

鋼橋解体撤去工事の留意点

技術委員会 架設小委員会 架設部会
越中 信雄 富田隆史

はじめに

災害発生時のライフラインとして重要な役割を担っている鋼橋は、長期計画に基づき維持・補修を実施し安全性能・使用性能を保っている。しかし建設後 50 年を経過し経年劣化による補修が必要な橋は年を追うごとに増加している。損傷度が大きく補修しきれない橋や補修に大きなコストがかかる事が見込まれる橋は、解体撤去し新橋へと架け替えが実施される。

解体する旧橋は断面損傷が激しいことが多いほか、追加補強を実施し形状変更されていることがある。鋼橋解体工事を安全・円滑に進捗させるには、部材損傷による強度低下、構造変更補強による橋体重量増加に留意することが必要である。以下、解体工事における個別工種の留意点を記載する。

1. 一般的な留意点

1. 1 基本的な留意点

橋種や施工環境によらず共通な留意点を記す。

- (1) 橋体設計図書の手入
- (2) 設計図書と現状橋体との差異確認
- (3) 解体撤去作業時の施工環境調査
- (4) 橋体損傷状況の調査
- (5) 解体時発生材の適切な処理方法

橋体設計図書が入手できない場合は、寸法・板厚を計測し橋体重量を算出し応力照査などを行う。

1. 2 施工環境上の留意点

解体工事は新設工事に比べ施工環境が厳しくなっていることが多い。

- (1) 解体作業は騒音振動が発生する頻度が高い。近隣家屋等が密集している場合には、家屋調査を行い工事の影響の有無を掌握しておくことが望ましい。
- (2) 床版などのコンクリート構造物を解体する場合、騒音振動のほか、粉じんなどが飛散することがある。作業場周りはフェンス等で覆うほか、散水し粉じん飛散防止をするなど周辺環境に配慮する。
- (3) 橋脚や橋桁内部に有毒ガスの発生例がある。

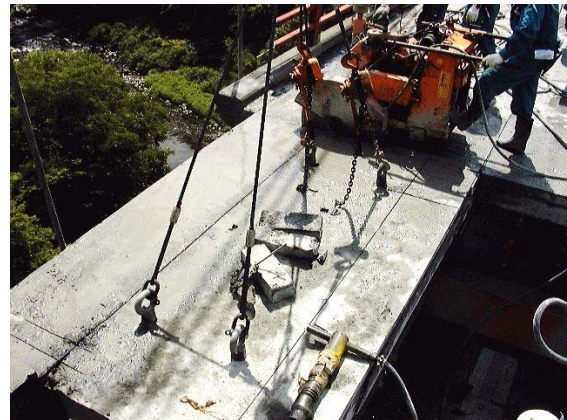
内部の作業環境を調査後作業する。安易にガス切断機などの火気を使うのは厳禁である。

2. 床版解体撤去

2. 1 概要

床版解体撤去には、桁上でブレーカーなどで破碎解体する方法と写真-1 のように桁上でコンクリートカッターにて切断しブロック解体後、地上で細かく破碎する工法がある。破碎方法による分類を下記に示す。

- ① 機械的衝撃による工法 ・ブレーカー工法等
- ② 油圧による工法 ・ ・ ・ 圧搾工法
鉄骨切断機工法
油圧式静的破壊工法
- ③ 切断による工法 ・ ・ ・ カッター工法
ワイヤソー工法等
- ④ 溶断による工法 ・ ・ ・ ガス切断機等
- ⑤ 水力による工法 ・ ・ ・ ウォータージェット工法
- ⑥ 火薬による工法 ・ ・ ・ 発破工法、静的破碎工法



出典：鋼技研・施工部会 平成 18 年度報告書Ⅳ」より引用

写真-1 床版ブロック解体状況

2. 2 床版解体撤去時の留意点

床版解体撤去時の留意点は下記のとおり。

- ① I 桁の床版解体中に横倒れ座屈をおこすことがある。特に、床版上にブレーカーなどの重機を搭載するときは橋体照査を行う。場合により仮横構や仮対傾構を設置後解体する。
- ② 横桁、対傾構の解体は床版完全撤去後に実施（合

