

鋼桁ジャッキアップ時のひずみ変化による支点反力推定手法の検討

名城大学 学生会員 ○川上 峻幸 名城大学 正会員 渡辺 孝一
名城大学 学生会員 田中 啓太

1 研究の背景および目的

平成 28 年に発生した熊本地震では、中小の既設橋梁の桁端部に損傷が多く確認された [1]。損傷した桁橋を適切に補修補強し、早期に橋の機能を回復させることは被災地の復旧復興のために重要であり、緊急性が求められる。地震により桁橋の支承部を含む主桁端部周辺が損傷した場合、機能回復のための構造解析では橋の設計荷重で計算され、生じる応力が安全側になるよう余裕をみた断面補強が行われる。過度に安全側の補強により予期せぬ応力集中の発生や疲労損傷等も考慮すると、橋梁の実測応力を適切に反映した補強構造が適用されることは、橋梁を長期的かつ安全に使用する観点からも重要である。既往の検討 [2] において、単純支持桁の支間中央に集中荷重を受ける場合に得られるひずみから支点反力を推定する方法を検討した。本研究では、支点から落下した桁のジャッキアップ時に得られるひずみから支点反力を推定する手法を検討する。

2 実験および解析概要

図 1 に載荷実験外観を示す。対象とする桁は支間長 1,600mm の単純支持した H 型鋼であり、支点上および支間中央のウェブ両側に縦リブを設けた。実測寸法はウェブ高 $H_w=282.4\text{mm}$ 、ウェブ厚 $t_w=6.4\text{mm}$ 、フランジ厚 $t_f=8.8\text{mm}$ 、フランジ幅 $B_f=150\text{mm}$ 、リブ厚 $t_r=5.8\text{mm}$ である。3 軸ひずみゲージを損傷側支点から 260mm(ゲージ A-E) 位置でウェブ高さ方向に 5 箇所貼付した。ジャッキ A は支間中央、ジャッキ B は損傷側支点から 360mm 位置直下に設置し、載荷板は 120mm×120mm を用いた。載荷は Step1 においてジャッキ A で荷重制御により降伏しない荷重 150kN 相当を載荷後、Step2 において損傷側支点付近のジャッキ B で変位制御によりジャッキアップする。ジャッキ A の荷重はロードセル (最小読み 0.33kN) を用いて荷重制御により一定荷重を保持し、ジャッキ B の変位はダイヤルゲージ (最小読み 0.002mm) を用いて実験桁の昇降の変位制御を行った。

図 2 に解析モデルを示す。モデル化に用いた要素は 4 節点低減積分シェル要素であり、ジャッキアップを想定し離散化剛体により支点を模擬し、一般接触の条件を与え、メッシュサイズは 20mm、せん断応力は実験時と同位置の節点から抽出した。弾性解析を行い、ヤング率 $E=200\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。荷重条件は Step1 で荷重により支間中央に上載荷重 150kN を与え、Step2 で載荷板相当の領域を強制変位を与える。

3 支点反力推定手法

図 3 に各 Step の模式図とせん断力図を示す。上載荷重位置より左側で考えると、Step1 ではせん断力 $Q=P/2$ であるが、Step2 途中ではジャッキアップ荷重 P_j 位置より左側 (以降、減少側) はせん断力が減少していき、右側 (以降、増加側) は増加していく。現場においては Step1 完了時からひずみを抽出するため、本検討の Step2 載荷時に得られるひずみは Step2 完了時より $P_j = \frac{L/2}{L-a}P$ となり、減少側で $Q_{\text{dec}} = P/2$ 、増加側で $Q_{\text{inc}} = \frac{a}{L-a}P/2$ 相当である。よって、減少側の推定支点反力 R_{dec} は



