

4. SHS本設地盤アンカー工法設計施工指針 (鉛直) に関して

西山 良仁
結城 知史*

要 旨

昭和60年に日本建築センター内に「本設地盤アンカー研究委員会(鉛直)」が設置されてから現在までに、KCS、STK、VSL、PTCの4工法がその技術指導を受けている。

当社も、平成3年から、ゼネコン12社などで構成されるSHS委員会に参画しその研究開発を行ってきたが、平成5年6月30日付で日本建築センターの技術評価を取得することができた。

本報では、その評価の対象となった「SHS本設地盤アンカー工法設計施工指針(鉛直)」の概要について報告する。

キーワード

本設地盤アンカー／ステンレスシース／緊張力／定着体／グラウト／ロータリーパーカッション

目 次

1. はじめに
2. 適用の範囲
3. アンカー体の構造と引張材の構成
4. 設 計
5. 施 工
6. おわりに

4. SHS Permanent Ground Anchor Design and Construction Guideline (vertical)

Yoshihito Nishiyama
Tomofumi Yuki

Abstract

Since the "permanent ground anchor research committee (vertical)" was established in the Building Center of Japan in 1985 up until now, four ground anchor constructions methods including KCS, STK, VSL, and PTC have been under its technical review.

Ever since we participated in the S.H.S. committee comprising of 12 general contractors in 1991, we have been performing the research and development of the above mentioned methods, and were able to obtain technical appraisal from the Building Center of Japan on the 30th of June, 1993.

This paper reports on the outline of "SHS permanent ground anchor design and construction guideline (vertical)" that received the appraisal.

* 五洋建設株式会社

1. はじめに

わが国では、20数年以前から仮設山留め工事にプレストレストを導入したアンカーが用いられてきた。その間、施工機械や施工技術の向上によりアンカー工法の改良が進むとともに、アンカー自体の耐久性の向上も図られてきた。近年、都市への機能と情報の集中化に伴い、建築物はますます高層化し、また、地下空間を広く利用しようという機運がもたらがっているが、この地盤アンカーを建物の地下水圧による浮き上がり防止や、地震力、風圧力による転倒防止などを目的とした本設構造用のアンカーとして用いるための研究開発が積極的に行われ、現在、その実用に供されるようになってきた。このような背景のなか、当社もゼネコン12社などからなるSHS研究会に参画し、本設地盤アンカー工法の研究開発を行ってきたが、このたび、SHS本設地盤アンカー工法（鉛直）として財日本建築センターの技術評価を取得することができた。本報で、そのSHS鉛直アンカー工法設計・施工指針の概要について報告する。

2. 適用の範囲

本指針は、建築物または工作物の地下水による浮き上がり防止や、地震力、風圧力による建物の転倒防止を図るため、SHS本設地盤アンカー（以下本アンカーと称する）を使用する場合に適用する。本指針は、鉛直アンカーのみに適用するものであるが、斜めアンカーについては現在研究開発をおこなっている所であり、今後引き続き指針を作成する予定である。

3. アンカー体の構造と引張材の構成

3.1 アンカー体の構造

アンカー体の構造を図-1に示す。アンカー体はアンカー頭部、アンカー自由長部、アンカー定着体部およびアンカー先端部からなり、いずれの部分も耐食性、耐久性を考慮した構造となっている。自由長部は、アンボンドPC鋼より線を使用した付着抵抗力を期待しない部分であり、ポリエチレンシースによって保護されている。定着体部は、鋼より線とグラウトとの付着抵抗力を発揮する部分であり、鋼より線相互はスペーサーによって適切な間隔を保っている。定着体シースには、本工法の特徴であるスパイラル状のステンレスが使用されており、鋼より線に対する防錆の役割を果

たすとともに、その拘束効果により付着抵抗力を高めている。

アンカー先端部は、止水材を充填して防錆・防食を図っている。アンカー頭部は、上部構造の施工工程などに対応できるように、埋込み型と再緊張型の2種類の仕様があるが、いずれも、防錆・防食を確保できる構造としている。鋼より線の緊張・定着には財日本建築センターの評定（BCJ-P定着14、昭和61年4月1日）を取得したSHS緊張システムを使用する。

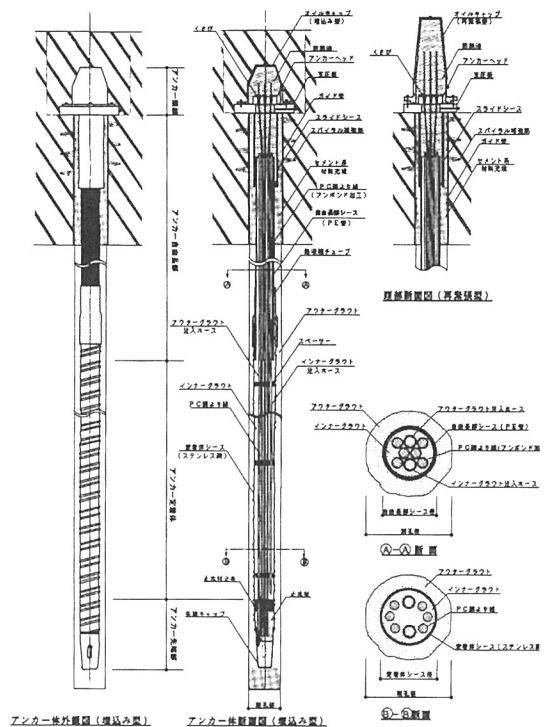


図-1 アンカー体の構造

3.2 引張材の構成

本アンカーのタイプと引張材の構成を表-1に示す。引張材には、7本よりまたは19本よりからなる直径12.7mm、15.2mm、および17.8mmの低リラクセーションPC鋼より線を使用している。一本のアンカーに、これらの鋼より線を4～12本用いることにより、45～228tという広範囲の有効緊張力を持たせ設計することが可能な構成となっている。

