. 養生

アンカーは、グラウトの注入終了からテンドンの緊張までの間、ならびに定着から頭部処理までの間に、異物が付着したり、機能を損なうような変形や振動を受けないように養生を施す。

アンカーは、注入後のグラウトが所定の強度に達するまで動かないようにし、十分なグラウトの養生を行うものとする。また、テンドン頭部は、異物が付いたり、雨水にさらされたりしないようにするとともに、建設機械などが接触しないように十分保護する。

5.12. 頭部材料設置

頭部材料の設置は所定の方法で行う。

グラウト硬化後の頭部材料のセット方法は、次の手順で行う。

アンカー頭部の定着具やくさびなどは、乾燥した状態で保管し、使用直前に取り出し、ゴミやほこりが付着していないものを用いなければならない。

テンドンは、付着したグラウトや有害なさびの発生がみられる場合は、これを取り除き用いなければならない。

(1) シースの切断

グラウトの養生期間中テンドンはシース及び内部のグラウトにより保護されるため、頭部材料のセットに先だって、これらをカッター等で取り除いてから行う。この際シースの切断は、緊張力による受圧板の沈下の影響を受けないよう、受圧板の座面にできる限り近い位置で切断し、受圧板の奥までシースにスエバーシールを塗布する。

ただし、アジャストプレートで角度補正を行う場合、反力体の前面に近い位置でシースを切断するとヘッドアダプター内にシースが十分に挿入されず、ヘッドアダプター内に水などが浸入する恐れがある。そのため、アジャストプレートを使用する際は、反力体の前面から 6cm 程度の位置でシースを切断する。そのほかの角度補正台座を使用する場合も、シース切断位置の検討が必要である。

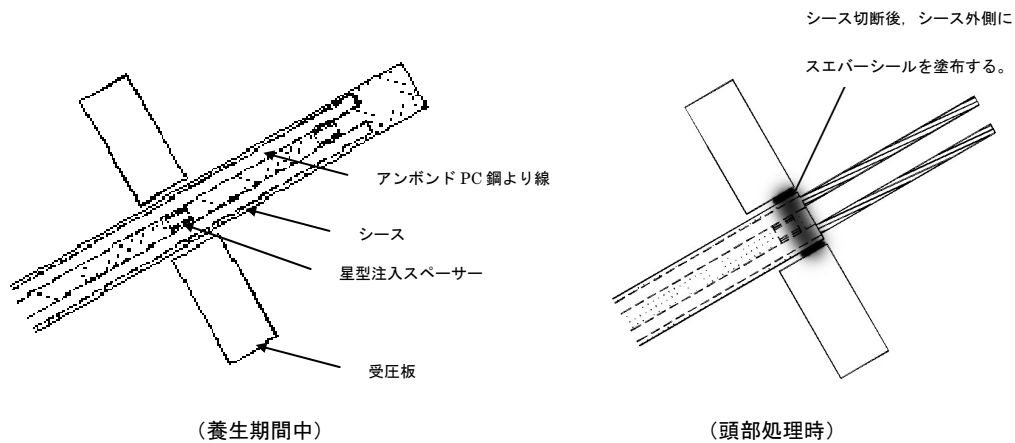


図 5.12.1 シースの切断および止水

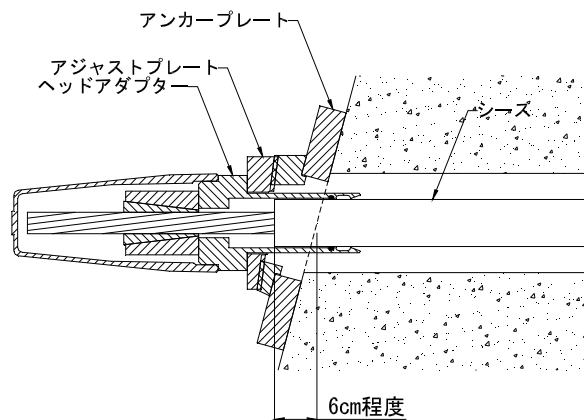


図 5.12.2 アジャストプレート使用時のシース切断位置

(2) 定着具の挿入

テンドンにアンカープレート，ヘッドアダプター，アンカーヘッドの順で挿入する。ヘッドアダプター内側にはOリングと口元の間にスエバーシールを十分塗布しておく。

また，複数本のアンボンド PC 鋼より線を用いる 70M 型ではシース内のアンボンド PC 鋼より線の配置と，アンカーヘッドの孔配置を一致させて挿入し，振れなどが生じないようにしなければならない。

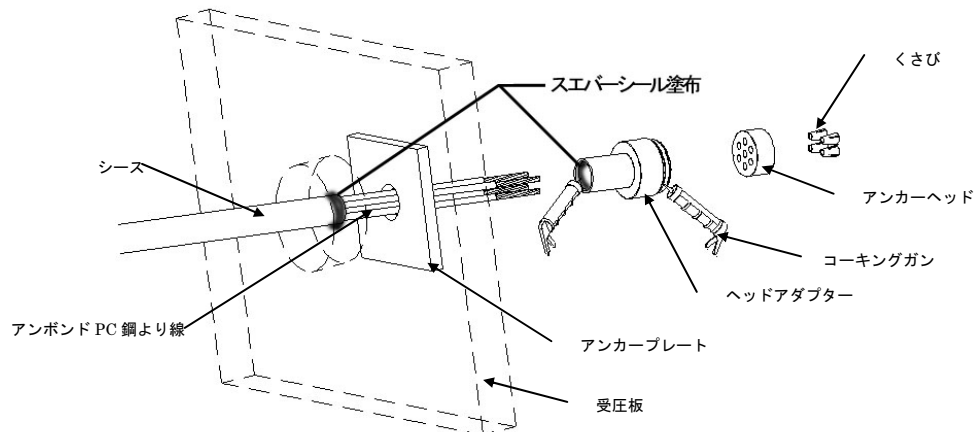


図 5.12.3 定着具の挿入

ヘッドアダプターの挿入が困難な場合は、叩いたりせず、ジャッキにより挿入する必要がある。

5.13. 緊張・定着

- (1) アンカーは、グラウトが所定強度に達した後、適正試験・確認試験によって所定の試験荷重や変位特性を確認し、所要の残存引張り力が得られるように初期緊張力を導入する。
- (2) アンカー頭部の定着作業は、所定の定着時緊張力が得られるように行う。
- (3) 初期緊張力は、セット量（4mm）を考慮して決定する。
- (4) 緊張装置は、キャリブレーションしたものを使用する。

- (1) アンカーの緊張・定着は、グラウトが所定の強度に達した後に行うものとする。グラウトの強度の確認は、一般的にテストピースを用いた圧縮強度試験で行われている。
- (2) アンカーヘッド、くさびなどの定着具は、ゴミやほこりが付着しないよう保管して用いるほか、テンドンもグラウトの付着や錆が認められる場合には、これを取り除き清浄な状態として用いる。
緊張・定着時に偏心が生じる場合には、アジャストプレートなどにより補正する。
アンカー頭部における設置角度の許容誤差は、一般に PC 鋼より線の場合で $\pm 5^\circ$ 以下である。
- (3) テンドンの定着に際しては、セット量等による緊張力の減少量（式 5.1 参照）を検討する。

$$\angle P = S \times A_s \times E_s / l_{sf} \quad \cdots \quad (\text{式 5.1})$$

ここで,

$\angle P$: セット量による緊張力の減少量 (kN)

S : セット量 (mm)

A_s : 引張り材断面積 (mm²)

E_s : 引張り材弾性係数 (kN/mm²)

l_{sf} : テンドン自由長 (mm)



図 5.13.1 緊張・定着状況

ただし、初期緊張力は、危険防止のためいかなる場合においても、そのテンドン降伏荷重の 90%を超えてはならない。

また、緊張・定着時に万一テンドンが破断したり、定着具または緊張装置が破壊したりすると、付近に危害を与えるおそれがある。したがって、緊張・定着時にはジャッキの背面は立入禁止とし、防護板などを立てるのが望ましい。

5.14. 頭部処理

アンカー頭部はアンカーが設置される環境条件を十分検討したうえで、損傷を受けないようオイルキャップにより保護する。

アンカー頭部背面には、アンカー頭部およびアンカー自由長部との境界部の防食を目的として、緊張・定着前に、設計図書に示された方法で頭部処理を行う。

アンカー頭部には、アンカー頭部の防食や防護を目的として、緊張・定着後速やかに頭部処理を行う。

永久アンカーは施工時点に加え、将来的な環境も考慮して、その頭部処理を講じておくことが望まれる。

(1) テンドンの切断

定着後のテンドンは、ディスクカッターにより切断する。

切断するときの余長は、再緊張あるいは除荷を行う可能性を検討して決定する。

再緊張が予想される場合はつかみ代を確保するとともに、緊張力を解放する場合はさらにテンドンの引き込み量を加算して切断する。

本工法で使用する定着具において、再緊張する場合に必要な切断余長は以下の通りである。

表 5.14.1 再緊張に要する切断余長

区分	テンドン構成	最大切断余長 (mm)	再緊張する際に必要な 最小切断余長 (mm)
P300/P400 35M	φ 12.7-1	約 125	70
	φ 15.2-1	約 120	70
	φ 17.8-1	約 115	90
	φ 19.3-1	約 110	90
	φ 21.8-1	約 100	95
P300, P200 70M	φ 12.7-4～7	約 120	80

※上記の切断余長で不足する場合は、別途長尺オイルキャップを使用する。

(2) ヘッドアダプター内部の防食処理

ヘッドアダプター内部の空隙は、防錆材注入孔から防錆材を充填する。



図 5.14.1 ヘッドアダプター内への防錆材の充填

(3) オイルキャップの取り付けと防錆材の注入

オイルキャップを取り付け、内部に防錆材を充填して防食を行う。

オイルのメスネジ部全体にスエバーシールを塗布し、ヘッドアダプターのオスネジ部には、止水テープを 3 重に巻き付けた上スエバーシールをオスネジ部全体に塗布し止水すると共に防錆材が流出ないようにパイプレンチを用いて締結する。

オイル内に防錆材が充填されたら、空気抜き孔のメクラネジに止水テープを巻き付けスエバーシールを塗布する。メスネジ部の防錆材を拭き取りスエバーシールを塗布しメクラネジを六角レンチで締め付ける。



図 5.14.2 オイルキャップの取付

このほか、コンクリートあるいはモルタルなどによって被覆する場合は、腐食に対して十分な被り確保するとともに、維持機能を損なわないよう、くさびやアンカーヘッド周辺にコンクリートもしくはモルタルが直接接触しないように保護しなければならない。

5.15. 記録

アンカー維持管理の段階でも必要なデータについては、記録し保存する。

アンカーの緒元、図面および施工時の各記録は維持管理を行っていく上で重要である。例えば、リフトオフ試験の計画時には、事前に試験の最大荷重の設定を行い、それに応じたジャッキの手配をする必要がある。また、アンカー頭部を保護しているコンクリートを壊して定着部材等の腐食調査をする場合にも事前に各工法による頭部保護材料の準備をする必要がある。各点検・調査・対策を円滑に計画し、機材・材料の調達をするために、特に必要な記録の項目を以下にあげる。

- ・ 施工時期
- ・ アンカー緒元（工法、削孔径、アンカー体長、アンカー自由長、アンカー設置地盤）
- ・ 図面（アンカー配置平面図、断面図、アンカー頭部の詳細図、テンドン組立て図）
- ・ 材料（テンドンの部材、断面積、ヤング係数）
- ・ 定着時緊張力、設計時アンカー力

記録の保存管理は、発注者または、施工管理者とする。

6. 防食

6.1. 一般

アンカーは、構造物周辺の腐食環境、供用期間および構造物の重要度を考慮し、その供用期間中にアンカーの機能を維持できるように確実な防食を行う。

鋼材などの腐食のおそれのある材料を用いるアンカーにおいて、その防食方法を選定する場合は、防食用材料の特性や効果等を勘案のうえ、アンカー体、引張り部、アンカー頭部のそれぞれに対して最適な処置となるよう十分に検討する必要がある。また、必要に応じて、アンカーの全供用期間にわたって最も不利となる腐食条件を設定し、防食を講じる。

アンカーは、使用する目的によって供用期間が異なる。また、使用場所や対象とする構造物によって腐食環境が異なる。よって、アンカーの防食は、これらの使用条件に加えて、アンカーおよび構造物の重要度を考慮して適切な方法で実施する。

表 6.1.1 に供用期間および腐食環境レベルを考慮した防食レベルの目安を示す。

表 6.1.1 防食レベル

	2 年未満	2 年以上
通常的环境	防食構造Ⅰ	防食構造Ⅱ
高腐食環境	防食構造Ⅱ	防食構造Ⅲ

この防食レベルは、供用期間を 2 年未満と 2 年以上で区分している。さらに、腐食環境を通常的环境と高腐食環境の 2 つに区分し、供用期間と腐食環境の条件で必要な防食性能を設定している。ここで、高腐食条件とは、二重防食などの十分な防食が施されていても、腐食が進行する可能性のある環境をいう。

