

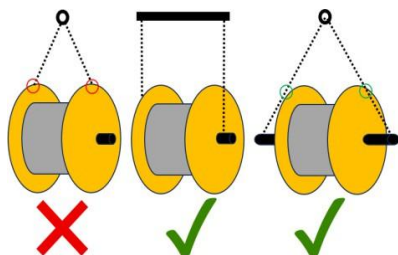
注意: **ACFR特有部分** 他はACSRと同様

1 ACFR (ALUMINUM CONDUCTOR FIBER REINFORCED)

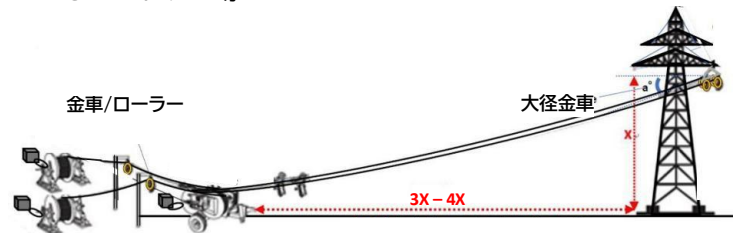
- 1.1 ACFRは、心材にCFCC(炭素繊維複合ケーブル)を用いており、鋼撚り線と比較して、重量が1/5、熱膨張係数が1/12という特性を持つ。ACFRは心材軽量化によるアルミ増と心材の低熱膨張により、送電損失を低減、または従来ACSR比で2倍以上の電流を流しながら必要離隔を維持可能。
- 1.2 CFCCは素線 x 7の撚り線構造を採用しているため、柔軟性、全破断回避構造、および従来ACSRと似通う施工容易性を備える。CFCCのより線構造と柔軟性は心材の破損・強度低下リスクの低減につながり、金具把持部分は圧縮タイプが適用される。従来のACSR(鋼心アルミより線)に用いられる施工方法・工具をほぼそのまま適用でき、施工に関する追加工具は最小限である。
- 1.3 より線構造のCFCCはある程度の荒い取り扱いや円弧(湾曲)状の曲げには耐え得るが、施工中は電線に局部的な鋭角曲げ、過剰なねじれ、および押し潰し圧荷重が生じないように注意する必要がある(過剰曲げやねじれはアルミ素線のみだれに繋がるため目視確認可)。

2 ACFRドラムの運搬と取り扱い

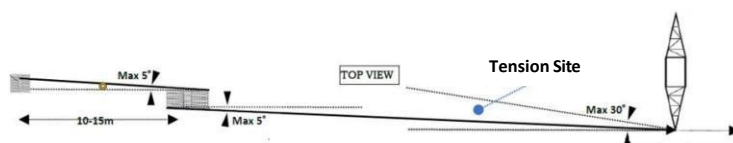
- 2.1 ドラムは常に垂直状態を保ち、フランジ等の部材が損傷しないように取り扱ってください。積み下ろしの際、ドラムをトラックから投げ落としたり、制御不能な状態で転がしたりすることは厳禁。屋内での保管が推奨される。



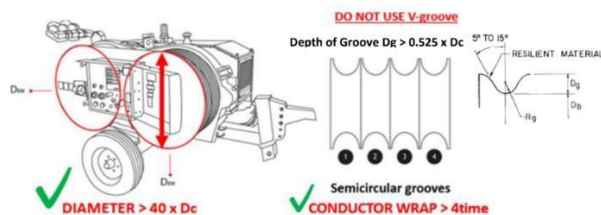
- 2.2 余剰長を巻き戻す際は、乱巻きを避け、電線が重なり合わないこと、下巻層に食い込みが発生しないように注意する。電線の曲げは常時ドラム径以上に湾曲で保ち、ねじれ、表面の擦れ等で電線にダメージが生じないように留意して作業する。



