

クレーンでの直吊りによる3径間連続曲線桁の解体解析

Dismantling analysis of the three spans continuous curved bridge girder by hanging with the crane

(株)砂子組	正会員	田尻 太郎 (Taro Tajiri)
(株)砂子組	正会員	田中 孝宏 (Takahiro Tanaka)
(株)砂子組	正会員	野崎 了 (Ryo Nozaki)
(株)砂子組	正会員	近藤 里史 (Satoshi Kondo)
(株)砂子組	非会員	砂子 邦弘 (Kunihiro Sunago)

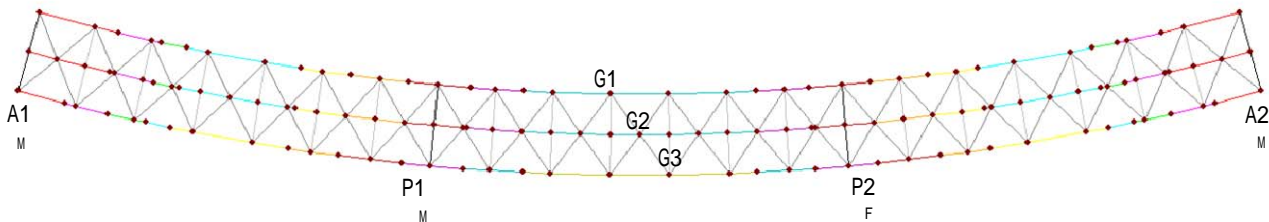


図 - 1 解析モデル

1. はじめに

旧一般国道231号潮見橋は橋長99mの3径間連続曲線桁橋で、支間割は33m@、曲線 $r=187.250$ 、184.000、180.750mの3主桁、縦断勾配2.0%。横断片勾配6.0%の橋梁である。当該橋梁は別線ルートの特設トンネルが開通したことから、解体することとなった。

解体順序は、総重量500twの床版撤去を行った後に、鋼橋を解体するものである。本橋は架橋地点、構造とも山岳橋梁に類似し、橋脚高さ約30mの曲線橋である。

曲線橋の解体は河川橋等では幾つかの例があり、ベントを立てて無応力状態で切断するのが一般的であるものの、ハイピアカつ曲線の山岳系橋梁の解体事例は調査したが見つからなかった。また架橋地形が狭谷であることから、ベント設置は困難と判断した。

今回の解体では、200twクローラクレーンで大ブロックの鋼重分を直吊りしながら空中で桁を切断する方法をとった。その際には、切断順序でのステップ解析が必要となったほか、曲線桁であるため、吊り上げ撤去部の座屈照査（主に横倒れ座屈）と、吊り位置決定のための重心計算および解析順序を決定する目的で、3次元フレームによる事前解析が必要となった。

本論文は、事前解析結果を報告するものである。

2. 解析モデル

図-1に解析モデルを示す。図中の点は梁要素の節点を表し、部材の色の違いは断面変化を表す。梁要素は中間節点を持つ、4次要素である。

主桁G1、G2、G3は全てI型断面で、横桁も端対傾構を除き全てI型である。

I型の上弦材、CutTの斜材、下弦材から構成される端対傾構は、別途部分構造を取り出し、面内面外曲げ、面内面外せん断、軸力および捻りを単位荷重によって作用させ、荷重と変位の関係から換算した梁要素としてモデル化した。

CutT断面の上下横構は、上下の断面性能を加えた梁要素を用いた。

P2ピアがFix（ピン支持）で、A1およびA2アバット、P1ピアはMoveである。Moveは一方向ローラーであるため、桁に平行な可動方向をモデル化している。

断面性能および鋼重、鋼種は当初設計図面に基づき、部材寸法値から全て算定した。鋼種は現在の規格で、SM520相当である。

床版荷重も当初設計計算書のものを用い、桁方向の線荷重として外桁に1/4ずつ、内桁に1/2を負担させた。当該路線は既に通行止めであるため、活荷重は考慮していない。

橋長99mに対して縦断勾配2.0%は影響が少ないと判断して無視し、主桁間隔 $3.25 \times 2 = 6.5$ mに対する横断片勾配6.0%は、モデル化の際に考慮した。

