

死活荷重合成桁撤去時における応力照査と撤去時の実応力

Stress collation and actual stress at time of removal of life and death load composite girder

(株)砂子組 ○正員 金子 弘幸 (Hiroyuki Kaneko)
札幌建設管理部岩見沢出張所 非会員 斎藤 寛巳 (Hiromi Saito)
(株)砂子組 正員 近藤 里史 (Satoshi Kondo)
(株)砂子組 正員 田尻 太郎 (Taro Tajiri)
(株)砂子組 正員 佐藤 昌志 (Masashi Sato)

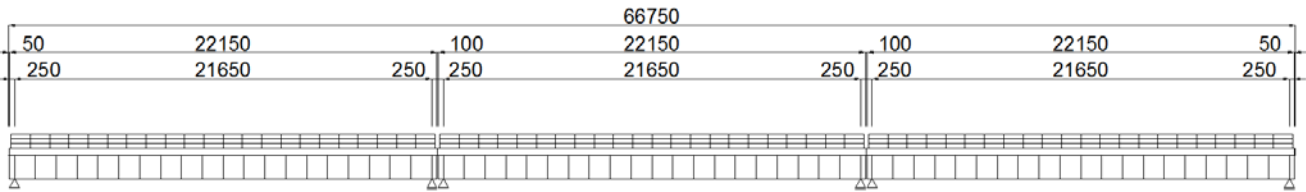


図-1 橋梁側面図

1. はじめに

道道月形峰延線第二幹線橋は、支間 21.65 m、斜角 70° の 3 連の直線単純桁橋である。老朽化のため架けかえとなり、解体の運びとなった。

現存する図面によれば本橋の施工は昭和 41 年と竣工は古く、死活荷重合成桁橋となっているため、桁高は 1.2 m と比較的小さい。よって解体時に安易に床版を横断方向に切断すると合成効果が失われ、床版が負担していた応力が全て主桁に作用し、施工時の一時的な期間にせよ、主桁の許容応力を超過する恐れがあった。

そのような理由から解体手順を検討する目的で撤去手順を反映した Step 解析を行うと同時に、合成桁として機能している事を確認する目的で、重機を用いた載荷試験、および床版撤去時の歪み測定も行ったので報告する。

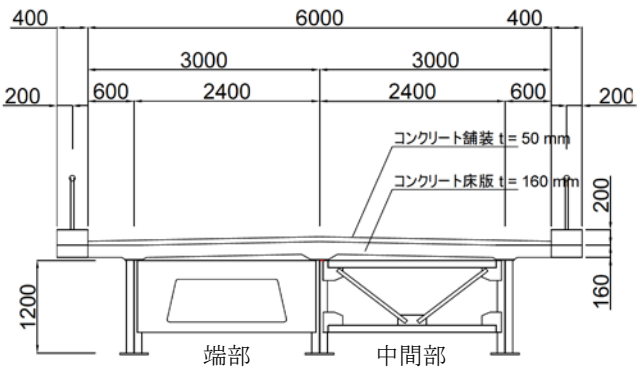


図-2 標準断面図

2. 解析モデル

3 連の単純桁橋なので、1 連のみ取り出し解析を行った。図-3 に解析モデルを示す。主桁は I 形断面で Web は 1200×9。外桁 U.F. 200×10~280×14, L.F. 240×14~370×30。内桁は U.F. 200×10~230×14, L.F. 240×14~340×32。床版に関する死荷重は、別途横断方向のモデルを組み各主桁へ分配した。合成時の床版有効幅は、道示、鋼橋編¹⁾に従った。解体時の解析なので、活荷重は考慮していない。

3. 合成化ステップ

本橋の合成化ステップは、表-1 である。

表-1 合成化ステップ

Step	構造系	非合成／合成
1	主桁敷設	非合成
2	主桁＋対傾構	
3	主桁＋対傾構＋床版打設	
4	主桁＋対傾構＋床版＋舗装＋地覆＋高欄	合成

表-1 より床版を打設し、スタッドが床版に定着した以降の死荷重は、床版と鋼主桁が共同で負担する事になる。床版有効幅を考慮すると、合成前後で主桁の曲げ剛性比は約 3 倍である。従って解体時に安易に床版を横断方向に切断すると、[舗装＋地覆＋高欄]の死荷重応力は 3 倍の強度で鋼主桁に作用し、施工時の一時的な期間にせよ、許容応力を超過する恐れがある。これらの重量は