成桁は特に注意)。

- ③ アーチ橋や連続桁では床版撤去順番に留意する。
特にアーチ橋では1方向から撤去すると床版荷重が偏載荷となり局所的に大きな応力が発生し倒壊につながる場合がある。
- ④ コンクリートガラが防護工上に一時的に載荷する場合は防護工照査を行うほか、すみやかに撤去する。
- ⑤ 粉じん飛散、騒音・振動発生抑制。
- ⑥ コンクリートカッター使用時の水処理。

3. 鋼桁解体手順と工種毎の留意点

3. 1 概要

鋼桁解体3つの基本事項

- ① 応力解放を精度よく行う。
- ② 完成時と逆の応力が発生することがある。
- ③ 施工時の桁損傷状況確認。

解体の手順を下記に示す。

- STEP 1 足場工の設置
- STEP 2 ベント等支持材の設置
- STEP 3 ジャッキアップ 応力解放
- STEP 4 桁切断、解体、撤去
- STEP 5 ベント等解体

3. 2 桁仮受点の選定と仮受点補強

解体作業は橋体に発生している応力を解放してから部材切断作業を行う。常時の桁受点以外で仮受する事が多く、事前に桁受点強度を確認し強度不足の場合は補強を行う。仮受方法として橋体を下から支える方法(ベント、架設桁など)または上から吊込む方法(斜吊りなど)がある。事前に下記の点を確認する。

- ① 仮受け点桁応力照査
 - ・ 支点補剛材断面照査、腹板座屈照査
- ② 仮受け点下部工応力照査
 - ・ ジャッキセット位置の下部工支点応力確認
- ③ 製作そり確認
 - ・ 桁応力が解放される桁受け高さの決定
- ④ 仮受け点反力算出
 - ・ 施工時の反力管理値を事前に求めておく

(1) 仮受点の選定

① 鋼橋全般

仮受点の応力照査(腹板座屈照査など)を行う。耐力不足の場合は支点上補剛材等の補強を行う。橋

桁だけではなく、橋脚側も同様である。

② トラス橋の場合

トラス橋は極力格点位置で仮受を行う。格点間で仮受を行う場合には、格点間受点反力により発生する断面力で下弦材を照査確認する。(図-1 参照)

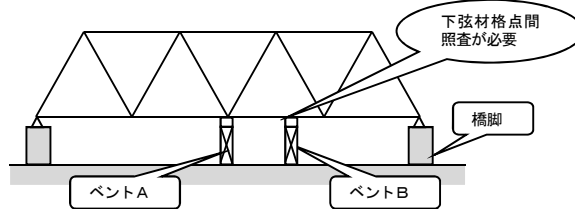


図-1 トラス橋仮受要領図

(2) 仮受点の補強方法

仮受点で耐力不足の場合は、支点上補剛材を取り付け、仮受点補強を行う。補強材の取り付け方法にはボルトで取り付ける場合と、溶接で取り付ける場合がある。留意点を下記に記載する。

- ① 近傍の母材に大きな損傷がないか。
- ② 錆や塗料が十分除去されているか。
- ③ 高力ボルト摩擦接合の場合、肌隙がないか。
- ④ 溶接の場合、部材材質が溶接に適しているか。

3. 3 桁仮受作業(橋体応力解放)

桁仮受作業は、事前は無応力状態となる仮受点の調整高さ、反力を算出し現地で再現する。これにより部材切断時における部材の急激な変位を防止する。仮受点数も多くなるため、応力解放ステップに合わせた反力管理が重要である。仮受作業の留意点を記載する。

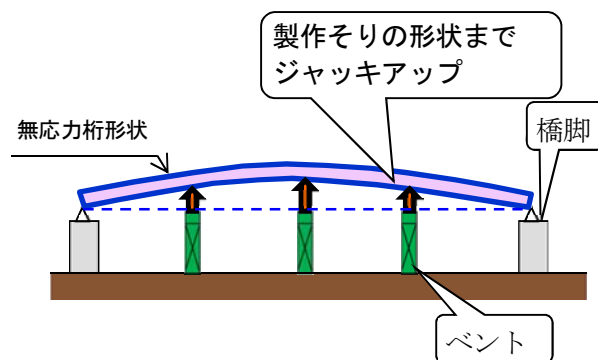


図-2 応力解放作業要領図

- ① 各仮受点の反力と調整高さを事前に算出し、管理値とする。調整高さは橋体製作時に決定された製作そり(キャンバー)値であり通常解体作業では床版撤去後に鋼桁解体を行うため鋼重キャンバー値を使用。
- ② 仮受作業足場は十分なスペースを確保する。