表－１ アンカータイプと引張材の構成

アンカータイプ	PC鋼より線の径 (mm)	本数 (本)	最大初期 緊張力 ^{＊１} (tf)	最大定着完了時 緊張力 ^{＊２} (tf)
S 5－ 4	φ 1 2 . 7	4	5 4	5 0
S 5－ 5		5	6 7	6 3
S 5－ 6		6	8 1	7 6
S 5－ 7		7	9 4	8 9
S 5－ 8		8	1 0 8	1 0 1
S 5－ 9		9	1 2 1	1 1 4
S 5－1 0		1 0	1 3 5	1 2 7
S 5－1 1		1 1	1 4 8	1 3 9
S 5－1 2		1 2	1 6 2	1 5 2
S 6－ 4	φ 1 5 . 2	4	7 6	7 2
S 6－ 5		5	9 6	9 0
S 6－ 6		6	1 1 5	1 0 8
S 6－ 7		7	1 3 4	1 2 6
S 6－ 8		8	1 5 3	1 4 4
S 6－ 9		9	1 7 2	1 5 2
S 6－1 0		1 0	1 9 2	1 8 0
S 6－1 1		1 1	2 1 1	1 9 8
S 6－1 2		1 2	2 3 0	2 1 6
S 7－ 4	φ 1 7 . 8	4	1 1 4	1 0 7
S 7－ 5		5	1 4 2	1 3 4
S 7－ 6		6	1 7 1	1 6 1
S 7－ 7		7	1 9 9	1 8 8
S 7－ 8		8	2 2 8	2 1 5
S 7－ 9		9	2 5 7	2 4 1
S 7－1 0		1 0	2 8 5	2 5 4 ^{＊３}
S 7－1 1		1 1	3 1 4	2 5 4 ^{＊３}
S 7－1 2		1 2	3 4 2	2 5 4 ^{＊３}

注１）＊１ 最大初期緊張力は $(0.75P_u) \cdot n$ と $(0.85P_y) \cdot n$ のうち小さい値

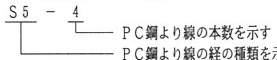
＊２ 最大定着完了時緊張力は $(0.70P_u) \cdot n$ と $(0.80P_y) \cdot n$ のうち小さい値

ここで P_u は規格引張荷重、 P_y は規格降伏荷重、 n はPC鋼より線

＊３ 定着体長10mの長期許容付着応力度から決定された最大定着完了時緊張

注２） □は公称削孔径137mm適用範囲

□は公称削孔径170mm適用範囲

注３） S 5－ 4


４．設計

4.1 定着地盤と試験

(１) 定着地盤

定着地盤は表－２を満足する地層とする。また、グラウトなどに有害な影響を与える成分を有する地盤はさける。

表－２ 定着地盤の条件

地質年代	敷地内に連続して存在する洪積層あるいはそれより古い地層
N 層	砂質土においては平均N値40以上、粘性土においては平均N値15以上または一軸圧縮強度 $q_u = 5 \text{ kgf/cm}^2$ 以上
層 厚	上記の層が(定着体長+1m)以上連続して存在する。

アンカーの信頼性は、定着地盤条件（深度、層厚、力学特性）に影響されるところが大きい。したがって、本工法に採用する場合は、地盤の性状調査をおこなうとともにアンカーの健全性を確認するため、

性能基本試験と確認試験を原位置で実施する。

(２) 性能基本試験

１) 引抜試験、２) 長期引張試験をおこなってアンカーの性能を確認する。この試験は、本設アンカーの設計に先立って、試験用のアンカーを用いておこなう。

１) 引抜試験

アンカーを地盤から引抜き、地盤と定着体グラウトとの摩擦抵抗力を調査する。「4.7 定着体の設計」に記載する許容周面摩擦応力度は、この試験結果によって決定する。

２) 長期引張試験

アンカーの緊張力は、地盤の圧密やクリープ、引張材のリラクセーションなどによって減少していく。本試験はその減少の程度を調査するものであり、期間は10日間を標準とする。

(３) 確認試験

１) 多サイクル引張試験、２) １サイクル引張試験、３) リフトオフ試験で構成され、アンカーが所要の品質および性能を満足していることを確認する試験であり、本設アンカーを用いておこなう。

１) 多サイクル引張試験

５サイクル程度の引張試験をおこない、各サイクルごとの伸び量と残留変位の関係などから、アンカーの健全性を確認する。

２) １サイクル引張試験

緊張定着作業を兼ねた試験であり、その際のアンカー頭部変位と緊張力の関係が、多サイクル引張試験結果の包絡線と本質的に差がないことを確認する。

３) リフトオフ試験

アンカーヘッドを支圧板から持ち上げることによって残留緊張力を確認する。

4.2 破壊形式

アンカーの破壊形式には次の４つのタイプがある。

１) 引張材の破断

２) PC鋼より線とグラウトとの付着破壊

３) 地盤とグラウトとの摩擦破壊

４) 地盤のせん断滑り面によるブロック破壊

このうち、１)の破壊形式は、引張材にJIS規格のPC鋼より線を使用しているため定量的に把握しやすい。一方、２)から４)の破壊形式は、地盤の拘束力やせん断強さなど地盤の力学的特性に左右され、定量的に把握

するには困難をとまなう。したがって、破壊形式は、1)で決まることが望ましい。しかし、本指針では、設計者の判断を尊重し、設計の自由度を奪わぬように、破壊形式に関する制限は設けないこととする。設計に際しては、この4形式の破壊から決定される引抜抵抗力の中で最小となるものを極限アンカー力とし、その上で適切な安全率を考慮する。

4.3 使用材料

設計に関連する主要材料を下記に示す。

1) PC鋼より線

PC鋼より線は、JIS G3536 に適合する低リラクセーション処理をされたものを使用する。呼び径は、7本より $\phi 12.7\text{mm}$ 、 $\phi 15.2\text{mm}$ 、および19本より $\phi 17.8\text{mm}$ の3種類とし、定着体部は素線のまま、自由長部は鋼より線をポリエチレンシースで被覆し両者の間にグリースを充填したアンボンド仕様とする。強度特性を表-3に示す。

表-3 PC鋼より線の強度特性

記号	呼び名	公称断面積 mm ²	単位重量 kg/m	破断荷重 kgf	引張強度 kgf/mm ²	降伏 ^{*)} 荷重 kgf	降伏点強度 kgf/mm ²
SWPR7B	7本より 12.7mm	98.71	0.774	18,700 以上	190 以上	15,900 以上	160 以上
	7本より 15.2mm	138.7	1.101	26,600 以上	190 以上	22,600 以上	160 以上
SWPR19	19本より 17.8mm	208.4	1.652	39,500 以上	190 以上	33,600 以上	160 以上

