

2. 鋼橋の現場施工の留意点

川森 泰一郎

(株) IHI インフラシステム

(一社) 日本橋梁建設協会 架設東日本副部会長



土木学会鋼構造委員会 第42回基礎講座

鋼橋の現場施工の留意点

令和4年 10月24日

一般社団法人 日本橋梁建設協会
技術委員会 架設小委員会



内 容



◆ まくら

- ・ 一番大切な留意点

◆ 架設工法ごとの留意点

- ・ ベント工法
- ・ 送出し工法
- ・ トラベラークレーン工法
- ・ ケーブルエレクション工法
- ・ フローティングクレーン工法
- ・ 台船一括架設工法
- ・ 大型搬送車による架設

◆ 図書のご紹介

- ・ 施工チェックマニュアル

一番大切な留意点

架からない橋は 無い。



橋の架設を難しくしているもの



社会的影響の低減

- 交通規制時間の短縮
- 現場工事期間の短縮
- 安全確保
- 騒音抑制
- 生態系保全

迷惑をかけずに
橋を架ける

架設技術を進歩させるもの



社会的影響の低減

- 交通規制時間の短縮
- 現場工事期間の短縮
- 安全確保
- 騒音抑制
- 生態系保全

社会のニーズ

社会のニーズ（高度経済成長期）



写真出展：毎日新聞社「50枚の写真で振り返る東京タワーの50年」



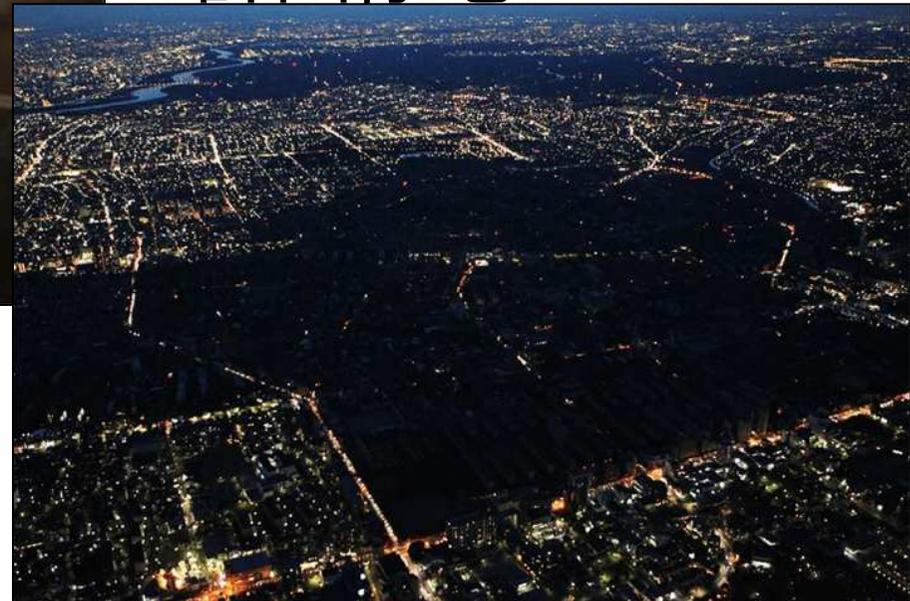
写真出展：「土木ウォッチング」<https://www.doboku-watching.com/index.html>

社会のニーズ（成熟社会）

▼全面通行止め



▼計画停電



写真出展：日本経済新聞社「計画停電、義援金、BCP…言葉で振り返る震災」



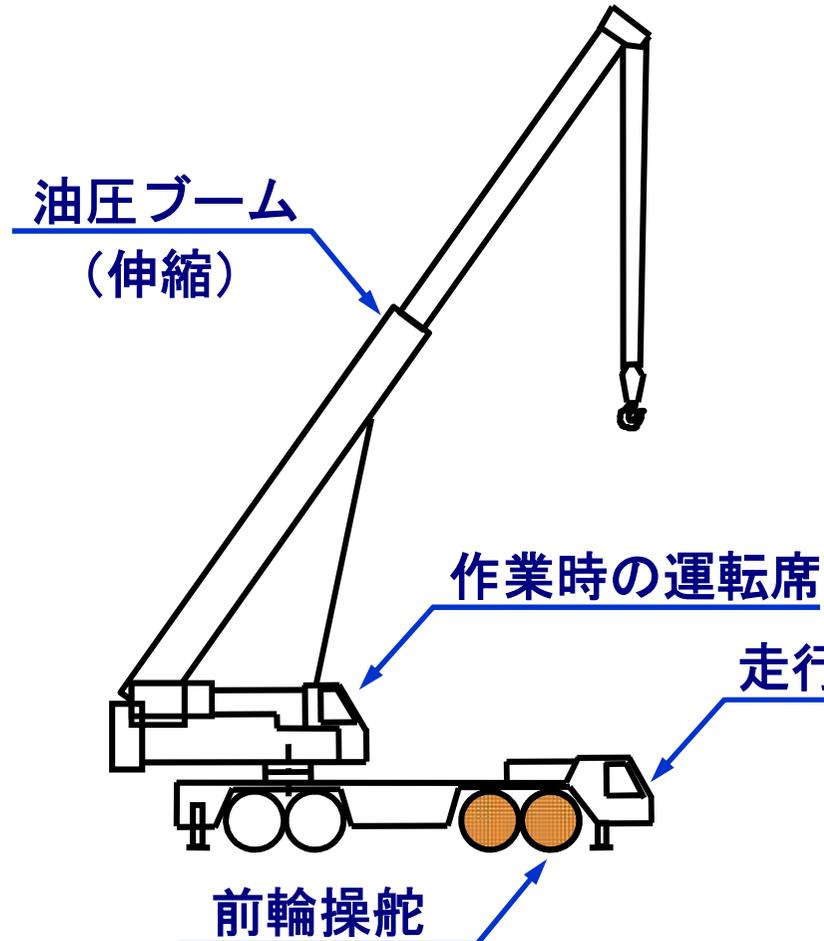
架設工法ごとの留意点

- ◆ベント工法
- ◆送出し工法
- ◆トラベラークレーン工法（片持ち架設）
- ◆ケーブルエレクション工法
- ◆フローティングクレーン工法
- ◆台船一括架設工法
- ◆大型搬送車による架設

◆ベント工法の留意点



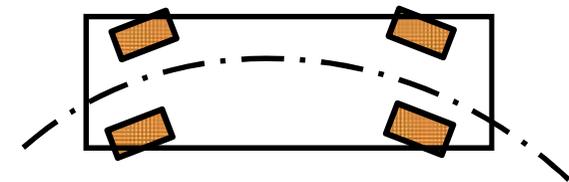
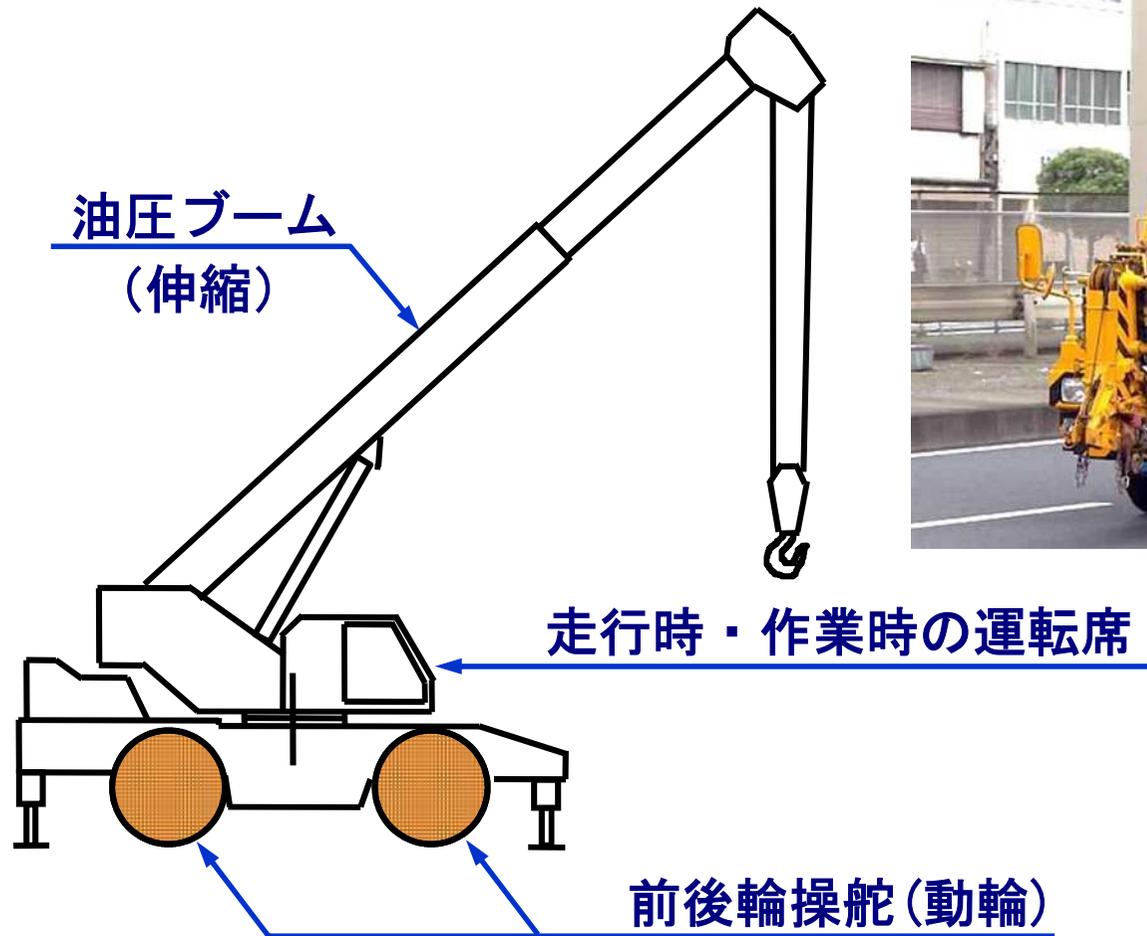
油圧式トラッククレーン



25~45 t 吊りはほとんどない
(建設物価には記載あり)