3. 供用時および床版撤去時の結果

供用時の状態（死荷重のみ）を作るため、最初に主桁および横桁のみの自重解析を行い、これを初期応力状態として横構を追加し、ステップ解析を行った。これは床版撤去時の状態に相当する。

次に床版死荷重を作用させ、供用時の状態とした。結果を図-2、3に示す。床版を撤去する事により、曲げモーメント、せん断力とも1/6程度に軽減され、部材に十分な応力余裕が生じるのがわかる。

4. 道路橋示方書・鋼橋編・同解説の設計方針

前節の結果より床版を撤去する事で部材には十分な応力余裕が生じ、大ブロックの切断、クレーンによる直吊りを行ったとしても、単純な曲げおよびせん断、軸作用には十分に安全と考えられるが、座屈現象に関しては問題が残る。そこで当施工における観点から、道路橋示方書・鋼橋編・同解説の設計方針をまとめると、次のように整理可能と思われる。

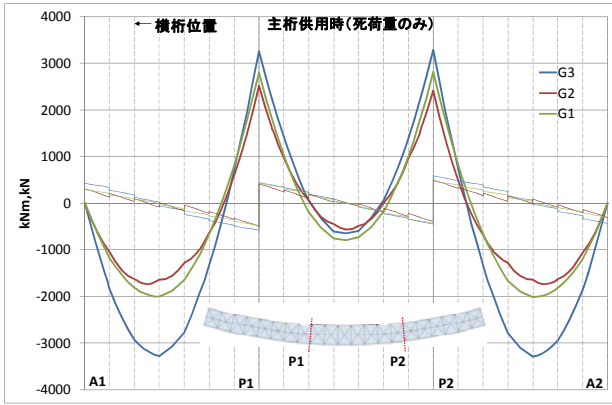


図 - 2 供用時の主桁の B.M.D. と S.F.D.

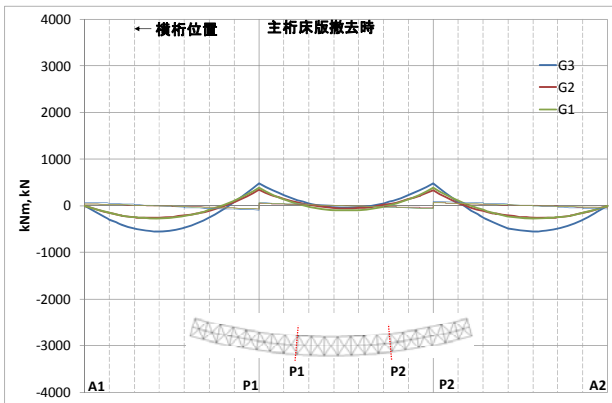


図 - 3 床版撤去時の主桁の B.M.D. と S.F.D.

I 型断面等の開断面は、橋軸方向に作用する主たる荷重の面内曲げ、軸作用には強いが、面外曲げ、ねじり、座屈には余り抵抗しない。しかし格子構造を形成する事により面外作用、ねじりは無視しうるくらい小さくなる。この場合も座屈現象は無視できないので座屈照査を行うが、格子構造の拘束効果により座屈も妥当な範囲に抑制される。

上記より解体施工を行うに当たっては、解体後の部分構造でも格子構造を維持させるために、事前に補剛材を追加する事とした。補剛材としては軽量で比較的大きな曲げ剛性と捻り剛性を持ち、かつ横倒れ座屈を考慮しなくて良い、閉断面の角型鋼管 200×200×6 を用いた。図-4 に、解体直前に行った横構、横桁の撤去状況と補剛材の配置、主桁、横桁の切断位置を示す。

