

「V S L工法によるP C工事のQ & A」(追補)

プレストレストコンクリートおよび
V S L工法に関する
用語

2024年4月



V S L協会

プレストレストコンクリート一般に関する用語

1. PC鋼材に関するもの

1.1	ピアノ線材	1
1.2	PC鋼材	1
1.3	PC鋼線及びPC鋼より線	1
1.3.1	PC鋼線	
1.3.2	PC鋼より線	
1.4	PC鋼棒	3
1.5	転造ねじ	3
1.6	ケーブル	4
1.7	テンドン	4
1.8	パテンチング	4
1.9	ブルーイング	4
1.10	アンボンドPC鋼より線	4
1.11	プレグラウトPC鋼より線	4
1.12	エポキシ被覆PC鋼より線	5
1.13	ポリエチレン被覆PC鋼より線	5
1.14	亜鉛めっきPC鋼より線	5
1.15	高強度PC鋼より線	5

VSL工法での用語

2. 定着具に関するもの

2.1	定着具	6
2.2	定着装置	6
2.3	接続具	6
2.4	くさび	6
2.5	アンカーヘッド	6
2.6	圧着グリップ	7
2.7	支圧板	8
2.8	定着板	8
2.9	リテイナープレートとセットプレート	8
2.10	Eタイプ緊張用定着装置の各部の名称	8
2.11	PAタイプ固定用定着装置の各部の名称	9
2.12	Pタイプ固定用定着装置の各部の名称	9
2.13	PPタイプ固定用定着装置の各部の名称	9

3. 緊張機材に関するもの	
3.1 グリッパー	10
3.2 ジャッキチェアー	10
3.3 くさび外しチェアー	10
3.4 カーブチェアー	11
3.5 プリングヘッド	11
3.6 標準ジャッキの各部の名称	11
3.7 FJ ジャッキの各部の名称	11
3.8 グリッパースプレー	12

4. 緊張作業に関するもの	
4.1 大容量ジャッキの装着手順	13
4.2 標準ジャッキの装着手順	15
4.3 プロフィーラーの使用手順	16
4.4 ガイドキャップ	16
4.5 ガイドコード	16
4.6 ガイド棒	17
4.7 グリッパーパイプ	17
4.8 ガイドフォーク	17

プレストレストコンクリート一般に関する用語

1. PC鋼材に関するもの

1.1 ピアノ線材

JIS G 3502 に規定されている、炭素含有量 0.60～0.95%の良質な高炭素鋼線材で、PC 鋼線、PC 鋼より線の製造に用いられます。これを伸線加工した線が、ピアノの弦に使われることからこう呼ばれています。

1.2 PC 鋼材

プレストレストコンクリートに使用する高張力の鋼材です。PC 鋼線、PC 鋼より線、PC 鋼棒があります。VSL 工法で使用するものは PC 鋼より線のみです。

1.3 PC 鋼線及び PC 鋼より線

Uncoated stress-relieved steel wires and strands for prestressed concrete

1.3.1 PC 鋼線

JIS G 3536 に規定されています。JIS G 3502 の線材にパテンチング(1.8 参照)を行った後、冷間加工し最終工程において、残留ひずみ除去のためブルーイング(1.9 参照)を行います。丸線 (**R**ound) と異形線 (**D**eformed) があります。丸線には A 種と B 種があり、記号は SWPR1 で、この後に A 種か B 種かの表示があり、その後に N か L の表示が続きます。B 種は A 種より引張強さが 100N/mm² 高強度となっています。呼び名は、2.9 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm とありますが、2.9 mm、4 mm、6 mm はあまり使用されていません。異形線の記号は、SWPD1 で N と L とがあります。N は **N**ormal relaxation の N で、L は **L**ow relaxation の L です。

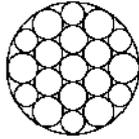
1.3.2 PC 鋼より線

JIS G 3536 に規定されています。JIS G 3502 の線材にパテンチング(1.8 参照)を行った後、冷間加工した線をより合わせ、その後、最終工程において残留ひずみ除去のため、ブルーイング(1.9 参照)を行ったより線で、ストランドとも呼びます。

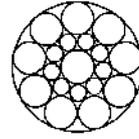
2 本より線、異形 3 本より線、7 本より線、19 本より線とがあります。記号は、それぞれ SWPR2、SWPD3、SWPR7、SWPR19 です。

7 本より線には A 種と B 種があり、それぞれ L と N があります。また、強度も異なり、A 種は引張強さが 1,720N/mm² 以上であり、B 種は 1,860N/mm² 以上です。A 種には、7 本より 9.3 mm、7 本より 10.8 mm、7 本より 12.4 mm、7 本より 15.2 mm があり、B 種には、7 本より 9.5 mm、7 本より 11.1 mm、7 本より 12.7 mm、7 本より 15.2 mm があり、19 本よりには、17.8 mm、19.3 mm、20.3 mm、21.8 mm、28.6 mm があります。

なお、19本より28.6mmには、素線の配列でシールタイプとウォーリントンタイプがあります。28.6mm以外は全てシールタイプの素線配列です。



ウォーリントンタイプ



シールタイプ

φ28.6mmは、住友電工、神鋼鋼線及び日鉄SGワイヤの3社が製作しています。ウォーリントンタイプは、神鋼鋼線と住友電工で製作しており、シールタイプは日鉄SGワイヤで製作しています。くさび定着の場合、外周素線をくさびが噛みますが、外周素線の面積比は、ウォーリントンタイプが62.0%であり、シールタイプが70.9%です。