注) *1 降伏荷重は0.2%永久伸びに対する荷重とする。

2) グラウト

グラウトは、セメントペーストを使用し、圧縮強度(標準水中養生による28日圧縮強度) 350kgf/cm^2 、水セメント比45%以下、混和材重量比1~2%とする。使用するセメントペーストには、施工実績の豊富な普通ポルトランドセメントを使用することを原則とするが、早期に高強度を要求される場合には早強ポルトランドセメントを使用してもよい。また、硫酸塩を含む土壌には耐硫酸塩ポルトランドセメントを使用したり、用途により、初期強度はやや小さいが長期材令強度は大きく化学抵抗性も大きい高炉セメント(B種)を使用することもできる。

4.4 設計フロー

アンカーの設計は、建築基準法・同施工令、日本建築学会の各種設計基準、日本建築センターの構造計算指針などに基づき上部構造を設計した結果からおこな

う。そのフローを図-2に示す。

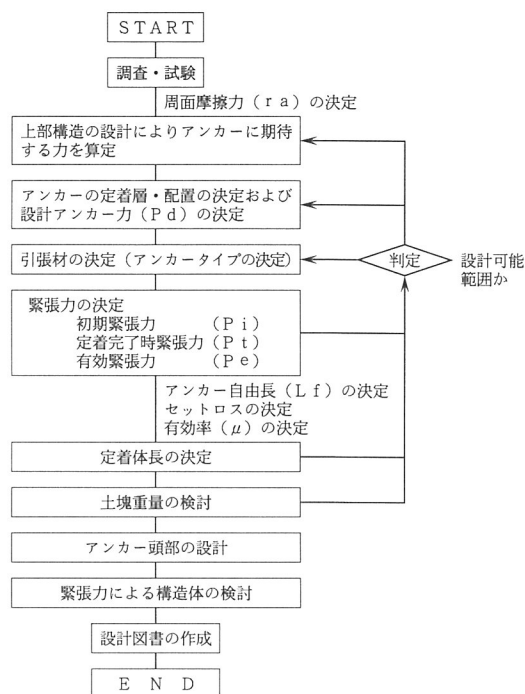


図-2 本アンカーの設計フロー

4.5 緊張力の決定

1) 緊張力の経時変化

アンカーに導入された緊張力は図-3のように経時変化する。最後に残った有効緊張力が設計アンカー力を上回るように、各緊張力を決定する。

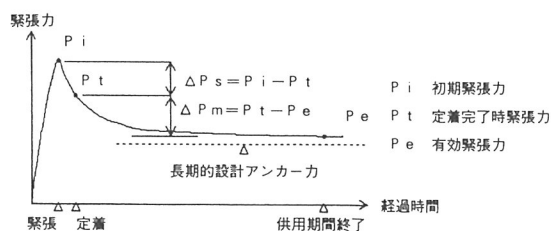


図-3 緊張力の経時変化

P_i (初期緊張力) : 定着作業時に導入する(ジャッキで引張る)緊張力。

P_t (定着完了時緊張力) : アンカー頭部はクサビ定着をおこなう。その際、クサビのくいこみ量に相応する緊張力の低下が生じる(セットロス)。その値を P_i から差し引いた緊張力。

P_e (有効緊張力) : P_t は鋼より線のリラクセーション、中間地盤の圧密沈下、定着

地盤のクリープ及び定着体グラウトのクリープなどによって減少していく。その P_t の値の変化が終了した後、アンカーに導入されている緊張力。

2) P_i と P_t

P_i と P_t については、日本建築学会「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」(1987年)に準じて次のように規定する。

初期緊張力	P_i	$0.75 P_u$ または $0.85 P_Y$ の小さい値
定着完了時緊張力	P_t	$0.70 P_u$ または $0.80 P_Y$ の小さい値

ここで、 P_u : (PC鋼より線の規格引張荷重) × (本数)
 P_Y : (PC鋼より線の規格降伏荷重) × (本数)

また、セット量の標準値は、鋼より線の呼び径 ϕ 12.7mmで4mm、 ϕ 15.2mmで5mm、 ϕ 17.8mmで6mmであり、これによる緊張力の減少量は次式で算定する。

$$\Delta P_s = \frac{\Delta \delta \cdot A_s \cdot E_s}{L_f}$$

ΔP_s : セット量による緊張力の減少 (tf)

$\Delta \delta$: セット量 (cm)

A_s : (引張材公称断面積) × (本数) (cm²)

E_s : 引張材弾性係数 (tf/cm²)

L_f : 引張材自由長 (cm)

ΔP_s を算定して、 P_i と P_t を許容値以下となるように決定する。

3) P_e

長期安定性に関する実大試験結果ならびに、建築物の支持地盤には堅固な地盤が選ばれることなどから、 P_e に関しては次式で決定してよいものとする。

$$P_e = \eta \cdot P_t$$

ここで、 P_t : 定着完了時緊張力

η : 有効率 0.9とする。

ただし、緊張・定着を基礎工事終了時など工事途中でおこなうと、その後の建物自重の増加による沈下が生じ緊張力は減少する。したがって、設計した有効緊張力が導入されるためには、上記の沈下量を予め算出しておくか、あるいは、建物完工後に再緊張をおこなうなどの対策が必要である。このことは「4.6 引張材の設計」に述べる建物の離間にかかわる重要な点であり注意が必要である。

4.6 引張材の設計

引張材に作用する許容引張力は表-4のとおりとす

る。

表-4 引張材の許容引張力

解析方法	設計レベル		許容引張力
静的解析	1次設計	長期	$\leq P_e$
		短期	$\leq P_e$
	2次設計	保有耐力検討時	$\leq P_Y$
		異常水位時	$\leq P_Y$
動的解析	荷重レベル1		$\leq P_e$
	荷重レベル2		$\leq P_Y$

ここで、 P_e : 有効緊張力

P_Y : (PC鋼より線の規格

降伏荷重) × (本数)

静的解析の1次設計時および動的解析の荷重レベル1時に引張材に加わる力は P_e 以下とし、静的解析の2次設計時および動的解析の荷重レベル2時に加わる力は P_Y 以下とする。これは、上部構造を設計する際の許容応力度設計と終局強度設計に対応した考えに基づくものである。しかし、鋼より線は P_Y までは弾性範囲内にあり(実際に引張試験をしてみると、鋼より線の応力・ひずみ曲線での見掛けの弾性限界は P_Y を上回っているため)その履歴は弾性的挙動を示す。本指針では、鋼より線が塑性域に入ると考えられる P_Y 以上の設計は許容しない。また、建物の支持地盤には堅固な地盤が選ばれるため、そのリバウンドは非常に小さい。したがって、引拔力が有効緊張力以下の場合には実際上基礎の浮き上がりは生じないが、有効緊張力を上回ると離間すると考えることができる。本指針では、静的解析の2次設計時と動的解析の荷重レベル2については離間を許容している。ただし、離間後の変位はアンカーのバネ定数に比例し、このバネ定数は地盤のバネ定数に比較して非常に小さいため、離間後は急激な変位の増加をとまなうことになるので、離間を許容するかどうかの判断は、構造物の性格や重要度を考慮して慎重におこなう必要がある。