補剛材の配置は、解体時のブロック単位ごとに、格子構造になる事を基本としている。

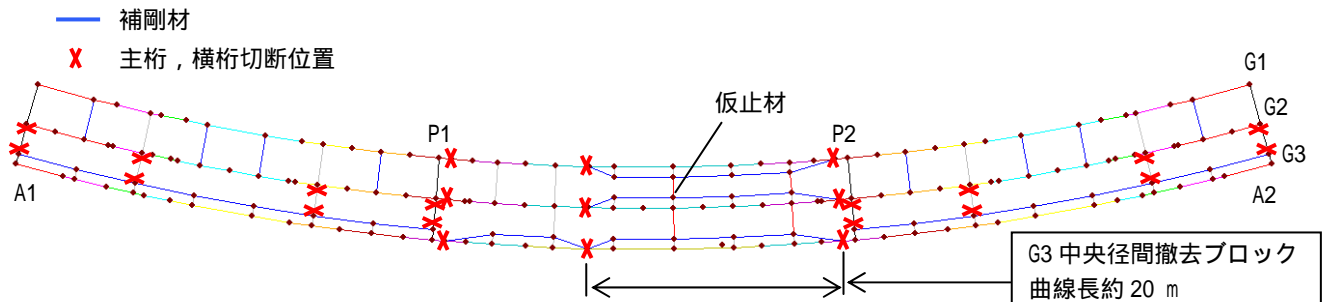


図 - 4 横構・横桁撤去、補剛材配置状況

5 . 解体時の応力照査

解体時の照査方針を以下に示す。

- (a-1) 3次元フレームによる断面力から梁理論に基づき作用応力度を算出し、許容応力度と比較する。
- (a-2) 許容応力度は、「平成 24 年 3 月 道路橋示法書・同解説 鋼橋編, 日本道路協会」の算出法に従う。
- (a-3) 主たる荷重は面内曲げ作用であるので、他の作用との組み合わせ応力状態の照査は行わない。
- (a-4) 水平・垂直補剛材の影響は考慮しない、安全側の計算を行う。
- (a-5) 解体中の部分構造である事を考慮し、有効座屈長は、横桁間隔または補剛材間隔の 2 倍とする(自由端相当)。

照査項目を以下に示す。

- (b-1) 軸引張応力度。
- (b-2) 曲げ引張応力度(面内/面外)。
- (b-3) 軸圧縮応力度(全体座屈の照査, 強軸/弱軸)。
- (b-4) 曲げ圧縮応力度(横倒れ座屈の照査, 面内のみ)。
- (b-5) 局部曲げ圧縮応力度(局部座屈の照査, 面内のみ)。
- (b-6) せん断応力度(面内/面外)。
- (b-7) ねじりせん断応力度。

6 . 中央径間の主桁切断、撤去 (G3) の計算

ここでは最初に解体撤去された主桁 G3 中央径間の施工における、計算結果および照査結果を示す(図-4 に図示)。以降の計算は全てステップ解析となる。

撤去施工においては、主桁切断前後の切断箇所の変位差を極力抑え、本體工、撤去工に過度な応力を作用させない目的で、想定される撤去工の重量で撤去ブロックを事前にクレーンで吊った状態で切断した(図-5)。吊り位置は重心である。切断前の図-5 の状態での B.M.D., S.F.D. および照査結果を図-6, 7 示す。なお面内せん断と面外曲げ作用は軽微であったため、照査結果は表記していない。また主桁の照査は全桁行っている。

主桁の切断は、図-5 の Cut-1, Cut-2 の順序で行った。ステップ解析においては、切断点の節点を 2 重化し、切断前の断面力による等価節点力を 2 重節点に逆向きに加えた計算結果を、前ステップの断面力に加える事で切断