より方向の標準は、Sよりですが、神鋼鋼線の19本よりは、Zよりとなっているため、メーカーの異なる19本より線をカプラーで接続する場合は、注意を要します。注文により、Sより及びZよりは製作可能ですが事前に最小製造量の確認が必要となります。神鋼鋼線の19本よりがZよりとなっているのは、CCL工法をイギリスから導入した際、CCLジャッキの組み立てネジが左ネジになっていて締まる方向に回転するようにしたためです。



Sより ヨーロッパではLと表す。



Zより ヨーロッパではRと表す。

PC鋼より線は、プレテンション工法にも使用されますが、ポストテンション工法に使用される場合の定着はくさびが主流です。くさびは、VSL工法のように個別にストランド一本ずつ鋼製のくさびで定着する工法と、複数本を円弧状に並べてせり持ち状で定着する工法があります。また、複数本をマンションと言われる鋼管で圧着し外周にネジを切ってナットで定着する工法もあります。各工法とも、VSL工法と同じように、ストランド一本ずつ鋼製のくさびで定着するマルチストランド工法もあります。PC鋼より線の国内メーカーは、

日鉄SGワイヤ株式会社

住友電気工業株式会社

神鋼鋼線工業株式会社

の3社です。

1.4 PC 鋼棒

Steel bars for prestressed concrete

JIS G 3109 に規定されているもので、炭素鋼、低合金鋼、ばね鋼などキルド鋼を熱間圧延し、その後ストレッチング、冷間引抜き、熱処理のうちいずれかの方法、又はこれらの組合せにより仕上げられた鋼棒のことです。

呼び名は、9.2 mm、11 mm、13 mm、15 mm、17 mm、19 mm、21 mm、23 mm、26 mm、29 mm、32 mm、36 mm、40 mmがあります。

ポストテンションとして使用され、ねじ定着となります。ねじはその部分が弱点とならないように転造ねじ (1.5 参照) 加工とされます。

種類によって、強度が異なり、下表のとおりです。

種類	記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	リラクセーション値 %	
A種	2号	SBPR 785/1,030	785以上	1,030以上	5以上	4.0以下
B種	2号	SBPR 930/1,080	930以上	1,080以上		
	1号	SBPR 930/1,180	930以上	1,180以上		
C種	1号	SBPR 1,030/1,230	1,030以上	1,230以上		

PC 鋼棒は曲げ加工が現場ではできないため、事前に工場で曲げておく必要があります。

一般的な鋼棒の断面は円形ですが、住友電工のゲビンデスターブや神鋼鋼線のネジコン、高周波熱錬のネジボンのような総ねじ PC 鋼棒や、JFE のリバーボンや高周波熱錬のウルボン、住友電工のスマフープのように細径で異形のものもあります。材質は、B 種に相当しますが径が限られているので注意を要します。

PC 鋼棒の国内メーカーは、

住友電気工業株式会社

神鋼鋼線工業株式会社

高周波熱錬株式会社

NS 北海製線株式会社

JFE テクノワイヤ株式会社(細径のみ)

株式会社 三和鉄工

の 6 社です。

1.5 転造ねじ

転造(てんぞう)とは、強い力を加えて素材を変形させる塑性加工の一つで、棒状の加工素材を回転させながら、転造ダイスと呼ばれる工具により成形する方法です。現在、最も一般的に利用されているのは、おねじ加工です。

転造加工においては通常は冷間(常温)で加工を行います。素材の組織は移動するだけで切断されないため、切削ねじに比べて強度が高くなります。

1.6 ケーブル

1本のシースに納められたPC鋼より線（ストランド）の束のことを言います。

1.7 テンドン

もともと腱を意味する英語で、アキレス腱は **Achilles' tendon** と表され、緊張材のことです。また、ケーブルの意味でも用い、ケーブルの配線形状のことをテンドンプロフィールとも言います。

VSL工法では、PC鋼より線の径と本数を組合わせたものをテンドンユニットと称し（例えば、φ12.7-12本の緊張材はテンドンユニット5-12）、豊富なバリエーションのテンドンユニットが用意されています。

1.8 パテンチング

鋼材の伸線あるいは圧延に適した組織を得るために適切な条件下で冷却する熱処理のことです。1854年にイギリスで特許(パテント)法が制定され、特許第一号となったことから命名されました。

1.9 ブルーイング

低温焼鈍のことです。冷間加工後の内部応力を除去して弾性限及び降伏荷重を高める効果があります。

表面が青色酸化鉄の膜に覆われ光の干渉により青色に見えることから、このように呼ばれます。

1.10 アンボンドPC鋼より線

PC鋼より線一本の外周に防錆グリースを塗布し、ポリエチレンで被覆したものです。アンカーヘッド、くさびは裸線用を使用します。このアンボンドPC鋼より線を複数本まとめて更にポリエチレンで一括被覆して巻き取り、現場に搬入するアンボンドマルチケーブルというものもあります。

1.11 プレグラウトPC鋼より線

未硬化状態のエポキシ樹脂を塗布して、ポリエチレン被覆した鋼材です。緊張後に硬化してコンクリートと一体化します。湿気硬化型と温度硬化型があります。温度硬化型は、マスコン部分など高温になる部分で早く硬化してしまう恐れがあります。湿気硬化型は、最短で一ヶ月、最長でも二年以内に硬化します。神鋼鋼線、住友電工、日鉄SGワイヤからアフターボンドと言う商品名で市販されており、NEXCOで多く採用され今日に至っています。シングルストランドのみで、アンカーヘッド、くさびは裸線のものと同じです。