4.7 定着体の設計

1) 定着体設計式

アンカーの定着体長は、以下に示す式Aと式Bで算定し、それらのうちの長い方とする。

グラウトと地盤の周面摩擦力から決定されるアンカー定着体長は式Aによる。

$$L_a = \frac{5 \cdot P_d}{3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot D_a} - 200 \cdots \cdots A$$

ここで、

L_a : 周面摩擦による必要定着体長 (cm)

P_d : 設計アンカー力 (kgf)

D_a : 公称削孔径 (13.7, 17.0) (cm)

τ_a : 許容周面摩擦応力度 (kgf/cm²)

グラウトとP C鋼より線の付着力から決定されるアンカー定着体長は式Bによる。

$$L_b = \frac{5 \cdot P_d}{4 \cdot \tau_b \cdot \Psi} - 75 \cdots \cdots B$$

ここで、

L_b : 付着力による必要定着体長 (cm)

P_d : 設計アンカー力 (kgf)

τ_b : P C鋼より線の許容付着応力度 (kgf/cm²)

Ψ : 有効周長で表5による。 (cm)

グラウトと地盤の周面摩擦力は、定着体の全長にわたって一様な分布を示すものではないことから、定着体長が3 m以上の場合は、3 mを超える長さについては基準値の60%に低減する。また、グラウトと鋼より線の間の付着応力も、定着長さ上の位置によって変化し、外力が増大すれば進行性破壊を生ずることから同様の低減が必要である。しかし、本アンカーに用いているステンレスシースの拘束効果が有効と認められ、建築学会指針では50%となっている3 mを超える部分についての低減を20%にとどめることができた。式A、式Bは、これらの低減率を考慮したものである。

表－5 有効周長 (cm)

本数	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PC鋼	φ12.7	15.9*	19.3	19.5	23.1				
より	φ15.2	19.1*	22.5	22.7	28.8				
線径	φ17.8	21.9*	22.3	29.2	29.6				

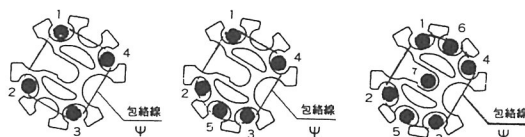
注) * 1 有効周長が単材の周長の本数倍で決定される場合を示す。

表－5の有効周長は、下図に示すように、鋼より線の単材の周長を本数倍した総周長と鋼より線の外側を包絡する周長の小さい方の長さを示す。



$$\Psi = \pi \cdot d \cdot n \quad (n \text{ は P C 鋼より線の本数})$$

P C鋼より線の単材の周長を本数倍した総周長



P C鋼より線の外側を包絡する周長

2) 許容応力度

周面摩擦力の許容応力度は表－6とする。

表－6 許容周面摩擦応力度

定着地盤の種類	長 期	短 期
砂質土 砂れき	$\tau_u / 3$ かつ 8 以下	長期の値の 2 倍
粘性土		
岩	$\tau_u / 3$ かつ 12 以下	

ここで τ_u は「4.1定着地盤と試験」で記述した源位置引抜試験の結果確認された極限周面摩擦力である。鋼より線とグラウトとの許容付着応力度は表－7とする。ただし、表中の数値は有効周長に対する値である。

表－7 P C鋼より線とグラウトとの許容付着応力度 (kgf/cm²)

長 期	短 期
10	15

室内試験や実大試験の結果から、前述のステンレスシースの拘束効果が認められ、上表の値となった。また、アンカー定着体を設計する場合の周面摩擦力と付着力に、長期および短期いずれの許容応力度を用いるかは表－8のとおりとする。

表－8 設計レベルと許容応力度の組み合わせ

解析方法	設計レベル		許容応力度
静的解析	1 次設計	長 期	長 期
		短 期	長 期
	2 次設計	保有耐力検討時	短 期
		異常水位時	短 期
動的解析	荷重レベル 1		長 期
	荷重レベル 2		短 期

本指針では、静的解析の2次設計時や、動的解析の荷重レベル2では短期許容応力度の採用を認めている。しかし、一方、上部構造の設計レベルの如何を問わず、アンカーに導入された緊張力は常時作用するため、アンカー定着体の設計には長期許容応力度を採用すべきであり、短期許容応力度は採用すべきではないとする意見がある。この点に関しては、設計者の判断に委ねることとするが、離間の問題と同じく構造物の性格や重要度を考慮して慎重な対応が必要である。

4.8 土塊重量の検討

定着地盤のせん断滑り破壊に対して、図-4に示すせん断滑り面を想定し、土塊重量が設計アンカー力を上回ることを確認する。

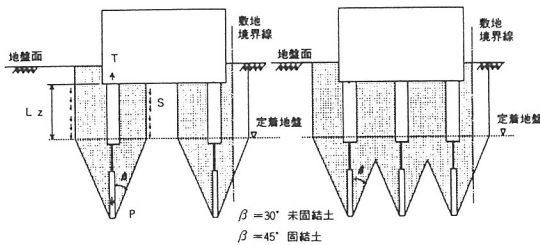


図-4 土塊重量の考え方

その際、静的解析の1次設計、動的解析の荷重レベル1では土塊重量のみが抵抗するものとするが、静的解析の2次設計、動的解析の荷重レベル2では構造物の離間を許容していることに対応して、土塊重量とせん断力とが抵抗するものとする。安全率は、重量に対しては1.2、せん断力に対しては1.5とする。

$$T_1 \leq \frac{W_g}{1.2} \dots\dots\dots 1 \text{ 次設計} \cdot \text{荷重レベル 1}$$

$$T_2 \leq \frac{W_g}{1.2} + \frac{\Psi_g \cdot S \cdot L_z}{1.5} \dots\dots\dots 1 \text{ 次設計} \cdot \text{荷重レベル 1}$$

T_1 : アンカーに働く最大力 (有効緊張力) (tf)

T_2 : アンカーに働く最大力 (tf)