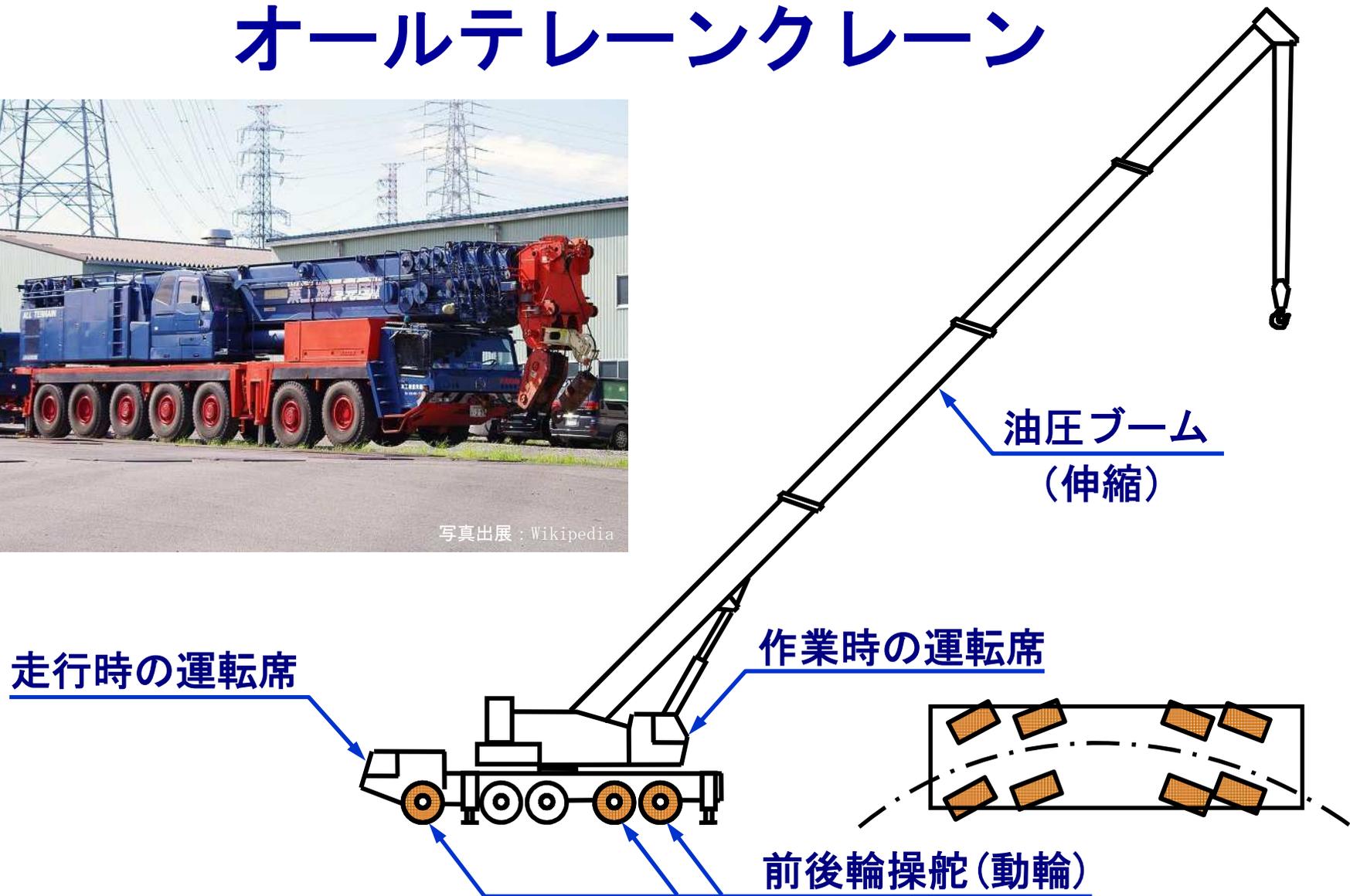
回転半径が大きく小回りがきかない

ラフテレーンクレーン（ラフター）



小回りがきくので、中型機種での主流となっている

オールテレーンクレーン

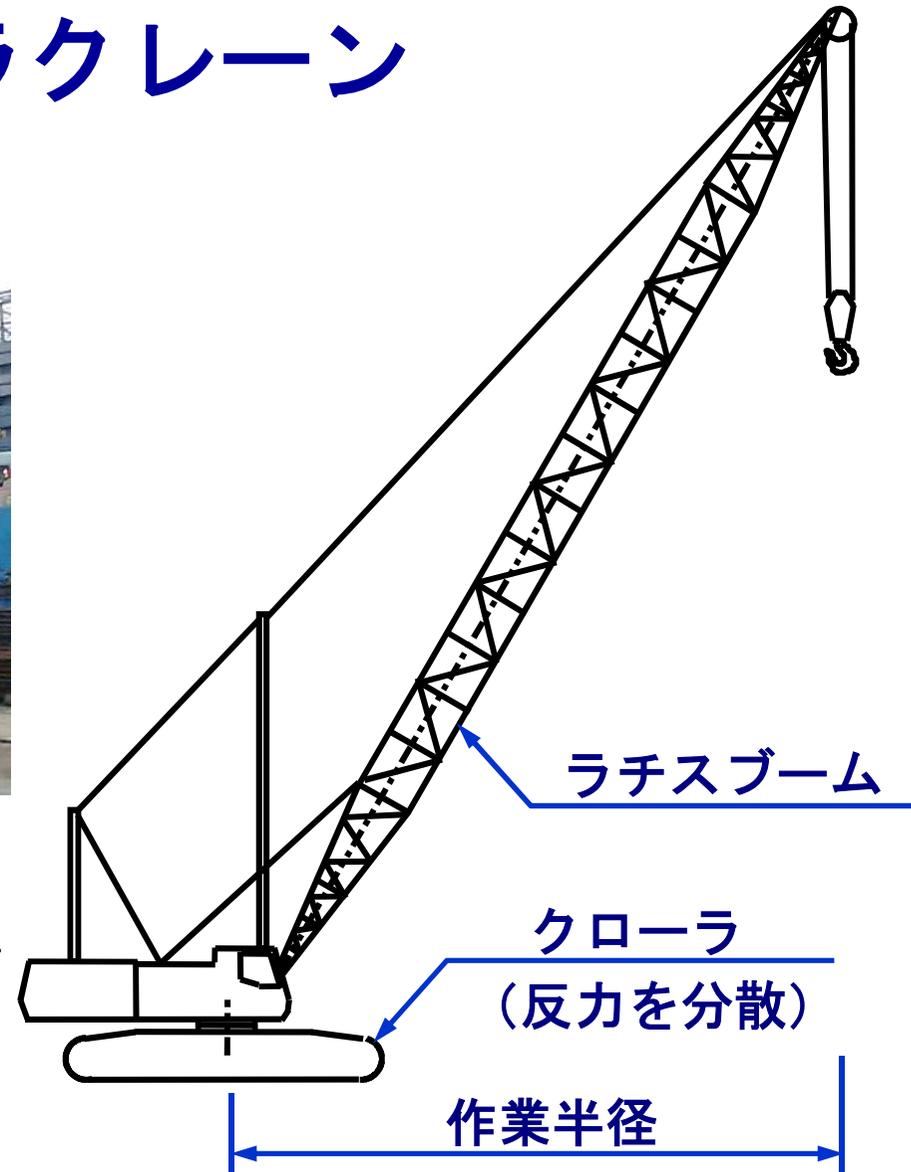


トラッククレーンより車幅が狭く、回転半径も小さい

クローラクレーン



写真出展：Wikipedia



留意点

- ・ ブーム組立ての作業ヤードが必要
- ・ 傾斜地での作業は要注意
→ 旋回すると作業半径が変わる
- ・ 大型機種では地盤改良も要検討

反力が分散されるので、栈橋上での施工に適している

作業ヤード整備（地盤養生）



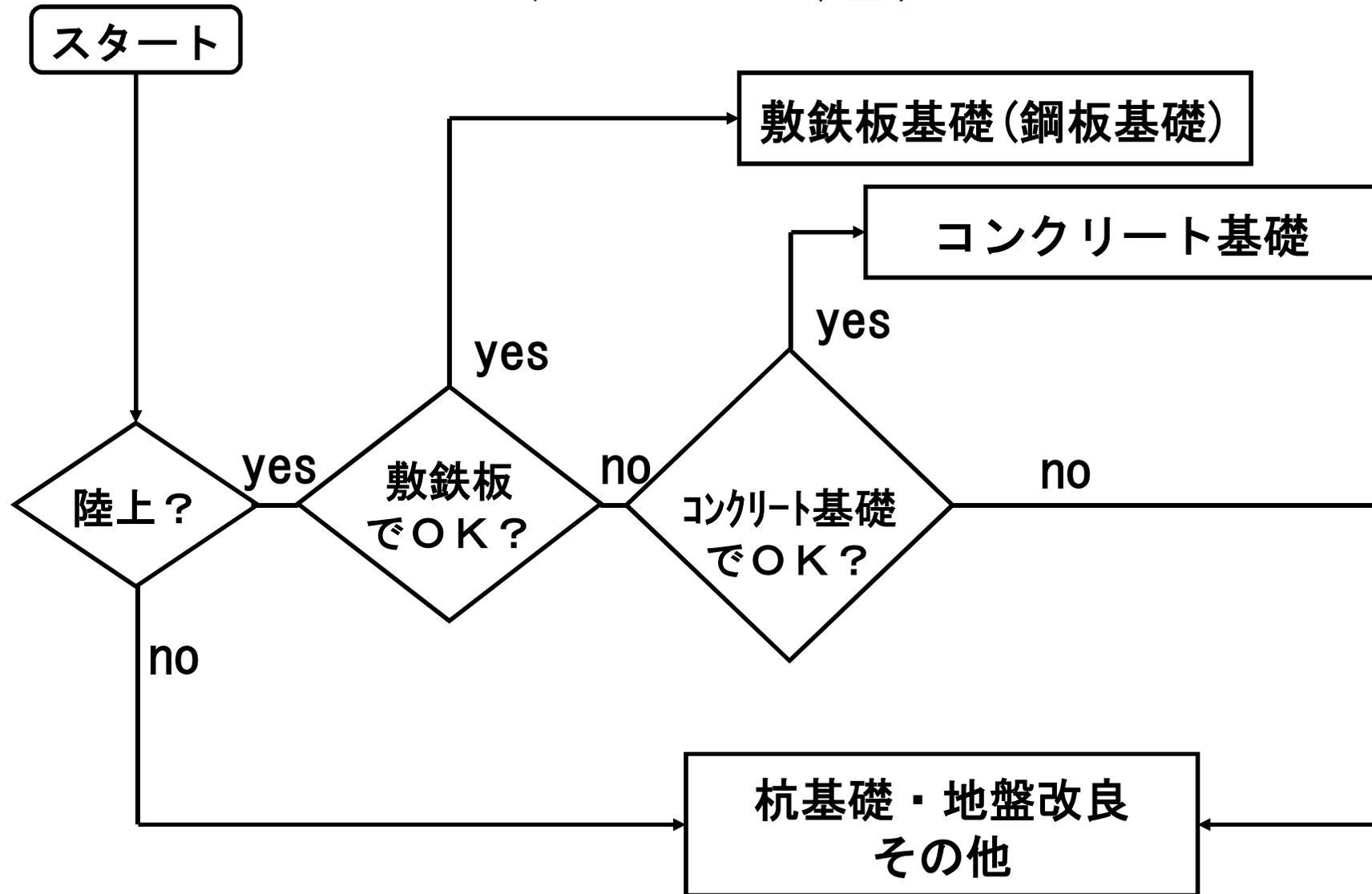
敷鉄板

ベント組立



ベント

ベント基礎形式の選定フロー



敷鉄板基礎（鋼板基礎）



コンクリート基礎



基礎上のベント設備

敷鉄板(鋼板)基礎



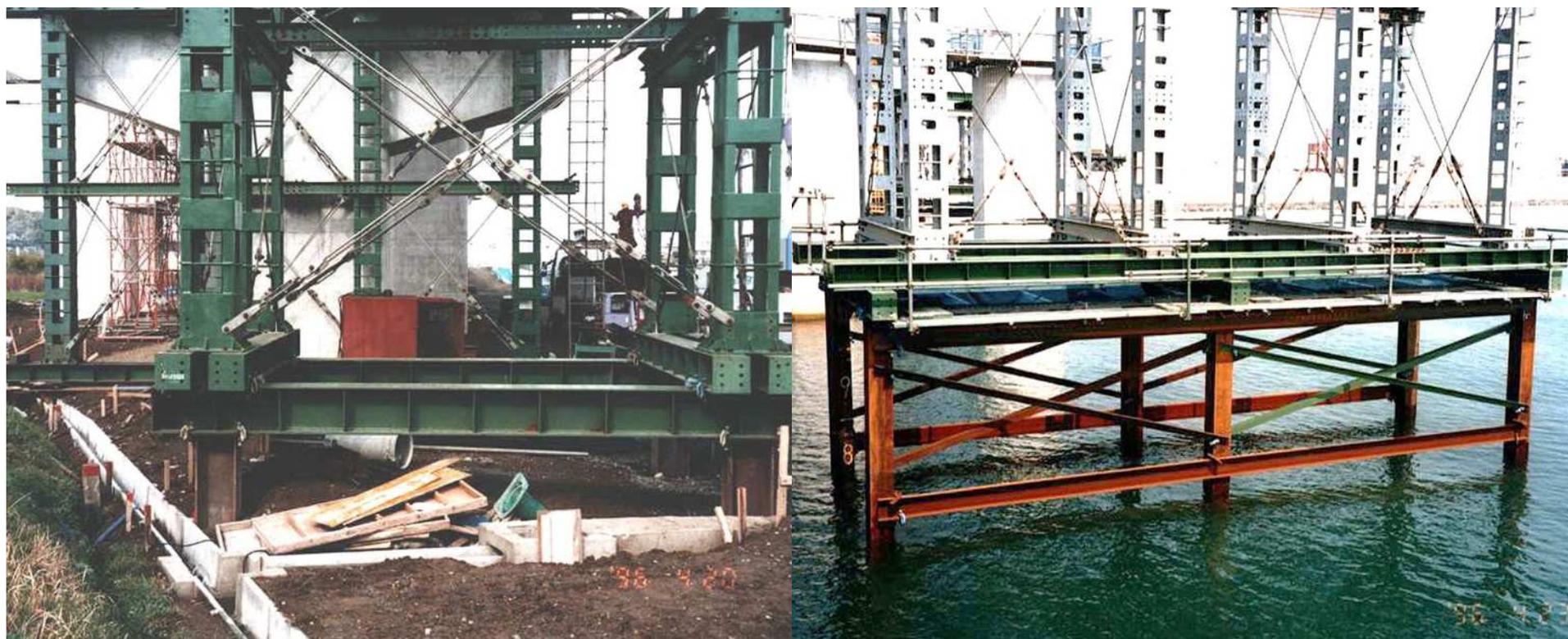
コンクリート基礎



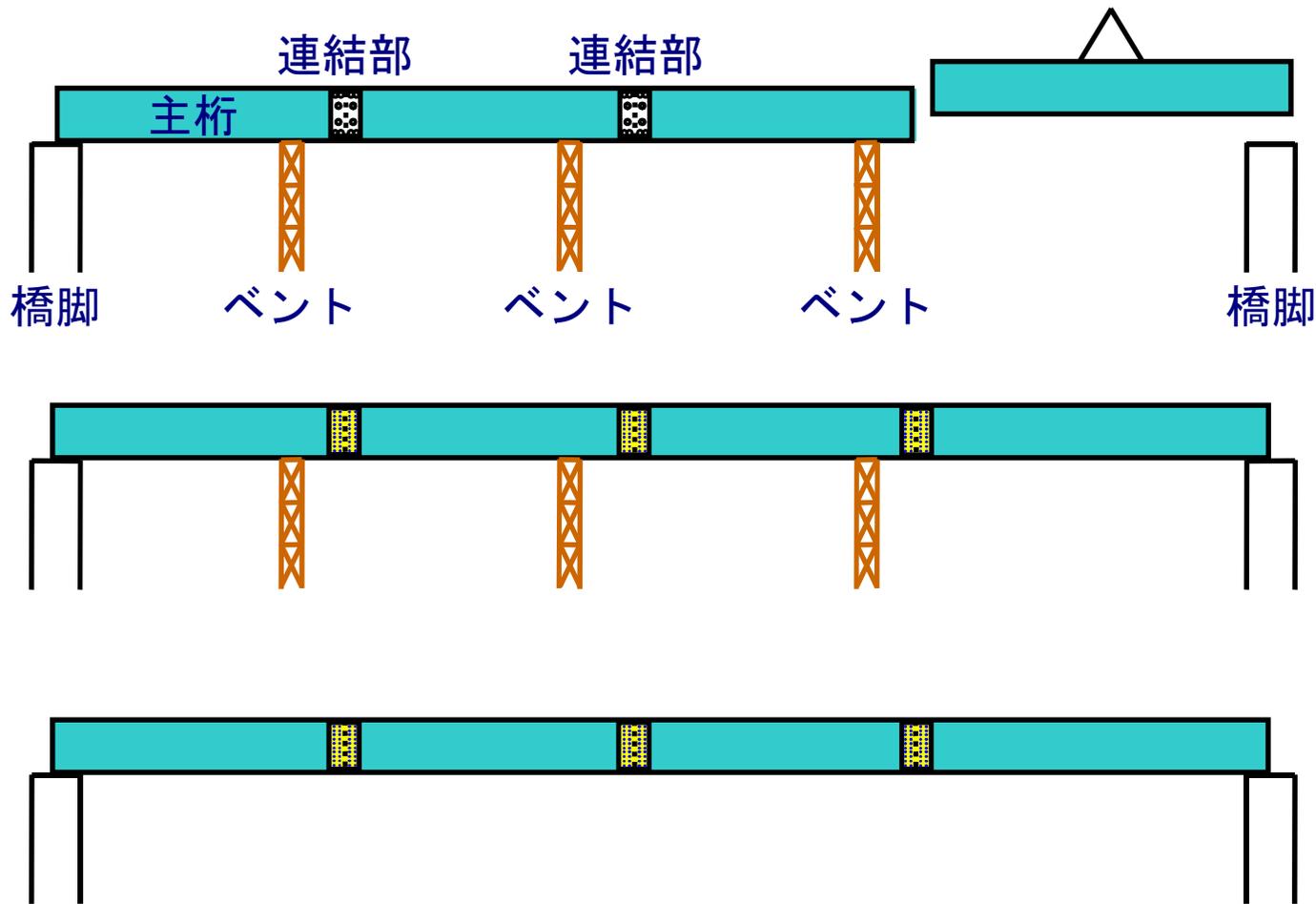
杭基礎

陸上部

水上部



ベント工法の手順



連結部に仮ボルトとドリフトピンを挿し、主桁を仮連結しながら架設していく。



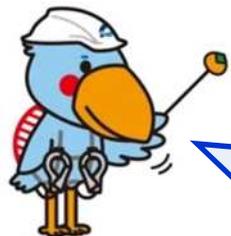
ベント高さを調整して主桁そりの精度を確保する。
(キャンバー調整)



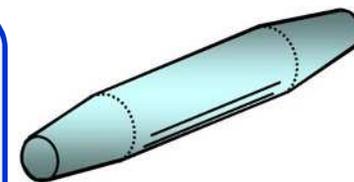
連結部を高力ボルトで本締めする。



ベント解体

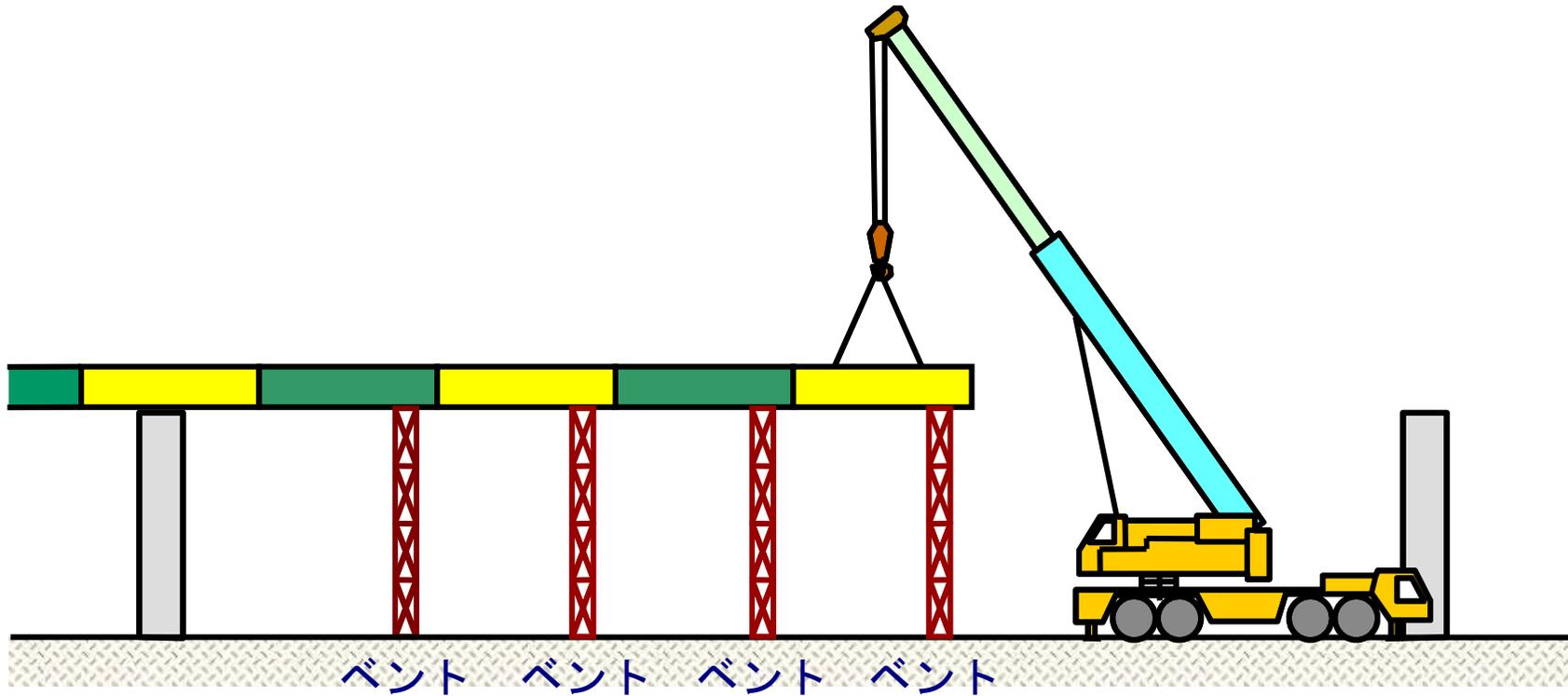


ドリフトピンの直径はボルト孔径-0.1mm。
ハンマーでボルト孔に打ち込み、孔位置を合わせます。



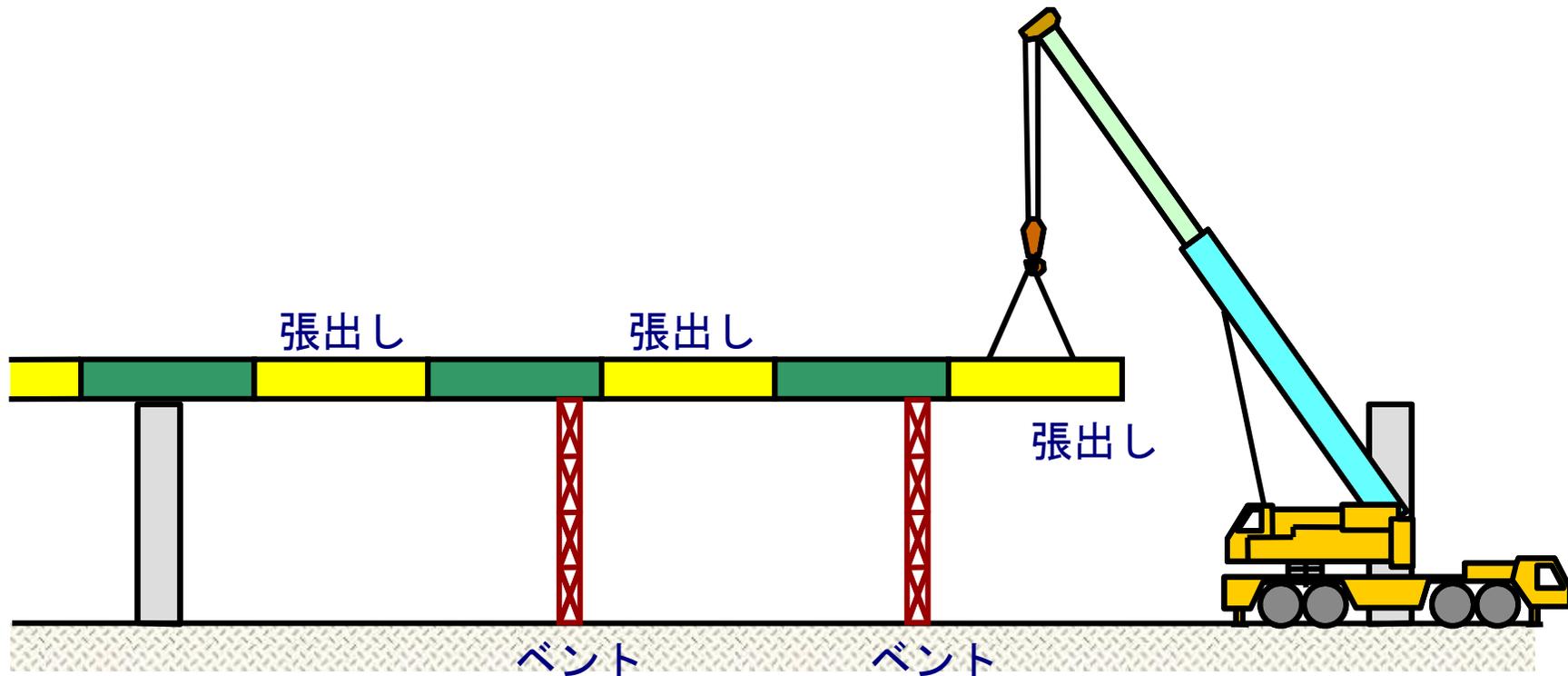
21

単材架設



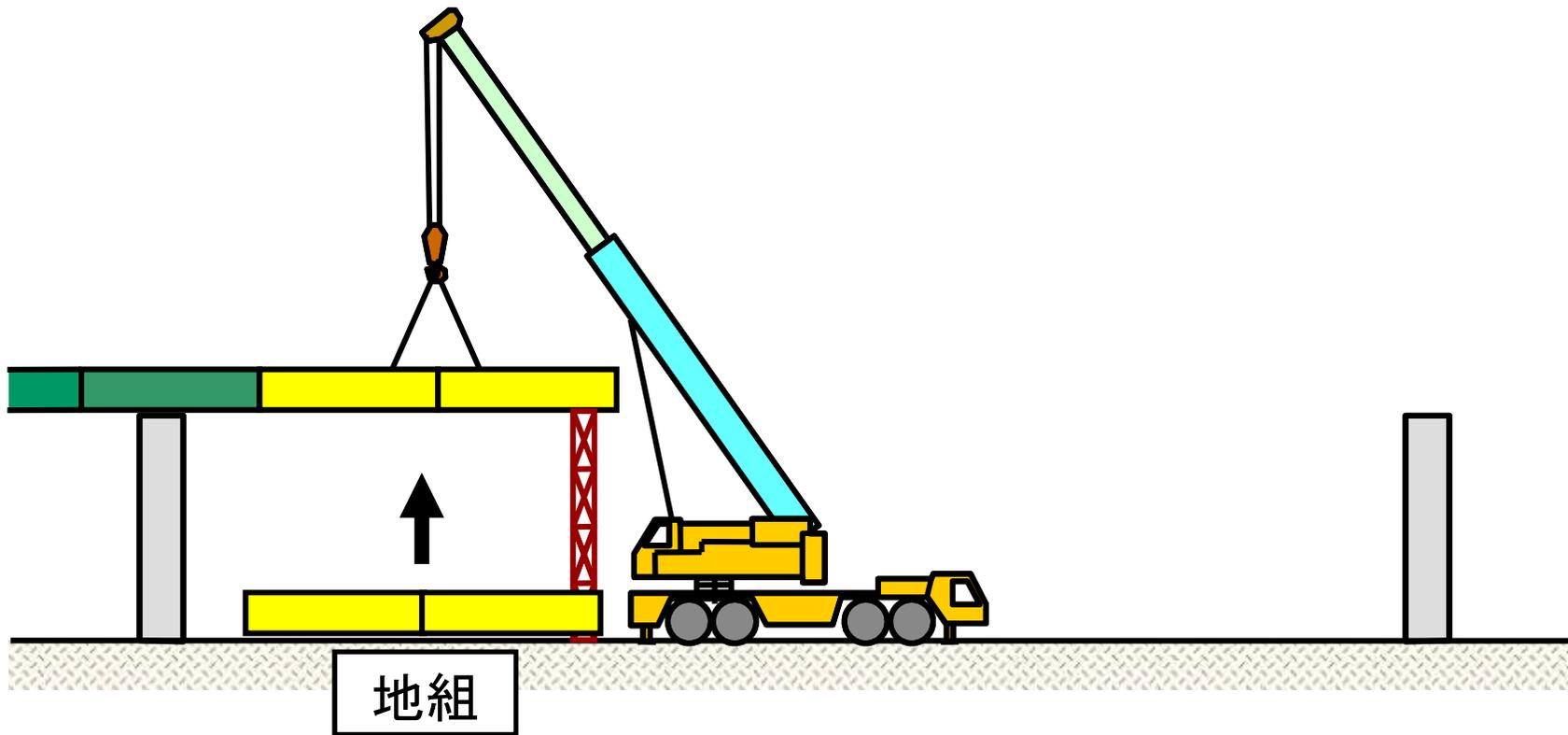
主桁 1 ブロックにつきベントを 1 基を設置し、
1 ブロックずつ架設をして行きます。