エポキシ系のため耐熱に問題がありましたが、近年セメント系のプレグラウト鋼材が開発されています。

1.12 エポキシ被覆 PC 鋼より線

フロガード、フロボンドと言う商品名で市販されています。フロボンドはエポキシ被覆の外周にコンクリートとの付着のために珪砂をエポキシに混練したものです。

橋梁の外ケーブル用として NEXCO で良く使われています。

アンカーヘッドとくさびは専用のものを使用し、緊張機器はくさび圧入装置付きジャッキを使用します。圧着グリップは使用できません。

1.13 ポリエチレン被覆 PC 鋼より線

スープロという商品名で市販されています。鋼線メーカーは各社ともスープロ協会に加入しているため、どこのメーカーでも販売してくれます。アンカーヘッドとくさびは裸線用です。緊張機器はくさび圧入装置付きジャッキを使用します。被覆には硬質と軟質がありますが、VSL 工法で緊張できるのは軟質だけです。ガイドキャップ、ガイドコードはその部分の被覆を剥がして使用します。圧着グリップはその部分の被覆を剥がして圧着します。

1.14 亜鉛めっき PC 鋼より線

裸線に亜鉛めっきを施したものです。伸線途中あるいは、より線加工前にめっき槽を通し、素線の全周をめっきします。めっき槽内で熱影響をうけるため、強度はA種同等となります。強度が下がるため径が太くしてあり、 $\phi 15.2$ の場合の実径は $\phi 15.6$ となっています。アンカーヘッドとくさびは専用のものを使用します。ガイドキャップやガイドコードは使用できないため、先端を丸めてプロフィール（4.3 参照）を使用します。

亜鉛めっきマルチと言う名称で、複数本をまとめて、更にポリエチレンで一括被覆し、巻き取って現場に搬入するものもあります。

1.15 高強度 PC 鋼より線

JIS 規格品の PC 鋼より線に比べて強度が約 1.2 倍高く、PC 構造物に配置する PC 鋼材量を減らすことができます。住友電工や神鋼鋼線で製造販売され、近年では橋梁などの土木分野で使用実績が増加しています。

VSL 工法に使用できるサイズは、7 本より $\Phi 15.2$ と太径の 7 本より $\Phi 15.7$ です。専用の定着具は、被覆無し高強度 PC 鋼より線 $\Phi 15.2$ の 12 本用 1 ユニットと、ECF 高強度 PC 鋼より線用として $\Phi 15.2$ と太径の $\Phi 15.7$ に、それぞれ 12 本用と 19 本用の 4 ユニットが用意されています。

建築で使用する場合には、個々に大臣認定の取得が必要となります。

VSL工法での用語

2. 定着具に関するもの

2.1 定着具

緊張材の端部をコンクリートに定着するための器具のことです。
アンカーヘッド、くさび、支圧板、定着板、圧着グリップなどです。

2.2 定着装置

緊張材を定着するために用いられる定着具、定着部コンクリート、補強筋などの総称です、トランペットシース、らせん鉄筋も含まれます。

2.10～2.13 VSL 工法各タイプ緊張用定着装置の各部の名称 参照

2.3 接続具

緊張材と緊張材、または定着具と定着具を接続し、緊張力を伝達する器具です。
VSL 工法では、K、KC、ERK、V、Zなどのタイプがあります。

2.4 くさび

緊張材を把持して定着するための器具で、二つ割りになっています。スリットが入っているので、定着時には四つ割りの効果がでるようになっています。ウェッジとも呼ばれます。

ストランドの硬度が Hv500 程度に対して、ストランドを確実に噛むようにくさびの表面硬度は Hv で 800±100 となっています。表面硬度に対して内部硬度は Hv400～500 程度に軟らかくして、靱性を良くしてあります。因みに一般構造用圧延鋼材 SS400 の硬度は Hv100～150 程度です。(Hv：ビッカース硬度)



くさび

2.5 アンカーヘッド

緊張材を把持したくさびを受ける器具で、緊張力を支圧板に伝達します。VSL 工法では E、EG、PA、SE、Z などのタイプがあります。



E タイプ アンカーヘッド

2.6 圧着グリップ

ストランドの端部に圧着して取り付けるもので、スリーブと超硬のインサートからなります。コンプレッショングリップとも言います。

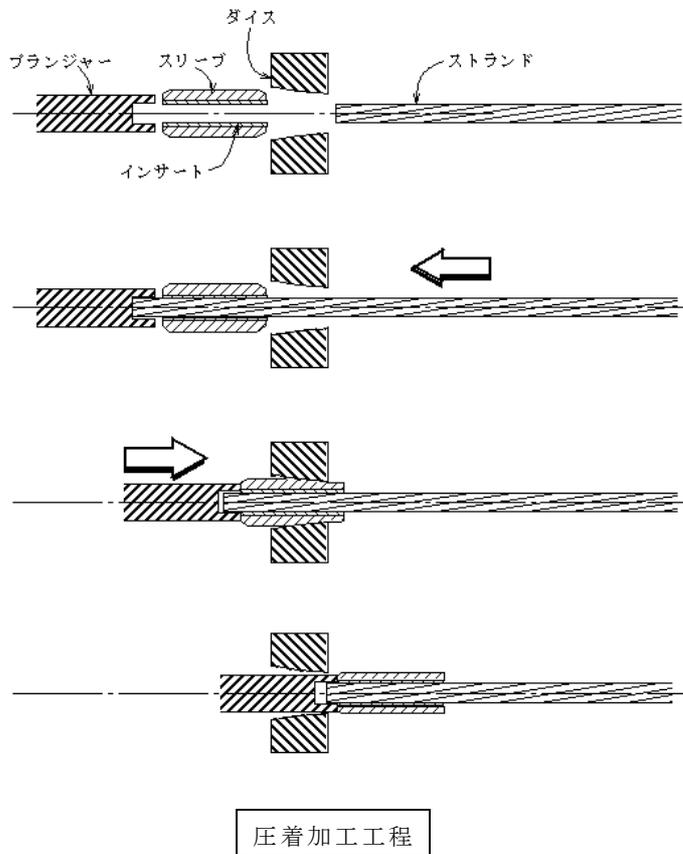
スリーブの材料は JIS G 4051 に規定されている、S35C、S45C、S55C 等を使用しています。