W_g : アンカーが支配する土塊重量 $W_g = \gamma \cdot V$ (tf)

γ : 土の単位体積重量 (tf/m³)

V : 土塊体積 (m³)

S : 土のせん断強さ (tf/m²)

L_z : 基礎底面から定着地盤までの長さ。

Ψ_g : 単アンカー、群アンカー各々の土塊の水平面での周長。

ただし、敷地境界線の外側や、将来掘削されるおそれのある部分の土塊重量およびせん断抵抗力は考慮しない。また、杭を貫通してアンカーを設置する場合には、杭の周面摩擦力を引抜き抵抗力に加算することはできない。

4.9 構造細則

本アンカーは、原則として以下の事項を満足することとする。

- 1) アンカー自由長は、4 m以上とする。
- 2) アンカー定着体長は、3 m以上10 m以下とする。
- 3) アンカー定着体上端は、定着地盤内 1 m以深に位置する。
- 4) アンカーを杭を貫通して定着する場合、アンカー定着体上端は、杭先端から杭径かつ 2 m以上離す。
- 5) アンカーの中心間距離は、1 m以上とする。

4.10 アンカー頭部と上部構造体の検討

支圧板と補強スパイラル筋とは標準品を用意している。上部構造については、アンカーの緊張力が長期荷重として作用するものとして構造計算を行う。また、支圧応力などの検討は、日本建築学会「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」(1987年)に準拠しておこなうものとする。

5. 施 工

5.1 施工順序

本設地盤アンカーに求められる機能として、十分な引抜き耐力と防食性能を有することがその条件としてあげられるが、これらの機能を十二分に発揮させるためには、施工を順序よく入念に行い、それぞれの施工段階においても正しく管理していくことが必要である。

本アンカーの施工順序を図-5に、その施工管理のフローを図-6に示す。

5.2 施工機器の選定

本アンカーで使用する主要な施工機器には、削孔機、グラウトミキサー、グラウトポンプおよび削孔用の送水ポンプなどがある。施工条件や土質条件に適した機器を選定する。

(1) 削孔機

削孔機には、ロータリー方式によるものと、ロータリーパーカッション方式によるものの2つの方式があ

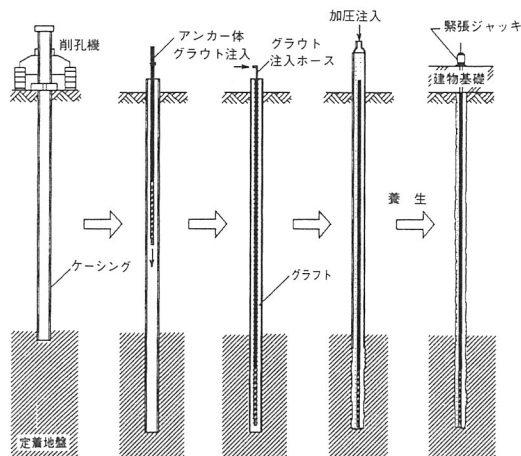


図-5 施工順序

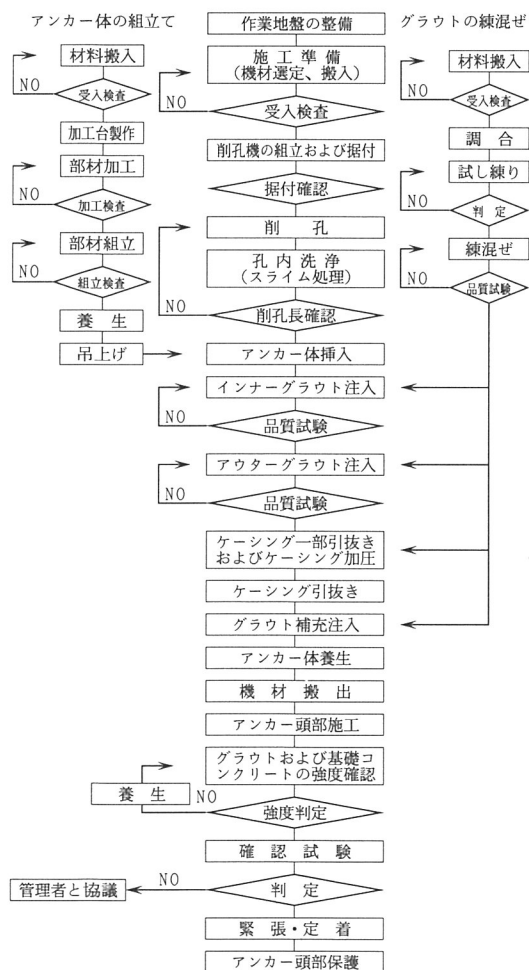


図-6 施工管理のフロー

る。一般的にはロータリーパーカッション方式が多く使用されているが、施工条件、地盤特性、周辺状況および経済性を考慮して上記方式のうち適切なものを選定する。

(2) グラウトミキサー

グラウトミキサーの容量は、計画削孔容積、ホッパー容量、グラウトホースの内容積、ケーシング加圧時に必要な容積を考慮して決定する。そのうち、計画削孔容積は、削孔径、削孔長、その他地盤条件などを考慮して決定する。ミキサーは、注入中に追加練混ぜが可能となるように1槽式ミキサーを複数台使用するか、もしくは2槽式ミキサーを使用する。

(3) グラウトポンプ

グラウトポンプは、グラウトのコンシステンシーの変化や圧送距離などに対し、十分な対応能力を持つものを使用する。加圧時、圧力保持がおこない易いスクイズ式のポンプが望ましい。

5.3 仮設備

仮設備としては、給排水設備、電力設備、プラント設備などがある。

(1) 給排水設備

給排水設備は、削孔用水、孔内洗浄用水、グラウトの練練り用水などを取水・給水・排水するための設備である。所要給水能力としては、削孔時の諸条件により異なるが、削孔機1台について約60～150ℓ/分程度以上の能力をもつものが必要である。

削孔水は、削孔中に生じる削孔ズリやスライムが混った泥水を、アンカー削孔口から削孔外へ運搬・搬出する役割をもつものである。搬出された削孔水は、一時、釜場やタンクに集め沈砂層を通すなどの処理をして排水する。