単材張出し架設



ベント支持の間に1ブロック張出しを挟み、
ベントの数を削減しています。

地組架設

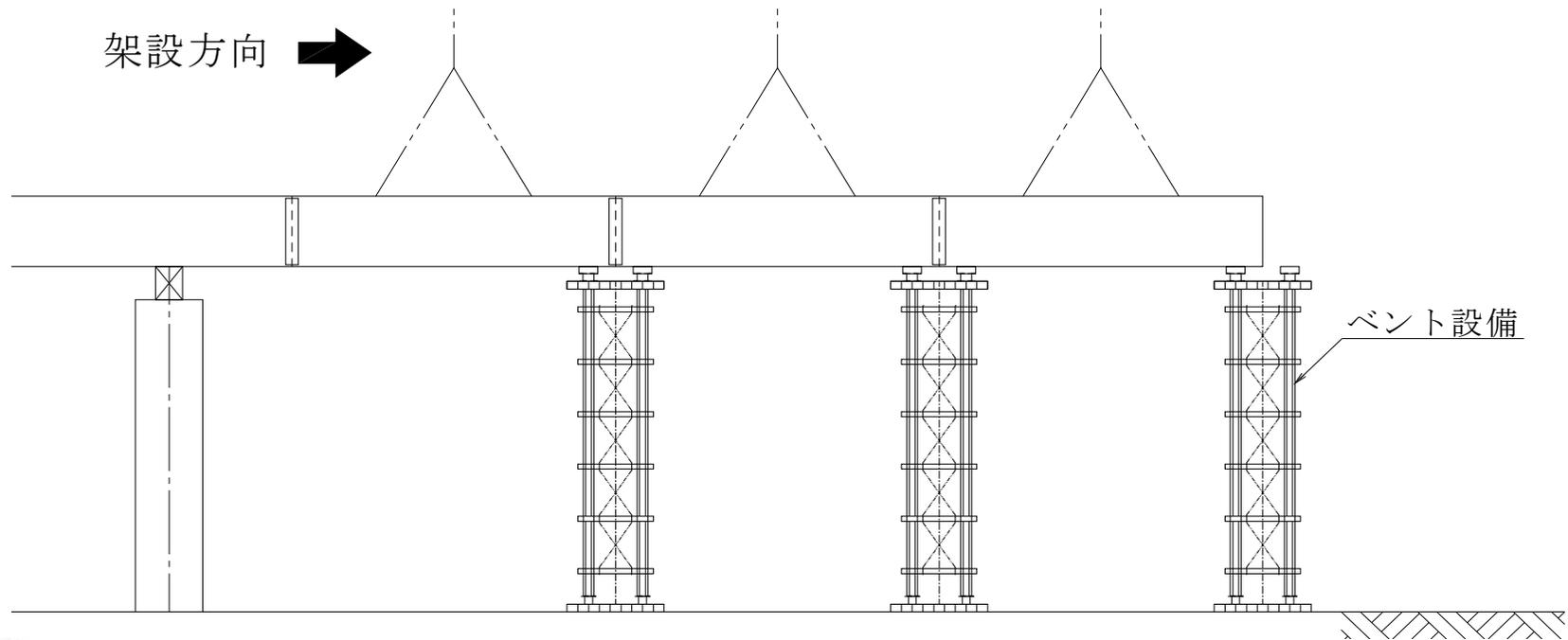


主桁を連結(地組)してから架設することで
ベントの数を減らしています。
単材架設よりも大型のクレーンが必要です。

【留意点1】 ベント位置

主桁の現場継手の種類によってベント位置が変わる。

- ・ ボルト継手：ベントは主桁継手部を避けた位置（前頁参照）
- ・ 溶接継手：ベントは主桁継手部の直下に配置（下図）

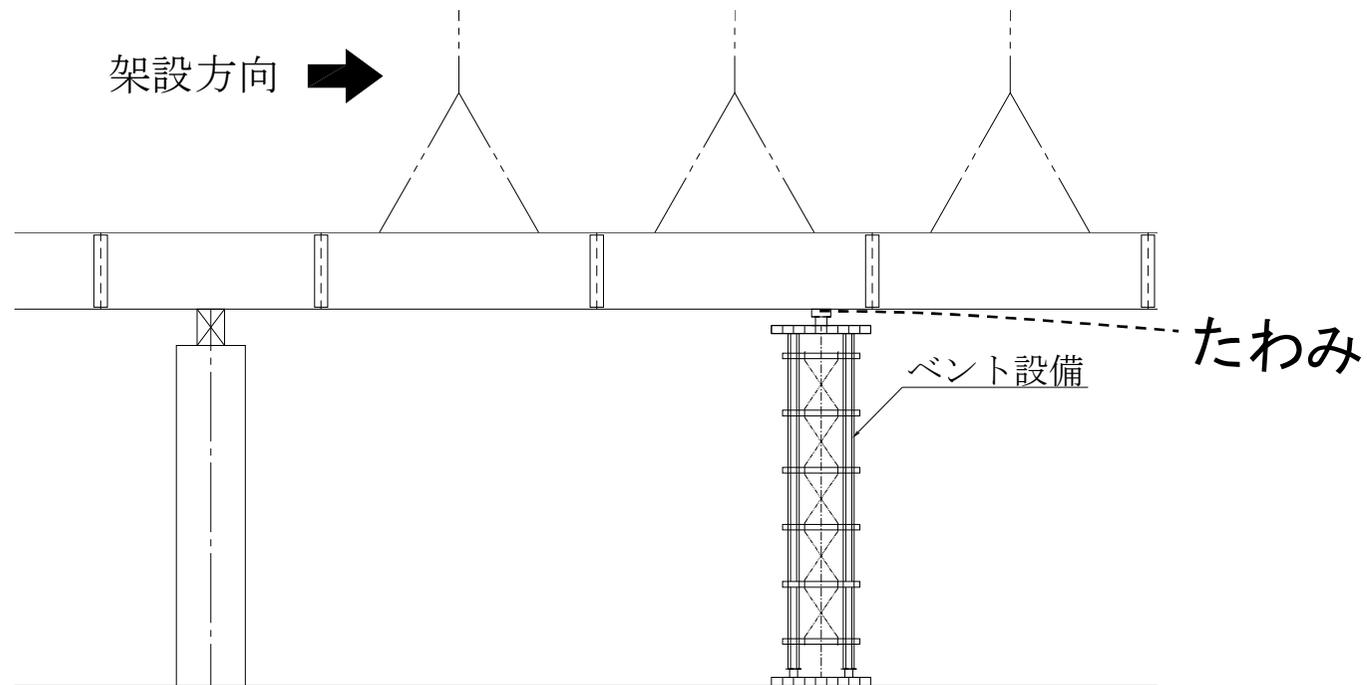


溶接継手では、継手の両側を支持する必要があります。

【留意点2】張出し架設

張出し架設は架設時応力が大きい。

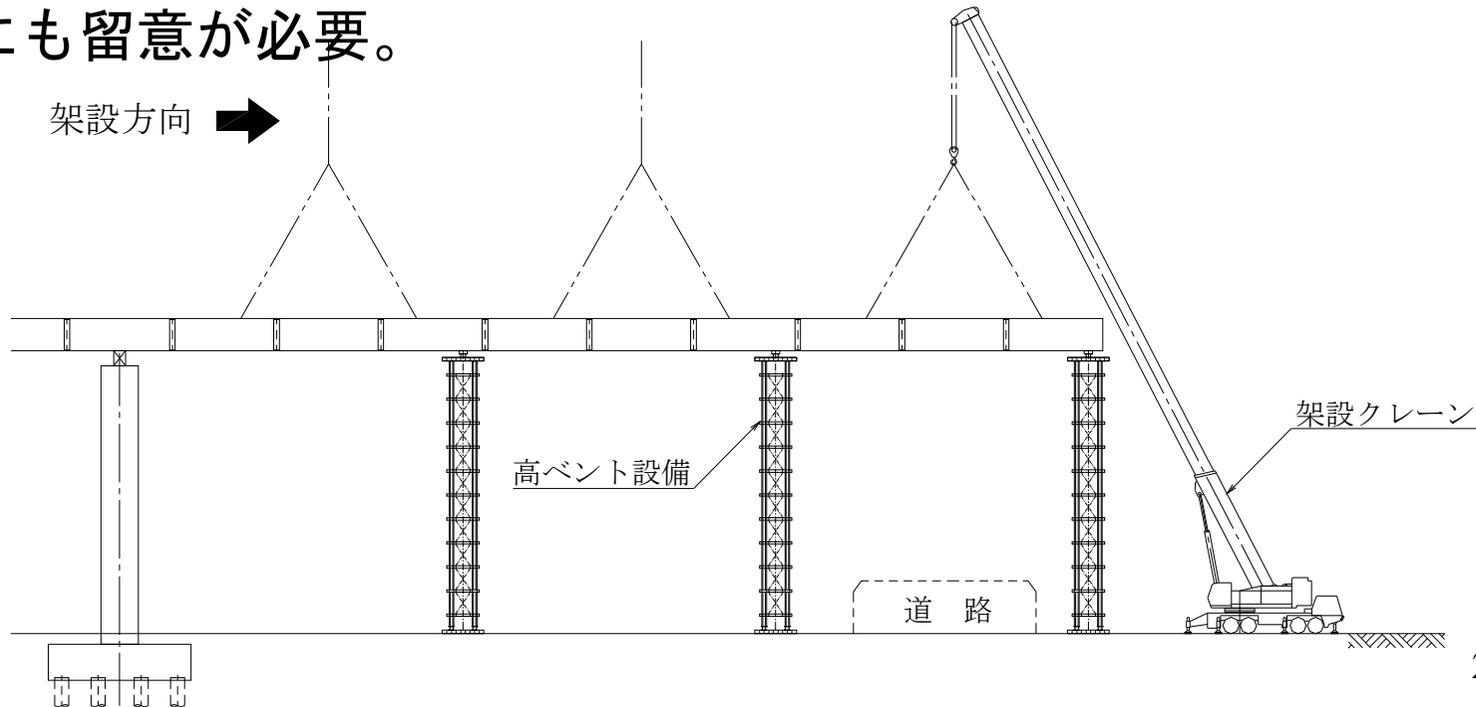
- ・ ベント支持点の桁照査が必要。
（1ブロック張出しでも桁補強が必要になる場合あり）
- ・ 張出しによって桁がたわみ、ベント頂部に水平力が作用する。
- ・ 曲線桁の場合は張出しによって桁にねじれが生じる。



【留意点3】地組架設

機材や反力が大きくなることへの注意が必要。

- ・ クレーン反力とベント反力が大きくなる。
(地耐力照査、ベント支持点の桁補強が必要になる場合あり)
- ・ 架設桁が長尺になり、吊上げ時の取り回しに注意が必要。
- ・ 高ベントを削減する目的で採用されることが多い。高ベントでは、組立解体時の高所作業の安全確保、ベント自立時の安定確保にも留意が必要。



【留意点4】 高圧線

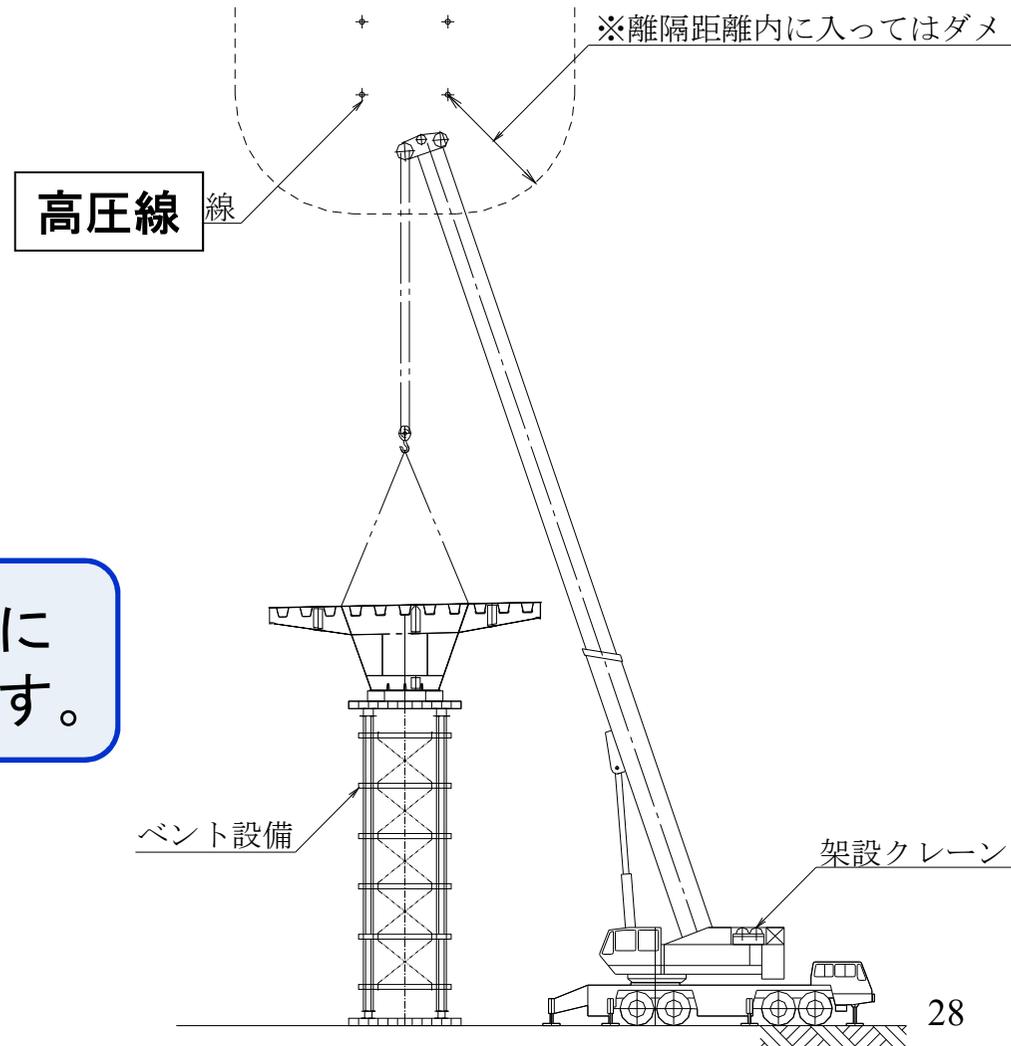
高圧線は直接触れなくても接近するだけで感電する。

高圧線の安全離隔

2.2万ボルト → 3.0m

50万ボルト → 11.0m

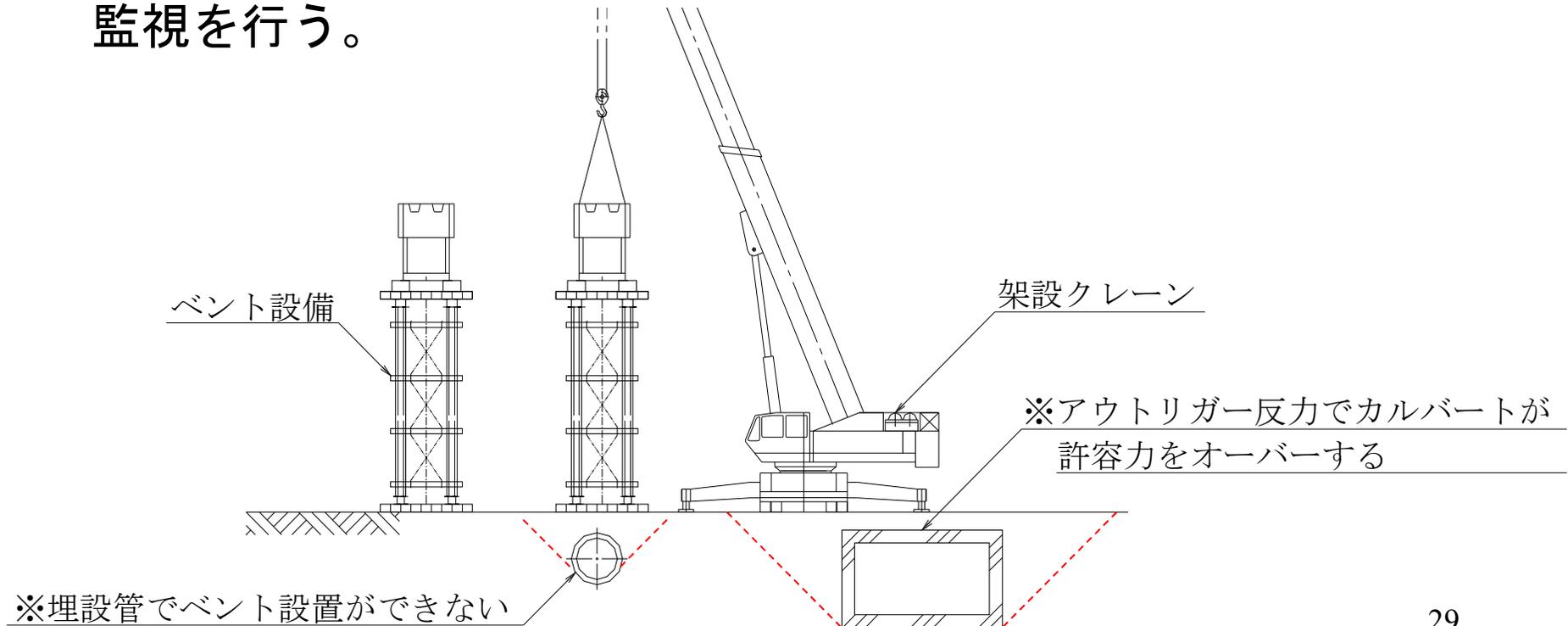
高圧線は季節や送電量によって位置が上下します。



【留意点5】埋設物

事前に埋設物の有無を確認し、必要な措置を講じる。

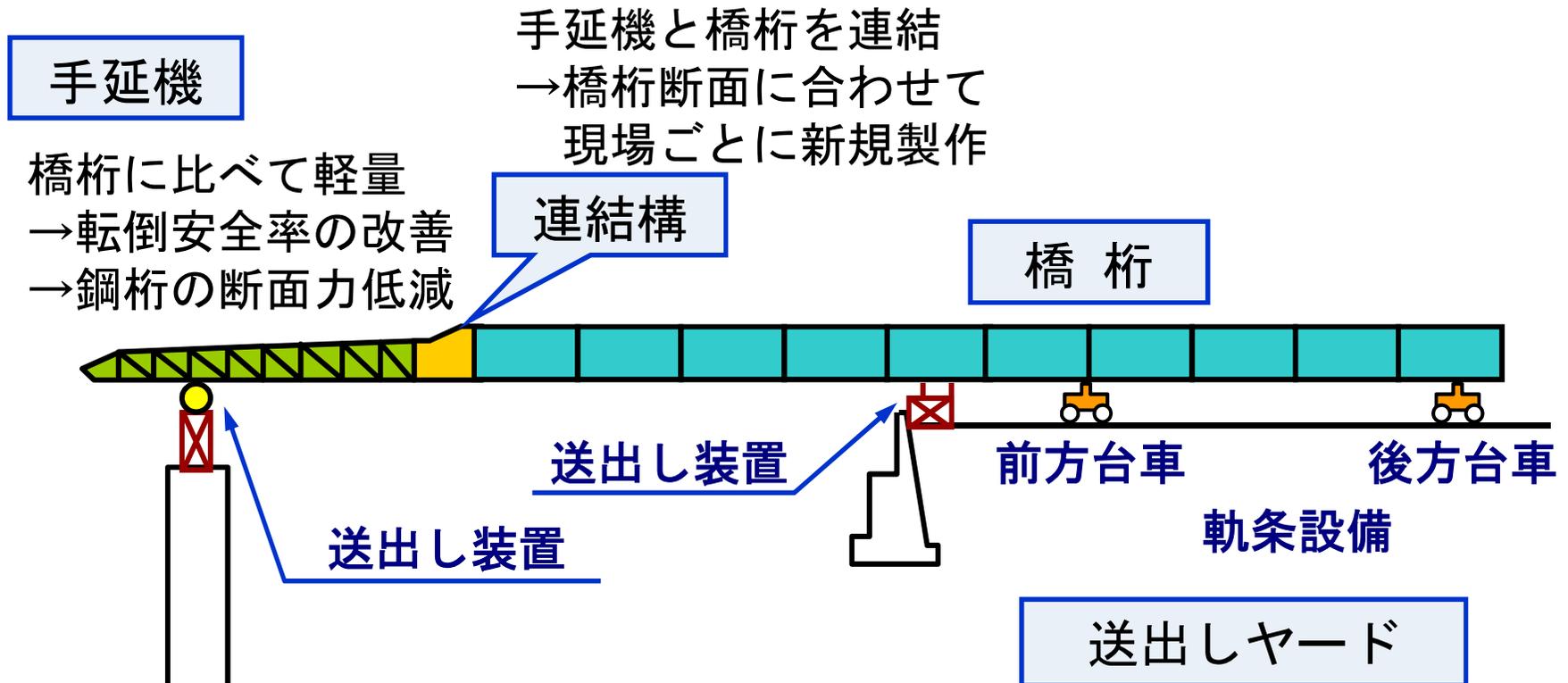
- ・ クレーンのアウトリガーやベント等、大きな反力がかかるものは埋設物を避けて配置する。
- ・ 埋設物の直上だけでなく、影響範囲も避ける(45度が一般的)。
- ・ 避けきれないときは埋設管管理者と協議して適切な養生・計測監視を行う。



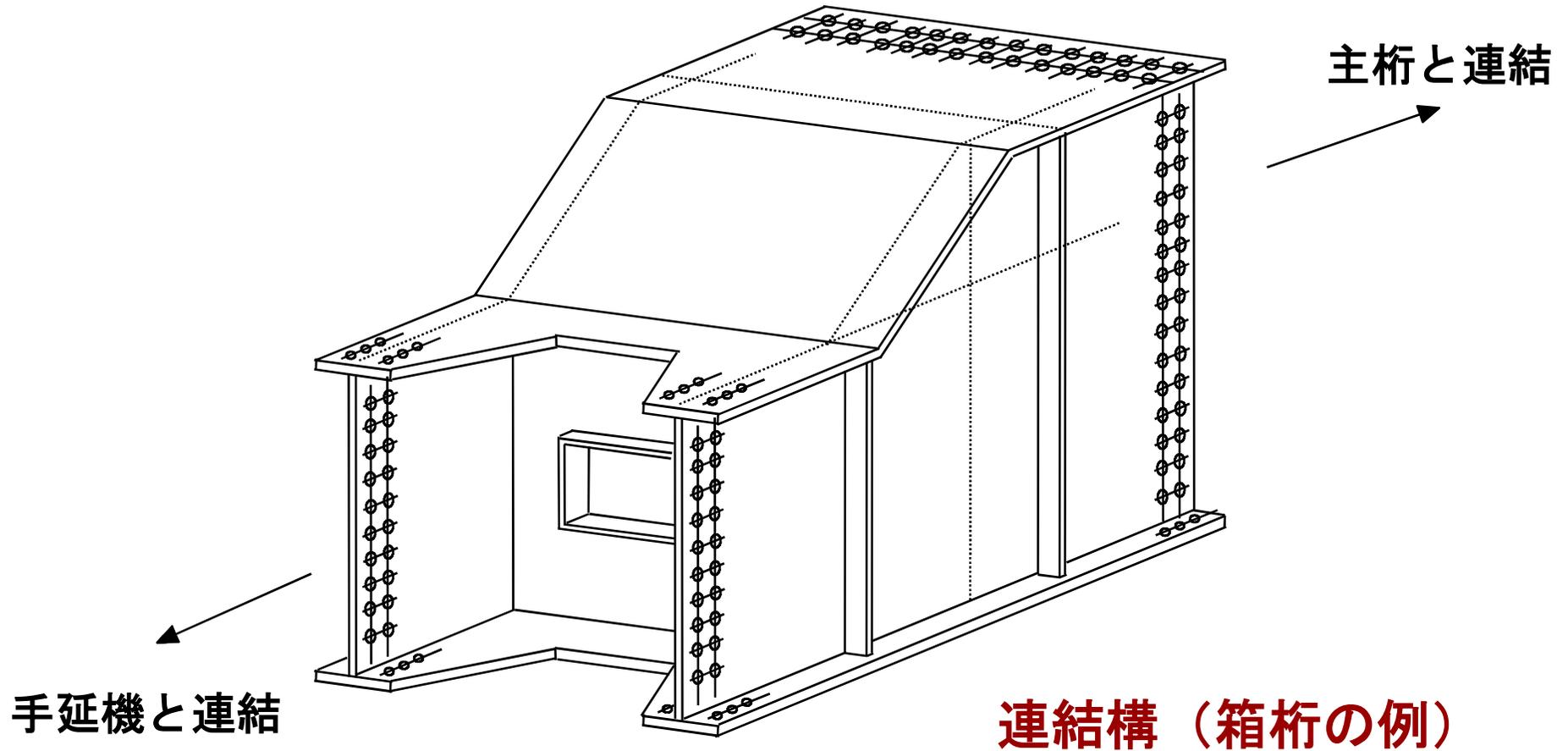
◆送出し工法の留意点



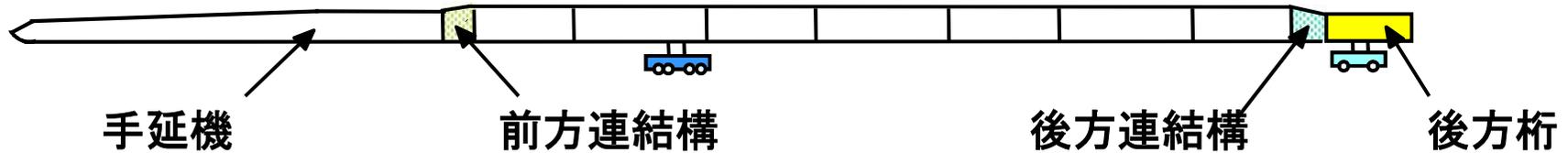
送出しの設備配置



連結構



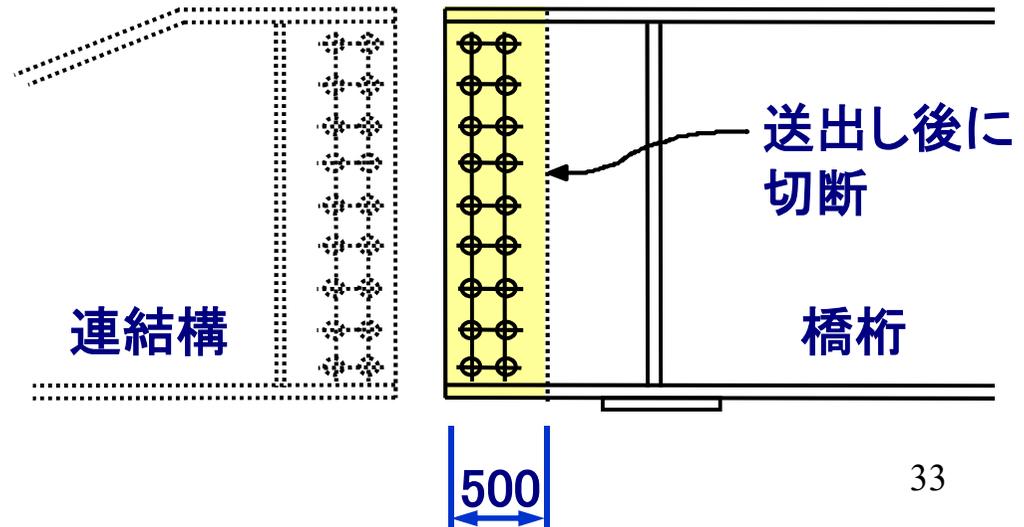
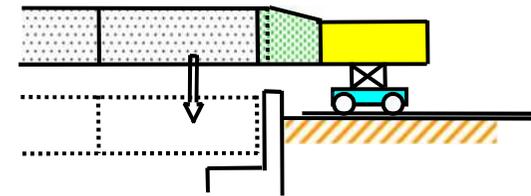
後方連結構・桁端部処