防食構造Ⅰは、通常的环境における供用期間 2 年未満のアンカーが対象となり、防食レベルは簡易な防食となる。一般的に防食構造Ⅰでは、アンカー頭部や頭部背面など腐食しやすい部分に対して防食を施す。なお、供用期間が非常に短い場合や、ほとんど腐食環境にさらされない場合は、防食を省略してもよい。

防食構造Ⅱは、通常的环境における供用期間 2 年以上のアンカーが対象となり、供用期間中にアンカーの機能を維持できる確実な防食となる。防食構造Ⅱでは、腐食によりその機能が損なわれないように引張り材、拘束具、定着具、支圧板などアンカー全長にわたって確実な防食を行う。なお、供用期間が短くても、高腐食環境にある場合や重要な構造物に対するアンカーでは防食構造Ⅱ以上の防食が必要である。

高腐食環境下においてアンカーを使用する場合は、さらに防食性能の高い防食構造Ⅲとしているが、腐食しない材料を用いたり、防食層を多重化する防食が必要となる。また、腐食環境によりセメント系グラウトが劣化する場合には、樹脂グラウトなどを使用することも必要となる。

腐食のおそれがあり、防食の必要なテンドンについては、全長にわたって供用期間中に

外部の腐食環境から遮断する材料，構造で保護する。テンドンを外部の腐食環境から遮断する方法としては，鋼材を耐食性のある 2 種類以上の材料で保護する方法などがある。

アンカー頭部から引張り部にかけては，FIP-1986 で報告されているように，不十分な防食では腐食による破断のおそれがあるので特に注意を要する。アンカー頭部とその背後，ならびに引張り部の接続部分では，防食構造が不連続とならないように，防食構造を確実にする。

腐食の程度は，以下の環境条件によっても左右されるので，アンカーの置かれた環境条件を十分調査，把握するものとする。

- 1) pH および酸度
- 2) 比抵抗値
- 3) バクテリア
- 4) 土壌中の溶解成分
- 5) 迷走電流

SSL アンカー工法の防食レベルは，防食構造Ⅱに相当する。

6.2. アンカー体部の防食

アンカー体部のテンドンは二重防食する。

SSL アンカー工法における，各アンカータイプの防食措置は次のように図られている。

SSL アンカー工法の，全てのタイプのテンドンは，アンボンド PC 鋼より線を用いており，全長にわたって防食効果が期待できるほか，アンカー引張り力はアンカー体部グラウトに対して圧縮力として作用するため，ひび割れの発生するおそれが小さく，安定した防食環境を期待できる構造となっている。

表 6.2.1 SSL アンカー工法各形式のアンカー体部防食方法

形式	テンドン	圧着グリップ部	支圧体	備考
P 型	1.アンボンドグリス 2.アンボンドシース 3.グラウト	1.防錆材 2.固定金具ダクロタイズド処理鋼管 3.グラウト	(補強鋼管について) 1.ダクロタイズド処理 2.グラウト	アンカー体部のグラウトは鋼管で補強されるほか，圧縮力が作用するため，ひび割れの発生するおそれが小さい。
M 型	1.アンボンドグリス 2.アンボンドシース 3.グラウト	1.防錆材 2.固定金具電気メッキ鋼管 3.グラウト	1.電気メッキ 2.グラウト	

6.3. アンカー自由長部の防食

アンカー自由長部のテンドンは、二重防食する。

SSL アンカー工法の自由長部の防食構造を図 6.3.1 に示す。

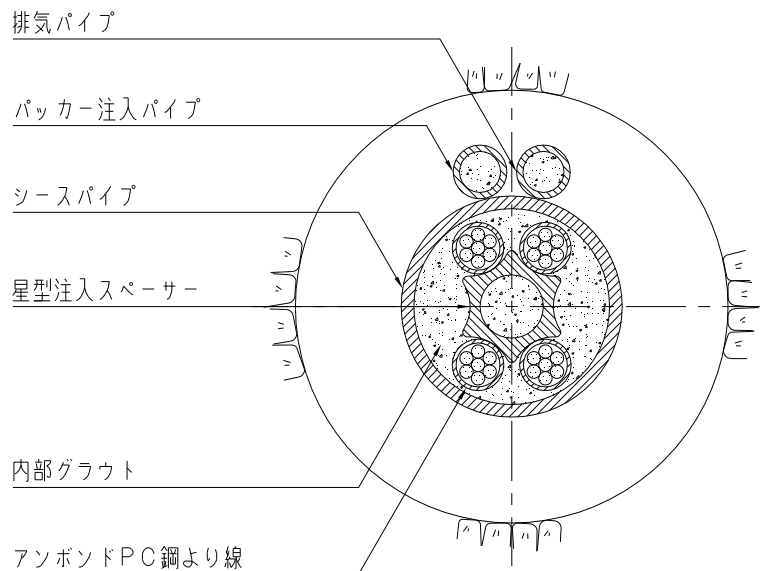


図 6.3.1 アンカー自由長部の防食構造 (70M)

アンカー自由長部のテンドンは、アンボンドシースとポリエチレンシース管による二重防食構造となっている。

6.4. アンカー頭部

アンカー定着具の背面は、腐食の危険性が高いため防食に十分注意しなければならない。

アンカー頭部は外部環境の影響を直接受ける部分であるほか、緊張力を保持するための主要な部分であり、防食は入念に行う必要がある。

SSL アンカー工法の一般的な頭部防食構造を図 6.4.1 に示す。

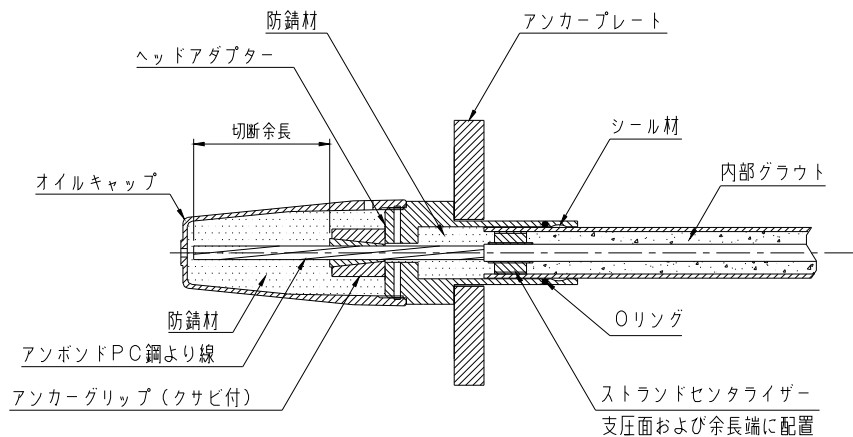


図 6.4.1 アンカー頭部の防食構造

- 1) 緊張・定着されたアンカーヘッド、くさびおよび、PC 鋼より線の余長部分は防錆材の充填されたオイルキャップにより保護される。
- 2) オイルキャップは防食効果の高いアルミ鋳物が用いられ、アンカーヘッドの定着台座となる円形のヘッドアダプターに直接ネジ込み接続されるため、雨水が侵入する間隙ができず、完全な防食が可能となっている。
- 3) 支圧板（アンカープレート）は溶融亜鉛メッキされた鋼材を用いるものとしている。
- 4) アンカーヘッドの背面はヘッドアダプターと、シースパイプが O リング、シーリング材を介して接続されるため、雨水、地下水が浸入できない構造となっている。

(参考. ダクタイル鋳鉄の耐食性)

M 型に使用しているダクタイル鋳鉄の機械的性質は表 6.4.1 のとおりである。

表 6.4.1 ダクタイル鋳鉄の機械的性質

材質名	規格値	試験結果 (93/6/8)
球状黒鉛鋳鉄品 FCD450	引張強さ : 450N/mm ² 以上	513N/mm ²
	0.2%耐力 : 280N/mm ² 以上	343N/mm ²
	伸 び : 10%以上	17.2%
	硬 さ : 140～210HB (参考)	169HB
	黒鉛球状化率 : 70%以上	

球状黒鉛鋳鉄品（ダクタイル 2 種，FCD450）の特徴は，全般に均一な球状黒鉛が分布しているため，伸びのある高強度材質となり，耐摩耗性が高く，高級部品材料として使用されている。また，ダクタイル鉄管は土中に埋設した場合の耐食性が強いので，水道管などに多く用いられている。

M 型アンカーの支圧体の場合，メカニカルに拡張されて設置岩盤孔壁に圧着されるが，ダクタイル鋳鉄の場合は一般鋳鉄鋼と違って引張りに強い。したがって，拡張定着時に発生する可能性がある曲げによって引張亀裂を生じる心配がなく，引張亀裂を介しての腐食の進行も心配ない。また，アンカー体の周囲はグラウトの圧入によって密閉状態となり，地下水の流動はできない環境となる。

腐食については，参考のため，日本ダクタイル鉄管協会による「埋設管路の腐食原因とその防食について，JDKA T 11」から，水道水および海水での腐食試験結果を表 6.4.2，表 6.4.3 として引用しておく。一般鋼管に比して，ダクタイル鉄管の耐腐食性の高いことが証明されている。

表 6.4.2 各種管の水道水スプレーによる腐食試験結果

試料	腐食量 $\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$	
	45 日	90 日
ダクタイル鉄管	13.3	10.0
高級鋳鉄管	13.3	11.4
引抜鋼管	37.8	30.3
溶接鋼管	65.3	44.0

注) スプレーガンにて水道水を霧化，10 時間吹付－14 時間休止の乾湿を繰り返す。

表 6.4.3 海水中浸漬試験結果

試料	腐食量			腐食速度		
	$\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$			mm/year		
	90 日	180 日	360 日	90 日	180 日	360 日
ダクタイル鉄管	24.0	16.1	13.2	0.122	0.081	0.066
高級鋳鉄管	24.9	16.4	14.5	0.127	0.083	0.073
鋼 管	30.2	20.7	27.3	0.140	0.097	0.130

注) 海水中に浸漬し，機械的に攪拌した。ダクタイル鉄管および高級鋳鉄管の場合，腐食生成物の影響で，長期にわたるにしたがい，腐食量が減少している。鋼管では，この傾向は見られない。

また、腐食環境について、アメリカの NBS (National Bureau of Standards) が行った、地中に埋設された金属の腐食の試験結果を以下に示す。

地中に埋設された金属の自然腐食は水分に起因するものといわれ、本質的には水中腐食と同じ電気化学的機構に支配されるといわれる。単一金属の場合、腐食性は環境因子である土質に多く支配される。土質としては、土壌の組織、含有ガス、バクテリアなどの化学因子の他、土壌の粒径分布、通気性、含水量などの物理因子が重要である。特に、土壌の電導性と復極性とは腐食の速度を決定することが多い。土壌の電導性は含水量と溶解塩類により、また復極性は土壌の通気性および微生物作用により左右されるといわれる。

アメリカの NBS では、1922 年から 1952 年にわたり、128 ヶ所の土壌に 330 種の金属合金と防食被覆の試験片 37000 個を最高 17 年間埋設して試験を実施した。さらに 1958 年に 6 ヶ所の土壌中に追加の金属試料を埋設して試験を続けた。この試験は組織的で大規模なものであったが、その結果は複雑であり、土質と腐食性との間に簡明な関連性は得られていないが、大要次のように結論される。

- 1) 通気性の土中では、当初腐食は進行するが、防食性の生成物のため腐食速度は時間とともに低下する。
- 2) 通気性の不良な土中では、腐食速度の低減傾向が少ないのみでなく、孔食を生じにくい。

以上の NBS の試験によると、各種の普通鋼と鋳鉄の間では成分の差異による腐食性の違いは大きくない。

また、代表的な異なった 4 種類の土壌中における鉄、銅、鉛、亜鉛の平均侵食度および最大孔食度は図 6.4.2 に示すようである。

NBS の試験した 44 種の土壌による鋼の 12 年間の平均腐食速度は 0.02mm/year 程度で、孔食の最大侵食速度は 0.14mm/year であったが、特に腐食性の強い粘土質土壌では、この値はそれぞれ 0.06mm/year と 0.3mm/year、反対に侵食性の小さい砂質ローム中ではそれぞれ 0.005mm/year と 0.05mm/year であった。鉄鋼のほか常用金属の年間侵食速度を表 6.4.4 に示す。このように最大の孔食速度は 5～10 倍に達することがわかる。