φ12.7 の場合、加工前のスリーブの外径はφ29 ですが、これをダイスを通してφ25.5 にします。そのとき、スリーブの内径も絞られインサートがストランドとスリーブの両方に食い込んで固定されます。インサートは、表裏にギザギザの付いたパイプ状のものが殆どですが、神鋼鋼線のみ三角スプリング線となっています。

スリーブを入れ忘れると手では引抜けられないものもあり圧着を確認できないので、事前に入れ忘れのないよう注意して圧着加工する必要があります。

定着効率は、母材の規格引張強度の 95%(0.95Pu)以上としています。φ12.7 の場合は、母材が破断しますが、φ15.2 や 19 本よりの場合は、素線が抜ける場合がありますが、この場合も 0.95Pu 以上であれば合格です。

φ12.7 と φ15.2 の裸線用の圧着グリップの成型後のサイズはどのメーカーでも殆んど同じですが、19 本よりはメーカーで異なる場合があります。また、アンボンド用とかプレグラウト用はサイズが違います。プレグラウト用は、樹脂が漏れて周りを汚さないように被覆を押さえるようになっています。

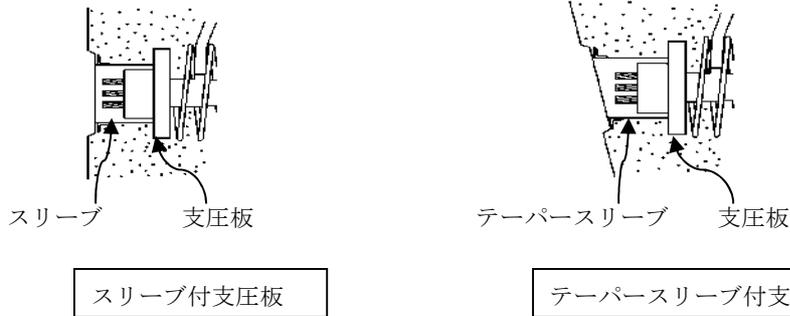


圧着グリップ

2.7 支圧板

アンカーヘッドに作用する緊張力をコンクリートに伝達する器具です。導入時コンクリート強度により大きさが異なります。

また、アンカーヘッドを構造体から露出させないために、型枠用の鋼管スリーブを付けたスリーブ付支圧板もあります。緊張側の外部面がケーブル芯に対して直角でない場合のためにテーパースリーブ付支圧板もあります。



2.8 定着板

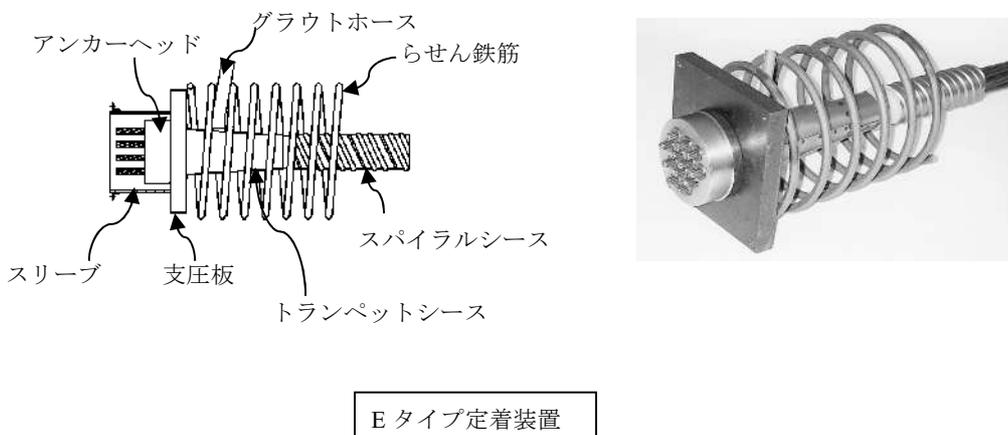
固定端に使用するもので、ストランドの通る穴があいています。圧着グリップを受けて緊張力をコンクリートに伝達します。支圧板と同じで、導入時コンクリート強度により大きさが異なります。Pタイプ、PPタイプで使用します。

2.12～2.13 Pタイプ及びPPタイプ固定用定着装置の各部の名称 参照

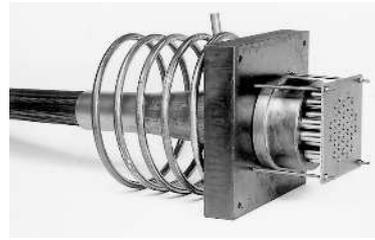
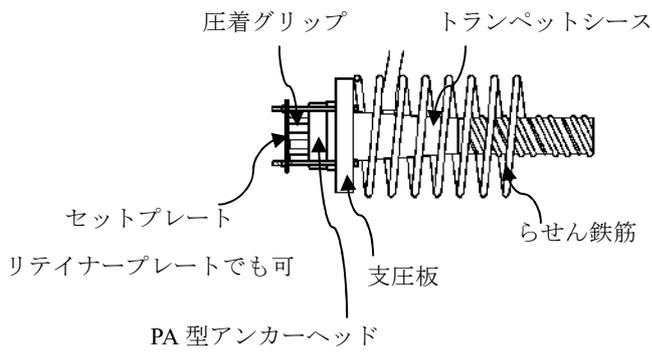
2.9 リテーナープレートとセットプレート