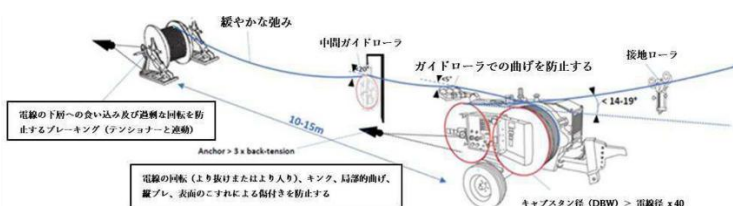
- テンショナーを延線区間の最初の金車の高さの3倍の距離に配置することで、電線の進入角度・金車を吊るクロスアームにかかる引き下げ荷重・電線の金車溝への押圧力、が低減される。この「3対1」推奨を満たせない場合は、進入角度に応じて、最初の金車に大径もしくはクローラー金車を用いるか、あるいは最初の金車の設置高を低くするなどの代替策を講じる。用地制限等で飛び金車を用いる場合は電線の曲げを許容範囲内に抑え、かつ不要なねじれが加わらない様に留意する。
- 始点・終点の鉄塔に吊られる金車のクロスアームには延線張力による引き下げ荷重が発生する為、鉄塔柱体に支線をとった補強が推奨される。
- 電線ドラム・テンショナーの溝、および始端・終端の金車溝は、延線方向に沿うように配置し、延線区間内の金車は(電線通過時の不均衡な溝との摩擦で電線に余計な回転を生じさせない様に)適切に姿勢制御された状態を保持する。



- テンショナールホイール径 > 40 × 電線径 (Dc)
- キャプスタン溝深さ (Dg) > 0.525 × Dc
- キャプスタンへの電線巻き数 > 4回
- ドラム・テンショナーのアライメントのずれ < 5°以内°



- 電線をねじったり、曲げたり、擦ったりしない。
- ドラムとテンショナー引き込みの間に金車/ローラーを使用。
- 引き込み口で電線に鋭角曲げがないように注意。



- アルミ素線のゆるみを防止する為に、最外層の撚り方向（Z/S）を確認した上で巻き付ける。引き込み方向とテンショナーキャプスタン溝の偏差は $<5^\circ$ 以内が推奨される。



- 電線はドラム・テンショナー間の金車・ローラーから引き出し範囲 20° 以内のドラムを配置が推奨される。



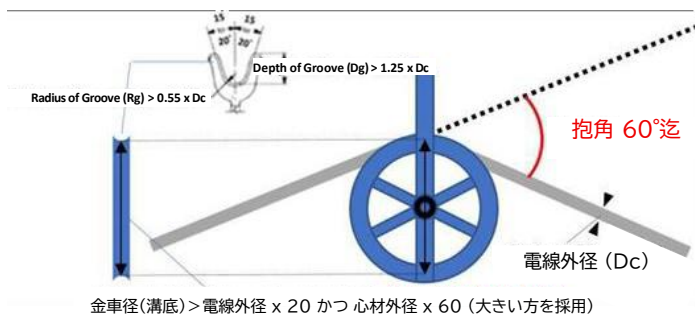
- ドラムのバックテンションは、電線の引き出しがスムーズかつ延線車停止時の自由回転を抑えられる必要最低限度に抑える（最大4.5kN以下推奨）。※バックテンションが強すぎると下写真の様に電線の下巻層への食い込みが発生することがあり、引き出す際に局部曲げの原因ともなり得る。



- ドラムーテンショナー間に引き出される電線の「わずかな弛み」は、電線を円滑に引き出すためのバックテンションが過不足ない“適度”であることを示しており、延線停止時のドラム過回転によるバックラッシュや空転を防ぐ。

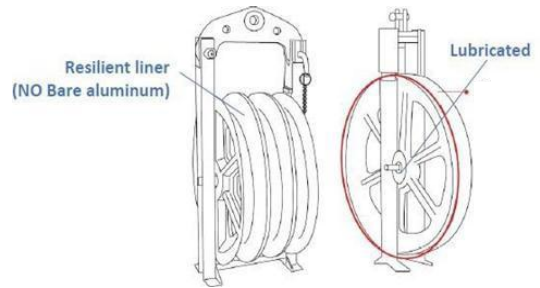
3.2 金車の選定

- 一般的に抱き角が 60° 未満の場合では、金車（溝底）径（Ds）は、電線径（Dc）の20倍以上、かつ心材径の60倍以上（いずれか大きい方の値を適用）とする抱き角が大きくなる場合は大径もしくはクローラー金車を用いる。
- 溝半径（Rg）および溝深さ（Dg）については、導体のサイズやより線構成に応じて選定する（ACSR同等）。