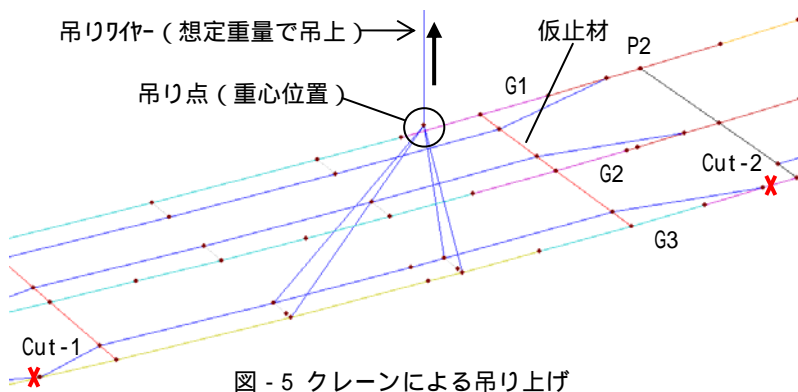


図 - 5 クレーンによる吊り上げ

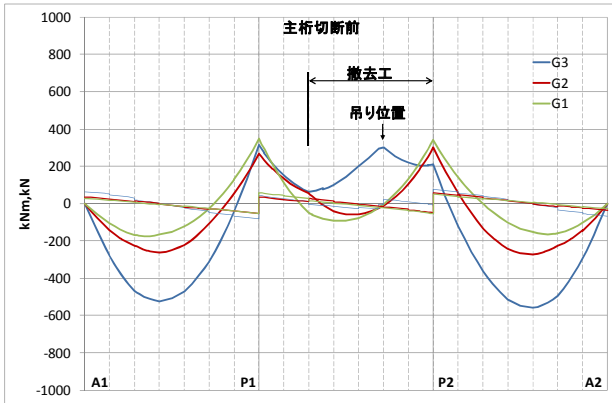


図 - 6 切断前の主桁の B.M.D. と S.F.D.

状態を算定した。図-8, 9 に結果を示す。図-6~9 より、いずれのケースにおいても、作用応力は許容応力より十分低い結果となった。補剛材を配置した事により解体中も格子構造が維持され、十分安全な撤去施工になったと考えられる。特に図-9 は、撤去工がクレーンの吊りワイヤのみで支えられている状態である。

7. 撤去ブロックの重心計算方法

撤去ブロックの重心位置は、次式で算定した。

$$x_G = \frac{1}{2M} \sum_k \rho_k L_k (x_k^{(i)} + x_k^{(j)})$$

$$M = \sum_k \rho_k L_k$$

ここに、

x_G : 撤去ブロックの重心座標 (3次元)

k : 部材番号

ρ_k : 部材の線密度

L_k : 部材長

$x_k^{(i)}, x_k^{(j)}$: 部材 k の i 端 j 端座標 (3次元)

クレーンの吊りワイヤの芯出しは、トランシットを用いて行った。

撤去ブロックの剛体自由度 6 に対して、主桁上に 2 点、主桁と平行なライン上の 2 点に玉掛けすれば、4 ワイヤの張力に関する釣り合い方程式が静定となる事から、外乱に対する安定性も考慮して、図-5 のように 4 点吊りを採用した。

実際の作業においては、作業員の手の感触により 4 本のワイヤの張り具合を確認して主ワイヤの位置を微調整、吊り上げにいたった事を付記しておく。

8. まとめ

以上のような事前検討を行い、施工時には撤去工の点数において歪み測定を実施し、歪み管理を行いながら、撤去作業を行った。

2 次解体のために地上に降ろされた撤去ブロックを目視確認した限りでは、主桁、横桁、補鋼材のいずれに関しても、座屈跡と思われるような異常箇所、顕著な残留変形等は確認されず、許容応力以内の弾性範囲での施工となったと考えられる。

- : 作用軸引張応力, — : 作用軸圧縮応力
- : 作用曲引張応力, — : 作用曲圧縮応力
- : 作用局所曲圧縮応力, — : 作用捻り応力
- - - : 許容軸および曲引張応力
- : 許容軸圧縮応力, - - - : 許容曲圧縮応力
- - - : 許容局所曲圧縮応力, - - - : 許容せん断応力