圧着グリップを定着板やアンカーヘッドに密着させるために使用する押え板です。ストランドの頭が通る穴があいていて圧着グリップを直接押さえるものをリテーナープレートといい、ストランドの通る穴があいてなくてストランドの頭を押さえるものをセットプレートと言います。また、Eタイプを固定端として使用する場合、くさびを直接押えるリテーナープレートも準備されています。

2.10 Eタイプ緊張用定着装置の各部の名称

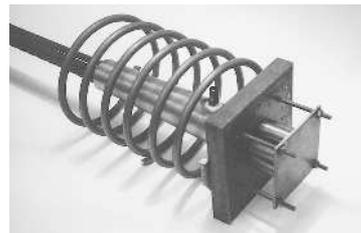
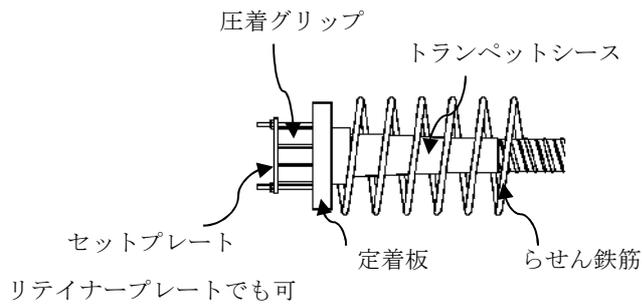


2.11 PA タイプ固定用定着装置の各部の名称



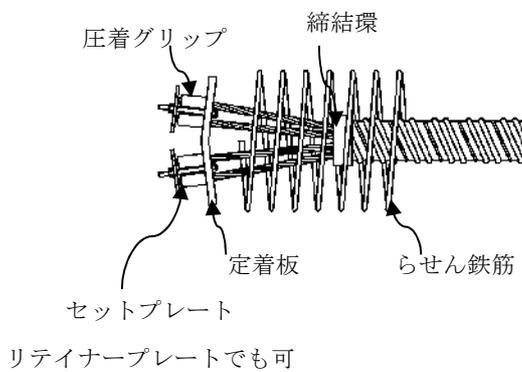
PA タイプ定着装置

2.12 P タイプ固定用定着装置の各部の名称



P タイプ定着装置

2.13 PP タイプ固定用定着装置の各部の名称



PP タイプ定着装置

3. 機材に関するもの

3.1 グリッパー

ジャッキに取り付ける、緊張用の三つ割りのくさびのことを言います。ハンドリングのためにゴム製の^{オー}リングが付いています。繰り返し使用するため、ニッケルめっきが施してあります。硬度に関してはくさびと同じです。



グリッパー

3.2 ジャッキチェアー

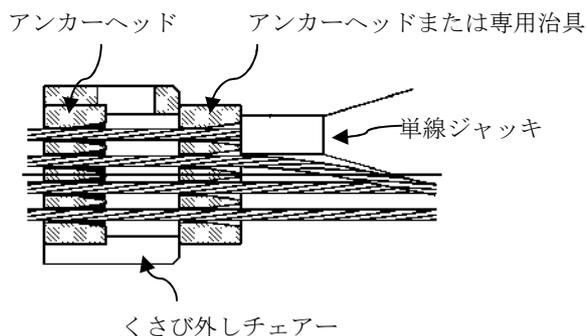
アンカーヘッドに当接するジャッキ付属部品で、ストランドの緊張時に引出されたくさびが定着時に吸い込まれるためのクリアランスを設けてあります。クリアランスは、 $\phi 12.7$ で3.5 mm、 $\phi 15.2$ mmで4.5 mmです。