3. 4 吊点の取り付けと玉掛け

切断後に小分割された部材をクレーン等で吊り込み地上へおろす。この際、吊元となる部分では下記の点に留意する必要がある。

- ① ナイロンスリングなどで部材を大回しして吊り上げることが多く、トラス斜材などは玉掛けワイヤのズレ止め処置をする、ナイロンスリングなどが部材角部にあたる時はやわらを入れ、破断を防止する。
- ② I 桁において、吊点間隔または片持長が下記の値を超え図-3のように1主桁毎で玉掛けする場合は、I 桁が横倒れ座屈を起こすおそれがあるため吊点間隔を小さくするか2主桁一体のまま吊りおろす。

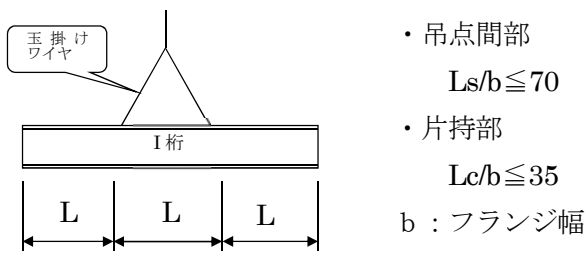


図-3 桁吊り上げ要領図

3. 5 部材切断作業

鋼桁部材切断は、ガス切断または添接部のボルトやリベットを抜き取ることで行う。鋼桁部材の再利用が

ない場合は、ガス切断により切断していることが多い。ガス切断作業時の留意点を記載する。切断作業は切断部位の応力解放後に実施する。

- ① 応力解放は確実に実施する。切断部分に応力が残っている場合は切断作業中に部材が変形し動く場合がある。残っていた軸力が切断により急に応力解放しないように、少しずつ荷重解放させている事例もある。万一、部材変位が発生しても作業者がはさまれないように作業足場を広くするなどの配慮が必要である。
- ② ガス切断する際、有毒ガスが発生することがあり十分な換気が必要である。
- ③ 火の粉養生を確実に実施。火種があると数時間後に発火することもあり、事後巡回点検は重要である。
- ④ 伸縮装置撤去時は、可燃性が高い材料が使われていることもあり火災とならぬ様的確な養生を行う。

4. 一括撤去工法の留意点

解体には、さまざまな工法があり橋梁形式・施工環境を考慮し最適な工法を選択する。図-4に工法選定フローチャート(例)を示す。この後に記載する主な工法別留意点と照らし合わせて確認願いたい。