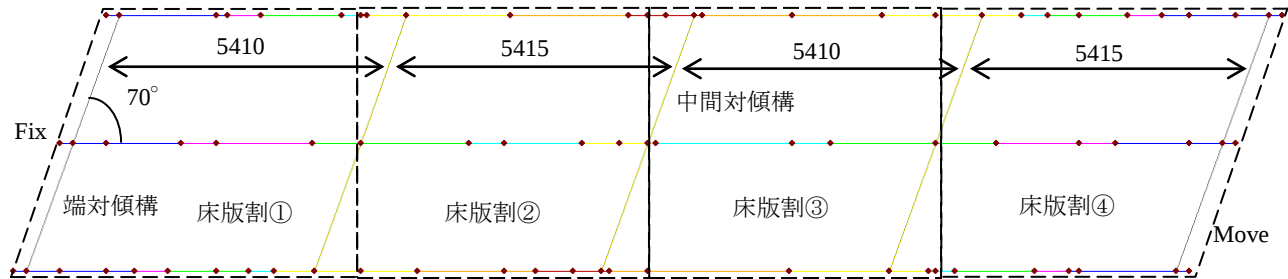


図-3 解析モデル

床版重量の約 50%に達する。

図-4 は非合成の完成形 Step4 の時点での主桁応力である。3 本の主桁はほぼ同等な応力なので、ここでは内桁のみ示す。0.25 刻みの横軸は対傾構位置で、縦断勾配はないので、軸力は考慮していない。有効座屈長は図-3 の対傾構間隔 5415 mm を用いている。

図-4 からは私見であるが、死活荷重合成桁の設計思想を忠実に反映した、許容応力度を使い切った優れた設計であると考えられる。しかしそのために、解体時に全死荷重を載せたまま床版を切断して非合成化すると図-5 となり、許容応力度を約 20%超過する。図-5 は、図-3 の床版割②の部分で、非合成化したケースである。

4. 床版撤去手順

床版撤去は、図-3 の床版割②→③→④→①の順序で行った。中央部から床版を撤去したのは、①、④には端部支点のサポートがあるからである。応力的に最も厳しいのは②の撤去時となるので、②撤去時の結果のみ示す。

床版撤去の基本方針として、合成後の死荷重は全て除く必要がある。最初に最も重量比率のある舗装を全面で切削し、高欄を撤去した（図-7）。この時に図-2 にあるコンクリート舗装 50 mm ではなく瀝青舗装 100 mm である事が明らかとなった。

次に地覆を撤去するために、図-2 の張出し部 1000 mm 幅をワイヤーソーで外桁付近まで全径間で横断方向に切断した（図-8）。計算上は張出し部が非合成化されたと仮定し、張出し部の床版有効幅を無視して断面剛性を減少させた。

張出し部の床版と地覆を全径間で撤去（図-9）。このとき腹版の局部座屈応力度を僅かに超過するが、短期荷重なので問題ないと判断した。残存床版を全径間で横断方向にカットし（図-10）、床版割②を撤去する。

図-10 の時点で完全な非合成桁となる。なお図-6 は、合成完成形（供用時）の状態である。図-10 以降は床版重量が大幅に軽減されるため、十分余裕のある状態に移行する。

当解析は微小変形を仮定した、静弾性線形解析である。上記計算にあたっては表-2 に示す基本 Case を解析し、施工手順に従い基本形に各 Case の作用力を足す集計を行った。ただし非合成時、合成時の中立軸の位置ずれを考慮し、集計はそれぞれの中立軸位置に基づいて算出した、作用応力に対して集計した。なお表中では、張出し部の有効幅を無視した断面剛性を外桁に与えたものを、半合成と呼んでいる。

表-2 計算上の基本 Case と応力集計

基本Case	構造系	作用荷重	備考
非合成完成形	非合成	鋼重, 床版	基本形
合成完成形	合成	舗装, 地覆, 高欄	集計
舗装高欄撤去	合成	地覆	集計
張出部非合成化	半合成	地覆	集計
張出部撤去	半合成	張出部徐荷	集計
非合成化	非合成	張出部床版徐荷	集計

— : 上縁応力, — : 下縁応力, — : Web 上縁, — : Web 下縁, — : せん断応力, — : 捻りせん断, ... : 許容引張, ... : 許容横倒れ, ... : 許容局部, ... : 許容せん断