(2) 電力設備

電力設備は、削孔機、送水・注入ポンプ、グラウトミキサーなどを動かすための動力設備であり、アンカー施工用として、およそ100KW/1セット程度の電力を必要とする。

(3) プラント設備

プラント設備は、グラウトミキサー、送水・注入ポンプ、セメント置場、貯水用のタンクなどで構成される。プラント設備に必要なスペースとしては、全体で少なくとも50～100㎡が必要である。この際、プラント設備は、注入ホースの引き回し、プラントとの連絡の手間および圧送中の注入材の品質の低下などを考慮

し、極力アンカーを施工する場所の近くに設置する。

5.4 削孔

削孔はオールケーシング工法でおこなう。公称削孔径は、137mmおよび170mmの2種類であり、使用する鋼より線の径と本数によってその削孔径が決定される。

(1) 削孔機の据付け

削孔機のケーシングは、設計図書に示されるアンカー位置に正しく鉛直に設置する。据付け精度の管理は、削孔機を据付けた段階で、水平方向はスケールによって、鉛直精度は2方向からトランシットや下げ振りなどを用いておこなう。

削孔に用いるケーシングパイプの標準的な長さは1本当たり1.5mであるが、削孔長によっては削孔完了時のケーシング天端が高くなりすぎ、ケーシングの引抜きやグラウトの戻り液の採取が困難となる場合もあるので、計画削孔長に応じて別に0.5mまたは1.0mの長さのケーシングを用意する。なお、作業性を考え、削孔完了時のケーシング上端が、GL+50～60cm程度の高さにくるようにする。

(2) 削孔用水

削孔用水の成分は定着地盤とアンカーの摩擦抵抗力に影響するため、原則として上水道水を使用する。ただし、現場の状況によって、十分な給水設備がなく、また削孔および孔内洗浄に上水道水を連続して供給できない場合などには、アンカー自由長部の削孔に限って、削孔循環水の上澄み水を使用してもよいこととした。また河川の水や地下水を使用する場合には、アンカーの機能に影響を及ぼすことがないかどうかを事前に確認しておく。

(3) 削孔

削孔に先だち、ボーリング調査結果や、性能基本試験用アンカーの施工記録などをもとに、定着地盤の深度、支持層厚などを想定し、各アンカーごとに定着地盤の予想深度を求めておく。削孔中は、削孔速度や削孔機の貫入抵抗ならびに排泥水の色調に注意し、事前の施工記録と比較しながら定着地盤の深さや層厚の確認をおこなう。削孔時間や定着地盤の深度、削孔途中の地盤状況などの調査結果を「SHS本設地盤アンカー工法用記録シート」(以下専用シートと称する)に記録する。

なお、定着地盤が深い場合は、排泥水の戻りに時間がかかるため、注意深く観察することが必要である。また、定着地盤削孔時の排泥水が、他の施工したアン

カーや施工性調査結果などと異なる場合は、その原因の究明と対策を講じる必要がある。

(4) 孔内洗浄と削孔長の確認

孔内洗浄は、削孔中および削孔後に発生するスライムの除去を目的としておこなう。上水道水による洗浄またはエアリフトなどを用いて、孔内の泥水が清水に近い状態になるまでおこなう。礫や岩屑など、除去の難しいものは、無理に上げようとしないで、計画削孔長にスライム溜り(削孔余長)を見込んでおく。標準的な削孔余長は30cm程度までとする。

(5) 削孔精度管理

削孔長と削孔精度の管理値および測定方法は、表-9、表-10による。削孔長の確認は、削孔完了時に使用したケーシングパイプの長さで行い、また検尺テープを用いて測定する。所要の削孔長を確保できない場合は再洗浄をおこなうか、再削孔をおこなう。

削孔長の測定は施工したすべてのアンカーについておこなう。測定結果は「専用シート」に記録し、必要に応じ、削孔長の測定状況を工事写真などにとっておく。

表-9 削孔長の管理値および測定方法

検査項目	管 理 値	測 定 方 法	時期・回数
削孔長	計画削孔長以上	ケーシングパイプ本数、検尺テープ	削 孔 後 全 数
スライム厚	余長以下	検尺テープ	

表-10 削孔精度の管理値および測定方法

検査項目	管 理 値	測 定 方 法	時期・回数
ケーシングの鉛直精度	1/100 以下	傾 斜 計	施工性調査時
		トランシット、下げ振りなど	適 宜

表-11 アンカー体の組立て精度の管理値および測定方法

検 査 項 目	管 理 値	測定方法	時期・回数
各部材の長さ	設計長さ以上、かつ設計長さ+25mm以下	スケール	組立前・全数
PC鋼より線、インナーおよびアウトグラウト注入ホース、止水材止めの組立位置	設計位置±20mm以下	スケール	組立後・全数

5.5 アンカー体の組立て、保管および挿入

アンカー体を組立てるときは、本アンカー工法で規定する材料を使用する。また、組立てられたアンカー体が所定の精度を確保していることを、表-11に定める方法により検査する。検査結果は、「専用シート」に記録する。

アンカー体の組立て手順を図-7に、組立てられたアンカー体の例を図-8にそれぞれ示す。アンカー体は、発錆しないよう、油などが付着したり、その他有害な影響を受けない場所に保管する。

アンカー体の挿入は孔内洗浄後速やかにおこなう。アンカー体の吊上げには、アンカー体に過大な力が作用しないように吊り上げ治具や定着部養生治具などを用いて注意深くおこない、設計図書に示された深さまで高止まりしないように挿入する。高止まりした場合には、原因の究明をおこない、対策を講じる。

5.6 グラウトの練混ぜ

グラウトの調査は、現場試し練りにおいて表-12に示す内容に基づき管理試験をおこなって決定する。さらにこの決定された調査に基づき、本アンカー施工前に性能基本試験用アンカーを施工し、所定の品質を満たしていることを確認する。なお試験結果は、「専用シート」に記録する。