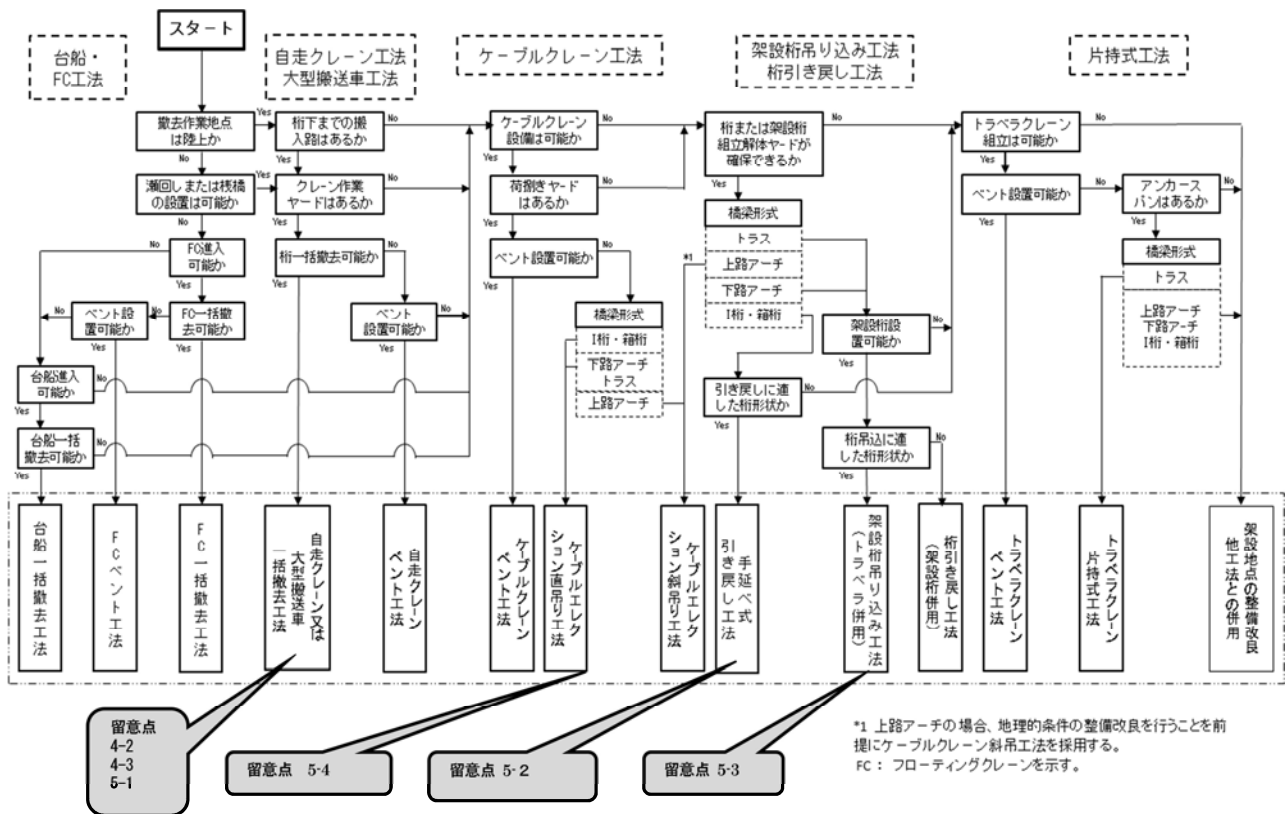


図-4 工法選定フローチャート(例)と留意点ポイント

架橋地点からクレーン等により一括で吊り下ろし地上にて小分割解体する工法の留意点を記す。

一括撤去工法は、高所作業が少なく、工程的にも有効な解体工法である。反面、扱う橋体は大型で重量も重くなるため広く強固な地盤の作業ヤードが必要となる。上路アーチ橋には橋梁形式上、不向きな工法である。

4. 1 基本的留意点

旧橋をベントなど使わないで一括撤去を行う場合は、特に下記の場合は注意が必要である。

- ① 旧橋の中でも合成桁の場合、コンクリート床版を解体すると有効断面が減少し耐力が減少する。
- ② I 桁の中には鋼重ミニマム設計をされているものがあり上フランジ幅が場所ごとに変化し狭いことが多く横倒れリスクが高くなる事がある。
- ③ I 桁を1主桁ごと一括撤去する際、支間とフランジ幅比が基準値を超える場合は、横倒れリスクが高いので照査を行う。
- ④ 開断面桁では、横ねじれ座屈発生の可能性がある。仮設横構を床版解体前に取り付けることもある。

4. 2 自走クレーン一括解体工法

本工法は桁下空間が使用できない時にも対応できる。

(1) 特徴

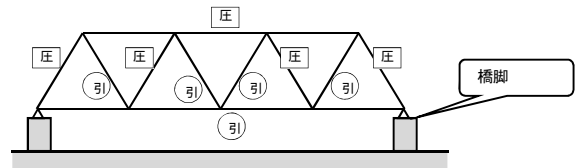
- ① 大型クレーン1台または2台の相吊りで架橋位置から地上に下ろし、小型クレーンで分割解体する工法である。高所作業が少なく、ベントなどの仮設備も少なく済み、工程的にも有利である。