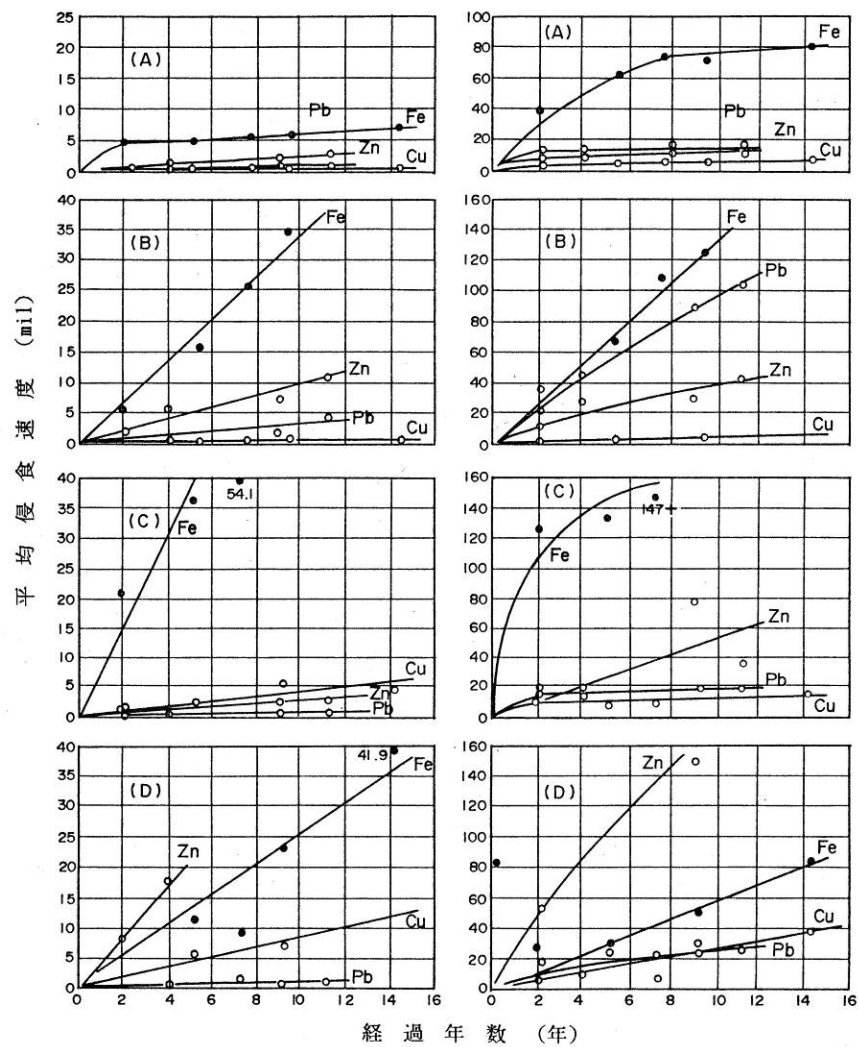


図 6.4.2 各種土壤中の金属の侵食速度

表 6.4.4 NBS 長期埋設試験によるデータ

	鉄鋼	銅	鉛	亜鉛
平均侵食速度 (mm/year)	0.021	0.003	0.02	0.015
最大孔食速度 (mm/year)	0.14	<0.02	>0.07	>0.12
供試土壌種類	44	29	21	12
埋設期間 (year)	12	8	12	11

一般に孔食の進行速度は次式により時間とともに低減する傾向がある。

$$p = kt^n$$

ここに、 t ：時間

k ：単位時間当たり最大孔食深さ（平均値）

ここで n は土質によって変わり、通気性のよいとき 0.1，通気性の悪いとき 0.9 のように変動する。

前掲の NBS の試験は、試片を掘りおこした溝の中に埋設した後、土を埋めもどしているもので、掘り返された土中でのデータである。これはパイプラインなどの布設物の腐食とは条件が一致するが、地中へ打ち込んだ鋼杭のように攪乱を受けない土中での腐食度とは異なるものと考えられる。

NBS はこの見地からアメリカ鉄鋼協会とアメリカ陸軍工兵隊の協力を得て、長年地中に埋設されていた鋼杭などを調べた。これは各種の土質（pH2.3～8.6, 比抵抗 3～500Ω-m を含む 8 ヲ所から鋼杭（12～40 年経過）を引抜き、7 ヲ所の鋼矢板の表面を露出させて、実地での鋼の腐食度を調べている。これによると、特に低 pH の土壌の場合を除き、腐食は予想外に少なく、ことに水位以下の腐食は鋼材の強度に影響を与えない程度であった。しかも、一般に土質と腐食度とは関連性に乏しいこともわかった。このように攪乱されない土中の腐食が軽微である原因は、もっぱら土中の酸素が僅少なことに基づくものと考えられる。

以上の試験は条件の悪い土壌中で実施されており、M 型アンカーの場合、一般に軟岩以上の安定した基岩に設置される形式のアンカーであることから、条件的には上記試験の試験地より良好な環境下にあると判断される。また、アンカー体が密閉状態にあることで、腐食については問題とならない。その概要については次ページ図 6.4.3 に示す。

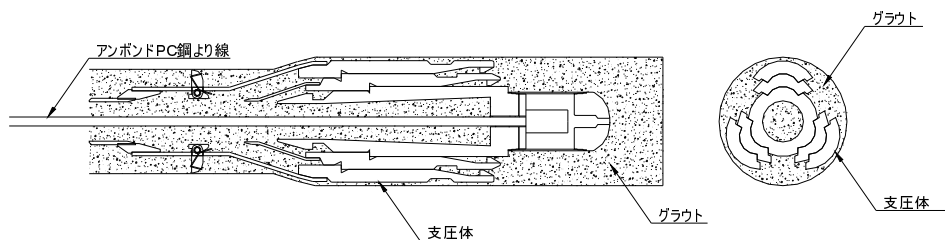


図 6.4.3 SSL-M 型アンカー支圧体の構造

7. 試験

7.1. 一般

設計に必要な諸定数などを決定するための基本調査試験，実際に使用するアンカーの性能を確認するための適性試験および確認試験を行う。

アンカーの使用目的に対して適切に設計を行うとともに，適切に施工されているかどうかをアンカーの試験によって確認する。

試験は，アンカー設計に必要な諸定数を決定するための「基本調査試験」，実際に使用するアンカーの性能を確認するための「適性試験および確認試験」に分類される。

アンカーの設計および施工に際して行う試験は下記のとおりである。

(1) 土質・岩石試験

土質・岩石試験は，実施設計を行う前に，地盤の一軸圧縮試験を行い，一軸圧縮強度を得るために行う。また，ポアソン比，内部摩擦角，粘着力について試験により値を得る場合は，それぞれ超音波速度試験，三軸圧縮試験を行うものとする。

表 7.1.1 各種室内試験の試験方法

設計定数	試験方法	試料の状態
一軸圧縮強度 σ_c	土の一軸圧縮試験	ブロックサンプリングした乱さない試料ボーリングコア（比較的硬質の場合）
	岩石の一軸圧縮試験	ボーリングコア
ポアソン比 ν	超音波速度試験	ボーリングコア
	岩石の一軸圧縮試験	ボーリングコア
内部摩擦角 ϕ 粘着力 c	土の三軸圧縮試験	ブロックサンプリングした乱さない試料ボーリングコア（比較的硬質の場合）
	岩石の三軸圧縮試験	ボーリングコア

(2) 基本調査試験

- 1) 引抜き試験
- 2) 長期試験

(3) 適性試験・確認試験

- 1) 適性試験
- 2) 確認試験

(4) その他の確認試験

各試験の目的，確認項目および実施時期などの概要を，表 7.1.2 に示す。

表 7.1.2 アンカー試験の概要比較

項目	種類	基本調査試験		適性試験	確認試験
		引抜き試験	長期試験		
目的		アンカーの設計に用いる定数を求める	供用期間中の残存引張り力の推定のための定数を求める	アンカーの設計と施工が適切であったかどうかを確認する	設計アンカー力に対して安全かどうかを確認する
実施時期		実施設計を行う前	施工前	施工時の初期段階	施工時
計測の主な関係		極限引抜き力に至るまでの荷重－変位量関係	長期間における残存引張り力－時間係数	多サイクル載荷時の荷重－変位量関係	1 サイクル載荷時の荷重－変位量関係
試験の対象アンカー		試験用アンカー	供用アンカーと同じ仕様の試験アンカー	供用するアンカー	供用するアンカー
試験本数		1 本以上 ※設置地盤, 施工法ごと, 供用アンカーと同じが望ましい	1 本 (一般に) ※設置地盤, 施工法ごと	施工本数×5% かつ 3 本以上	適性試験分を除くその他の全てのアンカー全数
計画最大荷重 (T_p) ^{注2)}		$T_p \geq T_{ug}$ 場合によっては, $T_p \geq T_u$	$T_p = 1.1 T_d$	ランク A : $1.25 T_d$	ランク A : $1.25 T_d$
荷重サイクル数		5～10 サイクル	1 サイクル	5 サイクル以上	1 サイクル
各サイクルの最大荷重 (例)		$0.40 T_p, 0.55 T_p, 0.70 T_p, 0.80 T_p, 0.90 T_p, 1.00 T_p$	$1.1 T_d$ ※1 サイクル載荷時 $1.1 T_d$ ※長期試験時	$0.40 T_d, 0.60 T_d, 0.80 T_d, 1.00 T_d, 1.00 T_p$	ランク A : $1.25 T_d$
荷重保持時間 ^{注6)}	新規荷重	15～180 分 (設置地盤による) (表 7.3.2 参照)	60 分の後, 7～10 日間 (表 7.3.4 参照)	1～180 分 (設置地盤による) (表 7.4.1 参照)	1～15 分 (設置地盤による) (表 7.5.1 参照)
	履歴内荷重 ^{注5)}	1～2 分		1～2 分	1～2 分
	変位の安定	1mm/3 分 以下		通常: $t_b / t_a = 3.0$ で変位 $\Delta s \leq 0.5\text{mm}$ 最大試験時間: クリープ係数 $\alpha \leq 2.0\text{mm}$	砂質土・岩盤: 2～5 分の間の変位 $\Delta s \leq 0.20\text{mm}$ 粘性土: 5～15 分の間の変位 $\Delta s \leq 0.25\text{mm}$ 最大試験時間: クリープ係数 $\alpha \leq 2.0\text{mm}$
計測時期		各新規荷重内で 1 分ごと	0,1,2,5,10,15,30, 60 分, 以降 30 分間隔で 7～10 日間	各新規荷重内で 1 分ごと	各新規荷重で 1 分ごと
判定項目		・極限引抜き力	・引張り力の低下係数	・設計と施工が適切 ・弾性変位量 ・クリープ係数	・設計アンカー力が安全 ・弾性変位量

注 1) 記号 T_p : 計画最大荷重, T_d : 設計アンカー力, T_u : 極限アンカー力, T_{ug} : アンカーの極限引抜き力,
 T_{ys} : テンドンの降伏引張り力

注 2) 計画最大荷重 T_p は, どのアンカー試験においても $T_p \leq 0.9 T_{ys}$ とする。

注 3) 初期荷重 T_o は $0.1 T_{po}$, $0.1 T_d$ を目安とする。場合によっては, T_o の大きさを左記値と変更しても可。

注 4) 各荷重段階間の載荷速度は, 増荷重時: $\{ T_p / (10 \sim 20) \}$ kN/分, 減荷重時: $\{ T_p / (5 \sim 10) \}$ kN/分を
 目安とする。

注 5) 目安であり, 変位が安定したことを確認後に次ステップに進む。

注 6) 荷重保持時間の中で, 変位が安定したと判断できる場合は, 荷重保持時間を短縮してもよい。

7.2. 試験の計画

(1) 試験の計画

1) 試験計画書

試験の実施にあたっては、その目的を満足するように十分な検討を行い、試験計画書を作成する。

2) 安全管理

試験は責任技術者の管理のもと安全が確保できるように十分に留意して行う。

(2) 試験精度

試験における計測精度は、アンカーの設置条件や試験の目的に応じて決定する。

(3) 試験装置

試験に使用する加力装置は、十分なストロークを持ち、荷重を一定に保ちうるものとする。また、反力装置は、計画最大荷重に対して十分な強度と剛性を有するものとする。

(4) 試験荷重

試験荷重はテンドンの強度特性などを考慮して定める。

試験最大荷重は、何れの試験においても PC 鋼材の降伏引張り荷重×0.9 以下とする。

(1) 試験の計画

アンカーの試験実施に先立ち、下記項目について検討・調査を行い、円滑に試験が行われるように試験計画書を作成する。

試験計画書に記載する項目の例

1) 試験概要

地盤条件

アンカー使用目的

試験目的と試験の種類

試験実施位置

2) 施工方法

施工計画（使用機械、使用材料、施工管理、品質管理等）

仮設計画

3) 試験方法

試験装置

載荷計画

計測項目および計測装置

試験結果の判定基準および判定方法

4) 安全管理

安全管理項目

安全管理体制

(2) 試験精度

試験における計測精度は、アンカーの設置条件や試験の目的に応じて、責任技術者の判断で決定する。

(3) 試験装置

試験装置は、加力装置、反力装置、および計測装置からなり、試験の種類、目的、計画最大荷重、現場の状況などに応じて適切なものを選定する。

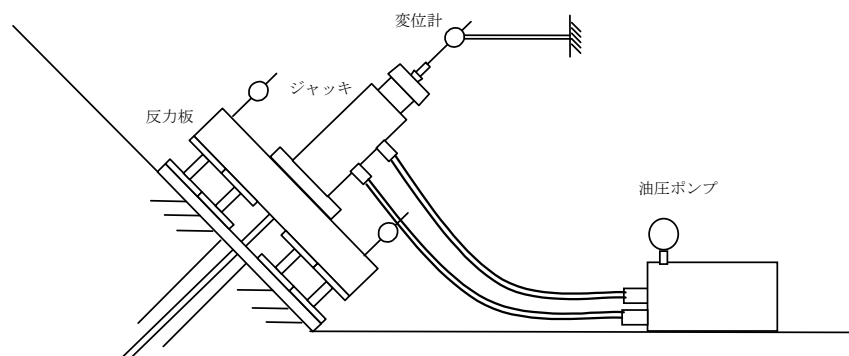


図 7.1.1 試験装置の例

1) 加力装置

加力装置には通常、センターホール型の油圧ジャッキと油圧ポンプが用いられる。油圧ジャッキは、その容量とストロークに余裕のあるものを選び、計画最大荷重の 1.2 倍程度まで載荷可能なものを用意しておく。油圧ジャッキの性能は、荷重の増減が一定の速度でスムーズに行え、かつ一定荷重の保持が容易にできるものとし、使用に先だちキャブレーションを行っておく。