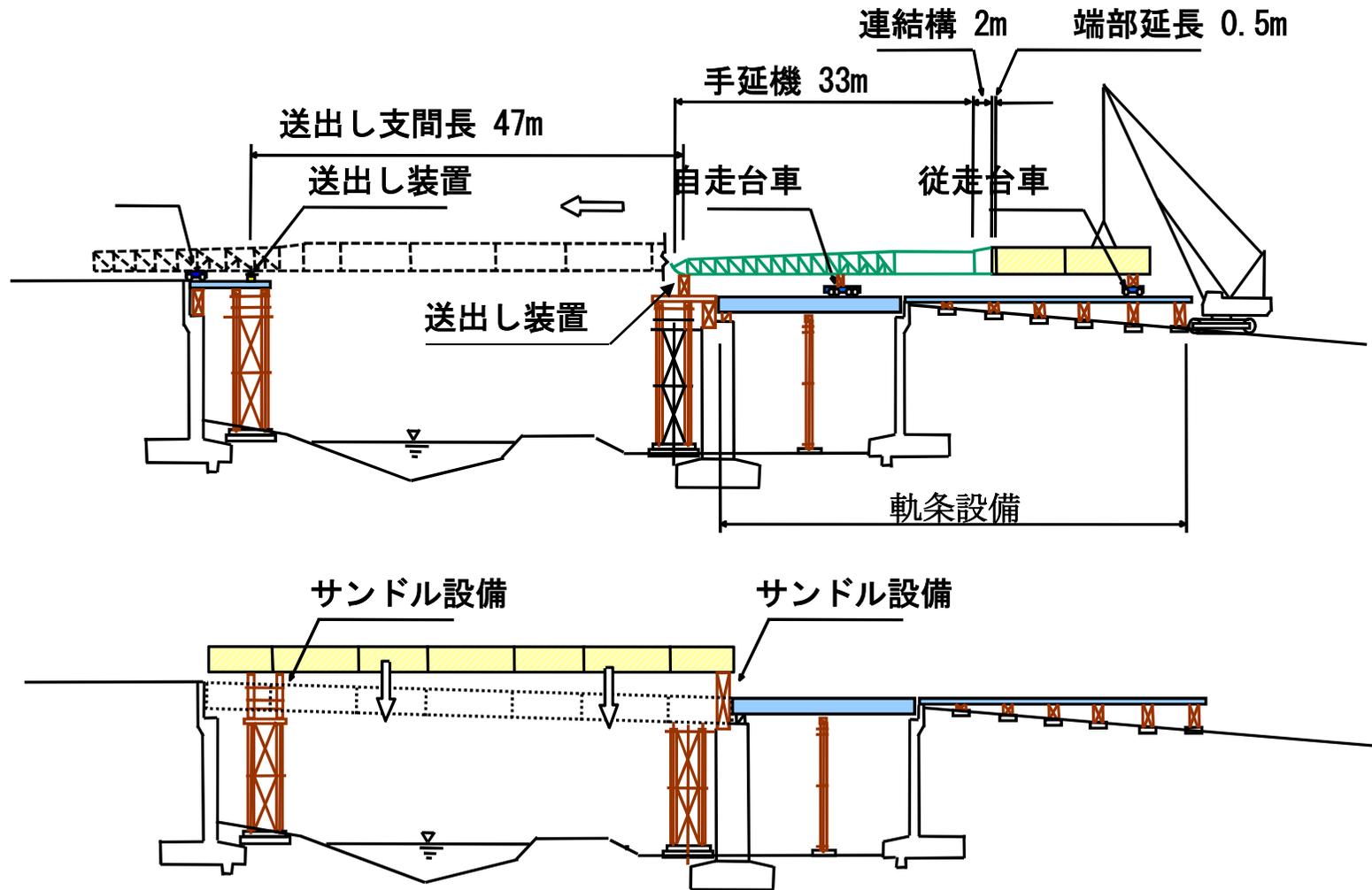
連結構は後方にも必要になる場合があります。



連結構を主桁の端部に取り付ける場合は、主桁を0.5m程度延長して製作し、連結用ボルト孔をあけておきます。延長分は送だし完了後に切断します。



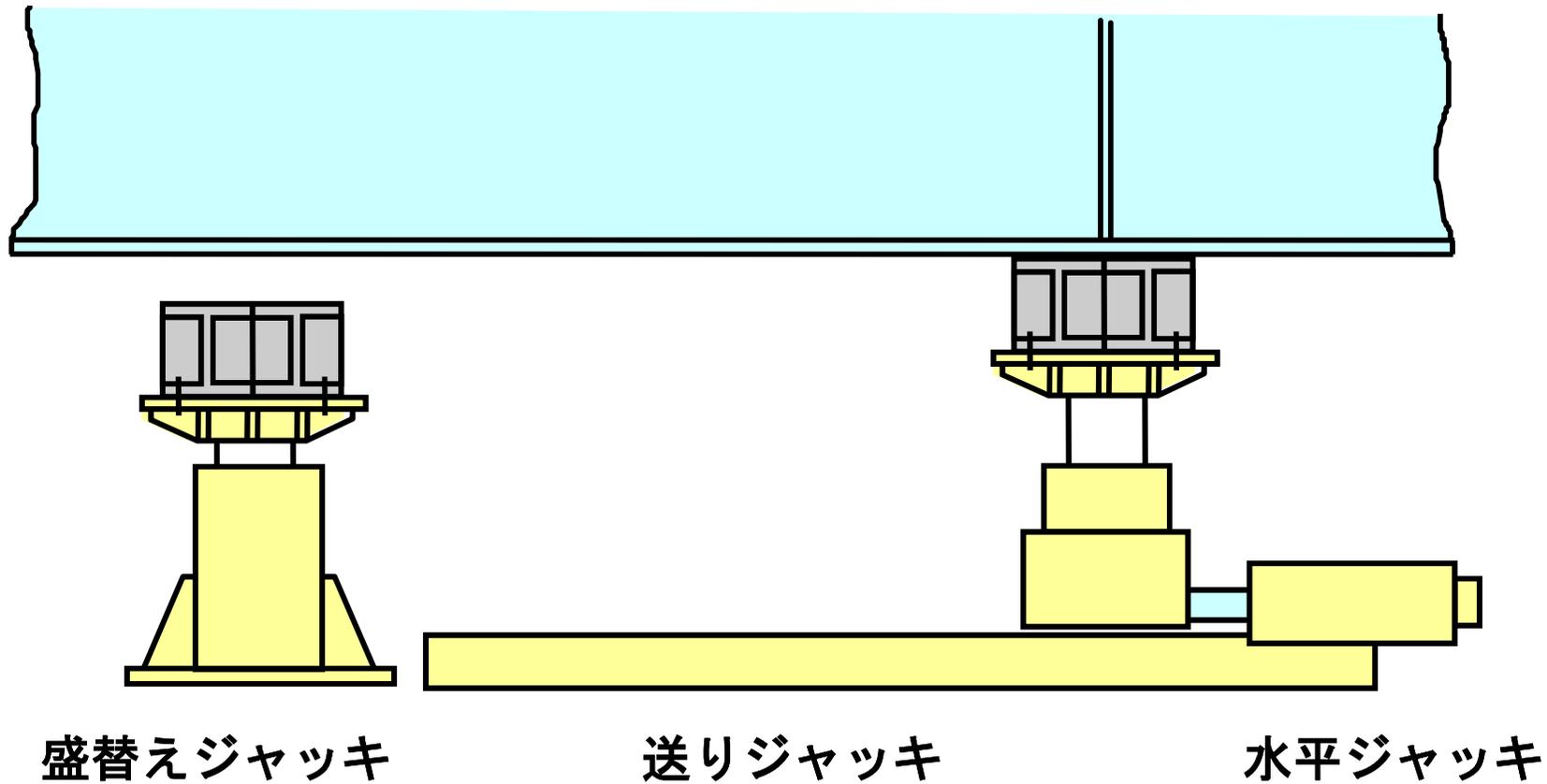
送出し工法の計画図一例



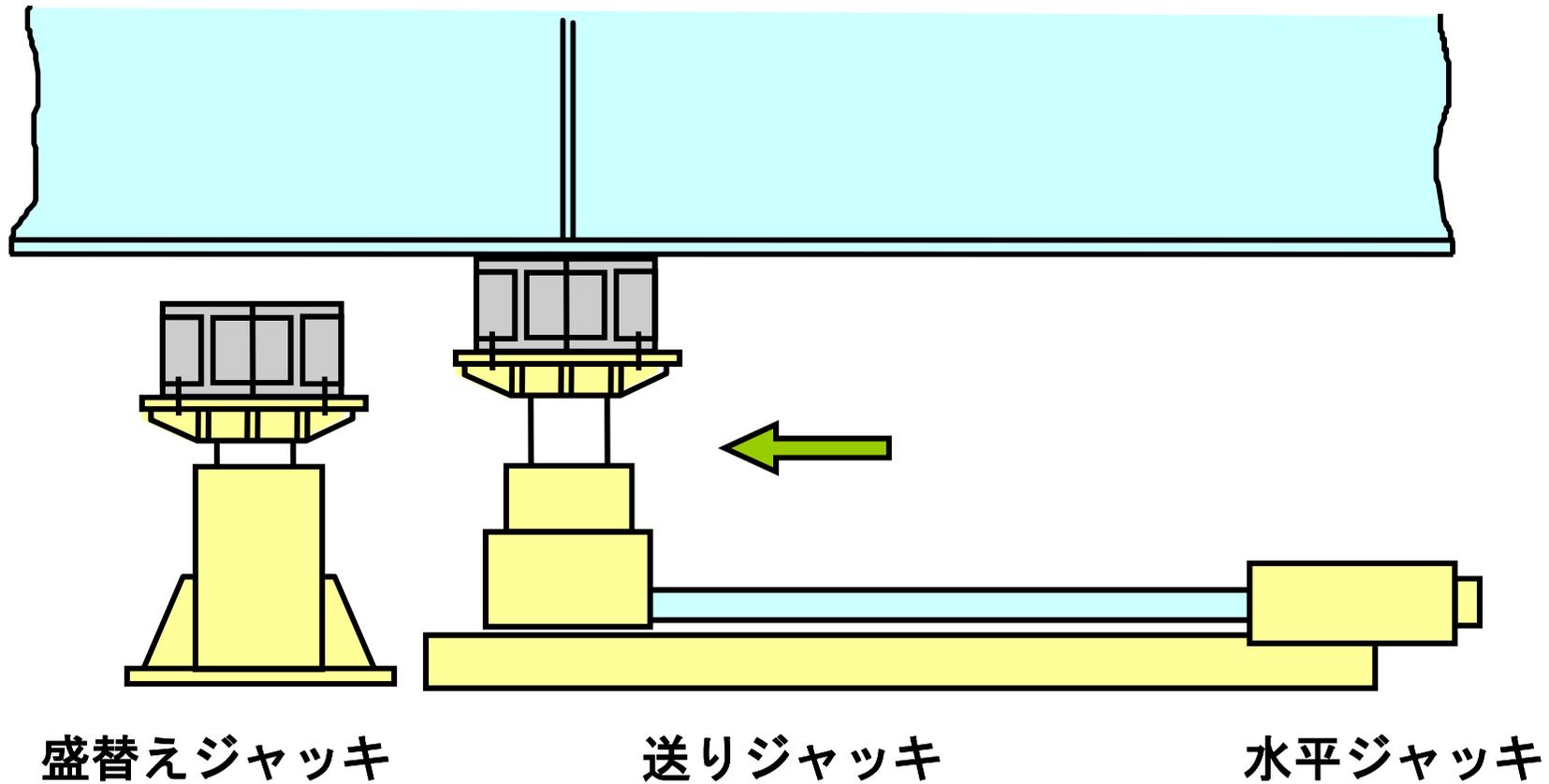
送出し装置



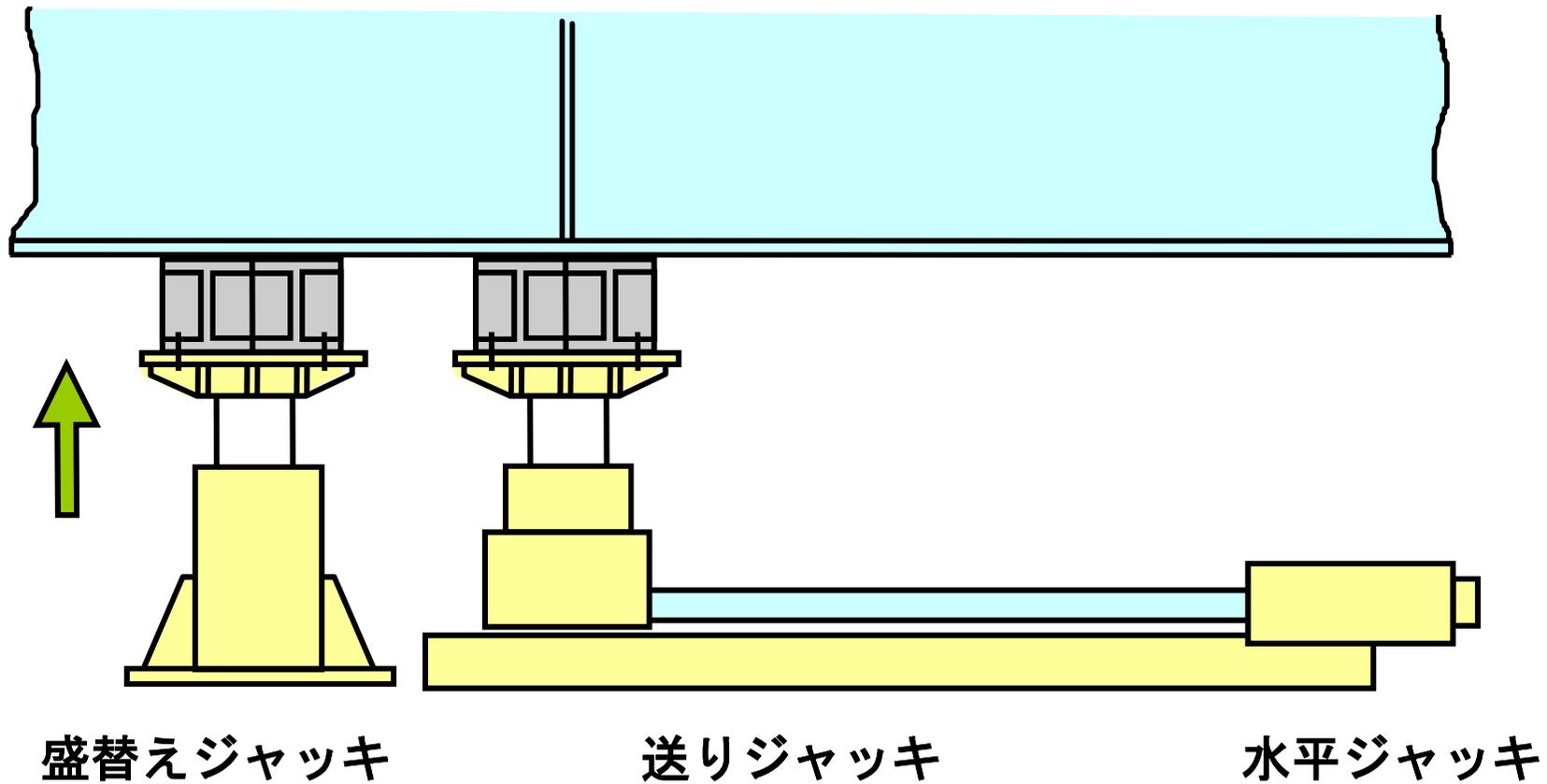
送出し装置のしくみ



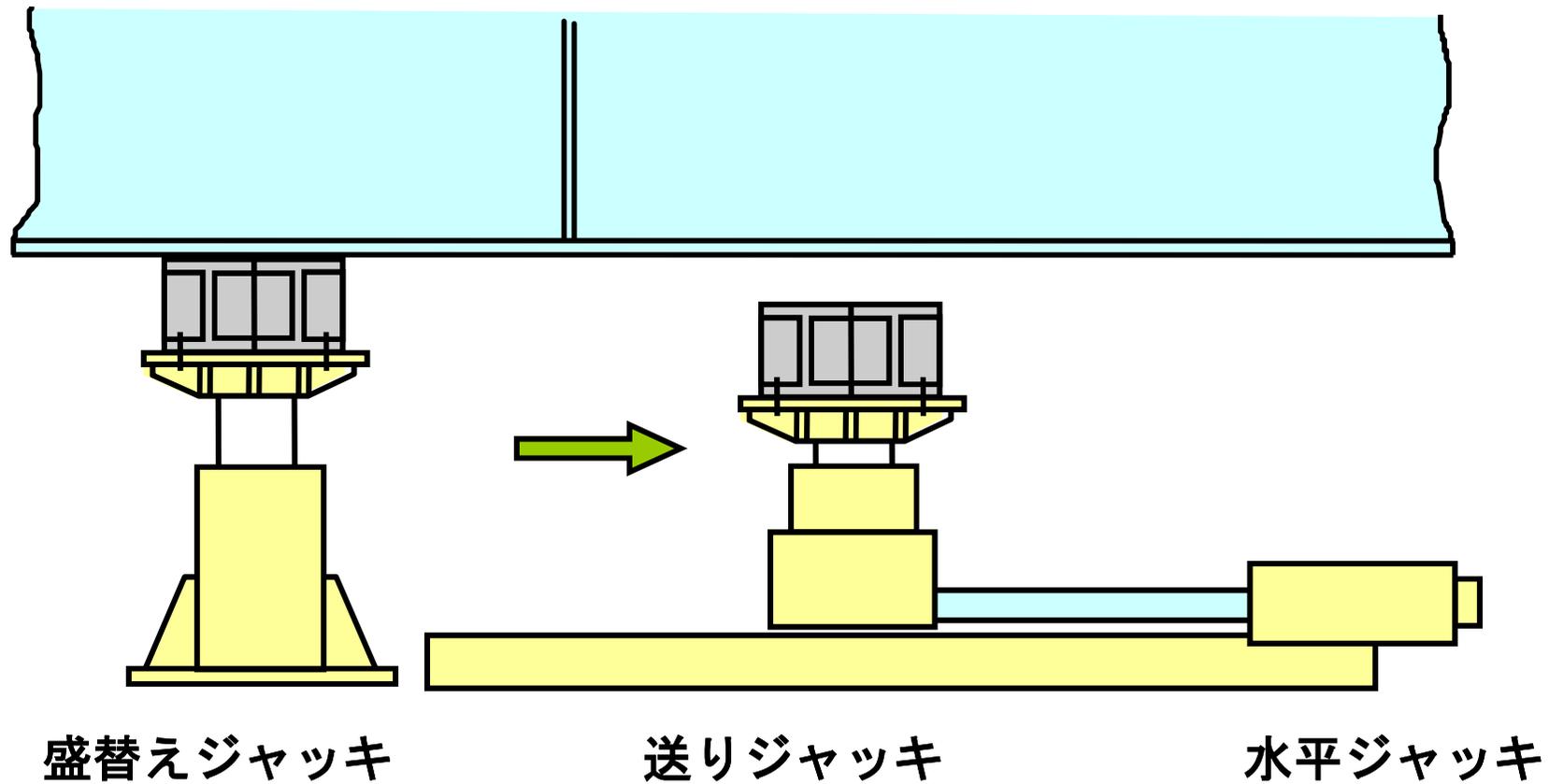
送出し装置のしくみ



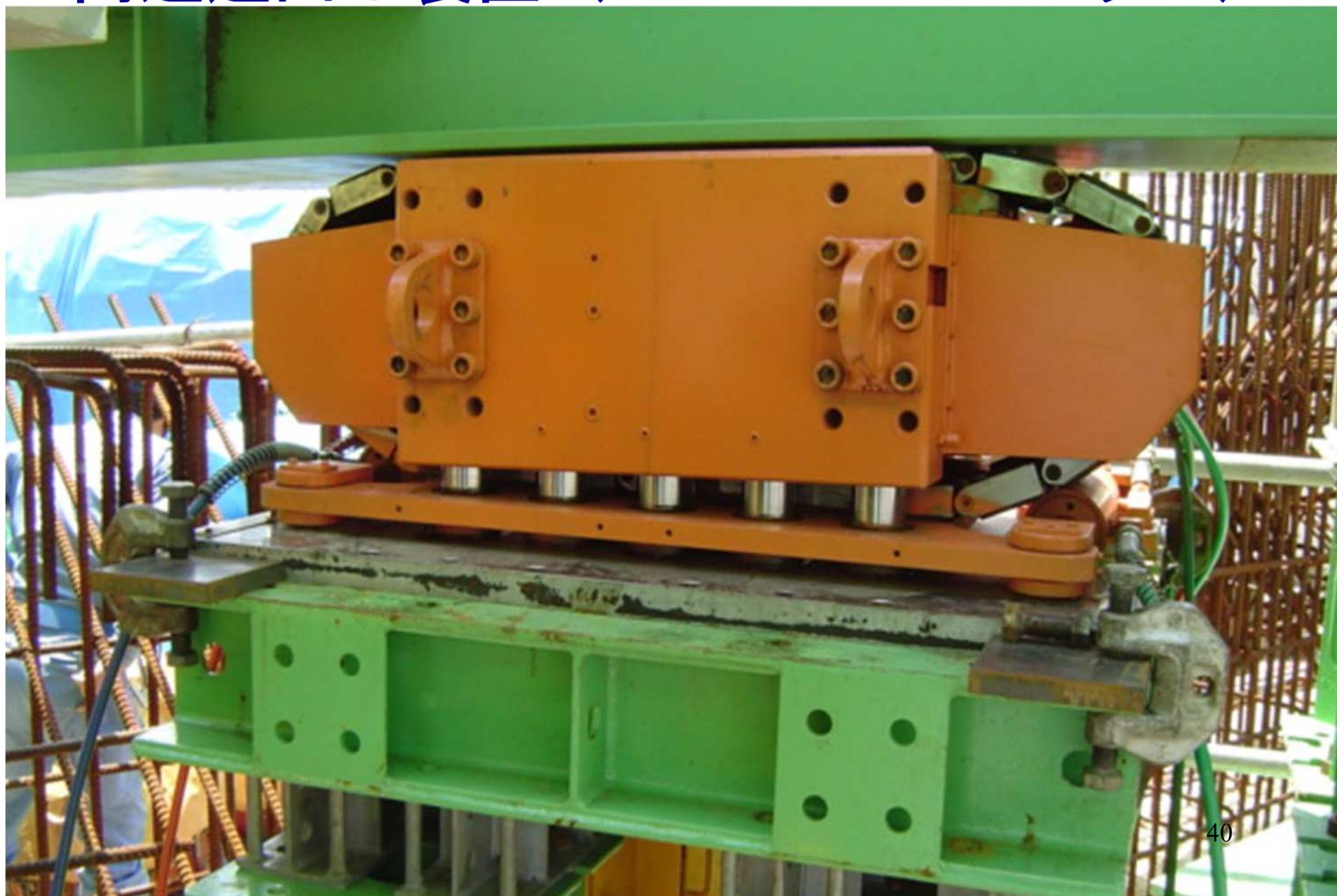
送出し装置のしくみ



送出し装置のしくみ



高速送出し装置（エンドレスローラー）



高速送出し装置（エンドレスローラー）

側面



正面(上面)



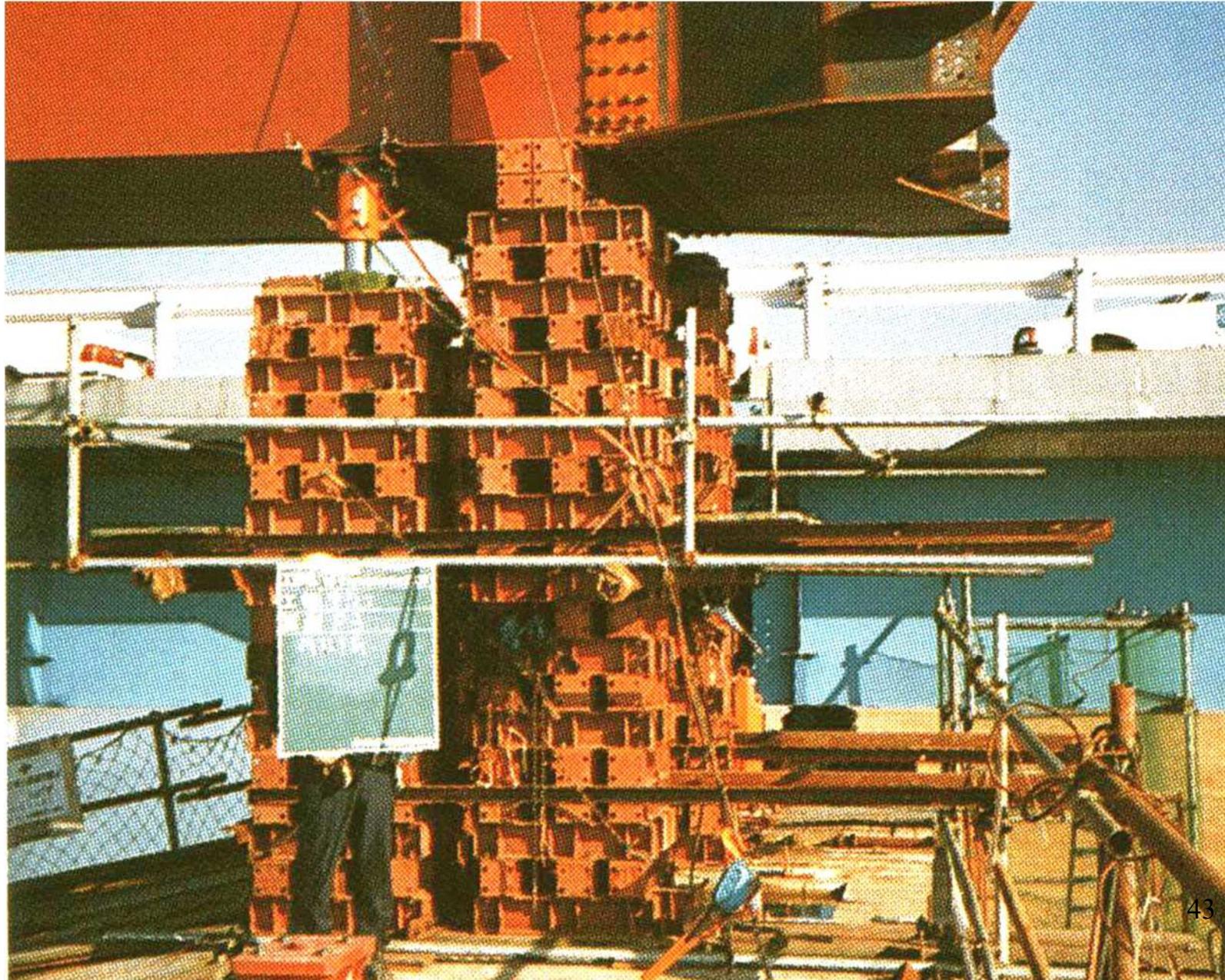
- 盛替えることなく連続した送出しができるので、道路上や鉄道上等の時間制限を受ける場所での送出しに最適。
- 反力を常時反力ができるので、主桁ウェブの座屈防止にも有効。

自走台車



42

降下用サンドル



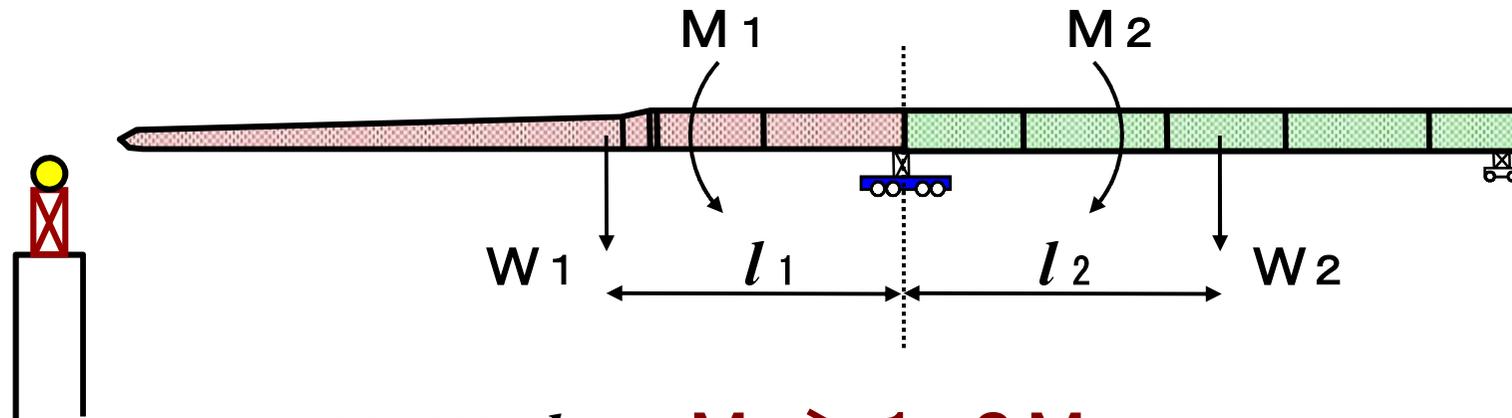