(2) 留意点

- ① ブロック重量は正確に算出する。
- ② クレーン2台相吊の場合は、定格総荷重を25%低減し機種選定を行う。
- ③ 働省労働基準局長通達で、2台の相吊りは原則禁止となっており、やむを得ず相吊りを行う場合でかつ作業指揮者の直接指揮のもとに行わせる場合に限定されることなどが規定されている。本工法で施工せざる得ない場合は本通達を順守し慎重に施工する。
- ④ 1吊点当たりの荷重が大きく、吊金具や吊点近傍の桁本体照査が必要である。
- ⑤ トラス橋や下路アーチ橋を1台のクレーンで大ブロック一括解体する場合、完成時の橋体応力と逆の応力となるケースがあり照査が必要である。

トラス橋では、図-5のように弦材・斜材軸力の圧縮引張が逆になるケースもあり許容応力度が低下する場合もあるため注意を要する。

●施工前



●吊り込み時(例)

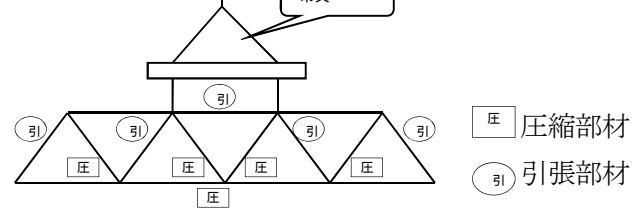


図-5 断面力発生状況図

- ⑥ クレーン基礎は強固に整備する。吊り込み開始時にクレーンアウトリガの反力が最大となることが多い。一括解体の場合、大型重機となることが多く地耐力には特に注意が必要である。
- ⑦ トラス桁の場合、吊点は原則格点部とする。

4. 3 大型搬送車による一括撤去

桁下空間使用可能な場合に採用される工法である。

(1) 特徴

- ① 解体橋梁が大型で重量が重くても対応可能。
- ② 走行路が平坦で強固な地盤であること。

(2) 留意点

- ① 複数の大型搬送車を連結する場合は、お互いを油圧ホースでつなぎ、連動システム調整を行う。
- ② 地盤に大きな不陸があると対応できない。特に大型搬送車を複数連結して使う場合は、タイヤ位置での相対高さの差が大きく注意が必要である。
- ③ 大型搬送車は荷台を±300mm程度上下させる能力があるが路面勾配や不陸、桁のたわみでストローク不足となる場合がある。別途大型ロングストロークジャッキと組み合わせて使うこともある。
- ④ 大型搬送車のタイヤストロークでは搭載・荷下しができないことも多く、要領を事前に検討する。
- ⑤ 高速道路上の橋梁撤去で使うときなど走行路の地下に地下埋設物がないか調査が必要となる。

5. 具体の解体工法例と留意点

ここでは、橋梁形式と施工方法の組み合わせによる解体工法事例をあげ留意点を記載する。

5. 1 自走クレーン一括撤去 (I 桁)

(1) 特徴

I 桁には、非合成桁、合成桁（活荷重合成・死活荷重合成）・部分合成桁、鋼床版桁がある。特に旧橋で鋼重ミニマム設計された合成桁の場合フランジ幅が場所ごとに変化し上フランジ幅が狭いことが多く注意が必要である。

(2) 留意点

- ① 形状確保のため極力横構や対傾構は地上におろしてから小分割解体する。
- ② I 桁のコンクリート床版解体作業中に横倒れ座屈をおこすことがある。床版撤去順序と重機搭載方法について慎重な検討が必要である。床版撤去する部分に仮横構、仮対傾構を設置する方法もある。
- ③ I 桁を1主桁ずつ撤去する場合、仮置き時支間と圧縮フランジ幅の比が 70 より大きくなる場合は、横倒れ座屈防止対策として仮対傾構や仮横構を設置またはベントを設置する。

5. 2 手延べ式引き戻し撤去 (箱桁)