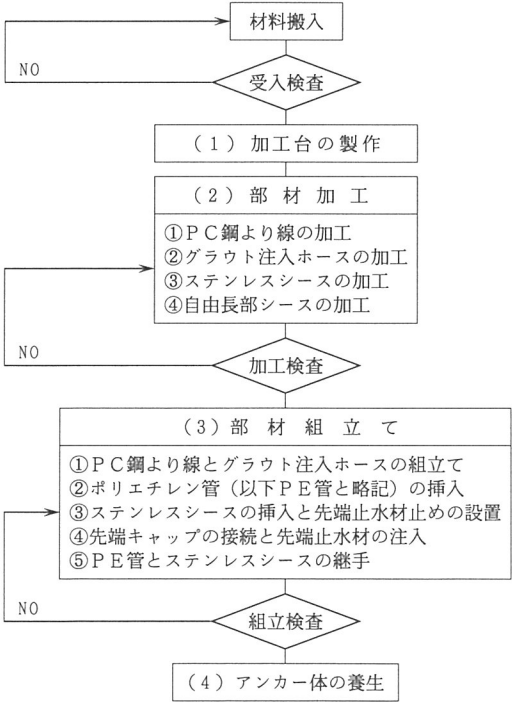


図-7 アンカー体の組立て手順

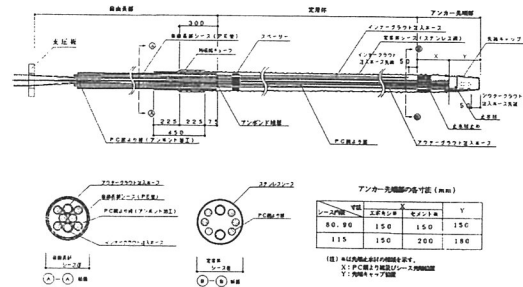


図-8 アンカー体組立て例

表-12 グラウトの管理値および試験方法

試験項目	管 理 値	試験器具	時 期、回 数
(1)比 重	計算比重 ±0.03以内	マッドバランス メスシリンダ	練混ぜ直後 各バッチごと1回(全バッチ)
(2)フロー値	18秒以下	P ロート ストップウォッチ	練混ぜ直後（注入直前） 各バッチごと1回(全バッチ)
(3)ブリージ ング値	4 %以下	メスシリンダー ブリージング袋	練混ぜ直後 現場試し練り時
(4)圧縮強度	350kgf/cm ² 以上 (4 週強度)	簡易モールド	練混ぜ直後 現場試し練り時

水セメント比は原則として45%以下とする。これは、グラウトの圧縮強度の点よりもグラウトの均一性の保持、ブリージングや分離を生じにくくすること、および硬化したグラウトの耐久性などを考慮して定めたものである。なお、混和剤を使用しない場合や夏期施工の場合などで所定のフロー値を得ることが困難な場合は、グラウトの均一性、ブリージング率などの品質に問題がないことを条件として、2%程度大きい水セメント比でも許容するものとした。また、混和剤の添加量は、所要のコンシステンシーおよびその他の品質が得られるよう現場試し練り試験を行って定める。

グラウトの練混ぜからケーシング加圧注入完了までの時間の限度は、早強ポルトランドセメントを使用した場合で60分以内、その他のセメントを使用した場合で90分以内とする。また、グラウトの性状は、温度による影響を大きく受けるので、練混ぜ水の温度を5～25℃に保つようにする。

混和剤の添加量は、セメント重量の1.0～2.0%を標準とする。混和剤の添加量を多くすると、流動性は向上するがブリージング率が増加したり、著しい場合は水とセメント粒子の分離が生じ、グラウトの凝結、硬化が遅延する傾向があるので注意を要する。なお、練上がり直後のフロー値は、12秒前後となるように添加量を設定することが望ましい。練り混ぜ後のフローの経時変化は混和剤の種類や、添加量、気温などの影響

を受けるのでこれらについても確認しておく。グラウトの調合の例を表-13に示す。

表-13 グラウトの調合例

使用セメント : 普通ポルトランドセメント
水セメント比 : 45%
混和剤 : セメント重量比1% (NL-4000)
空気量 : 1%

材 料	比重	調合比	1 m ³ 当たり	1 バッチ (155 ℓ)
セメント	3.16	1	1293kg	200kg
水	1.00	0.44	569kg	88kg
混和剤	1.13	0.01	13kg	2kg

全 容 積 = $1293/3.16 + 569 + 13/1.13 + 10 = 1.00 \text{ m}^3$

計算比重 = $\frac{1293 + 569 + 13}{1293/3.16 + 569 + 13/1.13} \times (1 - 0.01) = 1.88$

5.7 グラウトの注入

注入作業は、アンカー体を挿入後速やかに、かつ途中で中断することなく連続的におこない、孔内の水や空気とグラウトとを確実に置換する。

注入は、インナーグラウト、アウターグラウトの順にそれぞれ専用のホースを用いておこなうが、グラウトをホッパーに投入する前には、0.6~1.2mm目程度の網でこし、固形物などを除去する。注入中は、注入ポンプが空気を吸い込まないようホッパー内のグラウトの残量に注意する。

インナーグラウトおよびアウターグラウトの注入は、それぞれの戻り液の比重が、計算比重±0.06以内になるまで連続しておこなう。この管理値として定めた計算比重±0.06以内では、水セメント比の変動範囲は45±5%程度であり、所定の圧縮強度は十分に満足できる。

インナーグラウトの注入量が計画量を著しく超える場合やシースの外側からインナーグラウトが排出された場合などは、アンカー体の破損などによるグラウト漏れがあると考えられるため、直ちに注入を中止し、原因の調査・検討をおこなう。また、アウターグラウトの戻り液の比重が所定の管理値とならない場合や、性能基本試験で施工されたアンカーと比べて注入量が大幅に異なる場合は、孔壁の崩壊や地下水流によるグラウトの散逸・拡散が考えられるので、原因およびその対策について検討する。なお注入量の管理は、流量計を用いておこなう。

5.8 ケーシングの引抜きおよびケーシング加圧

ケーシング加圧は、アウターグラウトを介して定着体と地盤との摩擦力を確実に発揮させる目的でおこなうもので、ケーシングを3m引抜くごとにおこない、定着体全体に加圧されるようにする。ケーシング加圧時の圧力は、原則として $5.0 \pm 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧力保持時間は3分間とする。

ケーシング加圧の方法は、P C鋼より線より長く継ぎ足したケーシングの天端までグラウトを充填し、加圧ヘッドを付けておこなう。また、定着体上部付近での加圧を確実にするために、定着体から1.5m以上の自由長部まで加圧をおこなう。グラウトの練混ぜからの経過時間が長くなるとグラウトの粘性が大きくなり、圧力が伝わらなくなる恐れがあるのでケーシングの加圧までの作業は速やかにおこなう。

ケーシングの加圧終了後、残りのケーシングを引抜専用の抜管機を用いアンカー体がとも上がりしないようにして引抜く。この時、引抜いたケーシングの容積分だけアウターグラウトが沈下するので、速やかにグラウトの補充をおこなう。ただしグラウトの補充は、アウターグラウト注入ホースからおこなうと加圧した定着体部を乱す恐れがあるので、ケーシング上部よりおこなわなければならない。