降下装置



【留意点1】転倒安全率

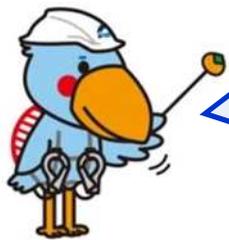
送出し時の転倒安全率は1.2以上を確保する。

- ・ 到達直前がもっとも転倒しやすい。



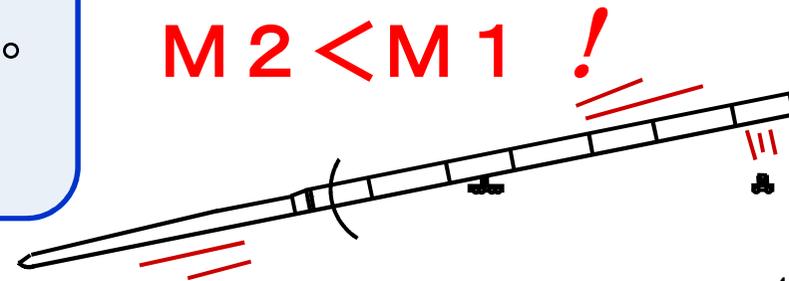
$$M = W \times l$$

$$M_2 > 1.2 M_1$$



転倒安全率が1.0以下になると転倒します。「天秤を食らう」と言われる事象です。

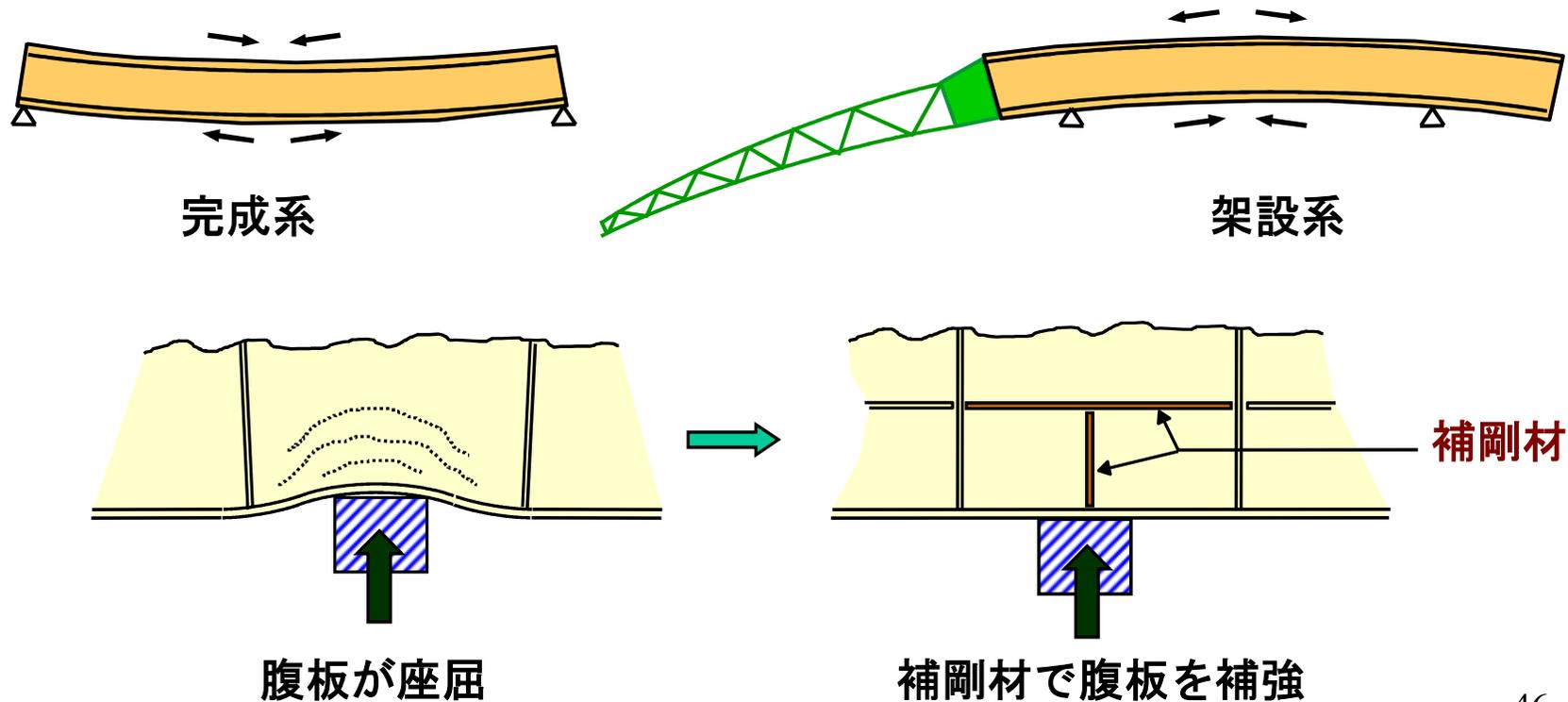
$$M_2 < M_1 !$$



【留意点2】橋桁本体の照査

橋桁の応力状態が送出し中と完成系で大きく異なる。

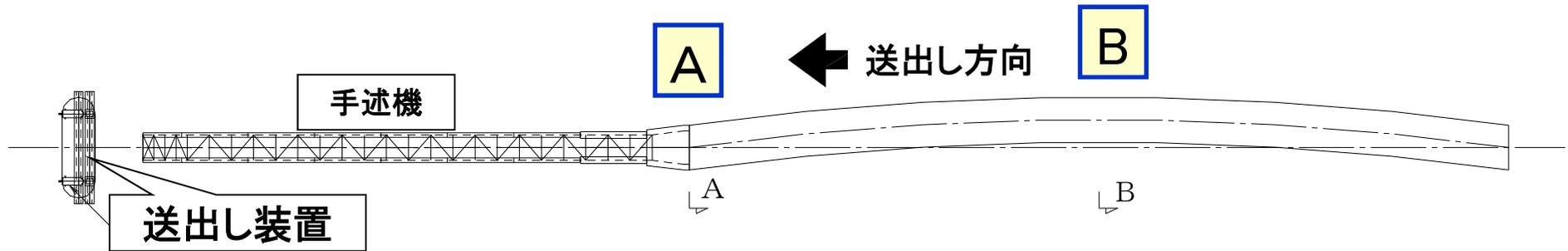
- 送出しステップごとの反力に対して主桁の照査が必要。
→送出し中に生じる応力に耐えうる断面・補強が必要。
- 特に主桁ウェブの座屈に注意。



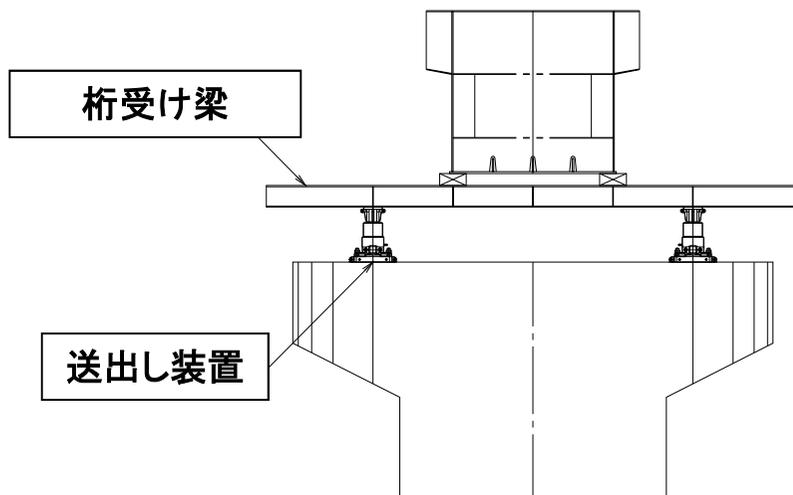
【留意点3】 曲線桁（幅員方向の受点位置）

曲線桁では橋軸直角方向（幅員方向）に受点位置が変化する。

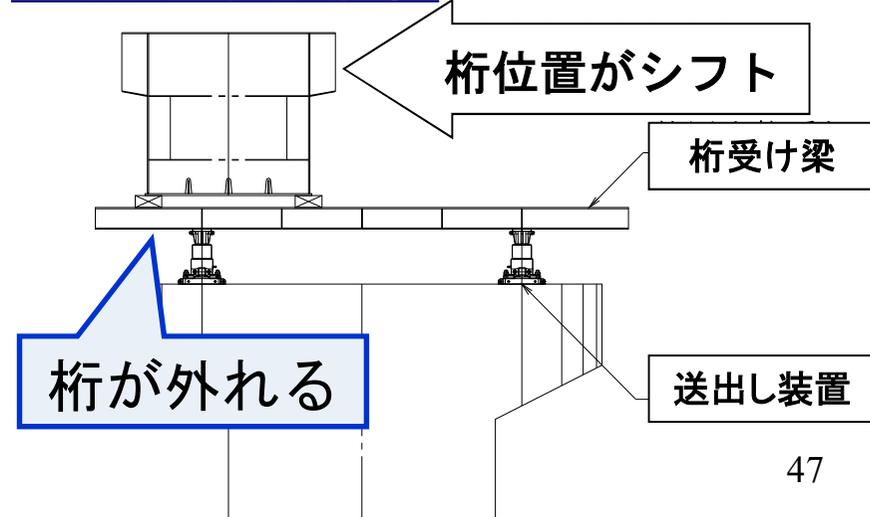
- ・ 送出し装置を幅員方向に移動（調整）できるようにしておく。
- ・ 軌跡が橋台橋脚やヤードから外れることがないか確認しておく。