2) 反力装置

引抜き試験の反力装置には、反力杭を用いて試験を行う場合と、反力板を用いて試験を行う場合の 2 種類がある。

これらは、試験実施個所の地盤性状やヤード広さ、アンカー体設置地盤の深度等を考慮して総合的に設定する。

反力板を用いる試験でアンカー体の設置深さが浅い場合には、反力が押さえ荷重として作用し、反力板の背面の地盤が破壊して、真の極限引抜き力や極限拘束力が求まらないことがある。しかし、押さえ荷重の影響を無視できるような十分な土被りがあり、また背面地盤に破壊が生じないように反力板の大きさ、強度、剛性を適切に選べば、極限引抜き力や極限拘束力を正確に把握することができる。

適性試験や確認試験を行う場合にも反力装置が必要である。一般的には腹起こしや構造物を反力装置として用いることが多いが、試験時の最大荷重は設計アンカー力以上となるので、反力装置の応力や変形について事前に十分な検討を行う必要がある。

3) 計測装置

計測装置は、試験精度を満足する仕様のものを選定する。また、試験における最大変位量を事前に予測し、これに対応できるものとする。

① 荷重計

試験荷重の確認装置には、加力装置に組む込まれたブルドン管圧力計や電気式の圧力センサー（圧力変換器）、もしくはロードセルがある。

② 変位計

アンカーの試験に用いる変位計の最小目盛りは、**0.1mm** とする。テンドンの伸びやクリープなどのアンカーの変位に対して、十分なストロークがない変位計では、試験途中で盛替えが必要となり、所定の保持時間をオーバーし、計測精度が確保されなくなる場合がある。このため、最大変位量を試験前に予測し、これに対応できる変位計を用意する。

③ 時計（経過時間）

標準時刻を表示する時計と、試験開始からの経過時間を計測する時計（ストップウォッチ）を使用する。

(4) 試験荷重

試験荷重はテンドンの強度特性などを考慮して定める。この章で述べるアンカーの試験は、その機能、性能を調べるために実施する試験であるので、アンカーの機能・性能をテンドン自体の破断荷重で求める必要はない。よって最大試験荷重は、何れの試験においても、PC 鋼材の降伏引張り荷重の **0.9 倍以下** とする。

7.3. 基本調査試験

(1) 引抜き試験

アンカーの極限引抜き力およびその挙動を把握し、アンカーの設計に用いる諸定数などを決定するために行う。

引抜き試験に用いる試験アンカーは、極限引抜き力が確認できるようにアンカーの諸元を定める。

(2) 長期試験

アンカーの長期的挙動を把握し、アンカー設計に用いる諸定数などを決定するために行う。

長期試験に用いる試験アンカーは、実際に供用されるアンカーと同様な仕様条件で施工されたアンカーとする。

基本調査試験は、設計に必要な諸定数を求めるために行う。基本調査試験の実施は、アンカーの計画・設計前が望ましいが、現場の状況、条件等に応じて責任技術者が判断する。

(1) 引抜き試験

引抜き試験は、試験アンカーの極限引抜き力を調査するとともに、アンカー諸元を決めるための基本データを取得する目的で行う。

この試験結果から、アンカーの極限引抜き力（ T_{ug} ）を算出することができる。

また、引抜き試験から得られたデータは、アンカー設計・施工時の検討資料とする。

1) 試験アンカーと計画最大荷重

アンカーの極限引抜き力は、アンカーの種類や施工方法によって大きく異なることがあるため、引抜き試験に用いる試験アンカーは供用するアンカーと同じ方法で施工する。アンカー体の設置地盤が複数にわたる場合や、アンカーの種類、削孔径が異なる場合には、それぞれについて引抜き試験を行う。

計画最大荷重は、設計アンカー力もしくは設計アンカー力より 10～20% 大きめの荷重に所定の安全率を乗じて得られる荷重とする。このとき、計画最大荷重がテンドン降伏引張り力の 0.9 倍を超える場合には、その荷重を計画最大荷重とする。試験アンカーが引抜けに至らない場合は、達成した安全率や試験時の変位特性等から総合的に設計の妥当性を判断するものとする。

2) 載荷方法と測定項目

載荷は図 7.3.1 に示すように、荷重と弾性変位量および塑性変位量の関係を求めることのできる多サイクル方式で行う。この多サイクル方式による弾性変位量と塑性変位量から摩擦損失量を算出する。

初期荷重 (T_0) は、計画最大荷重の 10%程度とする。しかし、計画最大荷重が比較的小さい場合には、試験装置の加力方向をテンドンの中心軸方向に一致させることができなくなる場合がある。このような場合には、適宜荷重を増やしてもよい。また、計画より小さい荷重で引き抜ける可能性が考えられる場合は、初期段階のサイクル荷重を下げ、小さい荷重でのアンカー挙動を確認する。その際荷重サイクルを適時調整する必要がある。

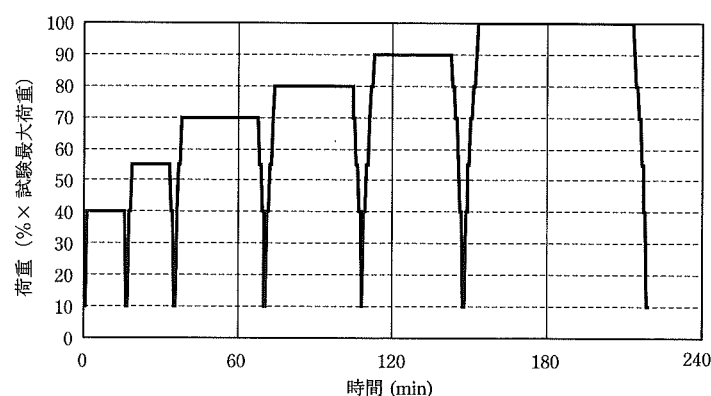


図 7.3.1 載荷計画の一例（粘性土の場合）

引抜き試験では、通常 5～10 サイクルで試験を実施することが多い。サイクル数を多くすることによって荷重－弾性変位量曲線や荷重－塑性変位量曲線を作成する際、プロット点数が多くなるので試験の精度をあげることができる。計画最大荷重まで載荷してもアンカーの極限状態を確認できない場合には、続けて単調載荷を段階的に行い、アンカー体が引抜けるまで載荷するが、試験の安全性を確保する意味から、テンドン降伏荷重の 0.9 倍以下の載荷とする。表 7.3.1 は、計画時の各サイクルにおける荷重保持時間の目安を示したもので、責任技術者の判断によって、同表の保持時間を変更することができる。なお、試験時において、クリープ係数などの管理値が十分な値を満足しており、測定を継続しても変化がないと判断される場合には保持時間を短縮してもよい。

各荷重サイクルでは、連続して荷重と変位を測定する必要がある。

各荷重間の増荷重速度と減荷重速度の制御は重要で、荷重の増減を急激に行わないように、増荷重速度と減荷重速度をほぼ一定とする。増荷重時と減荷重時それぞれの載荷速度の目安を表 7.3.2 に示す。

表 7.3.1 荷重保持時間の目安（引抜き試験）

サイクル	試験荷重	荷重保持時間（分）	
		砂質土・岩盤	粘性土
1	$0.40T_p$	15	15
2	$0.55T_p$	15	15
3	$0.70T_p$	30	60
4	$0.80T_p$	30	60
5	$0.90T_p$	30	60
6	$1.00T_p$	60	180

 T_p ：試験最大荷重

各荷重段階で変位が安定したか否かは、1 分ごとの変位量をプロットして判断する。一般には、荷重保持時間 3 分後の変位量が 1mm 以下になった時点をも、変位が安定したとみなすことが多い。

各新規荷重段階におけるアンカー頭部の変位量と反力装置の変位量は、1 分ごとに計測する。

表 7.3.2 載荷速度

載荷種別	載荷速度
増荷重時	計画最大荷重／（10～20） kN/分の一定速度
減荷重時	計画最大荷重／（5～10） kN/分の一定速度

3) 試験結果の整理と判定

試験の結果は、荷重（ T ）－変位量（ δ ）曲線の形で、図 7.3.2 に示すように整理をする。変位量は、変位量（ δ ）を弾性変位量（ δ_e ）と塑性変位量（ δ_p ）に分けて、荷重－弾性変位量曲線と荷重－塑性変位量曲線の形で図示する。

ここで δ_p は初期荷重まで除荷した時点における塑性変位量であり、 δ_e は各荷重サイクルにおける最大荷重時の変位量（ δ ）から δ_p を差し引いたものである。

摩擦損失量（ R_v ）は図 7.3.2 の荷重－弾性変位量（ δ_e ）曲線の直線部分を延長して荷重軸（ T 軸）との交点を求め、交点の荷重値と初期荷重との差として求める。

極限引抜き力（ T_{ug} ）は、図 7.3.2 の荷重－変位量曲線が完全に下向きになった時点、もしくは、荷重－塑性変位量曲線の勾配が急激に下向きになった時点の荷重値とする。計画最大荷重まで載荷しても極限状態に達しない場合には、計画最大荷重を極限引抜き力とみなす。

また、引抜き試験結果における極限状態までの塑性変位量と弾性変位量から求めた摩擦損失量の値は、供用アンカー設計時のアンカーばねの評価や自由長部の設計・施工時の検討資料とする。

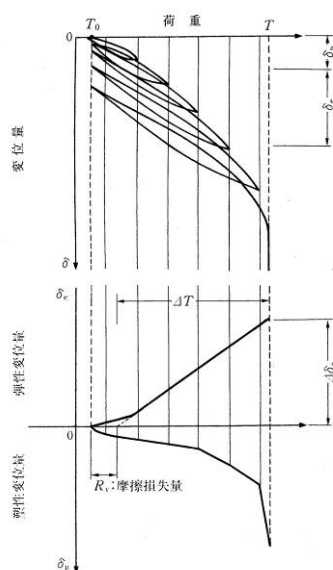


図 7.3.2 荷重－変位量曲線の一例（引抜き試験）

(2) 長期試験

長期試験は、アンカーの供用中に作用しているテンドンの残存引張り力が時間の経過とともに減少する大きさを求め、設計時のアンカー力を決定するために必要に応じて実施する。

アンカーの長期試験には、時間経過に伴って定着時緊張力が低下していく過程を調査する「リラクセーション方式」と、同一荷重を保持させてアンカーの変位量が時間経過とともに増加する過程を調査する「クリープ方式」の 2 種類がある。本指針の基本調査試験で行う長期試験は、試験の実施が比較的容易な「リラクセーション方式」とした。

長期試験では、アンカー頭部と反力板の変位量を 7～10 日間計測するが、試験終了時の残存引張り力が所要の残存引張り力を下回る場合には、設計アンカー力を低減するなどの処置をとる。

1) 試験アンカー

長期試験に用いる試験アンカーは、実際に供用されるアンカーと同一の仕様のものとする。

2) 载荷方法と測定項目

長期試験は、基本調査試験の一環として行われるため、試験用の反力板が比較的軟弱な地盤に設置されることが多い。このため、長期試験における残存引張り力には、この反力板の沈下量による影響が含まれ、前述のアンカーの挙動に起因する引張り力の減少を正確に評価することができない。この反力板の沈下量による荷重低下を評価するために、長期载荷に先だって 1 サイクル方式で、設計アンカー力の 1.1 倍まで载荷し、試験アンカーの見掛けのばね定数 (K'_a) を求めておく。なお、このときの荷重段階は、確認試験に準じる。

長期試験における荷重段階の一例を図 7.3.3 に示す。

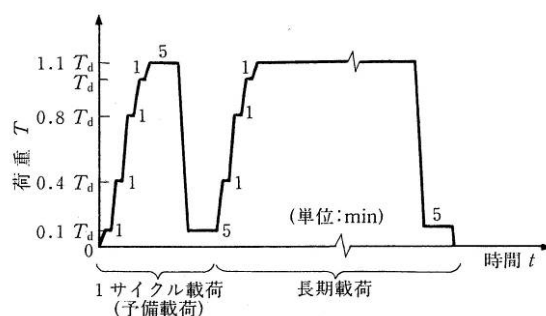


図 7.3.3 載荷計画の一例 (長期試験)