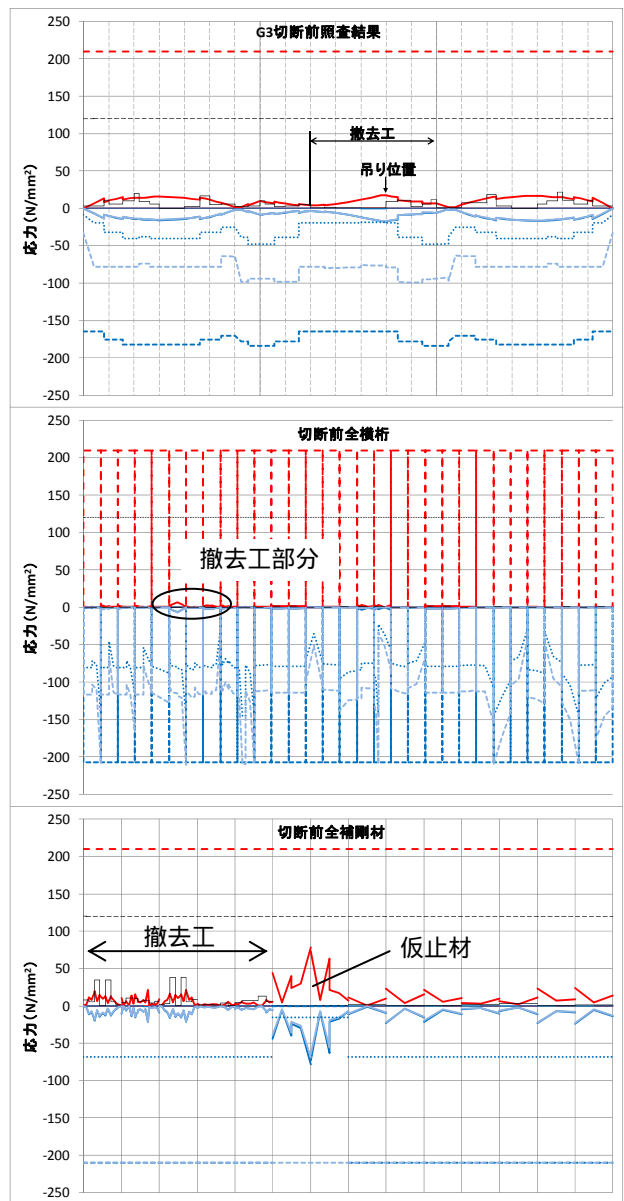


図 - 7 切断前照査結果

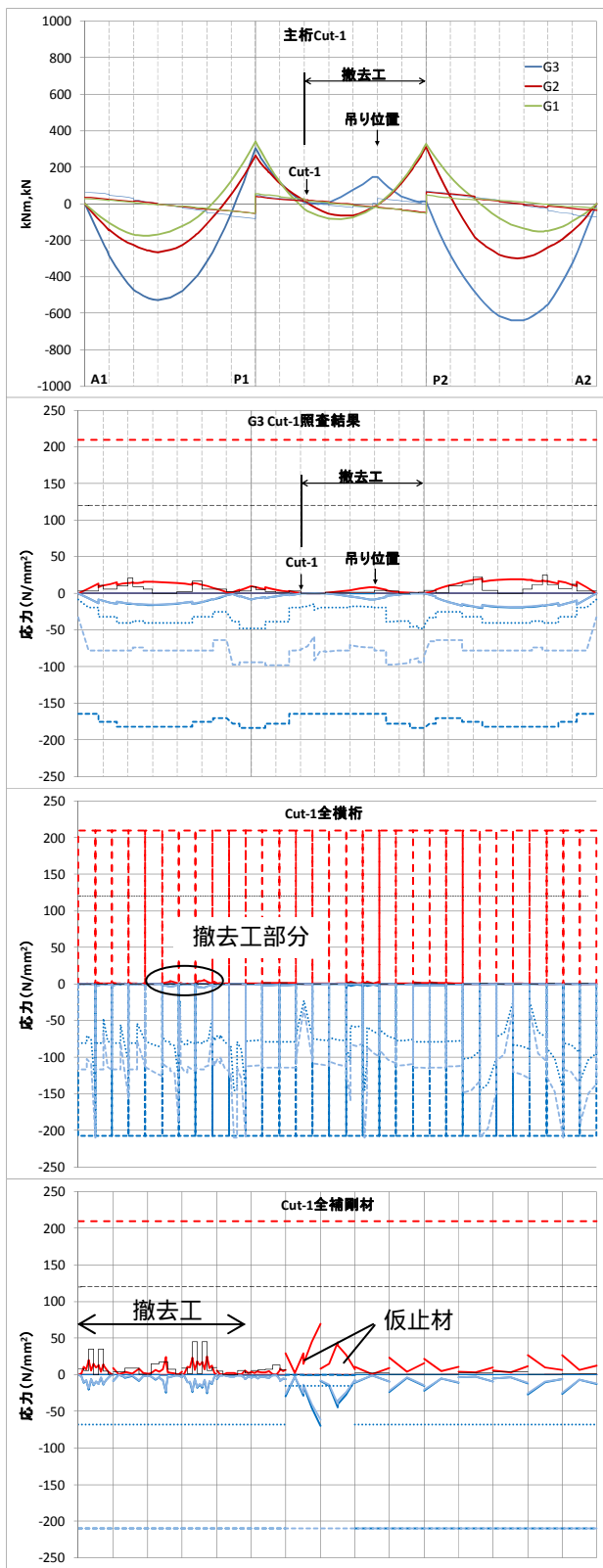


図 - 8 P1 側主桁切断時 作用力と照査結果