A断面の通過位置



B断面の通過位置

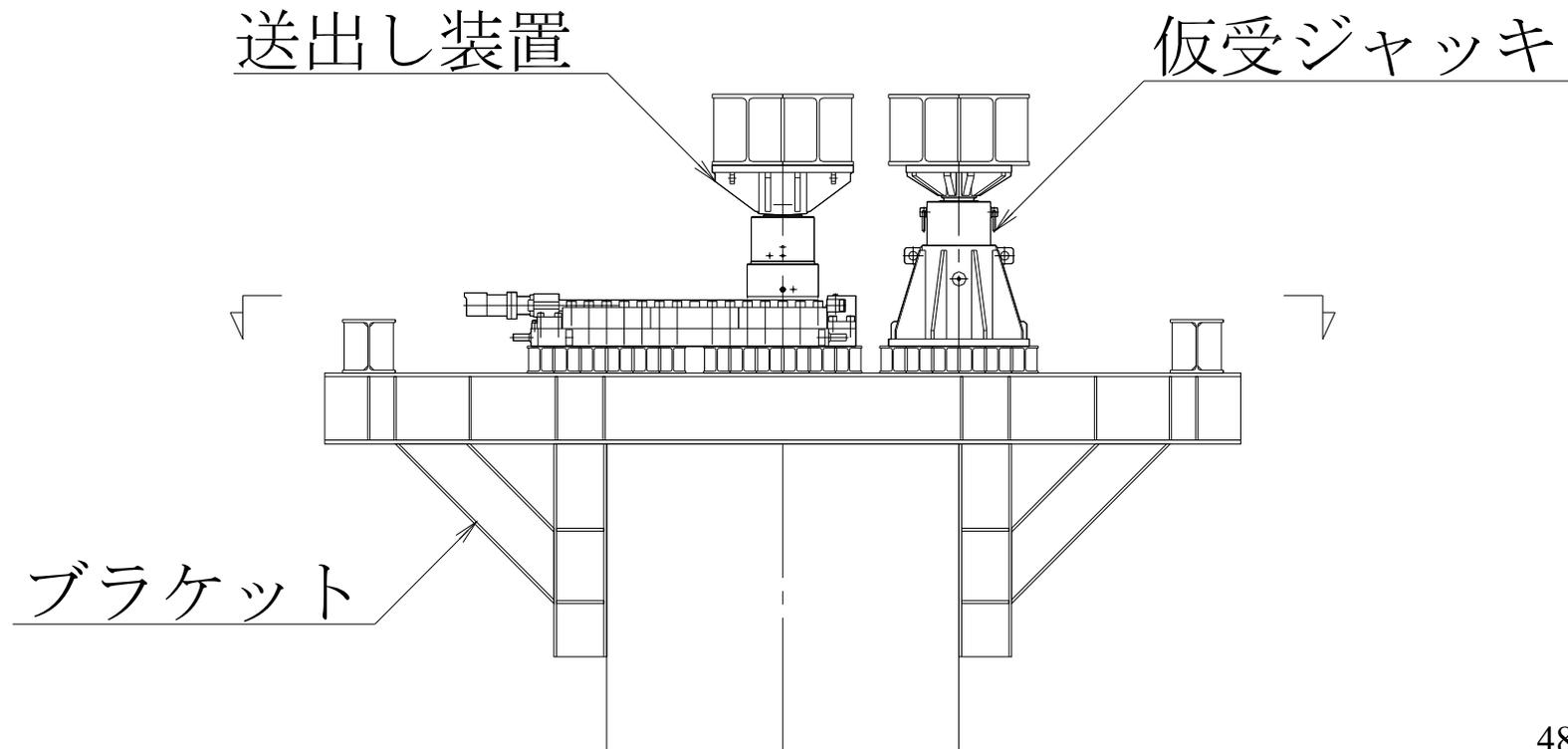


【留意点4】橋脚上スペース

橋脚上には送出し装置・降下装置・支承が配置される。

- ・ 橋脚（橋台）上が狭隘で機材を配置できない場合は、ブラケットやベントで機材配置スペース・作業スペースを確保する。

橋脚側面図

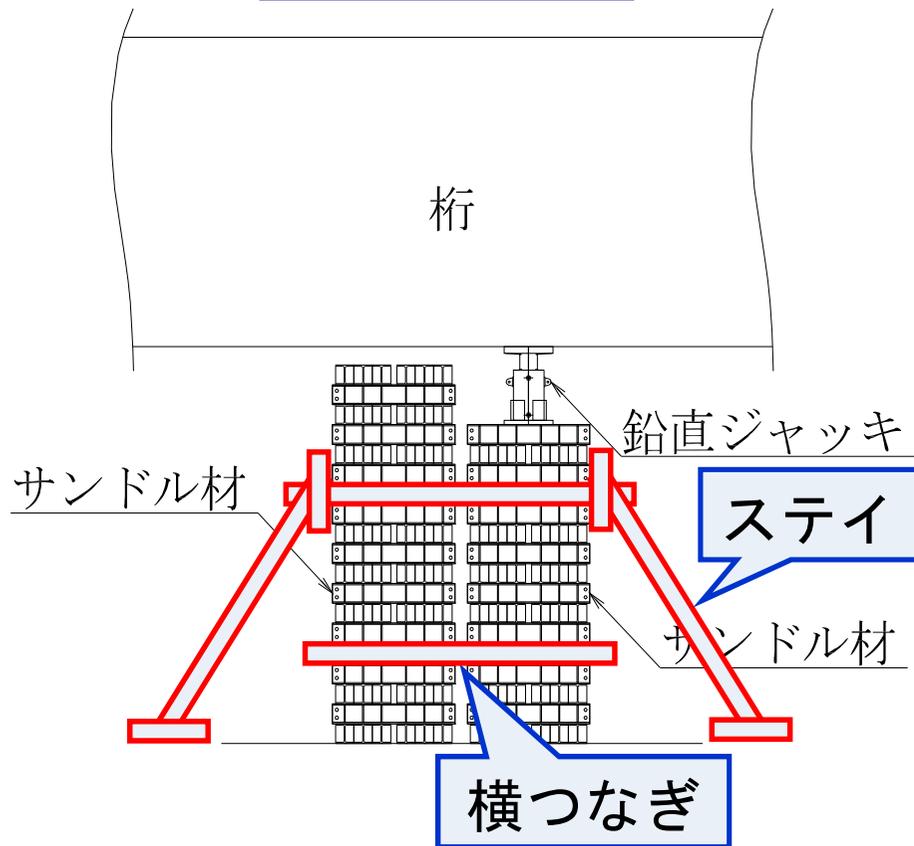


【留意点5】降下設備の選定

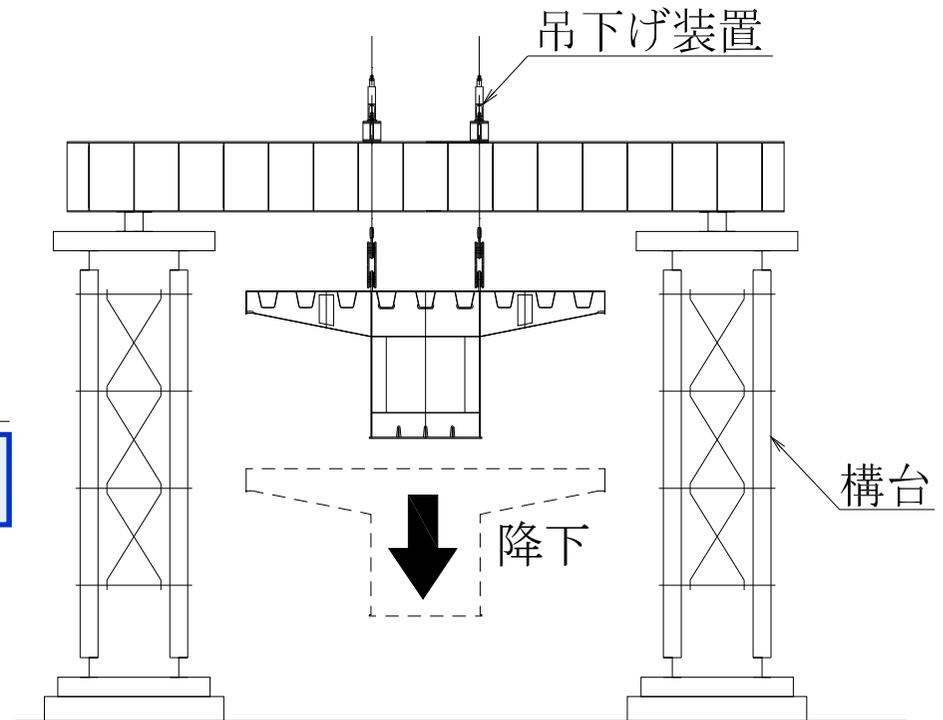
降下用サンドルの積上げ高さは4mまで。

- ・ サンドルは必要な転倒防止措置を講じる。
(橋台パラペットや隣接サンドルとの横つなぎ、ステイ等)

降下用サンドル



吊下げ式降下設備



【留意点6】 その他の留意点

▼逸走防止設備

- ・ おしみワイヤ、クランプジャッキ等による逸走防止策が必要。

▼送出しの縦断勾配

- ・ 通常は $\pm 1.5\%$ 以内
(できる限り水平に送出す)
- ・ 上限値は下り 3% ～上り 4%

▼橋桁の補強検討に用いる不均等荷重 (同一断面内)