5.9 養生

施工されたアンカー体上部は、グラウトの注入が終わると、緩みや移動が生じないように養生架台などに固定し、グラウトの強度が十分得られるまで、衝撃や振動を与えないように養生する。養生架台などによる固定養生期間は、グラウト強度が十分に発現するまでとし、通常は24時間以上とする。固定養生中は、アンカー体上部を単管などで支え、まっすぐに保持できるようにする。また養生架台を取外した後も、根切り工事などでアンカー体を損傷する恐れがある場合は、現場の状況に応じて適切な対策を講じ、アンカー体の変形や損傷の発生を防止する。また、アンカー体上部は雨水にさらされないようにキャップなどで保護する。

5.10 アンカー頭部の施工および緊張・定着

(1) アンカー頭部の施工

アンカー頭部の代表的な施工手順を図-9に示す。アンカー頭部の施工には、アンカーの施工後、頭部処理を行ってから基礎を施工して緊張・定着する先施工方法と、アンカー施工前に基礎を施工する場合の後施工方法の2種類がある。後者の場合には、P E管余長

の切断やインナーグラウト撤去などを考え、基礎構造部分に予め大きく箱抜きをおこなう必要がある。しかし、その時の施工手順は、図-9の「(2) P E管余長の切断」以降の施工手順と同様となる。

(2) 緊張・定着

緊張・定着は、設計図書に記載された時期におこなうが、グラウトの強度発現が十分でないうちに緊張力を与えると、P C鋼より線とグラウトとの付着力が低下したり、グラウトにひびわれを生じたりする危険性がある。したがって緊張力導入時には、グラウトの標準水中養生供試体の圧縮強度が350kgf/cm²以上であることを確認した上でおこなう。

緊張・定着は、SHS緊張システムに則っておこなう。装置の選定にあたっては再緊張の必要性などを考慮した上で決定する。SHS緊張システムのうち、セットロスが小さくかつP C鋼より線に損傷を与えないようにくさびを圧入することができるコントロールセッティング方式のKKE-Cタイプジャッキの構造を図-

10に、また緊張作業順序を図-11にそれぞれ示す。

なお、緊張装置は、事前にキャリブレーションをおこなっておく。

緊張管理は、すべてのアンカーについて実施し、アンカーの健全性を確認する。試験結果は、「専用シート」に記録する。

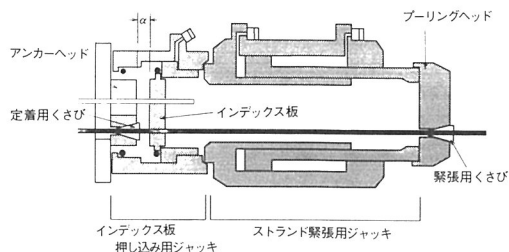


図-10 KKE-Cタイプ ジャッキ

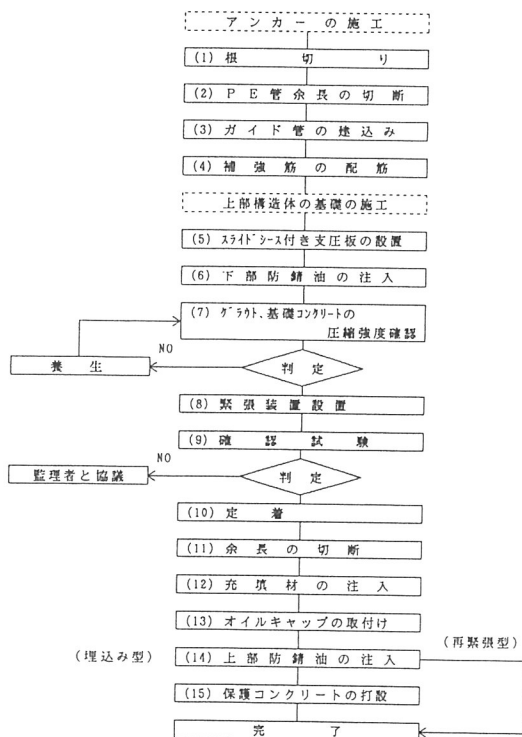


図-9 アンカー頭部の施工手順

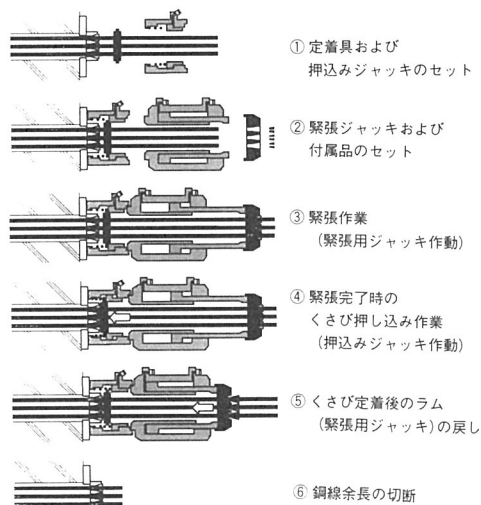


図-11 緊張作業手順

5.11 施工管理

施工管理は、本アンカー工法で定められた施工管理項目および現場状況に応じて別途追加した管理項目に対して、所定の品質を確保できるよう施工順序に従って行う。またこの時の調査結果や管理試験結果は、各作業ごとに「専用シート」や現場状況に応じた記録シートに記録し、必要に応じて写真記録も行う。

これらの記録や写真ならびに本アンカーの施工記録

を施工報告書として整理、保存しておく。これは、対象建築構造物の維持管理上重要なことであり、また、将来類似工事を行う場合にも貴重な資料となる。したがって、施工報告書にはできる限り正確、詳細な記録を記載するよう心掛ける。

6. おわりに

本永久アンカー工法の研究開発は、下記のゼネコン12社でSHS永久アンカー工法研究会を構成し、約2年半の歳月をかけて行ってきたものである。構成会社の担当者各位に厚くお礼申し上げる。

株式会社（50音順）

株式会社 浅沼組

株式会社 新井組

五洋建設 株式会社

東亜建設工業 株式会社

東洋建設 株式会社

日産建設 株式会社

日特建設 株式会社

日本国土開発 株式会社

株式会社 長谷工コーポレーション

不動建設 株式会社

株式会社 松村組

村本建設 株式会社

最後に御指導いただきました榎並委員長はじめ、各委員の方々に感謝の意を表します。