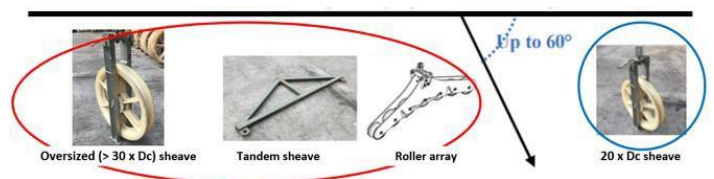
アルミ層の数	溝半径(Rg)		溝深さ(Dg)
	最小	最大	最小
1 or 2	$0.55 \times Dc$	$1.100 \times Dc$	$1.25 \times Dc$
3	$0.55 \times Dc$	$0.750 \times Dc$	$1.25 \times Dc$
4以上	$0.55 \times Dc$	$0.625 \times Dc$	$1.25 \times Dc$

- 軟アルミが用いられるACFR電線の延線にはライナー材を備えた金車が推奨される。（金属がむき出しの仕様は軟アルミ表面を損傷させる恐れがあるため推奨されない）



金車の選定:

- 抱き角 $< 60^\circ$: > 電線径 x 20倍以上
- 抱き角 $> 60^\circ$: > 電線径 x 30倍以上もしくはクローラー金車
- ※短尺クランプで延線する場合は規定値以上の金車を使用する。



- 金車の姿勢制御:

角度鉄塔では、延線される電線が金車溝の中央を通るように、常時金車の姿勢を制御・モニタリングする。（左右の金車溝と電線の不均衡摩擦による電線の回転を防止する）。重角度において大径または2連もしくはクローラー金車を用いる場合は質量が大きいいため金車溝がワイヤロープ・電線の振れ角に追従するように偏芯吊り等で吊る。

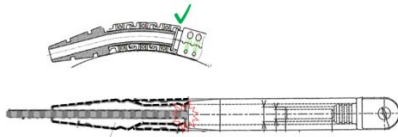


3.3 張力延線（引き抜き・連結）

- 電線張替工事ににおいてドラムを連結して張力延線を行う場合、先行して引き抜く既設電線からねじれ応力が伝播したり、高張力条件下では後続の新設電線自体からねじれ応力が発生する可能性があるため、既設電線及びパイロットワイヤ（電線最外層と同じより方向のもの、もしくは無捻回ワイヤ）と新設ACFR電線との連結部にスィベルを用いて回転を抜くこと、カウンターウェイトを用いてACFR電線への回転を抑制すること（もしくはねじれ蓄積防止でスィベルで電線自体の回転を抜くこと）に適宜留意する。
- 架線中の回転抑制・許容の不具合等で電線の一部に過度のねじり応力が集中・蓄積すると、アルミニウム素線の乱れ（わらい・絞り）・損傷の原因になる。



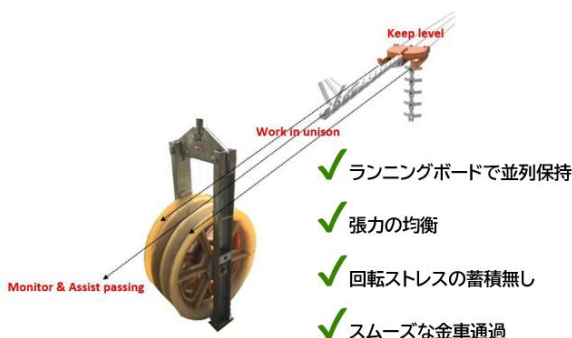
- 1延線区間あたりの推奨金車通過回数<20回以下。
- 延線張力は電線UTS20%以内を目安に、必要離隔を維持する必要最低限の張力で延線する。
- 延線張力の不要な増加や延線時に各径間で不均衡にワイヤもしくは電線が垂れさがる状況(張り上げ張力の増加)を防ぐため、パイロットワイヤの重量は電線同等以下のものを用いる。
- 延線クランプはメーカー推奨事項に則って取り付け、金車・延線車通過時にクランプ口元に局部曲げが発生しない様に、保護具を用い、延線中は電線のねじれが口元に蓄積しないよう回転抑制↔より抜きに留意する。