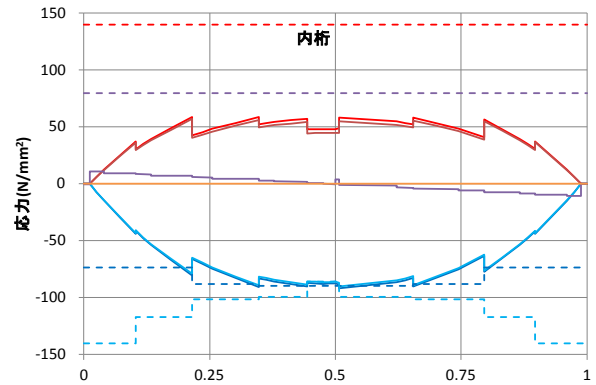


図-4 非合成完成形（内桁）

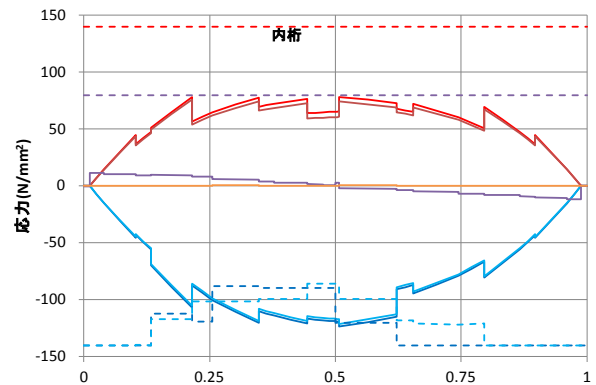


図-5 非合成化（内桁，全死荷重）

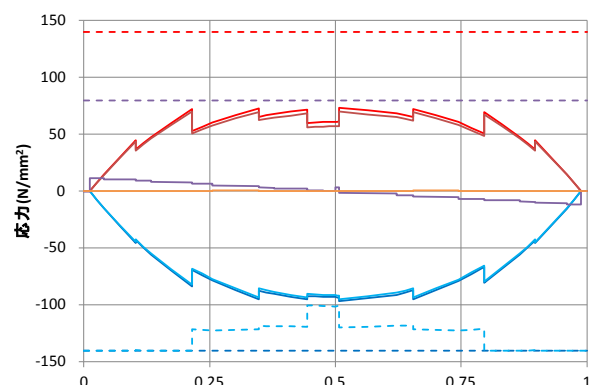


図-6 合成完成形（内桁）

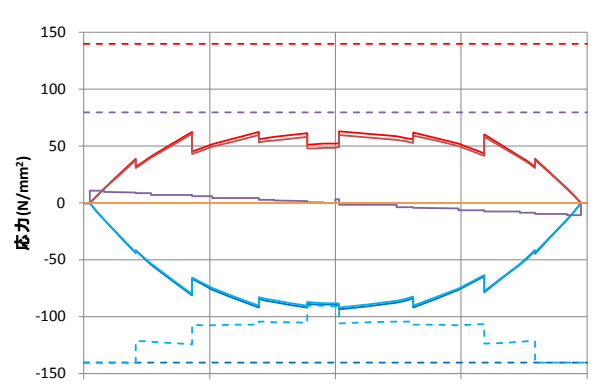


図-7 舗装，高欄撤去（内桁）

5. 静载荷試験結果

静载荷試験はバックフォーを用いて行った。载荷位置図と測定断面は図-11 に示すように、概ね支間 $L/2$ と $L/4$ に当たり、上フランジ下面と下フランジ上面で歪み測定を行った（図-12）。ここでは支間 $L/2$ 断面に注目し、結果を表-3 に示す。表中の e は歪み値より算出した中立軸の、Web 天端からの距離である。

数値にばらつきはあるものの、歪みの大きなケース（表中赤字）に注目すれば、 e はほぼ 150 mm となる。

一方、表-4 の床版有効幅と断面寸法より算出した e は 300 mm 前後であるが、この値はハンチを無視した計算なので、ハンチ厚を考慮すれば測定値は不合理な値ではないと考えられる。

従って当橋梁はコンクリートの複合劣化を除き、構造上は合成桁として十分に健全に機能していたと判断できる。

表-3 歪み値による中立軸位置（支間 $L/2$ ）

		G1	G2	G3
Case-1	U.F.(μ)	-19	-19	-20
	L.F.(μ)	74	137	87
	e(mm)	249	146	222
Case-2	U.F.(μ)	-21	-19	-10
	L.F.(μ)	148	104	20
	e(mm)	147	189	397
Case-3	U.F.(μ)	-10	-21	-24
	L.F.(μ)	25	117	164
	e(mm)	354	186	156