アンカーヘッドがコンクリート面から埋まっている場合に使用する、全長の長い首長チェアーもあります。

3.6 標準ジャッキの各部の名称 参照

3.3 くさび外しチェアー

定着されたくさびを除去して緊張力を開放するためのチェアーです。通常は単線ジャッキと組合せて開放します。



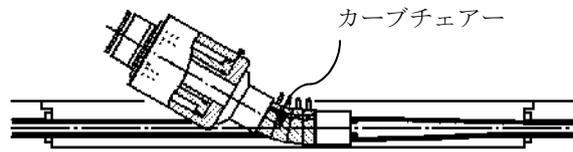
くさび外しチェアー使用例



くさび外しチェアー

3.4 カーブチェアー

ケーブルの芯から角度を持たせて緊張するためのチェアーです。4枚一組で、30°の角度を持たせられます。カーブチェアーのみの摩擦損失は、角度30°で4%です。



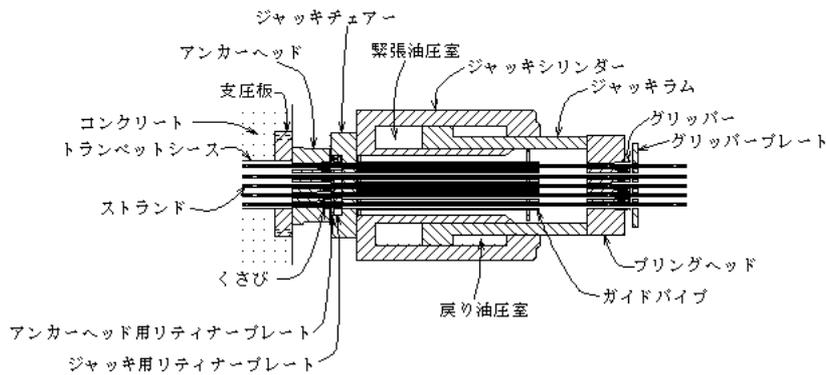
カーブチェアー使用例

3.5 プリングヘッド

ジャッキ部品の一つでジャッキ後方に位置し、グリッパーでストランドを掴むテーパ穴があいています。

3.6 標準ジャッキの各部の名称 参照

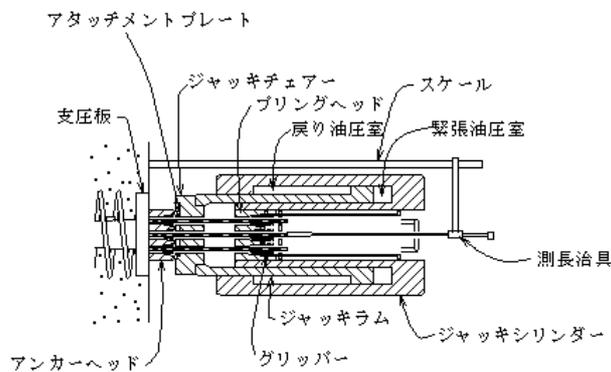
3.6 標準ジャッキの各部の名称



ZPE-100

3.7 FJ ジャッキの各部の名称

フロントエンドジャッキ、前掴みジャッキとも言います。



ZPE-100FJ

3.8 グリッパースプレー

グリッパーがプリングヘッドに絡み付くのを防止するための潤滑材です。

二硫化モリブデン (MoS_2) を油で溶き、ブタンとオクタンの混合高压ガスで吹き付けるスプレーです。

二硫化モリブデンはモリブデンと硫黄からなる無機化合物で、黒い鉛色で美しい光沢を持ち、雲母のように何枚にもはがれ、ろうのように柔らかい天然の鉱物です。二硫化モリブデンは六方晶という規則正しい層状の結晶構造をしており、各層面に沿って大変滑り易い構造になっています。これが二硫化モリブデンのすばらしい潤滑性の理由で、潤滑材として最も代表的で高性能な固体潤滑材です。

一般的にモリコートと言う商品が流通していますが、VSL JAPAN では巴機械工業と住鉱潤滑材の3社で共同開発し、二硫化モリブデンを溶剤で溶いた「モリペースト 500」を「グリッパースプレー」として出荷しています。

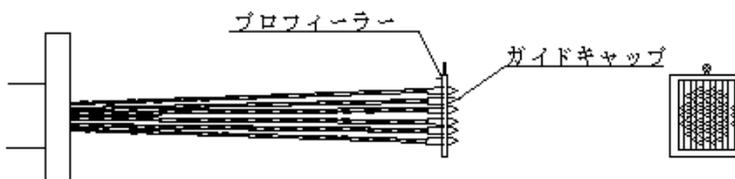
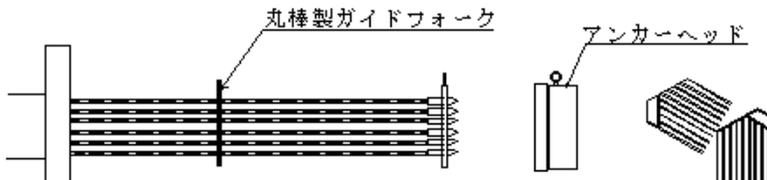
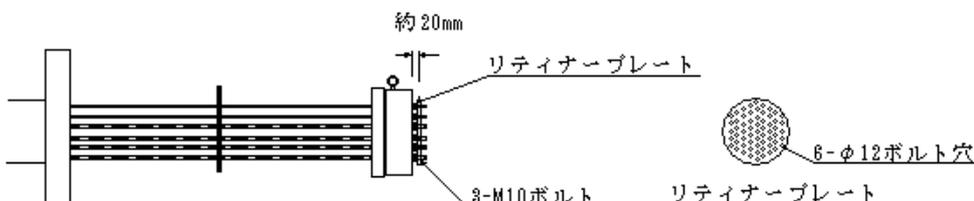
二硫化モリブデンは、比重が重いので、静止状態では下方に沈殿します。そのため、使用時には中のスチールボールがカラカラと音がするまでよく振る必要があります。二硫化モリブデンは衣服に付くと取れなくなりますので付かないように注意してください。

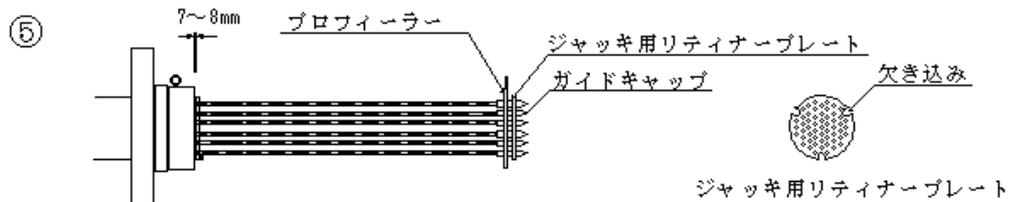
グリッパーとプリングヘッドには出荷時に塗布してありますが、使用中に薄れて効果がなくなる場合があります。グリッパースプレーの効果がなくなると、定着後にストロークを戻してもグリッパーとプリングヘッドが外れなくなります。このようなことが無いように、朝と午後の作業前にグリッパースプレーを外して、プリングヘッドの穴と、グリッパーの外周にグリッパースプレーを吹き付けてください。