- ・ 直線桁 → 1.25 倍
- ・ 斜橋や曲線桁 → $1.5\sim 2.0$ 倍

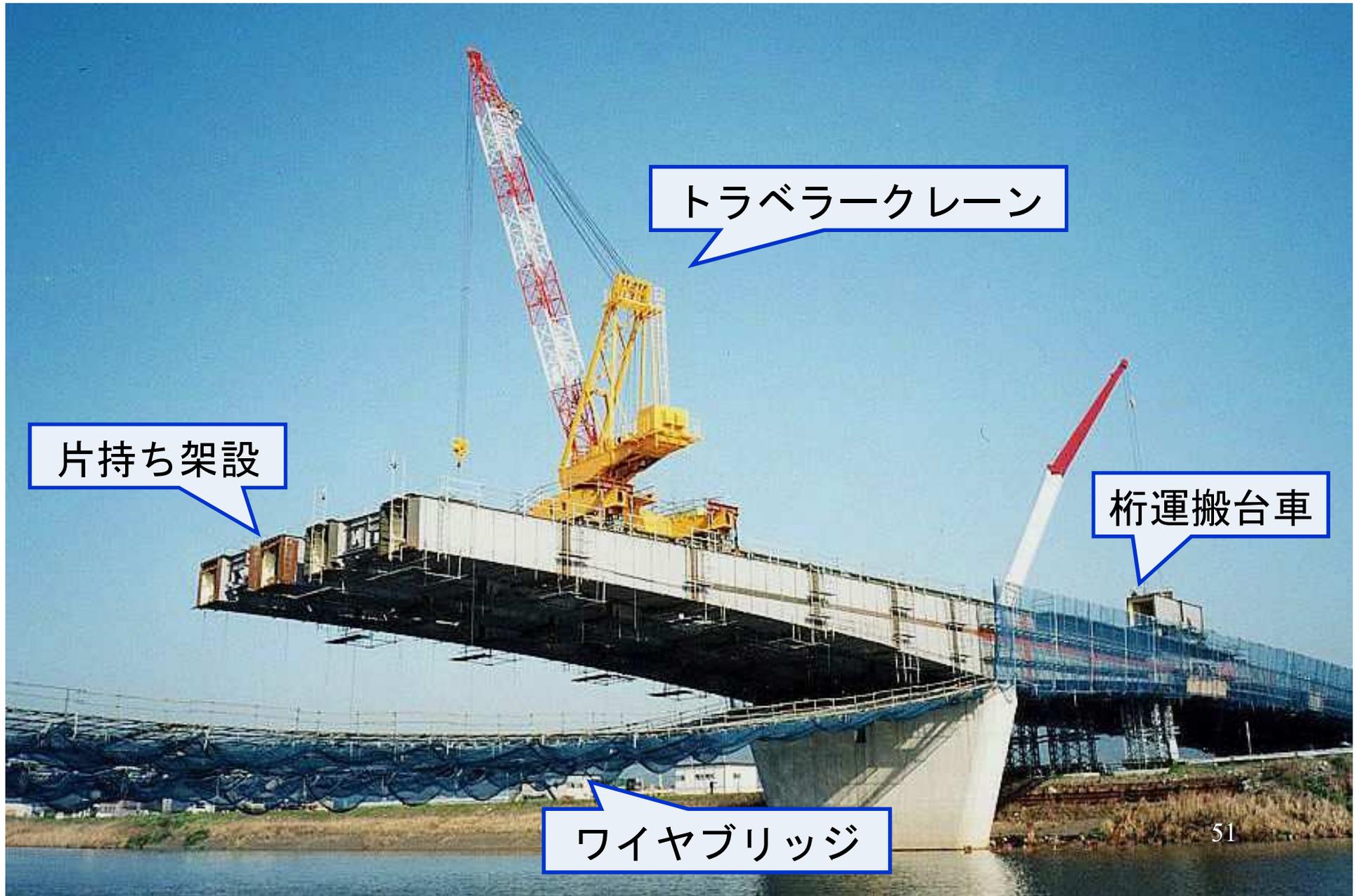
▼変断面桁の送出し

- ・ 変断面で下フランジに勾配がある桁の送出しは、特別な検討が必要。

レールクランプジャッキ



◆トラベラークレーン工法の留意点

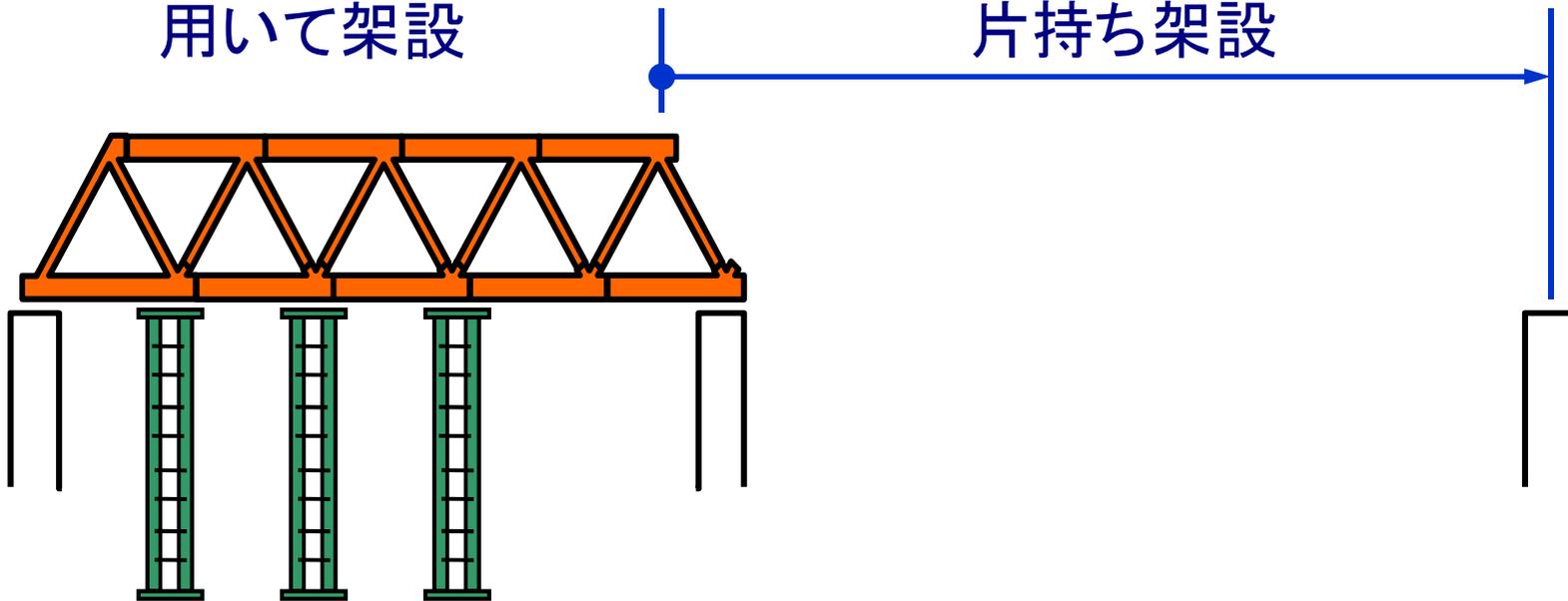


トラベラークレーンの片持ち架設

連続トラスの例

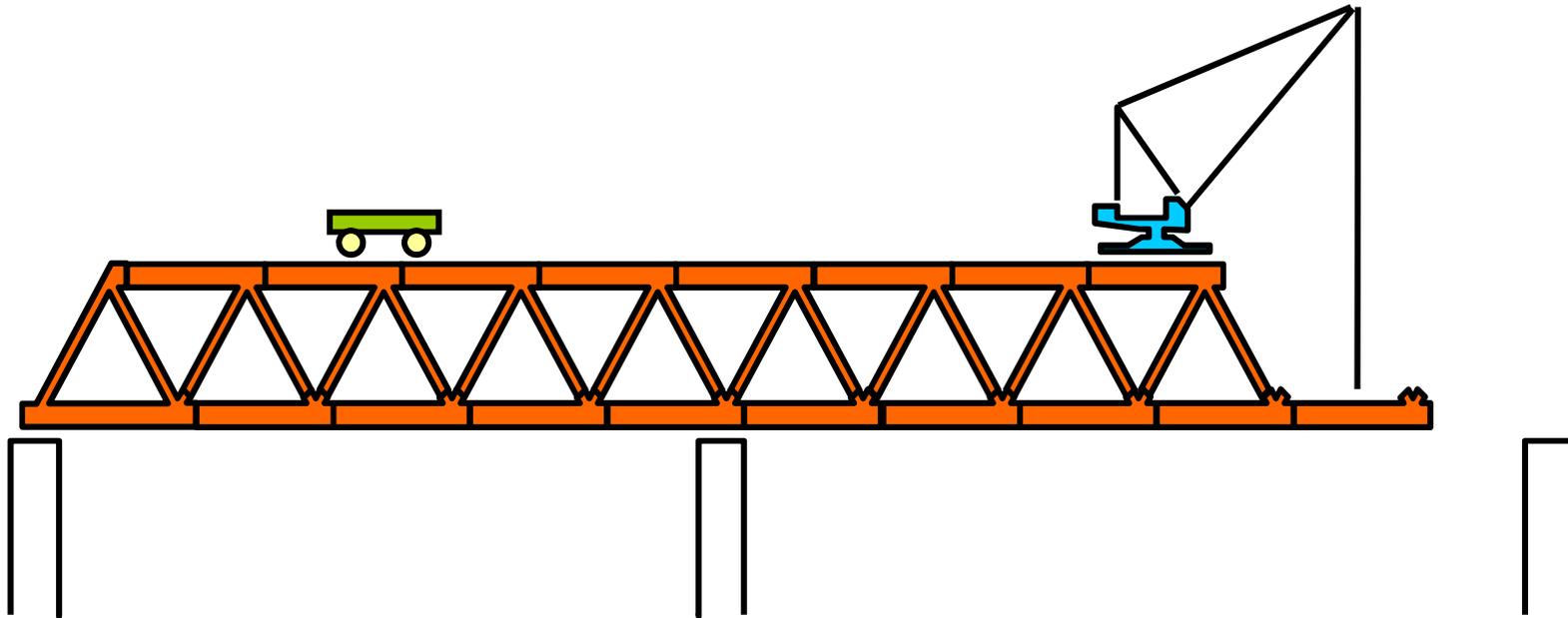
最初の支間はベントを用いて架設

トラベラークレーンの片持ち架設



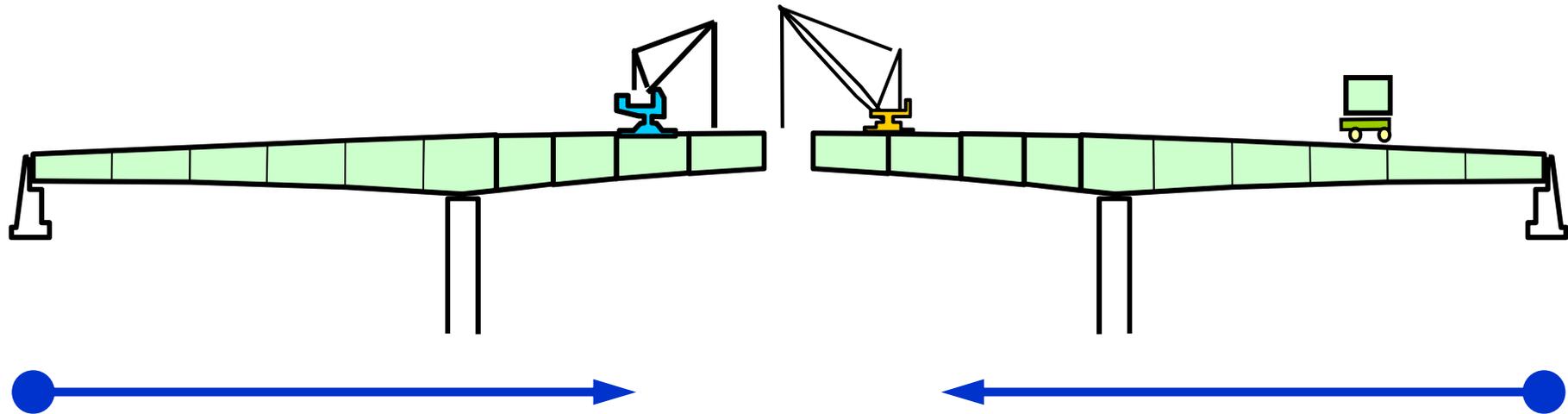
トラベラークレーンの片持ち架設

連続トラスの例



トラベラークレーンの片持ち架設

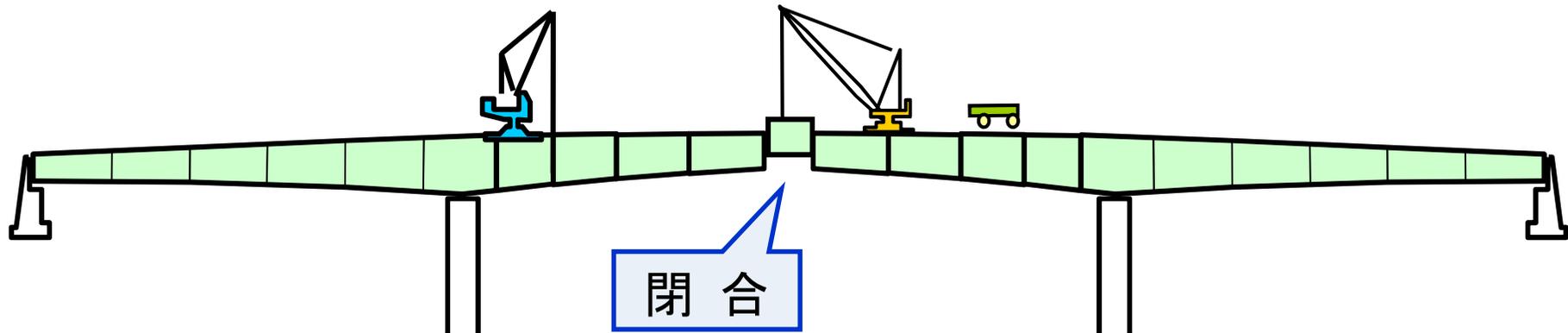
3 径間連続箱桁の例



側径間から架設して
中央で閉合する

トラベラークレーンの片持ち架設

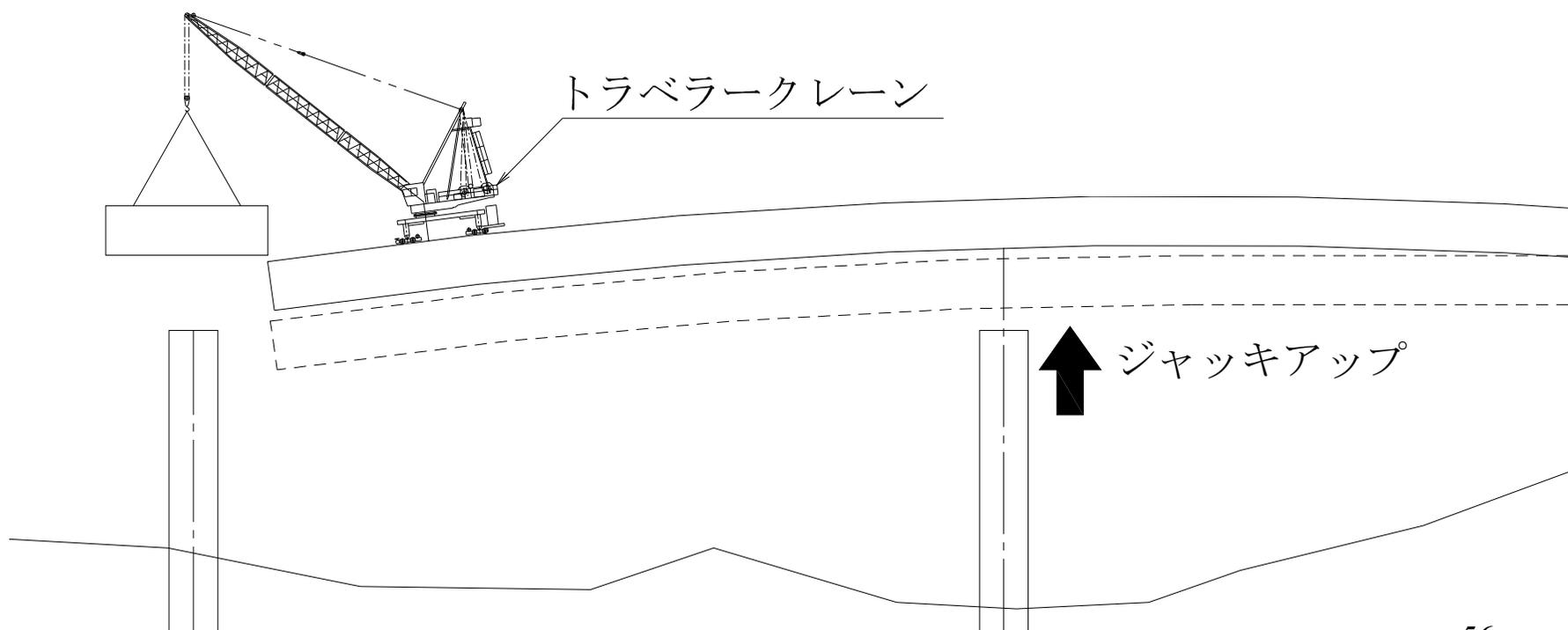
3 径間連続箱桁の例



【留意点1】 支点ジャッキアップ

たわみを考慮した支点ジャッキアップと桁補強が必要。

- ・ 張出し架設(片持ち架設)に伴うたわみを見越して手前の橋脚でジャッキアップしておく。
- ・ ジャッキアップ/ジャッキダウン設備の計画と、ジャッキアップに耐える桁の補強が必要。



【留意点2】 アップリフト止め

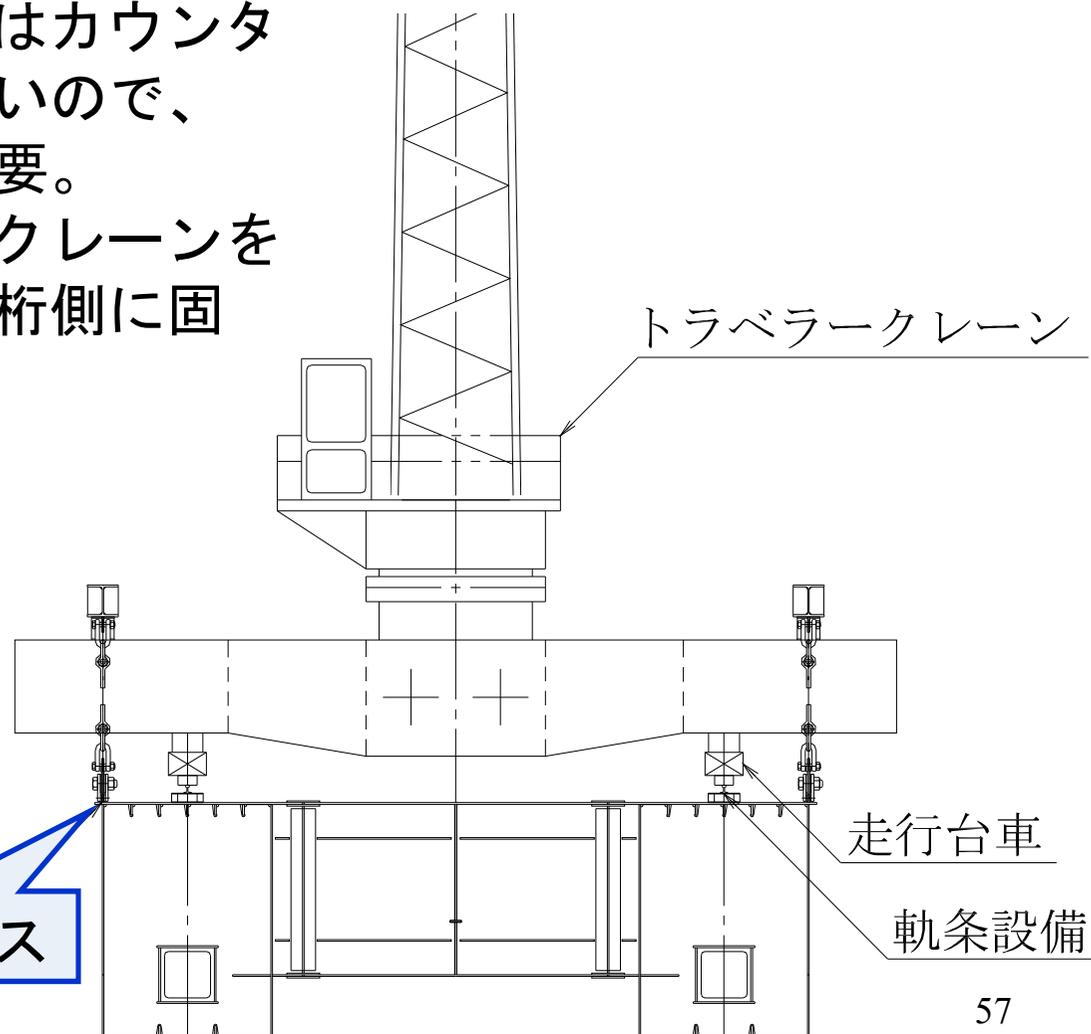
トラベラークレーンは桁への固定が必要。

- ・トラベラークレーンにはカウンタウエイトがついていないので、アップリフト止めが必要。
- 架設位置でトラベラークレーンを桁に固定(固縛)する。桁側に固定ピースが必要。

トラベラークレーンは桁を吊った状態では移動できません。



固定ピース



57

【留意点3】 その他の留意点

- ▼トラベラークレーンは、現場ごとに労働基準監督署の落成検査を受ける。落成検査では定格荷重の1.27倍で試験吊りを行うため、この荷重での桁応力照査が必要。
- ▼トラベラークレーンの組立解体場所(スペース)が必要。
- ▼トラベラークレーンがある架設地点まで桁を運ぶ台車が必要。
- ▼片持ち架設では、橋桁が完成系とは異なる応力状態になる。架設系での橋桁の応力照査が必要。