長期試験における初期緊張力 (T_0), すなわち定着時緊張力 (P_t) は設計アンカー力 (T_d) の 1.1 倍で, 表 7.3.3 に示す測定時間で残存引張り力, アンカー頭部と反力板の変位量, 気温および時間などを測定する。

表 7.3.3 長期試験における計測時期

計測時期
0, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60 分経過後, 以後 30 分間隔で 7~10 日間

3) 試験結果の整理と判定

反力板の沈下による引張り力の低下を評価, すなわち, 見掛けのばね定数を求めるために行った 1 サイクルの載荷試験結果は, 「確認試験」に記述されている方法に準じて整理する。

長期試験の測定結果は, 図 7.3.4 に示すように, 対数目盛の横軸に経過時間 (t), 普通目盛の縦軸に残存引張り力 (P), アンカー頭部の変位量, 反力板の沈下量, 反力板の沈下による荷重低下量, 気温の関係をまとめる。なお, 時間経過に伴う気温の変化が大きく, アンカー頭部の変位量への気温の影響が無視できない場合には, 無加力時のアンカー頭部変位量の変化量と気温の変化量の関係に基づいて, アンカー頭部の変位量を補正する。

以上の測定結果から, 反力板の沈下量による影響を取り除いたアンカー分の残存引張り力の低下係数を下記のように求める。

$$R_0 = - (P_2 - P_1) / (\log t_2 - \log t_1) \quad \cdots \cdots \text{式 7.3.1}$$

$$R_g = K'_a (S_2 - S_1) / (\log t_2 - \log t_1) \quad \cdots \cdots \text{式 7.3.2}$$

$$R_a = R_0 - R_g \quad \cdots \cdots \text{式 7.3.3}$$

ここに,

R_0 : 時間 t_1 ～時間 t_2 における残存引張り力の低下係数 (kN/分)

R_g : 反力板の沈下による残存引張り力の低下係数 (kN/分)

R_a : アンカーに起因する残存引張り力の低下係数 (kN/分)

P_1, P_2 : 時間 t_1 , 時間 t_2 における残存引張り力 (kN)

S_1, S_2 : 時間 t_1 , 時間 t_2 における反力板の沈下量 (mm)

K'_a : 試験アンカーの見掛けのばね定数 (kN/mm)

$$K'_a = (E_s \cdot A_s) / l'_{sf} \quad \cdots \cdots \text{式 7.3.4}$$

E_s : テンドンの弾性係数 (kN/mm²)

A_s : テンドンの断面積 (mm²)

l'_{sf} : テンドン自由長 (mm)

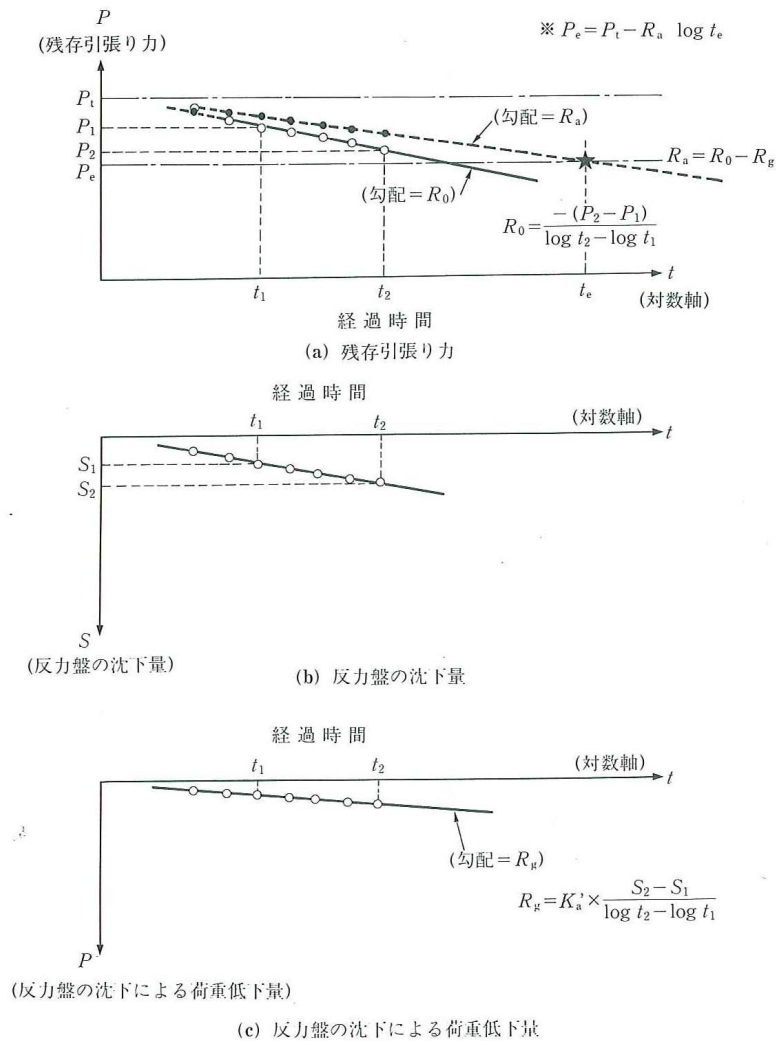


図 7.3.4 長期試験結果の一例

実供用期間（経過時間 t_e 後）における残存引張り力の補正值（ P'_e ）は、以下のようにして求める。

$$P'_e = P_t - R_a \cdot \log t_e \quad \cdots \cdots \text{式 7.3.5}$$

ここに、

P'_e : 補正残存引張り力 (kN)

P_t : 定着時緊張力 (kN)

長期試験では、アンカー頭部と反力板の変位量を 7～10 日間計測するが、試験終了時の残存引張り力が所要の残存引張り力を下まわる場合には、定着時の緊張力を大きくする必要がある。

また式 7.3.5 で求められる補正残存引張り力には、供用期間中のアンカーの挙動変化

による低下量のうち「アンカー自由長部アンカー体周辺地盤の変位」、「テンドンのリラクセーション」、「シースとテンドンの摩擦」の応力発生状況による低下しか見込まれていない。したがって、アンカー体と構造物の間に圧密粘性土層などの圧縮性の大きな地盤がある場合には、その地盤変形による引張り力の低下も考慮する必要がある。

7.4. 適性試験

実際に使用するアンカーを多サイクルで所定の荷重まで載荷し、その荷重－変位量特性から、アンカーの設計及び施工が適切であるか否かを確認するために行う。

試験は、実際に用いるアンカーの一部から選定し、アンカー体を設置した地盤、アンカー諸元、打設方法などを考慮し、施工数量の 5%かつ 3 本以上とする。

適性試験は、設計で要求される性能に対して、実際に造成されたアンカーがこれを満足する品質を有するかどうかを判定するために行う。設計で要求される性能とは、設計アンカー力に対して十分安全であること、かつ適正な荷重－変位量関係を有することなどである。

(1) 試験アンカー

適性試験は、上記の規定（施工数量の 5%かつ 3 本以上）の他に、アンカーの品質に影響を及ぼすと考えられる周辺環境条件が変化した場合や、グラウトの配合の変更など施工条件を変えた場合等においても実施することが望ましい。

なお、試験の頻度は責任技術者の判断によって変更・決定することができる。

(2) 試験方法

載荷は、荷重と弾性変位量および塑性変位量の関係を求めることができる多サイクル方式で実施する。サイクル数をできる限り多くとることによって試験の精度を向上させることができるが、一般的には 5 サイクル以上とすることが多い。また、サイクル数は、試験の状況に応じて責任技術者の判断により変更・決定することができる。

1) 載荷方法と計測項目

載荷方法は、「多サイクル」とし、所定のサイクルで載荷と除荷を繰り返し行う。計測項目も基本調査試験の引抜き試験に準じる。

表 7.4.1 に載荷方法、図 7.4.1 に載荷計画の一例を示す。

表 7.4.1 載荷方法（ランク A）

サイクル	試験荷重	荷重保持時間（分）	
		砂質土・岩盤	粘性土
1	$0.40T_d$	15	15
2	$0.60T_d$	15	15
3	$0.80T_d$	30	60
4	$1.00T_d$	30	60
5	$1.25T_d$	60	180

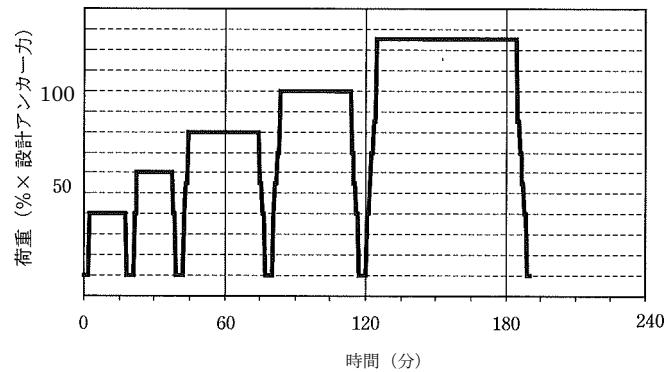


図 7.4.1 適性試験の載荷計画の一例（ランク A）

① 計画最大荷重

計画最大荷重は、テンドンの強度特性や表 4.1.1 による供用期間や構造物の重要度による分類などを考慮して定める。ただし、次に示す荷重を超えないものとする。

- i) ランク A 設計アンカー力 (T_d) $\times 1.25$
- ii) 降伏引張り力の 0.9 倍

本指針で規定する最大計画荷重は上限値であり、試験は実際に供用されるアンカーを用いて行うことから、現場の実状に即して責任技術者の判断で、これ以下に定めてよい。

② 初期荷重

初期荷重はアンカー引張り力の地盤への伝達方式やテンドンの長さを考慮し、適切に決定すべきである。値としては荷重—変位量関係、特に塑性変位量を正確に把握するためには極力小さい方が望ましいことから、計画最大荷重の約 0.1 倍とした。計画最大荷重の約 0.1 倍より大きくすると、荷重—変位量関係を正確に把握できなくなるおそれがあるためである。ただし、計画最大荷重が小さく、初期荷重を計画最大荷重の約 0.1 倍とすると荷重が小さくなりすぎ、試験装置の加力方向がテンドンの軸中心方向と一致しなくなる場合には、一致できる値まで大きくしてよい。

アンカー引張り力の地盤への伝達方式の違いや台座の構造により、初期荷重を計画最大荷重の約 0.1 倍とすることができない場合は、責任技術者がこれを適切に定

めてよい。ただし、アンカー引張り力の地盤への伝達方式の違いによる場合は、初期荷重の値のみならず、荷重-変位量関係の判定を含めた検討が必要となる。

③ 荷重保持時間

基本調査試験の引抜き試験の試験結果によっては、試験における荷重保持時間を表 7.4.1 に示す値より短くしても良い。

④ その他

- i) 基本調査試験の引抜き試験を省略した場合には、施工後なるべく早期に適性試験を行い、アンカーの設計および施工が適切であるか否かを判定することが望ましい。
- ii) 試験においては設計アンカー力以上の荷重を載荷するため、載荷時に反力装置、たとえば土留めの腹起し、台座、支圧板が変形し、計画最大荷重まで載荷できないといった自体が生じないようにしなければならない。このためには、計画最大荷重に対してこれらの部材の検討（発生応力度、変形量）を行い、必要により補強しておくことが大切である。

2) 試験結果の整理と判定

① 試験結果の整理

- i) 試験結果は基本調査試験の引抜き試験に準じて、以下の項目について整理する。
 - a) アンカーの概要（施工場所、使用目的、設計者、責任技術者、地盤概要、アンカー諸元）
 - b) 試験概要（多サイクル確認試験、試験日時、試験装置）
 - c) 試験アンカーの施工実績（試験位置、施工日時、施工機器、材料、施工者）
 - d) 計測項目と計測装置（ジャッキのブルドン管、変位計、応力計、時計、計測装置組み立て図）
 - e) データ整理法（判定基準を含む）
 - f) 載荷計画（荷重-時間サイクル関係図）
 - g) 1 本ごとの試験結果（試験アンカーの諸元、試験結果のグラフ）
 - h) 試験結果一覧表
 - i) その他特記事項（試験結果の考察、試験時の問題点、安全管理）
 - j) 数値データ集
- ii) データ整理は以下の方法で行う。
 - a) 図 7.4.2 示すように、荷重 (P) -変位量 (δ) 曲線、荷重 (P) -弾性変位量 (δ_e) 曲線、荷重 (P) -塑性変位量 (δ_p) 曲線に整理する。