4. 緊張作業に関するもの

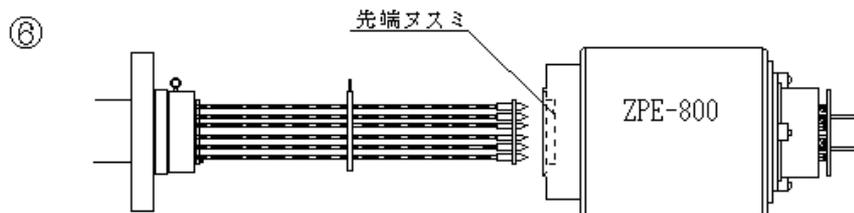
4.1 大容量ジャッキの装着手順

大容量ジャッキの装着手順 ZPE-800でE5-55の緊張の場合

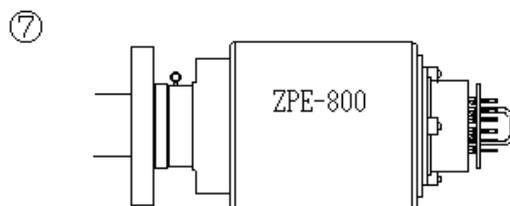
- ①
- 
- プロフィーラー
ガイドキャップ
プロフィーラー
- ストランドの先端にガイドキャップを取付け、プロフィーラーで、ストランドを捌く。
ストランドは、短い範囲で交差しないようにする。
- ②
- 
- 丸棒製ガイドフォーク
アンカーヘッド
丸棒製ガイドフォーク
- 丸棒製ガイドフォークでストランドを平行にし、アンカーヘッドを取付ける。
- ③
- 
- 約30mm
くさび
- アンカーヘッドを一旦奥まで入れて、ガイドキャップを外し、再び引き戻して、ストランドの出を30mm程度にし、くさびを取付ける。
- ④
- 
- 約20mm
リテーナープレート
3-M10ボルト
リテーナープレート
6-φ12ボルト穴
- リテーナープレートをアンカーヘッドから20mm程度離してボルトで止める。



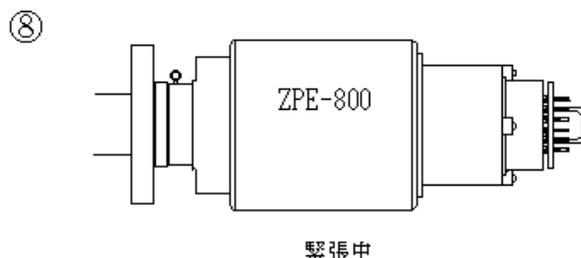
アンカーヘッドを押して、移動し、支圧板に密着させる。リテーナープレートは、アンカーヘッドから7~8mm程度まで締めこむ。
再び、プロフィーラーでストランドを捌き、ジャッキ用リテーナーを取付ける。ジャッキ用リテーナーの欠き込みとリテーナープレートのボルトの位置とを合わせる。



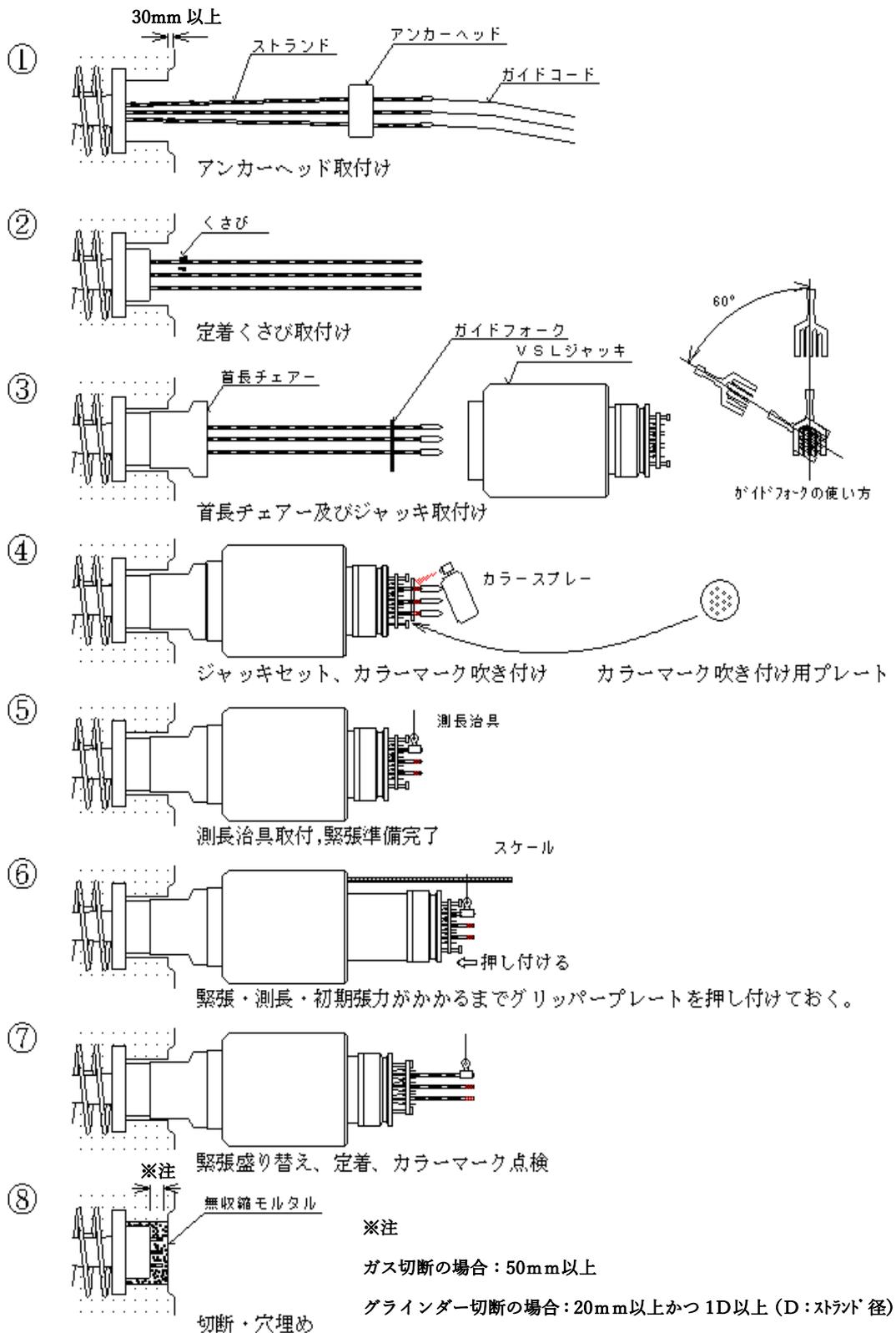
ジャッキ用リテーナープレートの位置と、ジャッキの先端のボルト用欠き込みとの位置を合わせて、ジャッキをセットする。