表-4 断面寸法による中立軸位置（ヤング係数比 15）

	e(mm)	
	$L/2$	$L/4$
G1	327	309
G2	301	285
G3	327	309

6. 床版撤去時の実歪み測定

床版撤去時に計測した主桁実歪みの変動を、図-13～15 に示す。測定位置と測定項目は、前述と同じである。

測定は該当箇所施工期間中の 10/6～10/27 の約 3 週間にわたって行い、測定間隔は 15 分で 10/6 12:00 の値を零点としている。

図中の青線は上フランジ歪みの変動、赤線が下フランジの同変動を示す（引張正）。同色の点線は、4. で述べた計算から予想される変動量である。

実歪み変動には、明らかに温度歪みと思われる日周期の変動周期があり、必ずしも滑らかな結果ではないが、平均的傾向としては、以下となる。

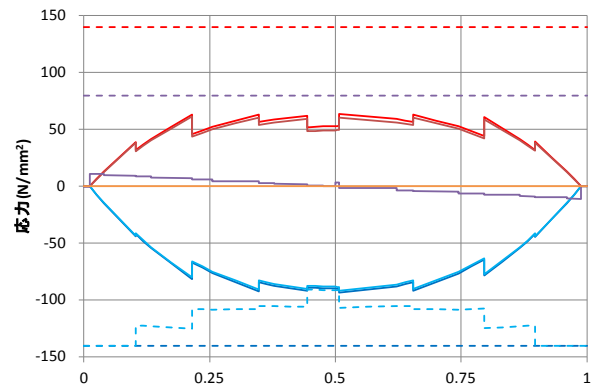


図-8 張出し部非合成化（内桁）

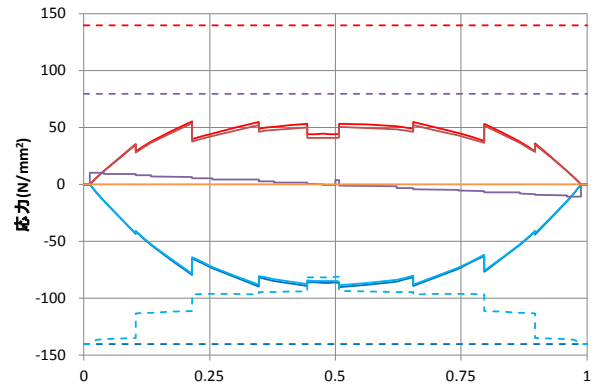


図-9 張出し部撤去（内桁）

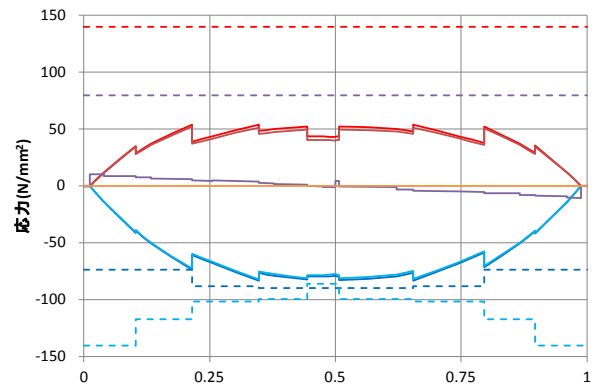


図-10 床版カット（内桁、完全非合成）

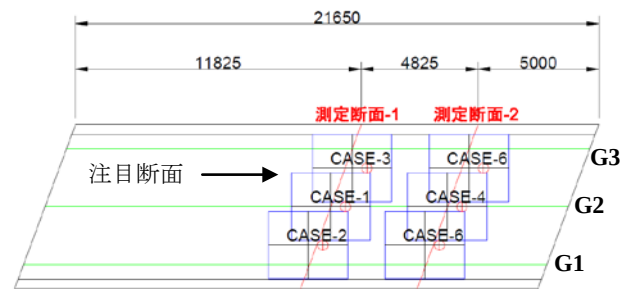


図-11 バックフォー载荷位置図

外桁 G1 について解析値は、下フランジの歪み変動傾向を捉えているが、上フランジについては非合成化時に実歪みは計算値の約 5 倍の値となった。

中桁 G2 の実歪みは明らかに異常値と考えられる。床版解体にあたっては、外桁近傍までワイヤーソーで張出し部を切断し、非合成化時には桁直上のコンクリートをハンドブレイカーではつる等の作業を行ったため、これ

らは施工の影響である可能性がある。

外桁 G3 については、計算結果は実際の歪み変動をよく捉えていると考えられる。

7. まとめ

竣工の古い桁高の比較的小さい死活荷重合成桁の解体に当たって、非合成化の影響により、施工中に鋼主桁への作用応力が許容応力度を越える恐れがあったため、事前に Step 解析を行い、施工時に行った実歪み測定と結果を比較した。