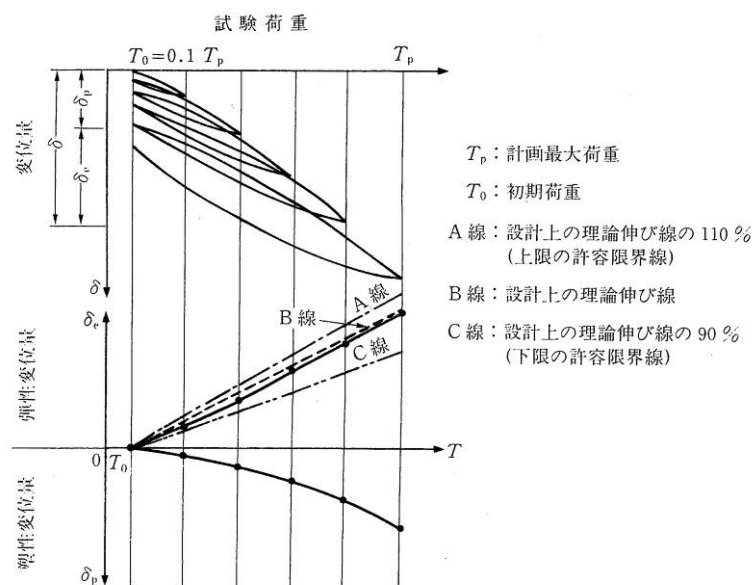


図 7.4.2 荷重-変位量曲線，荷重-弾性変位量曲線，荷重-塑性変位量曲線

- b) 時間 ($\log t$) ～変位量 (δ) 曲線を作成したのち，設計アンカー力に対して，次式によって定義するクリープ係数 (α) を算出する。

$$\alpha = (s_b - s_a) / \log (t_b / t_a)$$

ここで，

s_b, s_a : t_b, t_a における頭部変位量 (mm)

t_b, t_a : 計画最大荷重時の荷重保持時間 (分)

② 判定

設計および施工が適性であるか否かの判定は，以下の項目に対して次の判定基準により行う。

- i) 設計アンカー力に対して安全かどうか

計画最大荷重は設計アンカー力より大きく設定されており，これに耐えられれば設計および施工が適性であると判定する。

- ii) 荷重変位量関係が適性かどうか。

図 7.4.2 の荷重-弾・塑性変位量曲線において，図中に示す許容範囲に入っていれば設計及び施工が適性であると判定する。許容範囲は，設計上の理論伸び量に対し $\pm 10\%$ とする。

この範囲から外れた場合には，そのアンカーを供用しないものとするが，荷重が小さい段階ではテンドンとシースの摩擦などによって弾性変位量が論理伸び量に比べて小さくなることもある。そのため設計アンカー力に相当する荷重で，論理伸び量に対して $\pm 10\%$ の範囲にあれば，構造物の安定上に必要なテンドンの自

由長が確保できたものとして適性であると判定する。特にアンカー長が 30m を超えるような長尺アンカーの場合は、摩擦損失の影響が大きく、弾性変形量が小さくなる傾向がある。

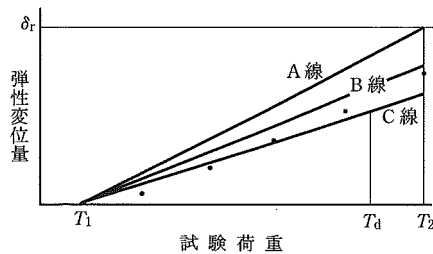


図 7.4.3 荷重－弾性変位量曲線

iii) アンカーの変位

判定は、変位やクリープ係数が表 7.4.3 の値を超えないこととする。

最大試験荷重時で、表 7.4.2 の経過時間で変位量が 0.5mm を超えた場合、表 7.4.3 に記載している試験時間を延長する。

表 7.4.2 試験時間延長の目安（ランク A）

地質	経過時間 (分)	変位量 (mm)
砂質土・岩盤	20 ～ 60	0.5
粘性土	60 ～ 180	0.5

表 7.4.3 適性試験の判定（ランク A）

		砂質土，岩盤	粘性土
1 P_p	試験荷重	$1.25T_d$	$1.25T_d$
2 通常の場合	試験時間 t_a [分]	20	60
	t_b [分]	60	180
	変位 $\Delta s = s_b - s_a$	≤ 0.5	≤ 0.5
3 $\Delta s < 0.5\text{mm}$ で 計測時間を延長 した場合	最大試験時間 t_b [分]	≥ 120	≥ 360
	クリープ係数		
	α [mm]	2.0	2.0

なお、表 7.4.2 の経過時間を越した場合で、 $t_b/t_a=3.0$ となるインターバル（例えば、 $t_b=90$ 分、 $t_a=30$ 分）で、その間の変位量が 0.5mm 以下であれば、アンカーが適性であると判断する。

それ以上に変位が増加し続ける場合は試験時間を延長する。

最大試験時間は、ランク A のアンカー場合、砂質土・岩盤の場合で 120 分、粘性土で 360 分として、その時のクリープ係数 α が、 $\alpha \leq 2.0\text{mm}$ となれば良い。

7.5. 確認試験

実際に使用するアンカーに 1 サイクルで所定の荷重まで載荷し、アンカーが設計アンカー力に対して安全であることを確認するために行う。

確認試験に用いるアンカーは、適性試験に用いたアンカーを除くすべてとする。

確認試験は、適性試験と同様に、設計で要求される性能に対して、実際に造成されたアンカーがこれを満足する品質を有するかどうかを判定するために行う。設計で要求される性能とは、設計アンカー力に対して十分安全が確保されていることである。

(1) 試験アンカー

確認試験は、適性試験（施工数量の 5%かつ 3 本以上）を実施するアンカーを除くすべての供用されるアンカーに対して実施する。

(2) 試験方法

1) 載荷方法と計測項目

載荷方法は、適性試験結果と比較するという観点から、塑性変位量も把握できるように、図 7.5.1 に示すように 1 サイクルの載荷と除荷を行い、その後、初期緊張力で定着する。計測項目は、適性試験に準ずる。

① 計画最大荷重

計画最大荷重は、以下の通りとする。

ランク A 設計アンカー力 (T_d) $\times 1.25$

テンドンの緊張作業に対する制限値などを考慮して設定し、台座、支圧板等の反力装置の検討（発生応力度、変形量等）や補強は適性試験と同様とする。

表 7.5.1 に載荷方法、図 7.5.1 に載荷計画の一例を示す。

表 7.5.1 載荷方法（ランク A）

サイクル	試験荷重	荷重保持時間（分）	
		砂質土・岩盤	粘性土
1	$0.40T_d$	1	1
2	$0.60T_d$	1	1
3	$0.80T_d$	1	1
4	$1.00T_d$	1	1
5	$1.25T_d$	5	15

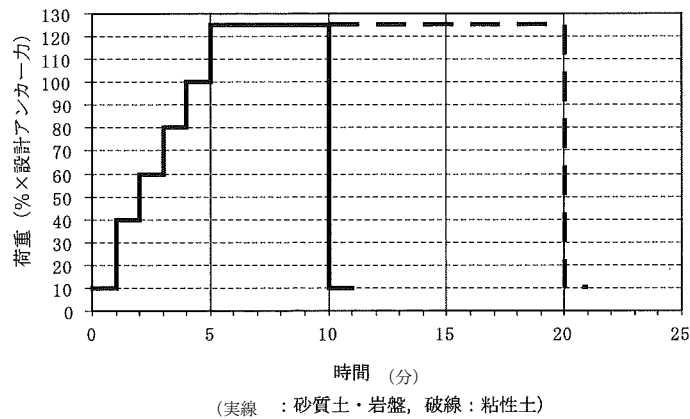


図 7.5.1 載荷計画の一例（ランク A）

2) 試験結果の整理と判定

① 試験結果の整理

試験結果は適性試験に準じて整理する。データ整理は以下の形で行う。

i) (P)-変位量 (δ) 曲線に整理する (図 7.3.4)

ii) 塑性変位量を求める

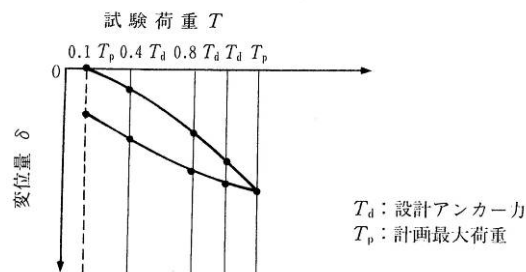


図 7.5.2 荷重-変位量曲線

② 判定

試験時には、表 7.5.2 の変位量を超えないことが必要である。

砂質土岩盤地盤 : 2～5 分間で変位が 0.2mm 以下。変位がこれ以上ある場合は、荷重保持時間を 10 分に延長して、クリープ係数が 2.0mm 以下を確認する。

粘性土 : 5～15 分間で変位が 0.25mm 以下。変位がこれ以上ある場合は、荷重保持時間を 30 分に延長して、クリープ係数が 2.0mm 以下を確認する。

見掛けの自由長の確認は、適性試験に準ずる。

計画最大荷重は設計アンカー力より大きく設定されており、これに耐えられれば適性と判定する。加えて、適性試験の結果と対比して、荷重－変位量関係（計画最

大荷重時の変位量，初期荷重まで除荷したときの塑性変位量）に大きな差異のないことをもって適性と判定する。許容範囲は設計上の理論伸び量に対し， $\pm 10\%$ 以内とする。

この判定基準を満足できない場合の対処は，責任技術者の判断による

表 7.5.2 確認試験の判定

試験荷重	砂質土，岩盤	粘性土
	最大荷重時	最大荷重時
試験時間		
t_a [分]	2	5
t_b [分]	5	15
変位		
$\Delta s = s_b - s_a$	≤ 0.2	≤ 0.25
最大試験時間		
t_b [分]	≥ 10	≥ 30
クリープ係数		
α [分]	2.0	2.0

7.6. その他の試験

その他、上記以外の試験は、責任技術者のもとで、その目的に応じて、試験アンカー、試験装置、載荷方法、計測項目などについて十分な検討を行い、試験計画を立てて実施する。

その他の試験とは、使用目的または対象構造物の重要性を考慮して、基本調査試験および適性試験・確認試験に加えて行う特殊な試験である。主なものとして、以下の試験がある。

- 1) 繰返し試験
- 2) 群アンカー試験
- 3) 定着時緊張力確認試験
- 4) リフトオフ試験（残存引張り力確認試験）

これらは、通常の設計手法では対応できない設計に対して、設計前に行うべき試験、あるいはテンドン、グラウト、拘束具など供用前に室内試験等によって強度などを確認する試験である。

室内試験にあたっては、試験アンカー、試験装置、載荷方法、計測項目、試験結果の整理方法、判定基準などについて十分な検討を行い、試験計画を立ててから実施することが重要である。

1) 繰返し試験

風力、波力を受けるアンカーや索道のステーとしてのアンカーなどには繰返し荷重が作用する。繰返し荷重を受けるアンカーは、その設置地盤によっては繰返し荷重により地盤性状が変化して、アンカーの極限引抜き力が低下したり、想定していた以上の変位が発生する恐れがある。このような場合には繰返し試験を行い、その結果を反映させて設計することが必要となる。

2) 群アンカー試験

2本以上のアンカーのアンカー体設置間隔が、ある程度以下になると地中に発生する応力が互いに干渉し、アンカーの極限引抜き力が低下することが考えられる。これをグループ効果と呼ぶが、やむを得ずアンカー体の設置間隔を狭くして計画せざるを得ない場合には、このグループ効果による低減量を考慮した設計が必要になる。このような場合には、責任技術者のもとで群アンカー試験を実施し、グループ効果による低減量を検討しておくことが望ましい。

3) 定着時緊張力確認試験

定着時に所定の緊張力を保持できないアンカー、適性試験においてクリープ係数（ α ）を満足できないアンカー、確認試験において、クリープ挙動に疑問のあるアンカーを対象とし、試験アンカー数は判断に必要な本数とする。

4) リフトオフ試験（残存引張り力確認試験）

リフトオフ試験は，供用期間中に所定の大きさの残存引張り力が保持されないような不安のある地盤に設置したアンカー，荷重が増大するような条件下に設置したアンカー，および維持管理において疑問を生じたアンカーに対して行う。

8. 施工管理

8.1. 一般

本アンカーの施工に際しては、十分配慮された施工管理を行い、工事終了後その記録を発注者に提出しなければならない。また、工程の進捗状況については定期的に発注者に報告しなければならない。施工管理の管理項目は以下のとおりである。

- ① 施工計画
- ② 工程管理
- ③ 出来形管理
- ④ 品質管理
- ⑤ 工事写真管理（材料検収）
- ⑥ 安全管理

施工管理にあたっては、工事の実施の都度、その結果を記録するとともに、その結果に基づいて適切な管理を行う。

測定、試験などの数値が著しく偏向する場合、バラツキが大きい場合、または所定の範囲を外れる場合などは、その都度発注者（監督員）に報告するとともに、更に精査の上、原因を明らかにし、手直し、補強、やり直しなどの処置を行う。

施工管理資料は、施工中常に現場に携行、または備え付け、発注者の閲覧に供し得るように整理しておく。

8.2. 施工計画

施工計画は、現場組織、使用機械および仮設などの計画、資機材の搬入・搬出計画をたて、他の管理項目の計画と共に、施工計画書として発注者に提出する。

(1) 現場組織図

現場の工事施工組織におけるそれぞれの責任の分担を明確化するため、組織の構成を図表化した現場組織図を作成し、作業所にも掲示する。緊急時の連絡系統も明示する。

(2) 使用機械および仮設計画

現場の工事条件に応じた材料、機種および容量の適合性、機械の経済的選定並びに合理的組合せ、グラウト材の精度の均一性の確保に資するため、使用機械計画書、および仮設計画図を作成する。また、資機材の搬入・搬出計画も、経路、時間などを十分考慮して、計画書を作成する。