ジャッキを押して、アンカーヘッドと密着させる。
ジャッキ先端のヌスミは、リテーナープレートが二種二枚入って3.5mmのクリアランスになるようになっている。

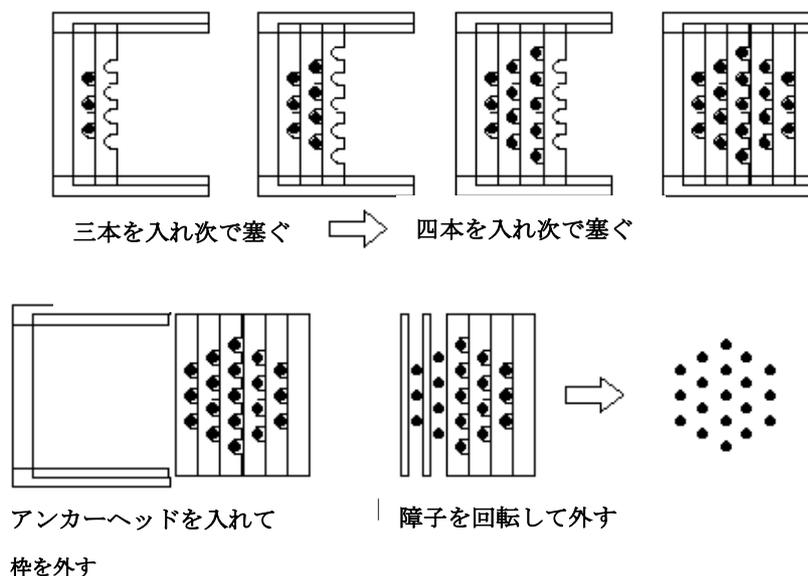


4.2 標準ジャッキの装着手順



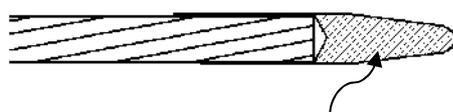
4.3 プロフィーラーの使用手順

(E6-19 の場合)



4.4 ガイドキャップ

ストランドの先端に被せてジャッキング（ジャッキの装着）をスムーズにする治具で、ストランド先端を丸める代わりに被せるキャップです。ストランドを切断したままジャッキに通すと、切断部の角がジャッキ内部でひっかかり、ジャッキングに支障がある場合があります。φ12.7 裸線用、φ15.2 裸線用、エポキシ被覆鋼線用、亜鉛めっき鋼線用があります。

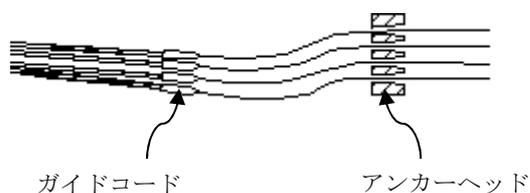


ガイドキャップ



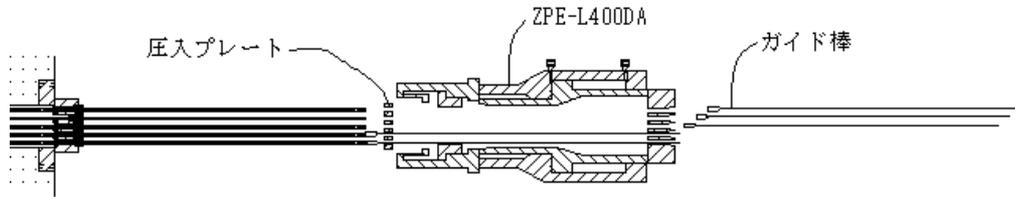
4.5 ガイドコード

ガイドキャップの先端にφ6のワイヤーを取り付けたもので、ストランドの先端に被せ、アンカーヘッドの穴にストランドを容易に通すための治具です。



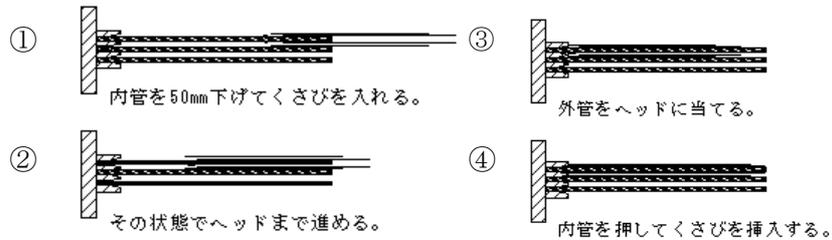
4.6 ガイド棒

ジャッキの内部にストランドが通るガイドパイプの無いジャッキをセットする時に使用するものです。



4.7 グリッパーパイプ

大容量のアンカーヘッド (E5-19 以上) の場合、アンカーヘッドのくさびの取り付けが、指が入らないため困難です。このような時に二重管で出来たグリッパーパイプを使用すると容易に取り付けることが出来ます。



4.8 ガイドフォーク

アンカーヘッドにストランドを通し、くさびを挿入した後ジャッキを装着するためにストランドのパターンを揃える治具です。

各ユニットごとに準備されていて、2枚一組となっています。



標準型ガイドフォーク



丸棒型ガイドフォーク