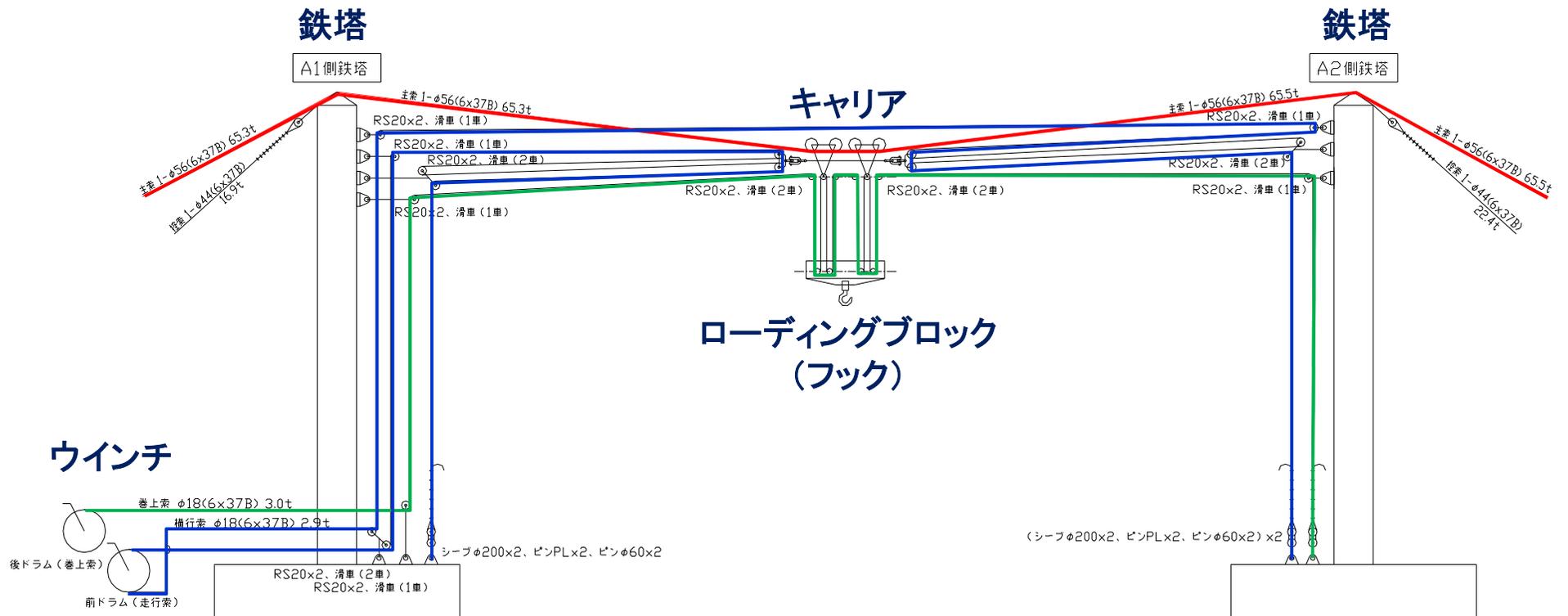
◆ケーブルエレクション工法の留意点



ケーブルエレクションの設備配置



ケーブルクレーン詳細

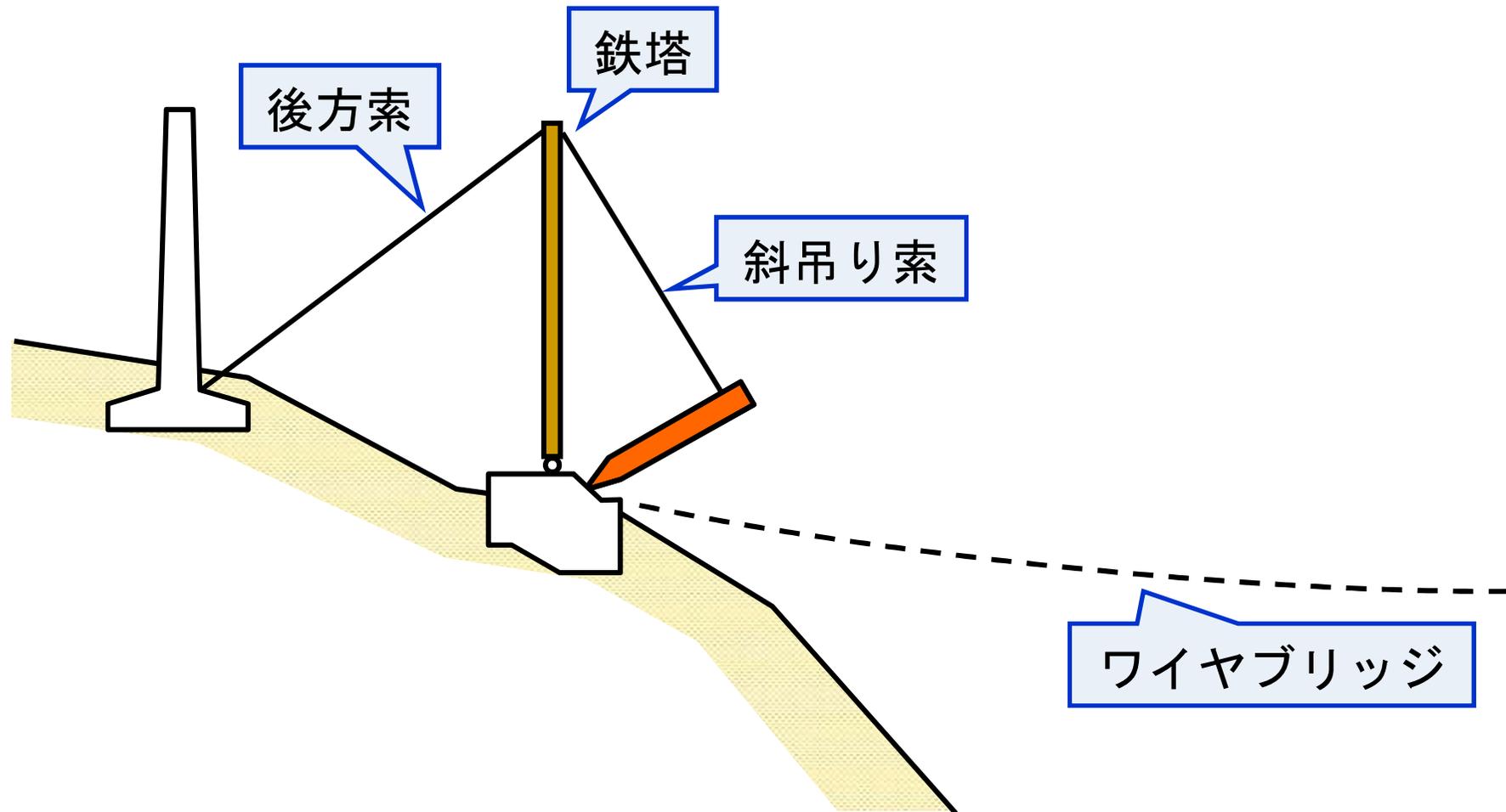


- ①主索
キャリアが載るケーブル
- ②横行索
キャリアを牽引するケーブル
- ③巻上げ索
フック上げ下げするケーブル



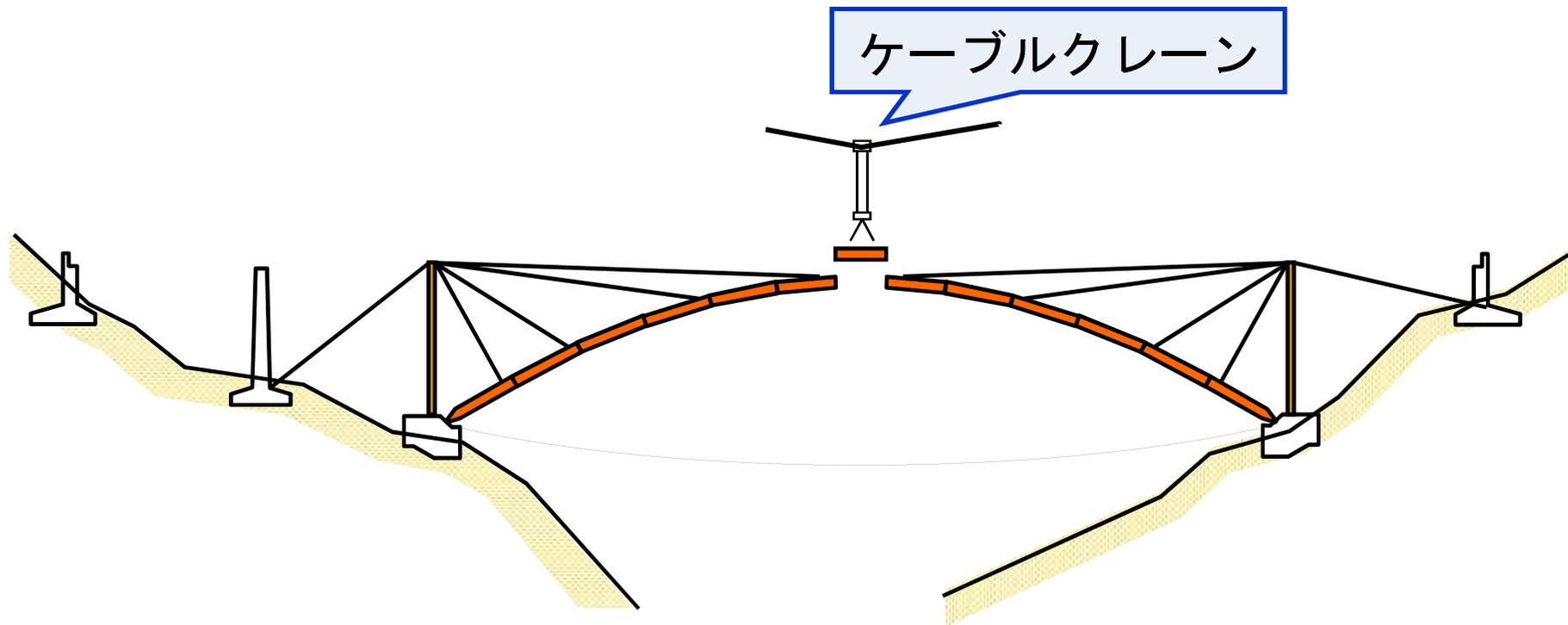
ケーブルエレクション工法のステップ

①アーチの架設



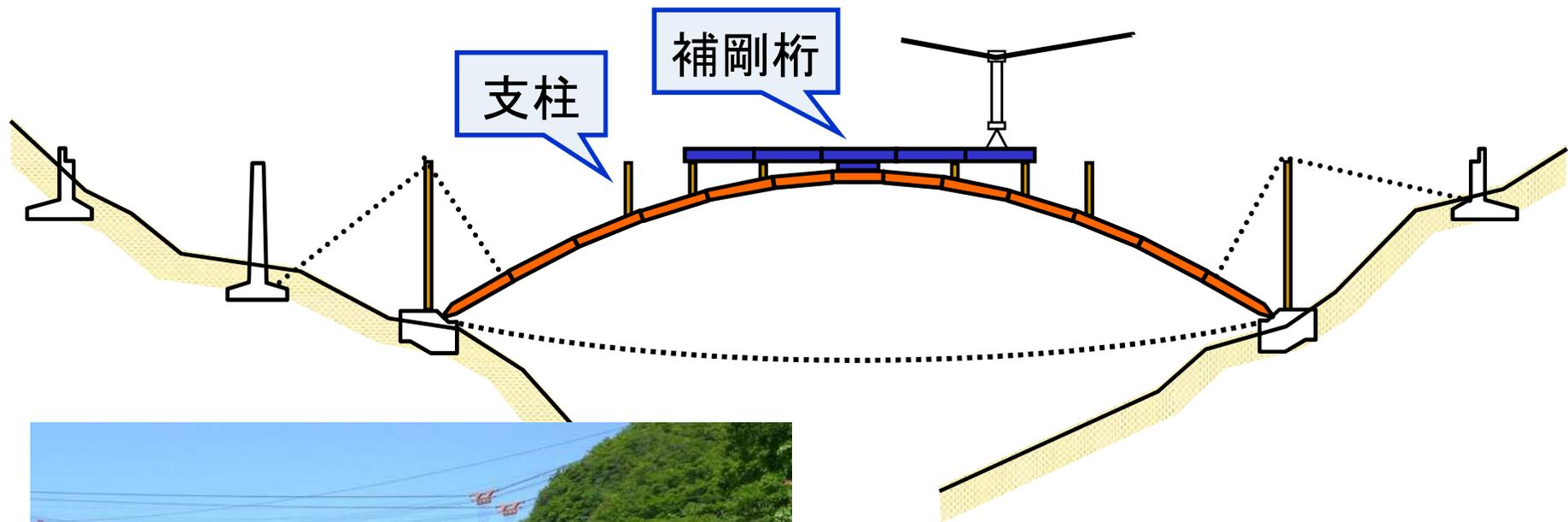
ケーブルエレクション工法のステップ

②アーチの架設（閉合）



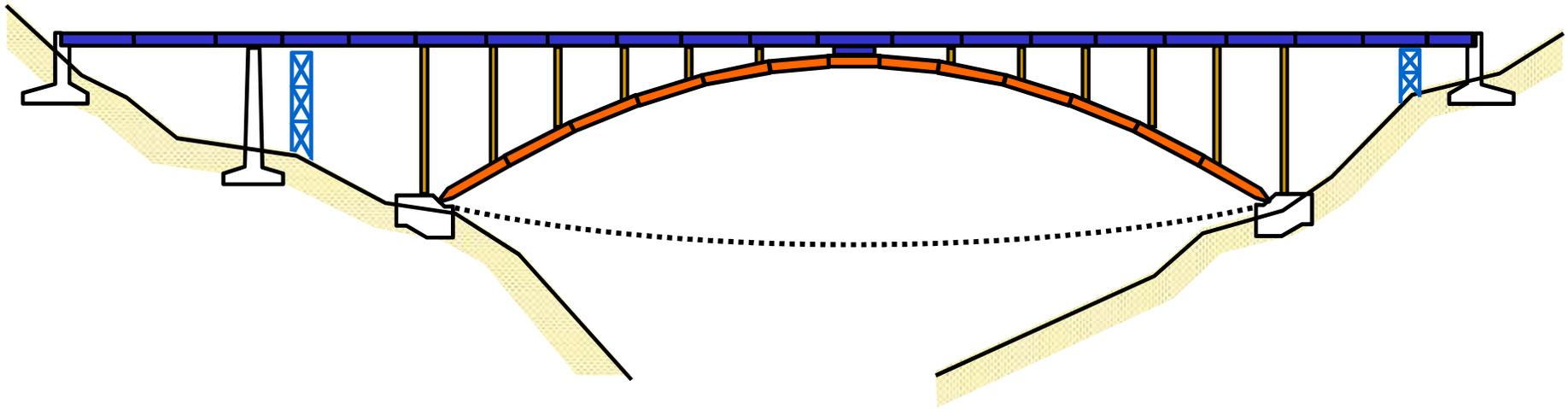
ケーブルエレクション工法のステップ

③支柱・補剛桁の架設



ケーブルエレクション工法のステップ

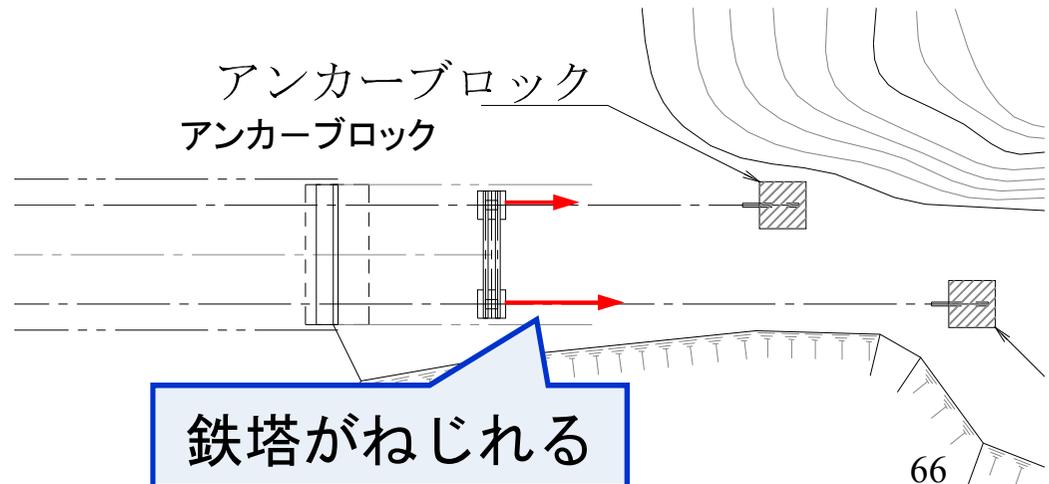
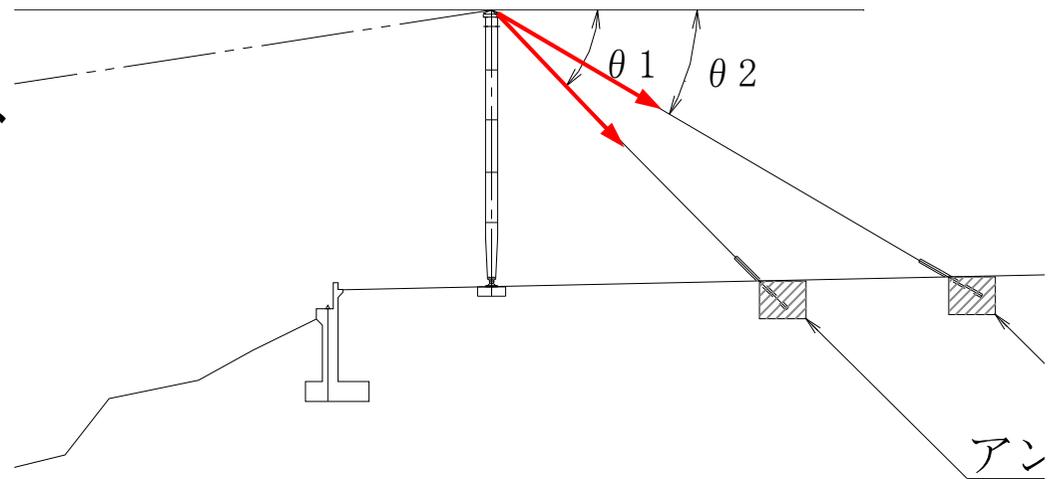
④架設完了



【留意点1】後方索の長さ(角度)

後方索は左右で同じ長さ(確度)にするのが原則。

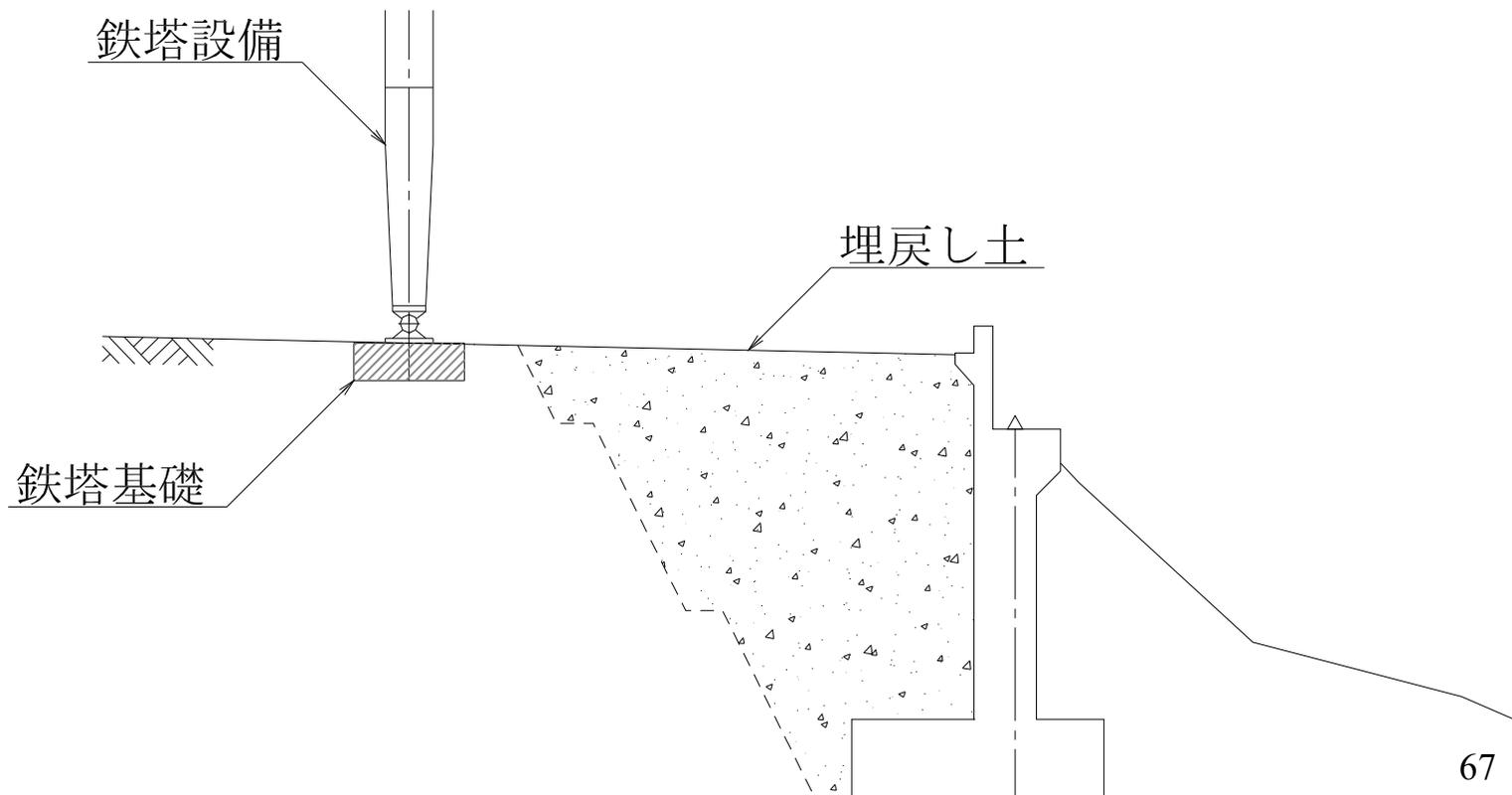
- ・ 後方索(バックアンカー)の長さが左右で異なると、
 - ・ 鉄塔頂部に加わる水平力に差が生じる
 - ・ ケーブルの伸縮量に差が生じる
- などの影響によって鉄塔がねじれる。



【留意点2】鉄塔の位置

鉄塔は橋台背面を避けて設置する。

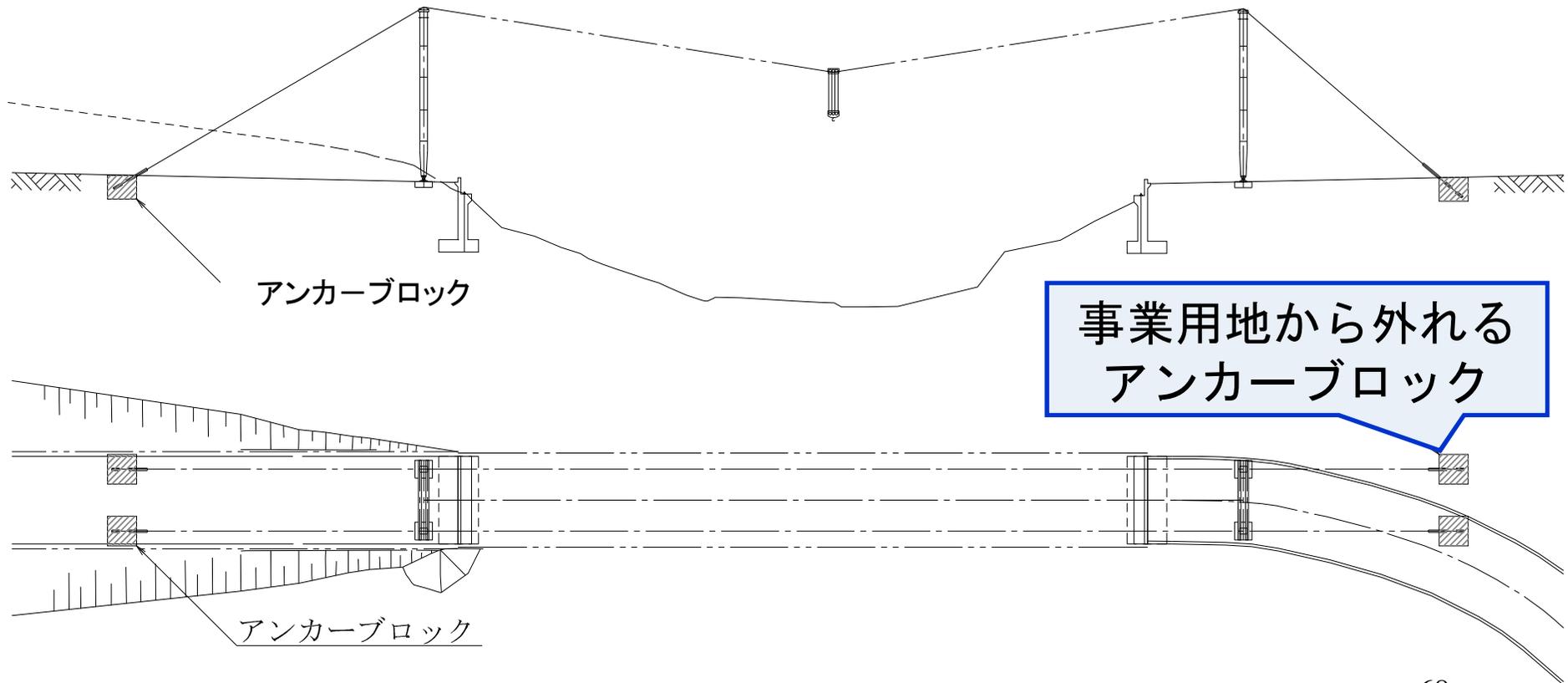
- 橋台背面は橋台施工の際に埋戻し土となっていて、大きな反力が作用する鉄塔基礎の設置場所としては不適。
→ほかに場所がない場合は薬液注入等の地盤改良を行う。



【留意点3】アンカーブロックの位置

アンカーブロックは事業用地の外になることが多い。

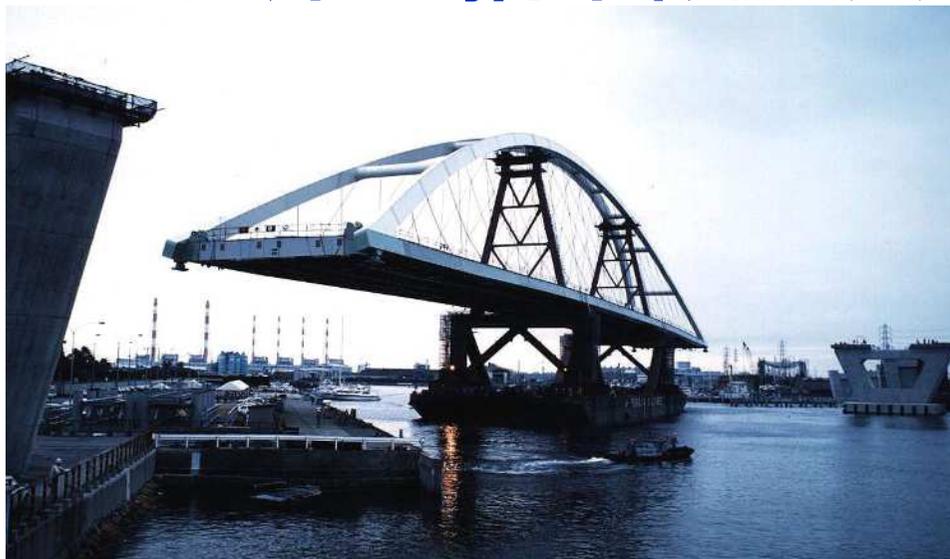
- ・ アンカーブロックが民地や国有林にかかる場合は、事前協議が必要。



◆フローティングクレーン工法



◆台船一括架設工法



70

◆大型搬送車による架設



71



図書のご紹介

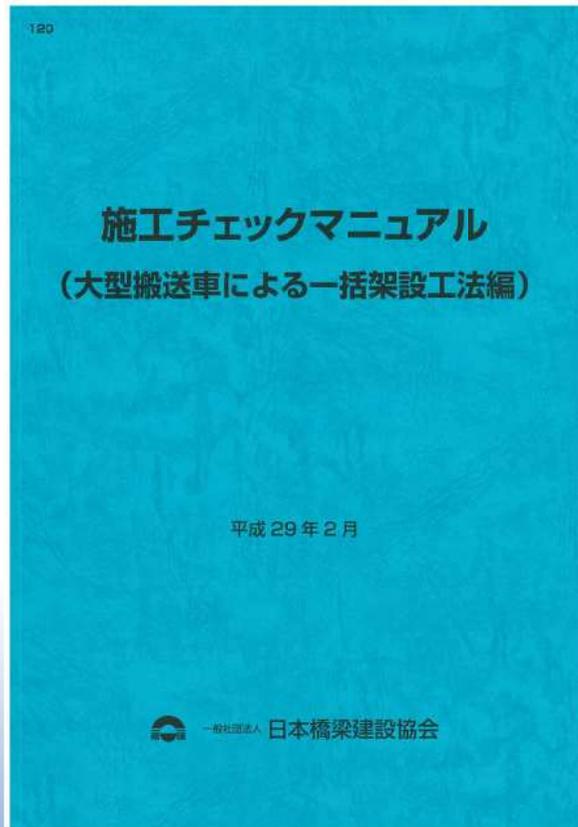


工法別のチェックマニュアル・計算例



施工チェックマニュアル

大型搬送車による一括架設工法編



「大型搬送車による一括架設工法」採用増加



時間制約などの施工条件が高難度化



「施工チェックマニュアル」

- ★難易度評価で初期段階から留意点を把握
- ★計画チェックシートで対策を確立・周知

施工チェックマニュアル

難易度評価

- ・ 計画の初期段階で施工の難易度を把握。
- ・ 施工難度が高い場合には、規制時間の延長など施工条件の緩和を早い段階から協議することで、施工の確実性を高めることを目的とする。
- ・ 計画の初期段階で得られる情報（橋梁一般図・架設計画図）から定量的に難易度を評価し、「Ⅰ：低難度～Ⅳ：高難度」でランク付けする。

施工チェックマニュアル

難易度評価

番号	評価項目	素点	重み	評価点	当該工事の評価点	
①	架設ブロックの構造形式	I桁橋・箱桁橋構造	0	2	0	
		I桁橋・箱桁橋構造で剛結構造のもの(ラーメン橋脚含む)	2	2	4	
		I桁橋・箱桁橋構造以外のもの(アーチ、トラス橋など)	1	2	2	
②	最大支間長	100m以上	2	1	2	
		50m以上100m未満	1	1	1	
		50m未満	0	1	0	
③	搬送物の長さ	200m以上	4	2	8	
		曲線移動(1組の場合)	0	1	0	
		直線移動(前進、後進、横行、斜行の組合せ)	0	1	0	
⑭	交通規制	高速道路	2	2	4	
		一般道	1	2	2	
		なし	0	2	0	
⑮	搬送経路上の支障物撤去・移設	規制時間内作業あり	1	2	2	
		規制時間内作業なし	0	2	0	
⑯	搬送経路の養生作業	規制時間内作業あり	1	2	2	
		規制時間内作業なし	0	2	0	

難 易 度 ク	ランクⅠ	20以下	実施事例が多く標準的な工事
	ランクⅡ	21以上25以下	難易度がやや高い工事
	ランクⅢ	26以上30以下	難易度が高い工事
	ランクⅣ	31以上	難易度が極めて高い工事

合計点数	
難易度ランク	

施工チェックマニュアル

計画チェックシート

- 大型搬送車による一括架設の過去実績を参照し、計画時と施工時における留意点、想定されるリスクおよびその対策をチェックシート形式に示したものの。
- 想定されるリスクに事前に気が付き、確実なリスク対策を講じて一括架設の安全性と確実性を高めることを目的としている。

施工チェックマニュアル

計画チェックシート

チェック項目	着眼点	想定リスク	対処法	年
事前確認				
行止めの可否	<ul style="list-style-type: none"> ・供用中道路等に対する必要な規制形態（通行止め等）の実施可否の確認 ・迂回路の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・当該工法の適用不可 ・迂回路がない場合、緊急車両通行帯確保のために作業中止 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通管理者およびその他関係機関との協議の早期事前終結 ・迂回路の早期計画（供用道路・新設の早期決定） ・地元説明会の事前実施による周知 	
制約条件				
時間の制約	<ul style="list-style-type: none"> ・交通規制実施可能時間の決定 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業時間不足による架設不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・早期の道路管理者、交通管理者との協議による作業可能時間の決定 	
距離の制約	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送可能時間と運搬距離 ・搬送経路上の障害物 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送時間増加による設定時間内での架設不可 ・障害物による搬送不可、架設不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通規制時間内の運搬距離短縮化 ・障害物移設計画の策定 ・近接ヤードの再検討 	
面積の制約	<ul style="list-style-type: none"> ・近接ヤードの探索（500m以内） 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送時間増加による架設不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送条件と必要ヤード面積の早期決定 	
近接ヤード	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送車組立ヤード使用計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送車の組立不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・運搬車両、組立用クレーン、搬送車等の配置計画の早期策定 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・地組ヤード使用計画の策定 ・搭載方法とのリンク（地組高さ等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・地組架台から搬送車への搭載不可 ・地組作業、地組用クレーンの組立・据付不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・地組ベント、クレーン、搬送車などの配置計画策定 ・正確なヤード形状の早期入手 	
力の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・地組、搬送車荷重に対するヤード地耐力の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・支持地盤沈下による仮設備、本体構造物の損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・原位置試験による支持地盤の地耐力確認 ・地盤改良、地盤養生の検討 	
確保	<ul style="list-style-type: none"> ・地組完了後の搬出方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬出不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤード使用計画の策定 	
比較検討	<ul style="list-style-type: none"> ・下記のCaseを比較検討 Case1：ベント上地組立→ベント間引き→搬送車挿入、搭載 Case2：地上で地組立→ジャッキアップにて搬送車挿入、搭載 Case3：搬送車上で地組立 	<ul style="list-style-type: none"> ・コストアップ 	<ul style="list-style-type: none"> ・トータルコストの比較検討 	78
策定	<ul style="list-style-type: none"> ・反力移行時のたわみを考慮した手順策定 	<ul style="list-style-type: none"> ・搭載不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・反力移行ステップの構造解析実施 	

施工チェックマニュアル

過去の工事例（難度Ⅳ：37点）

No.42 高槻 JCT - C ランプ橋【NEXCO 西】

集計した49件中
最高難度

構造物諸元

施工位置：大阪府（名神高速道路上）

施工時期：平成27年6月16日21時から17日9時まで

構造形式：鋼3径間連続非合成ラーメン箱桁橋＋鋼3径間連続非合成ラーメン鈹桁橋

橋長：366.5m

支間割：46.6m＋88.5m＋64.5m＋3@41.5m＋39.6m

幅員：9.400m～11.650m

主桁高さ：2.7m

平面線形：R=150m～A=150m～R=2,100m～R=1,250m

施工数量：全体重量 1,258t（一括架設重量 623t）
：（一括架設部材の部材長 J7～J18：L=82m）



難度が高くなるポイント

- ①構造形式：剛構造
- ④平面形状：曲率の大きい曲線桁
- ⑧仮受設備の有無：なし（ボルト添接）
- ⑩連結構造：両側ジョイント（剛構造）

79

土木学会鋼構造委員会 第42回基礎講座

鋼橋の現場施工の留意点

おわり

ご清聴ありがとうございました。