- 延線車はテンショナー側バックテンションが先行してから引張側プラーが引き出し、延線張力はなるべく常時安定させ増減は緩やかに行う。(不安定な張力は電線の回転によるねじれが蓄積する原因になり得る)
- 既設電線を引き抜く前に、電線に損傷がないこと、金車通過がスムーズな状態に準備されていること、線下保護が適切になされていること、を確認する。
- 延線時の電線のたるみが設計弛度を越えないこと、延線張力が設計緊線張力を超過しないよう留意する。(離隔の維持・横断部の保護・張力の低減、の3点から吊り金工法は有効である。)
- 電線の回転は目安としてOPGWと同等以下(5回/100m等)に抑える。※参考:ZTACFR200mm²(CFCCφ6.8mm)の破断にいたる回転回数の目安は以下の通り。)

ねじれ方向	計算値	実験値
より入り	0.7回/m	0.8回/m
より抜け	1.0回/m	1.5回/m

- 緊線前に、延線された電線の外観を目視で点検し、アルミニウム層のみだれ個所を特定するとともに、電線の導電性および機械的強度の観点から損傷の程度を評価し、適宜補修する。(「7. 補修・メンテナンス」参照)
- 複・多導体の延線は、導体を平衡に保つランニングボードを使用することが推奨される。ランニングボードの真後ろ(電線頭)に回転ストレスが蓄積しないよう留意する。(各電線にかかる張力はなるべく均一に保ち、必要とあらば電線の回転をスィベルで抜く)。



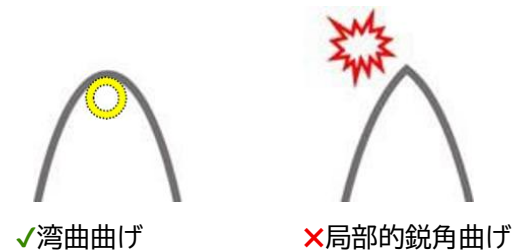
4 非張力延線(スラック工法およびレイアウト工法)

- 電線表面の損傷防止や電線の曲げを管理する為に、基本的にACFRの架線には離隔を維持しての張力延線工法(もしくは吊金工法)が推奨されるが、非張力延線(スラック工法およびレイアウト工法)は、以下のような限定的な場面で使用される場合がある。非張力延線工法を用いる場合は適切な電線の表面保護、並びに曲げ・ねじれ・圧壊の防止措置を講じる必要がある。
 - 周辺に横断個所や障害物がない広大な平地
 - 災害時など緊急復旧工事(延線車搬入不可)
- ただし、以下の状況では張力延線が推奨される。
 - 横断個所で離隔を維持する必要がある
 - 市街地エリア
 - 高低差が大きい丘陵地帯

- 非張力延線工法を用いる場合は、鋭角曲げが発生するような状況で電線を落下させたり、岩、壁、フェンス、足場などの障害物に仮置きして引きずることを防止する。電線と接触する箇所には適宜ローラー等を用いて電線表面を保護する。



- 張力がかからない状態で、足場等に電線の曲げが湾曲で仮置きすることは問題ないが、電線に張力がかかる状態での鋭角曲げは不可とする(心材の強度低下を来す可能性があるため)。

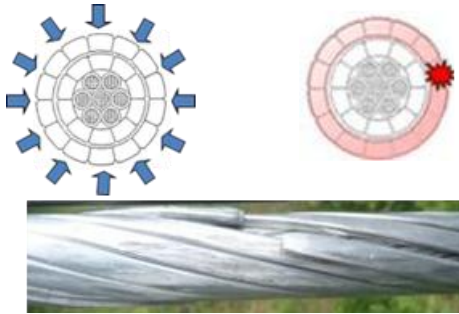


5 弛度合わせ

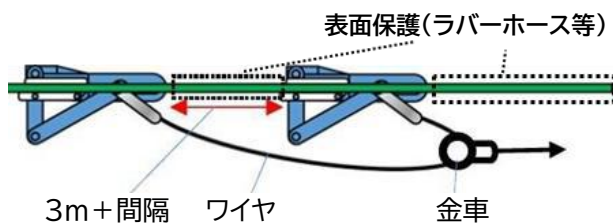
5.1 電線把持工具:カマロングは、従来ACSRに用いられるくさび式(もしくはシカゴグリップ)が使用可。