(1) 特徴

- ① 桁をジャッキアップしたのち、先端に手延べ機を取り付け作業ヤードまで引き戻し解体する工法。
- ② 桁下空間が使えない場合に有効な工法である。

(2) 留意点

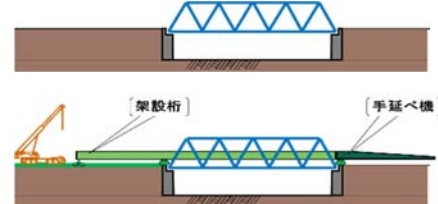
- ① クレーン進入路、手延べ引き戻しヤード確保。
- ② 桁の損傷度確認、状況により補強。
手延べ機を連結する桁端部が健全な状態であることを事前に十分に調査してから計画を進める。
- ③ 手延べ跳ね出し時たわみ量を事前に把握する。
- ④ 完成時と逆の断面力が発生するため座屈に対して充分補剛されていることを確認する。
- ⑤ 本来の支点ではないところで仮受するため腹板の座屈照査をおこなう。
- ⑥ 跳ね出し時に転倒に対する安全率を 1.2 以上確保する。不足する場合はカウンターウエイトの搭載または、手延べ機を長くすることで対処する。

5. 3 架設桁吊り込み撤去 (下路トラス)

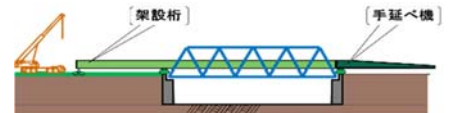
(1) 特徴

- ① トラス橋の主構間に架設桁を設置しトラス橋全体を架設桁で吊り込み応力解放する方法である。架設桁の施工は手延べ式引き戻し工法で行う事が多い。(図-6、写真-2 参照)

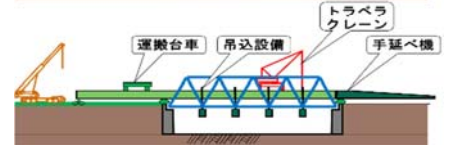
- ② 架設桁上にクレーンを搭載し小分割解体実施。
ステップ 1



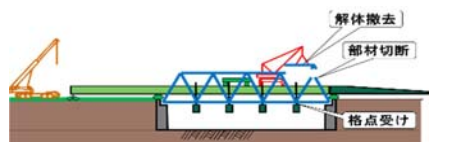
- ステップ 2



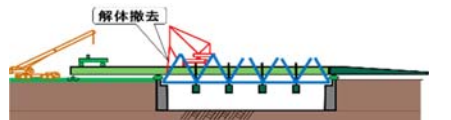
- ステップ 3



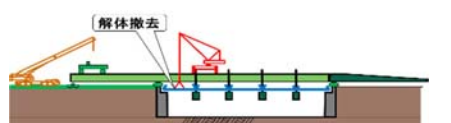
- ステップ 4



- ステップ 5



- ステップ 6



- ステップ 7

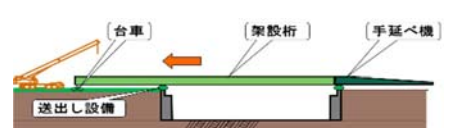


図-6 下路トラス架設桁吊り込み解体手順図

(2) 留意点

- ① 残留応力が残らないようにするため橋体重量を正確に算出し、吊り込み力を定めて管理する。これを怠ると部材切断時に応力が急激に解放され部材が変位することもあり大変危険である。
- ② 左右の主構を均等に解体する。トラス主構内側を吊るため重心に近くバランス取りが難しい。
- ③ 吊点として横桁に吊具を設置し吊り込む場合は、横桁の耐力を照査する。最後に残った横桁を撤去する手順を策定しておくことが重要である。
- ④ 1 径間の解体が終わり架設桁を移動させる際、手延べ機が最大片持状態となる。たわみ量を事前に把握し架設桁の引き戻し計画を行う。

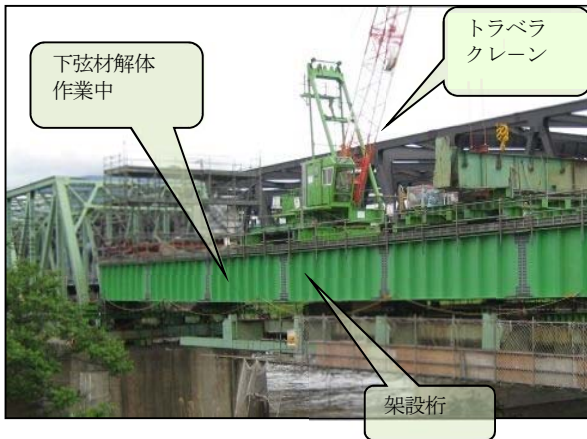


写真-2 架設桁吊り込み作業状況

5. 4 ケーブルエレクション直吊撤去

(1) 特徴

本工法は桁下空間が使用できない場合にも対応できる。(写真-3 参照)