- (1) 竣工の古い桁高の比較的小さい合成桁においては、設計時に解体は考慮されておらず、解体施工時には危険を伴う可能性がある事が明らかとなった。
- (2) 解析と実歪み測定の比較結果からは、静弾性線形解析の Step 解析で、非合成桁²⁾だけでなく合成桁の解体過程も十分追える可能性がある。
- (3) 合成桁は、解体中に構造系が不連続に変化するため、歪み（応力）変動の特定を非合成桁²⁾より高い精度で求められる。
- (4) 施工期間中の実歪み、実応力測定は、施工作業の影響を大きく受けると思われる、歪み測定等による施工管理は、現状では高い精度は望めないと考えられる。今後解体撤去される橋梁が増えるであろうことから、適切な測定方法の策定が望まれる。

[参考文献]

- 1) 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，日本道路協会，2012 年。
- 2) 3 径間連続曲線桁の床版撤去時の桁の歪み挙動，田中孝宏他，土木学会北海道支部論文報告集第 70 号，2014 年。

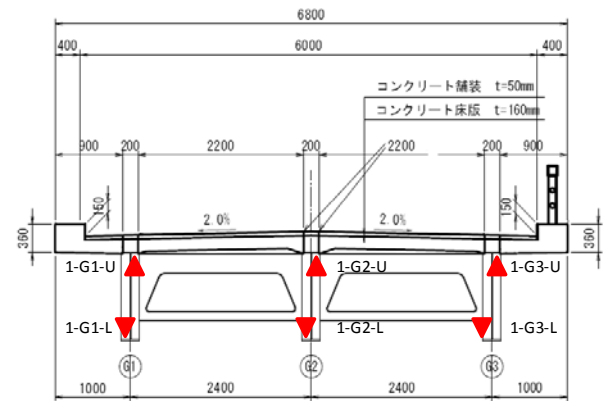


図-12 歪みゲージ貼付位置

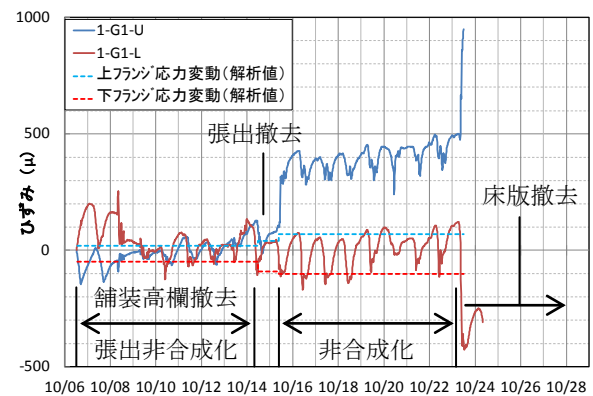


図-13 主桁実応力変動 G1（床版撤去時）

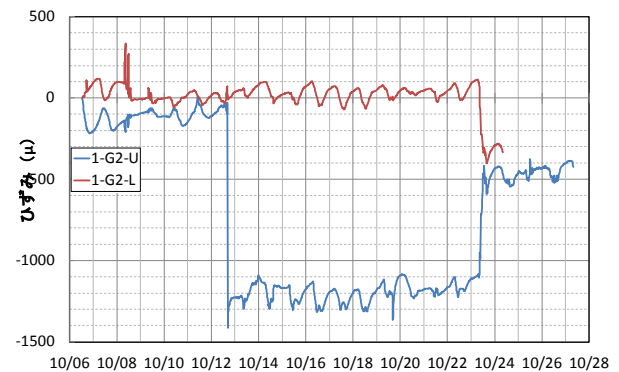


図-14 主桁実応力変動 G2（床版撤去時）

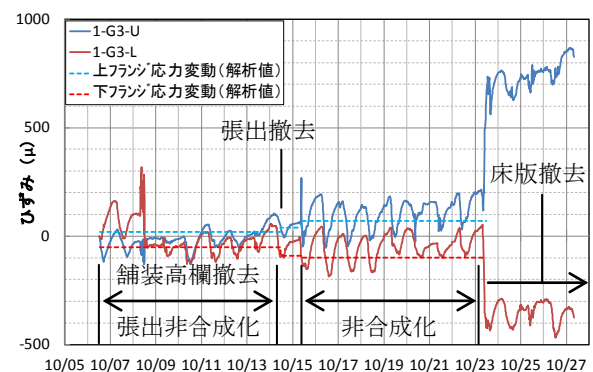


図-15 主桁実応力変動 G3（床版撤去時）