8.3. 工程管理

工程管理は、現場条件などを十分勘案して、無理のない計画とする。工程管理は、工程表、工事日報、アンカー工事進捗表などによって実施する。

(1) 工程表

工程表はネットワーク式、またはバーチャート式とする。但し、発注者が必要と認めて指示した場合はそれに従うものとする。

工程表を変更する必要がある場合は、遅滞なく変更工程表を作成し、発注者に提出し、協議、指示をうける。

(2) 工事日報

着手から完成まで、天候、作業内容、機械稼働、作業人員、出来形数量、その他指示事項などを記入した工事日報を作成する。

(3) アンカー工事進捗表

アンカー工事進捗表は、機械設置・移動、削孔（拡孔含む）、テンドン組立加工、テンドンの挿入、拡径、パッカー注入、アンカー体部注入、グラウト養生、適性試験、確認試験、緊張・定着といった、工事の流れを考慮し、工事進捗状況が把握出来るように作成する。

アンカー工における一般的な施工手順および施工管理項目を図 8.3.1 のうち太線で囲んだ項目が、管理・確認事項である。

アンカー施工フローチャート

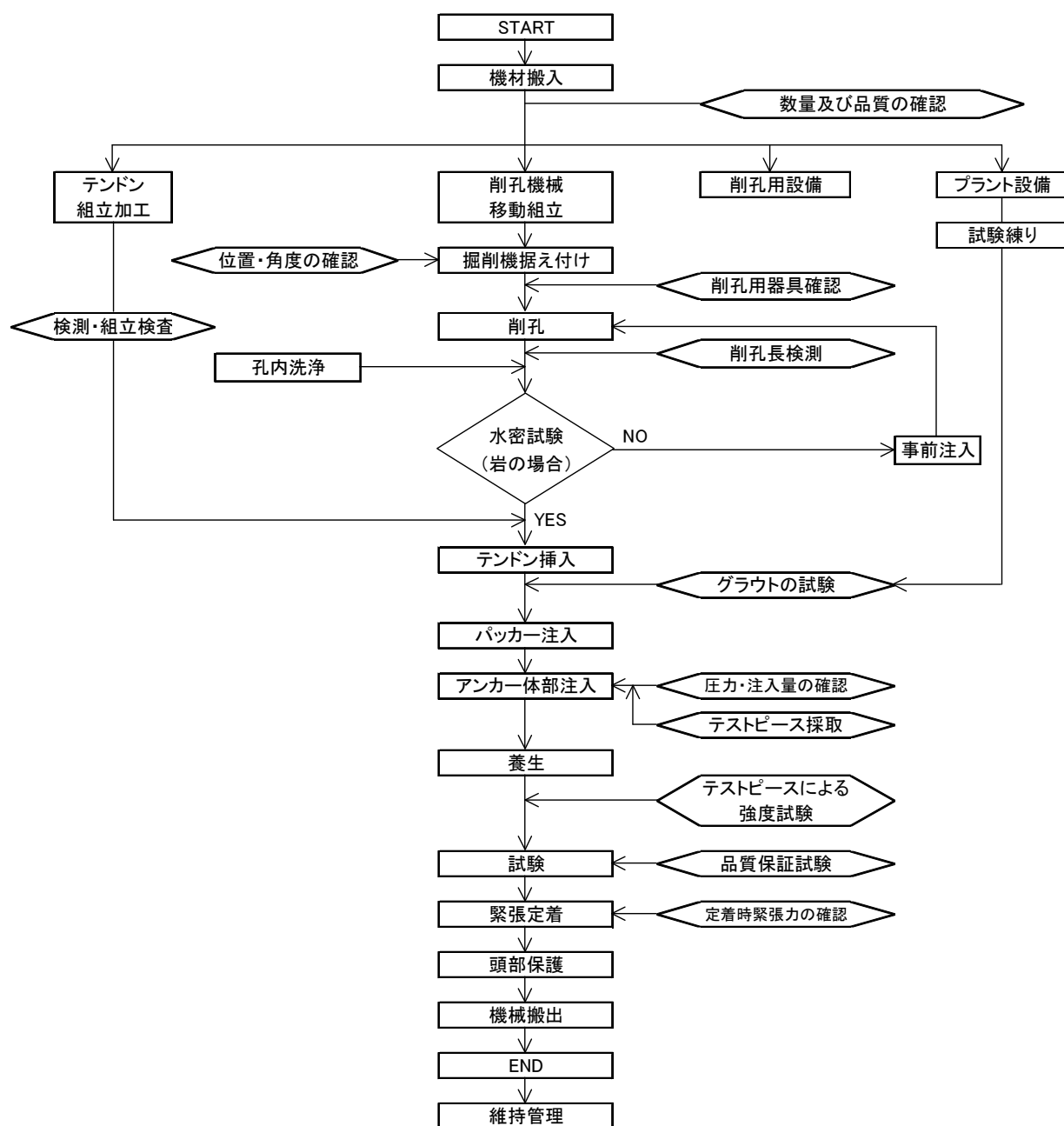


図 8.3.1 アンカー施工手順および施工管理項目

8.4. 出来形管理

出来形管理は、工事が設計図書どおりに施工されたかどうかを、確認または判定する資料であり、発注者の出来形管理基準に則って行う。

出来形管理の方法は、計測などによっておこない、地中に埋設、挿入するものについては、写真などにより、寸法、形状、深度などが後日判定できるようにしておく。

発注者の出来形管理基準を熟知し、それに応じられるだけの資機材を準備する。

アンカーの施工に際しての、各工程の管理要点は次のとおりである。

① 削孔機の据え付け

削孔位置、削孔角度を確認する。削孔角度については角度定規（スラントルール）を用いて正確に測定する。

- ・削孔芯の偏心：50mm 以内
- ・軸の傾きのずれ：±2°以下

② 削孔

削孔径は、メタルクラウン、リングビットなどによって確認する。

削孔長は、ロッドあるいはケーシングでの検測とし、残長、使用長により確認する。

③ テンドン長

使用するテンドンを挿入前に検測する。

④ テンドンの挿入

全長より余長を差し引いたものをテンドン挿入長とする。

⑤ 拡張

テンドンを拡張ジャッキ等によって引き出し、拡張を行う。

拡張はテンドンの引き出し長によって確認する。

表 8.4.1 引き出し長

区分	SSL-M 型	
	35M	70M
引き出し長	51.5	57.1
最大拡張径	14.6	17

⑥ 注入工

・検収

セメント、混和剤などについては、搬入時に数量を確認、検収する。

・注入量

注入に用いるグラウトの注入量は、流量計あるいは量が正確に判明できる方法で数量を検収する。その検収、測定はアンカー孔 1 孔ごとに行う。

・注入圧

注入圧は、孔口付近に取り付けた圧力計によって、1 孔ごとに計測、管理する。

注入圧の目安は前掲の、5.施工・5.10.グラウト注入を参照のこと。

・グラウトの強度の破認

注入作業中に3回程度テストピース用の試料の採取を行う。一回3個以上の試料を採取し、一軸圧縮試験を実施する。

一軸圧縮強度は設計基準強度以上とする。

⑦ 試験

施工されたアンカーについて、適性試験、確認試験を実施する。

8.5. 品質管理

品質管理は、使用材料が設計図書に規定されているものと、同等もしくは同等以上のものかどうかを管理し、現場においても材質・品質を損なわないように維持管理を行うものである。形状・寸法・材質・数量などについて、検査、検収、試験などを行う。

品質管理の方法は、形状・寸法・材質などについては品質証明書、製品証明書などにより行い、数量については納品書、送り状、空袋検収などで証す。また、精度を要求される品物、数量が多い製品などについては、工場検査を行う。

アンカー材料は、原則として工場加工とし、防錆を必要とするものには、メッキなどの防錆処理を行う。

テンドンなどの材料は、所定の寸法、数量などを設計図書と照合し、検収する。

材料は直接地表あるいは湿気の多い場所に置くことを避けて、保管する。

テンドンは荷造り、荷の積み下ろし、輸送に注意し、傷つけたり、鋭く曲げたりしないよう留意する。

アンカー体などの定着材には油脂、泥土などが付着しないように留意し、保管場所に収納する。

8.6. 工事写真管理

工事写真は、工事が設計図書に示されたとおりに施工されたかどうかを確認または判定するための重要な証拠資料となるもので、形状寸法などが明確に把握できるように管理を行う。

工事写真は、場所、時期などの確認、判定ができるように撮影の仕方を工夫する必要がある。また、工事完了後見えなくなるもの、すなわち、アンカー体、テンドン、注入ホースなどについては入念な撮影が必要である。形状・寸法・数量・深度などが確認、算定できるように、箱尺、スケールなどを添え、黒板に対象物の名称、位置、数量などを明記して撮影する。

一般的な、写真撮影の順序は次のとおりである。

- ① 着手前の現況
- ② 使用材料の検測および使用機械、機材
- ③ 工事施工中
- ④ 施工管理
- ⑤ 検査
- ⑥ 竣工

8.7. 安全管理

安全管理は、工事の根幹をなすものであり、労働災害の絶無を期するため、不安全行為、不安全状態の改善をおこなう、労働安全衛生関連の法律、法令を遵守する。

アンカー工事に関連する不安全行為としては、足場作業、連絡の不備、重量物運搬、第三者の被災が考えられる。

① 足場

足場は、作業に耐える構造とし、十分な作業スペースを設ける。作業に当たっては有資格者による組立あるいは指導、監督をうける。

② 合図の徹底

作業工程ごとに、声、信号による合図をおこない、その内容の徹底を図る。

③ 重量物運搬

運搬中の落下、衝突、はさまれなどに十分注意する。

④ 第三者の災害

交通事故など第三者への被災を防止し、車両の現場近郊への出入りには、誘導員を配置し、事故災害の防止を図る。

9. 維持管理

9.1. 一般

アンカーは、点検・調査等を計画的に実施し、当初の機能を持続させなければならない。点検は定期的に行うことを基本とするが、豪雨などの異常気象あるいは地震が発生した場合は、必要に応じて速やかに点検を行う。

点検の結果、必要と判断された場合は健全性調査を行い、健全性に問題のあるアンカーには適切な対策を講じる。

アンカーは、外力の作用により変位しようとする地盤をテンドンの緊張力を保持することで抑え込み、安定化を図る抑止工法である。したがって、緊張力を継続的に保持し続ける必要上、施工してからの維持管理が重要である。施工箇所は急峻な場所も多く、建設段階でのり面の点検用施設等を設置するなど、維持管理作業をしやすくしておく必要がある。

アンカーの維持管理は、点検、健全性調査、対策からなる。アンカーや周辺の構造物・地盤に対し、定期的に点検や観測、計測を行い、アンカーの健全性に問題がありそうな場合には健全性調査を実施し、補修・補強・更新などの適切な対策を講じる必要がある。アンカーの維持管理の流れを図 9.1.1 に示す。

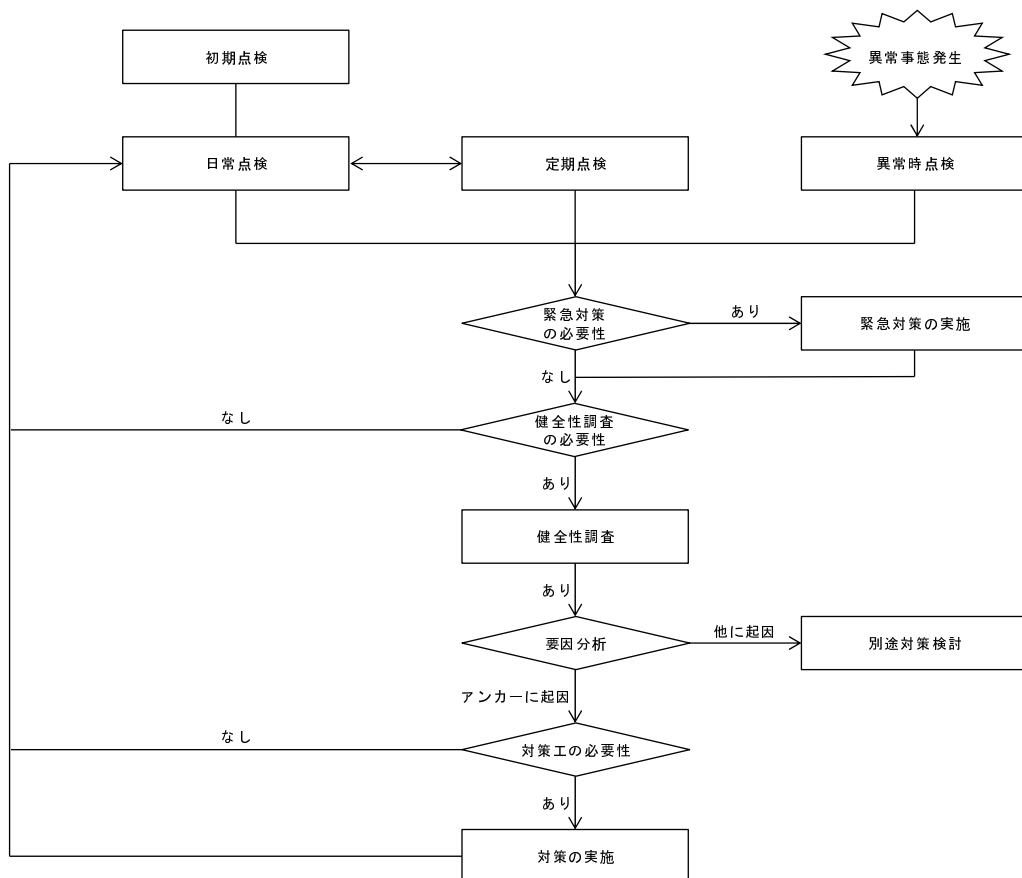


図 9.1.1 アンカー維持管理の流れ

9.2. アンカーの点検

(1) 点検項目

点検項目は、現地の状況を考慮して決定する。

(2) 点検の期間と頻度

点検は継続して行う必要があり、その頻度はアンカーの使用目的・用途・周辺の状況などを考慮して決定する。

(3) 点検結果の評価

点検結果については記録に残し、それを評価することによって、さらに詳細な健全性調査が必要かどうかを判断する。

アンカーの点検は、初期点検・日常点検・定期点検・異常時点検からなる。点検の実施に当たり、あらかじめ点検の頻度、体制、点検の範囲および方法等について点検計画を作成し、定期的かつ計画的に点検を行う。