5.2 想定される張力以上で素線切れ・把持部のずれが無く電線を保持できることを事前確認する。※CFCC心材に圧壊力を及ぼす恐れのあるボルト締め式(pocket book タイプ)の把持工具は推奨されない。

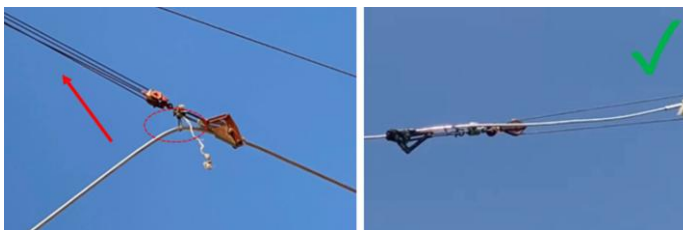


5.3 以下の場合には2丁把持が推奨される。

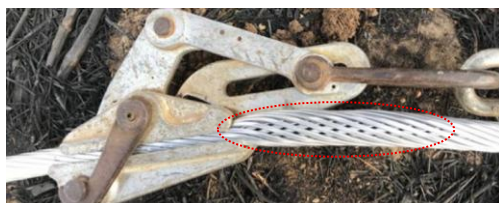


- 長径間
- 横断部
- 緊線張力>アルミ最外層の分担強度
- 電線外径が24mm以下

5.4 電線を引き上げる際は、カマロング口元で電線が垂れ下がらない様に(局部的鋭角曲げが発生しないように)電線端部を支持する。



5.5 緊線前に電線のアルミ素線部に曲げ・ねじれの痕跡(素線の開き・乱れ)がないことを外観確認する。

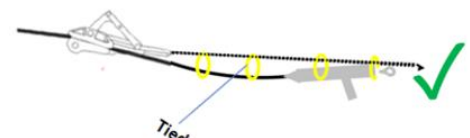


(素線の開き:電線垂れ下がりによる局部曲げの痕跡)

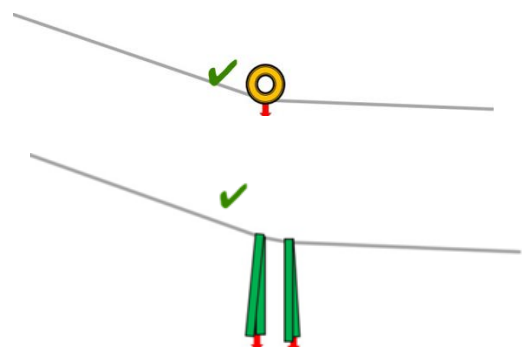
5.6 耐張クランプの取り付け・圧縮作業が地上でなされる場合は、カマロング把持部口元での電線の曲げ防止措置を講じる(曲げを湾曲に留める)。電線径(Dc)x20倍以上の径の金車を、カマロングから3メートル・わずかに低い位置に配置する等は有効である。



5.7 耐張クランプ(またはがいし連)の吊り上げ作業中は、電線に鋭角曲げが生じないように電線端部を支持して垂れ下がりを防止する。(塔上圧縮の場合も同様に垂れ下がりを防止する)



5.8 (直線スリーブ地上圧縮の場合等)電線を引き下げが必要な場合は、鋭角曲げとなる細ロープの使用や1点曲げは避け、抑え金車(径>電線径x25倍以上)もしくは幅広スリング2点で引き下げる。