(2) 留意点

- ① トラスの場合、格点を吊索で吊り込む。
- ② 吊索張力管理を精度よく行う。完全な応力解放は不可能である。本工法では、ケーブルで桁を支えているため、ケーブルの伸びが影響して仮支持点の反力や高さ管理が難しい。事前にケーブルの伸びを考慮したケーブル張力管理が必要となる。このためハンガーロープに油圧ジャッキをセットし調整できるようにしている例もある。
- ③ 残留応力で最初の切断時に桁が変位することがある。
- ④ 主索は同じ使用経歴の物をセットで使用する。(新品と使用済み品ではヤング率が異なりワイヤの伸び量が変わるので調整困難となる。)
- ⑤ ケーブル設備で吊り込み調整しても完全無応力状態を作るのは困難であり、初めの部材切断時に変位が伴うことがあるので注意が必要である。
- ⑥ 応力解放装置を使う場合もある。



写真-3 ケーブルエレクション直吊作業状況

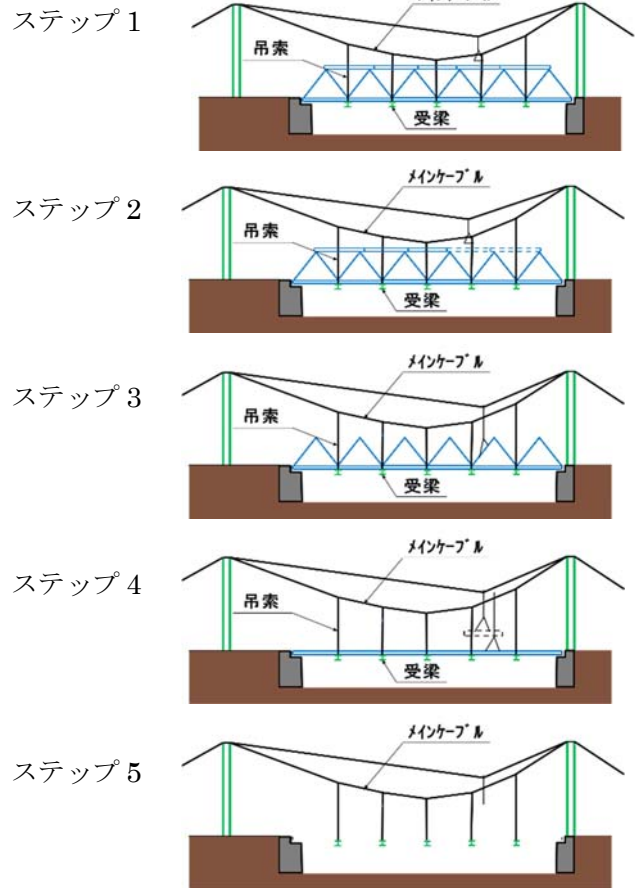


図-7 下路トラス直吊り解体手順図

6. まとめ

- ・実橋の状況を精査し解体作業時点での状況に適合した要領にて作業する。
- ・合成桁解体時は横倒れ座屈に留意し安全確認を行う。
- ・騒音、振動、粉じんが発生するため地元住民説明を実施する。

おわりに

解体工事は一橋一様であり、対象橋梁の構造特徴や施工環境を入念に調査して計画立案・現地施工に臨むことが肝要である。年々新しい設備や重機も開発され施工手段は多様化している。今後、都市部での解体が増加する中で施工難易度がますます高くなっていくと予想される。解体工事はまだまだ人の手によって対処しなければならない点も多く、安全施工を第一に施工技術を磨いていく必要がある。

[参考文献]

- 1) 土木学会：鋼構造架設設計施工指針 (2012)
- 2) 建設図書：橋梁と基礎 2014 vol.48
- 3) 鋼橋技術研究会・施工部会：平成18年度報告書IV