(1) 点検項目

点検項目および点検の方法は、点検の種別によって設定する。

① 初期点検

アンカー工が施工されて比較的早い時期に、アンカーの状態を把握するために行う。点検では、全数に対し近接目視、打音検査、寸法計測などを行う。

② 日常点検

一般的には管理施設の巡回点検の中で異常の有無を確認する。点検は遠方目視等を基本とする。

③ 定期点検

アンカーが設置されたのり面について、徒歩による近接目視等を基本とし、主に個々のアンカーについての状況を把握するために行う。

④ 異常時点検

日常点検の補完や異常気象時等に、必要に応じて行う、

表 9.2.1 主な点検項目（例）

対象	点検項目	点検手法	点検種別			
			初期	日常	定期	異常時
アンカーの飛び出し	アンカーの飛び出しの有無	目視、頭部の浮き量計測など	◎	◎	◎	◎
	アンカー緊張力	荷重計の計測データ	△	△	△	△
頭部コンクリート	浮き上がり、剥離	目視、頭部の浮き量計測など	○		○	△
	破損、落下	目視、維持管理記録など	◎	◎	◎	◎
	劣化、クラック	目視、クラック幅の計測など	○		○	
	遊離石灰	目視	○		○	
	湧水の有無	目視	◎		◎	◎
	補修の有無	目視、維持管理記録など	○			
頭部キャップ	破損、変形、落下	目視	◎	◎	◎	◎
	材料劣化	目視、打音など	○		△	
	固定方法・固定状況	目視	○		△	
	湧水の有無	目視	◎		◎	◎
	補修の有無	目視、維持管理記録など	○			
防錆油	油漏れ	目視	◎		○	
支圧板	浮き	目視、打音など	○			
	湧水の有無	目視	◎		◎	◎
	錆・腐食	目視	○		△	
受圧板 受圧構造物	変形、沈下	目地の開き、ズレなど	○		○	◎
	コンクリート劣化	目視	○		△	
	遊離石灰	目視	○		○	
	破損、落下	目視、維持管理記録など	◎	◎	◎	◎
	亀裂、クラック	目視、クラック幅の計測など	○		△	◎
	背面地山からの浮き	目視、浮き量計測など	○		△	
	補修の有無	目視、維持管理記録など	○			
	錆・腐食（鋼材）	目視	○		△	
湧水	湧水量、湧水箇所など	目視、湧水量計測、スケッチなど	◎	△	△	◎
周辺状況	沈下、変位など	周辺の調査など	◎	△	△	◎
地山全体の変状	変位量、沈下量、天端・犬走り上のクラックなど	目視、測量、スケッチ、傾斜計・伸縮計などの計測、クラック幅の計測など	◎	△	△	◎
周辺構造物の変状	沈下、変位など		◎	△	△	◎

◎：実施する，○：可能な限り実施する，△：必要に応じて実施する

(2) 点検の期間と頻度

アンカーは地盤や地下水などの影響を受けやすいため、点検は継続して行う。点検の頻度は、一般的には施設の管理者の点検要領などに準じて設定されるが、アンカーの使用目的やその重要度、周辺の状況などを考慮して決定する必要がある。それぞれの点検における頻度と数量の目安を表 9.2.2 に示す。

表 9.2.2 点検の頻度と数量の目安

種類	頻度	数量
初期点検	構造物完成後維持管理開始前	全数
日常点検	通常の巡回時	視認できる範囲
定期点検	施工完了後 3 年まで：年 1 回 3 年以後：3～5 年に 1 回 (重要度の高いもの：年 1 回)	目視点検は全数（全体） 10%かつ 3 本以上
異常時点検	豪雨や大地震など異常時直後	目視点検は全数（全体）

(3) 点検結果の評価

点検の結果に基づき、アンカーおよび地盤・構造物等の健全性（健全性調査の必要性）を判定する。また、明らかに健全性に問題があり、第三者への被害の可能性がある場合は緊急対策の実施について検討する。

健全性（健全性調査の必要性）の判定は、対象とする地盤・構造物等の重要度の大きさ、周辺状況（住居・施設など）、アンカーの供用年数などにより異なり、現場条件に応じて行うことになる。一般的な条件のアンカーに対する健全性調査の必要性の判定の考え方の例を表 9.2.3 に示す。判定により、アンカーおよび地盤・構造物等の健全性に問題がある可能性が大きいと判断された場合には、より詳細な健全性調査を実施し、これらの調査結果に基づき、アンカーの健全性を評価し、対策を講じなければならない。

表 9.2.3 点検結果からの健全性調査の必要性評価（例）

点検項目		点検内容	評価 ^{注1)}
調査・設計・ 施工資料	調査・設計資料	地盤が腐食環境	Ⅲ
		地下水が豊富	Ⅲ
		劣化・風化しやすい地質	Ⅲ
アンカーの状態	アンカーの飛び出し	頭部の飛び出し	I
	残存引張り力 （荷重計が設置 されている場合） ^{注2)}	荷重計の値（殆ど残存引張り力なし）	I
		荷重計の値（定着時緊張力の 0.8 倍以下）	Ⅱ
		荷重計の値（設計アンカー力以上） ^{注3)}	Ⅱ
		荷重計の値（設計アンカー力の 1.1 倍以上）	I
アンカー頭部 の状態	頭部コンクリート	破壊・部分的な欠損	Ⅱ
		1mm 幅を超える程度のクラック	Ⅱ
		頭部コンクリートから遊離石灰	Ⅲ
		頭部コンクリート浮き上がり	I
		頭部コンクリート背面に隙間	Ⅲ
		頭部コンクリート背面から水の漏出	Ⅱ
	頭部キャップ	頭部キャップの損傷	Ⅱ
		頭部キャップの材質劣化・腐食	Ⅱ
		固定ボルトの破壊・腐食	Ⅲ
		頭部キャップ周辺の防錆油漏れによる汚れ	Ⅲ
	支圧板	頭部・支圧板の浮き（目視による確認）	Ⅱ
		支圧板が人力で回転可能	I
		支圧板背面からの水の漏出	Ⅱ
		支圧板周辺の汚れ	Ⅲ
受圧板・構造物 の状態	亀裂・クラック	数 mm 幅以上のクラック、連続した亀裂	Ⅱ
	変形・沈下	受圧板・構造物の大きな変状	Ⅱ

注 1) これらは目安であり、点検内容でも程度のひどいものについては 1 ランク高い評価を下すなどの判断が必要。ここで、

I：アンカーの健全性に問題があると推測される

Ⅱ：アンカーの健全性に問題がある可能性が大きいと推測される

Ⅲ：アンカーの健全性に影響があると推測される

注 2) 荷重計が設置されており、正常に動作している場合

注 3) 待受効果を期待して、定着時緊張力を設計アンカー力よりも大きく低減して定着した場合

表 9.2.3 健全性調査の必要性判定の考え方（例）

評価結果	判定	対応
I：1 つ以上 又は II：2 つ以上 又は III 以上：3 つ以上	健全性に問題のある可能性が高く、 詳細な調査が必要	健全性調査の実施 (状況に応じて緊急対策実施)
上記以外	健全性に問題のある可能性あり	経過観察 (状況に応じて軽微な補修実施)

9.3. アンカーの健全性調査

(1) 調査方法

調査項目と方法は、対象となるアンカーの状態や現場状況などを考慮し決定する。

(2) 調査結果の評価

調査結果から健全性を評価することによって、対策の必要性および方法を検討する。

アンカーの点検により健全性調査が必要と判定されたアンカーを対象に健全性調査を実施して、より詳細にアンカーの状態を確認し健全性を評価する。

(1) 調査方法

健全性調査における調査・試験項目、実施する数量の目安を表 9.3.1 に示す。

表 9.3.1 健全性調査の調査・試験項目と実施数量の目安（参考）

調査・試験種別	実施数量の目安
頭部詳細調査 目視調査	事前調査により決定
頭部詳細調査 露出調査	健全性判定で健全性調査が必要とされたアンカーとその周囲 (上下・左右) および、それを除いた本数の 20%かつ 5 本以上
リフトオフ試験	健全性判定で健全性調査が必要とされたアンカーとその周囲 (上下・左右) および、それを除いた本数の 5%かつ 3 本以上
頭部背面調査	健全性判定で健全性調査が必要とされたアンカーとその周囲 (上下・左右) および、それを除いた本数の 5%かつ 3 本以上
モニタリング	モニタリング用の計測装置が設置されたアンカー

(2) 調査結果の評価

健全性調査の結果は、個々のアンカーの健全性を示すのものである。よって、実施した調査・試験の結果をもとに個々のアンカーの健全性を評価する。それと同時に、アンカー定着構造物の設計基準等を参考して地盤・のり面の安定、構造物全体の機能低下の有無など、全般にわたる評価もあわせて行う必要がある。

9.4. 対策

対策は、耐久性の向上対策、補修・補強、更新などの目的を明確にし、計画を立案し実施する。

正常なアンカーは、経年変化とともにその機能が徐々に低下していく傾向にある。また機能の低下はアンカーごとに一様でなく、なかには土圧等の影響により緊張力が増加するものもある。健全性調査の結果から、対策工が必要と判断されたアンカーについては、その度合いに応じて適切に対策する必要がある。対策には、実施する目的から、耐久性向上対策、補修・補強、更新などがある。

9.5. 記録

点検・健全性調査・対策に関する維持管理記録は、アンカーの供用期間中保存する。

アンカーは維持管理を前提とした工法であるため、点検・健全性調査・対策に関する記録は、地盤の状況やアンカーの緒元・施工結果などとともに整理し、保存しておく必要がある。また、記録の整理にあたっては、できるだけ統一的な様式で整理する。これにより、点検・管理すべき項目が明らかになるとともに、複数の現場を管理する際にも共通の視点で管理ができるため客観的な判断が行いやすくなる。

効率的な維持管理のためには、アンカーの調査計画から設計・施工を経て供用に至る記録を一貫して整理し活用する。

【引用文献および参考文献】

- 1) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（JGS4101-2012），2012.
- 2) 星野和彦：建設工事に伴うのり面崩壊・地すべり対策について，土質工学会，建設工事に伴う法面崩壊・地すべり対策講習会資料，1993.
- 3) British Standards Institution: British Standard Code of practice for ground anchorages, 1989.
- 4) 高速道路総合技術研究所：グラウンドアンカー設計・施工要領，2007
- 5) 全国治水砂防協会：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－本編，1996.
- 6) Leos Hobs and Josef Zajic : Anchoring in Rock and Soil, 1983.
- 7) E.Hoek and J.Bray : Rock Slope Engineering, 1977.
- 8) 土木学会：2002 年制定 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2003.
- 9) 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説，2012.
- 10) 地盤工学会：グラウンドアンカー工法の調査・設計から施工まで，1997.
- 11) 日本建築学会：建築地盤アンカー設計施工指針・同解説，2001.
- 12) 日本アンカー協会：グラウンドアンカー設計施工マニュアル，2013.
- 13) 土木研究所，日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，2008.

S S L 永久アンカー工法設計施工指針
(拡孔支圧型永久アンカー)

【ランクA, 防食構造Ⅱ対応】

平成26年12月 第7版第3刷

編集・発行 S S L アンカー協会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目7番1号 2F

サンスイ・ナビコ株式会社内

Tel : 03-5623-3645 , Fax : 03-5623-5554

本書の記載内容は製品の改良等により、予告なし
に変更される場合がありますがご容赦ください。

15100701