- 5.9 塔上で直線スリーブの施工を実施する場合も同様に、電線端部は支持し、垂れ下がりによるカマロングロ元曲げを防止する。



6 緊線

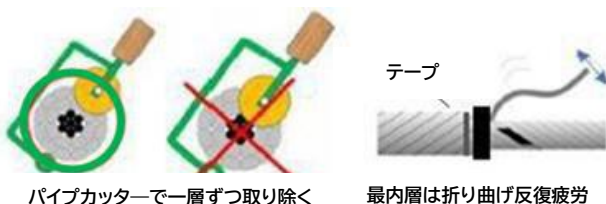
- 6.1 ACFR用耐張クランプ(及び直線スリーブ)は圧縮タイプでACSRに用いられる工具で設置が可能であり、作業時間もほぼ同等である。ACSR用引留クランプとの違いは、ACFR用鋼クランプ内にCFCCを圧壊させずに把持する緩衝バッファ一部(軟アルミニウムスリーブもしくは電線の軟アルミ最下層)が設けられている点である。圧縮後はACSR同様に圧縮寸法・伸びを確認する。鋼/アルミの圧縮方向・作業手順・圧縮仕上がり寸法はメーカー推奨を参照。



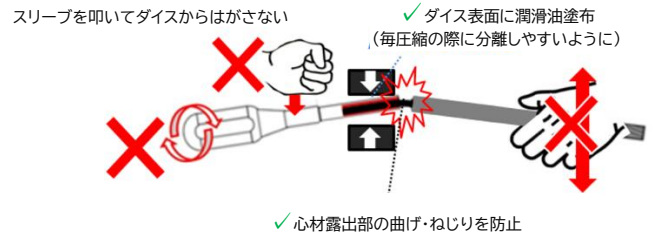
- 6.2 ACFR電線の切断:



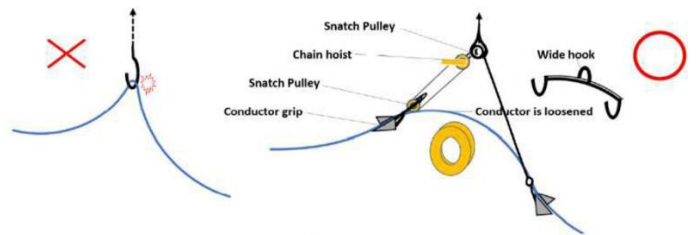
圧縮型引留めクランプ(または直線スリーブ)取り付け時のアルミニウム層の段剥きは、ケーブルトリマー(パイプカッター)を使用して一層ずつ行う。心材の損傷を防止するために最下層は半分ほど切れ込みを入れ反復曲げ疲労によって取り除く。※油圧カッターで電線“仮切断”は可。心材は平滑に切断。



- 6.3 CFCC心材の切断は平滑な断面が得られるよう、かつCFCC素線の並びが崩れない様に(圧縮時のアルミバッファの食い込み不均衡を防止)、目の細かい弓のこ・ディスクカッター・バンドソー等を用いて行う。
- 6.4 圧縮時はCFCC露出部に局部曲げ・ねじれが発生しないように水平に把持した状態を保って作業を行う。



- 6.5 ACFRの懸垂クランプはACSR同様の構造で高温運用を想定した耐熱仕様の鋳鉄もしくはアルミ合金の本体と耐熱ラバーで電線を包んだ上からアーモアロッドを巻き付けた状態で抑え金具をボルトで締め付ける構造である。電線の金車から懸垂クランプへの載せ替え作業には適切な電線吊り上げフックもしくはカマロング2丁を用いて一点吊りによる局部曲げを防止する。



7 補修・メンテナンス

- 7.1 ACFR電線の補修は導電性および機械的強度の観点から実施する。アルミ素線部はACSR同様手順でアーモアロッド・リベアスリーブを用いて導電性を復旧する。CFCC心材に損傷が認められる場合は、電線及び心材の損傷部分を切断・除去し、中間スリーブを用いて機械的強度を復旧する。

補修方法	損傷の程度				
	最外層の損傷アルミ素線本数(もしくは%)			アルミ層最内層に損傷	CFCC 心材に損傷有
	1(<10%)	2(<10%)	3 以上(<10%)		
アーモアロッド	✓				
リベアスリーブ	✓	✓	✓	(✓)	
電線交換				(✓)	✓

8 参考書籍

- 8.1 IEEE 524(2016), IEEE516(2003)
 8.2 架線工事技術解説(2010 電気書院)
 8.3 送電線建設資料(1994 送電線建設技術研究会)