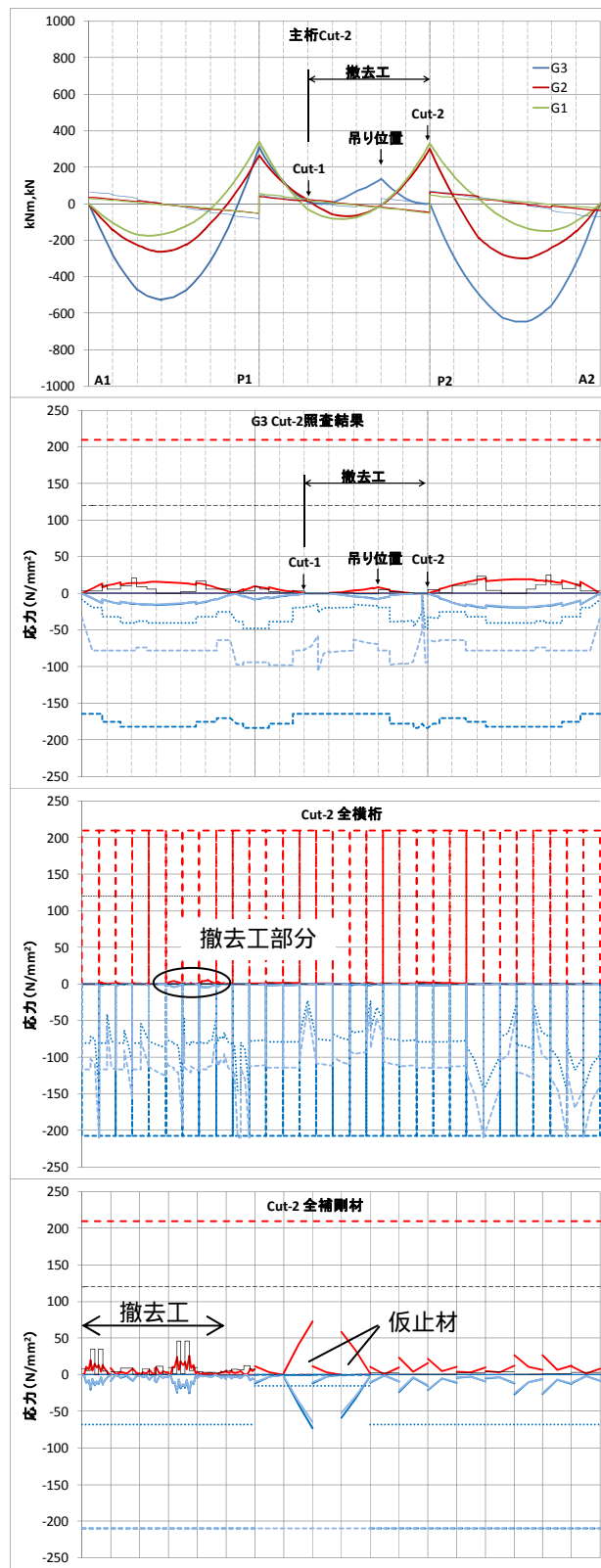


図 - 9 P2 側主桁切断時 作用力と照査結果

9. あとがき

現場を提供して頂いたとともに適切な指導を頂いた札幌開発建設部滝川道路事務所の皆様に感謝いたします。

参考文献

平成24年度 道路橋示方書