図 1: 載荷実験外観

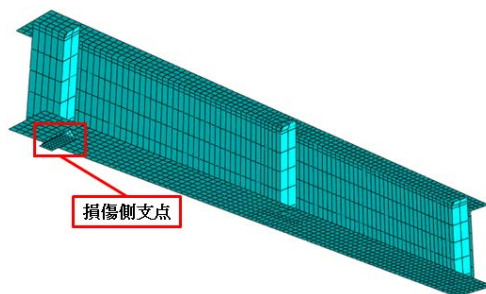


図 2: 解析モデル

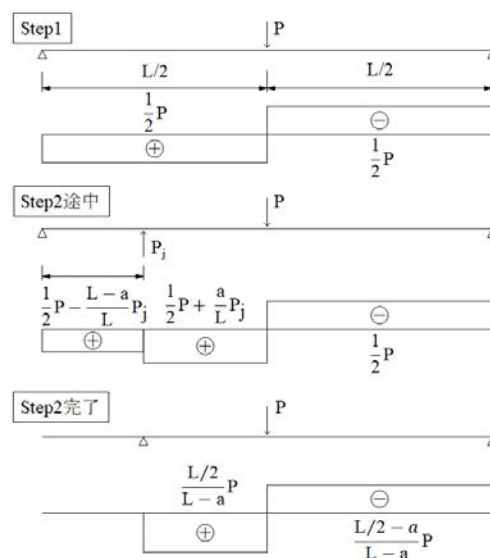


図 3: 各 Step における模式図とせん断力図

キーワード せん断ひずみ, ジャッキアップ, 桁橋, 実測応力

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 TEL052-832-1151

式 (1), 増加側の推定支点反力 R_{inc} は式 (2) で算出することができる.

$$R_{dec} = \frac{E}{2(1+\nu)} t_w \sum \gamma_i h_i \tag{1}$$

$$R_{inc} = \frac{L-a}{a} \frac{E}{2(1+\nu)} t_w \sum \gamma_i h_i \tag{2}$$

ここで, h はひずみ有効高, $\sum \gamma_i h_i$ は抽出したひずみの計算手法であり本検討では 2 通り提案する. 1 つはひずみデータを平均し, ウェブ高を乗じて算出する手法 (以降, 「平均法」) である. もう一つは 1 点のひずみが隣り合うひずみ間距離の半分まで分布していると仮定して算出する手法 (以降, 「短冊法」) である.

4 支点反力推定手法の算出精度

図 4 にジャッキアップ荷重 60kN 時のせん断ひずみ分布を示す. ひずみ抽出位置は減少側で載荷板端部から桁端部側に 40mm 離れた位置とした. 実験値に比べ解析値は載荷板付近で 7.08% 小さくなっているが, 全体の傾向は一致しており, 解析モデルは妥当な推定結果を与えている.

図 5 にジャッキアップ荷重 90kN 時の減少側のせん断ひずみ分布を示し, 表 1 に各ひずみ計算手法による推定支点反力の比較を示す. 表に示す変化量は Step1 完了時から Step2 載荷時における損傷側支点の反力変化量を絶対値表示している. 図 5 に示す棒グラフは短冊法の概念図であり, ひずみ抽出位置は載荷板端部から桁端部側に 100mm 離れた位置とした. 表 1 より平均法, 短冊法ともに高い精度で推定できていることから, 減少側のひずみデータは精度よく支点反力を推定することが可能である.

図 6 にジャッキアップ荷重 90kN 時の増加側のせん断ひずみ分布を示し, 表 2 に各ひずみ計算手法による推定支点反力の比較を示す. ひずみ抽出位置は載荷板端部から桁中央側に 100mm 離れた位置とした. 全体の分布は中立軸より下側のひずみが増大しており, 一方で中立軸より上側はひずみが減少しているため, 平均法, 短冊法ともに精度よく推定しているが, 短冊法の方がより推定精度が高くなっている. 以上から増加側のひずみデータからも支点反力の推定は可能である.

5 まとめ

本検討では, 上載荷重が作用した桁をジャッキアップした際に得られるひずみを減少側と増加側に分け, それぞれのひずみから支点反力を推定する手法について検討した. 減少側, 増加側ともに提案した推定式を用いることで非常に高い精度で推定できる. 推定式の計算にあたって用いたひずみ計算方法の平均法と短冊法は支点反力の推定手法として活用できることを示した. しかし, 抽出するウェブ高さ方向のひずみ位置に依存しているため, 抽出位置は十分に検討が必要となる. 本検討における推定式は上載荷重が単純な集中荷重での検討であったため, 分布荷重などのより実橋梁を想定した載荷条件下での推定手法の検討を進める予定である.

参考文献

[1] 日本橋梁建設協会: 「熊本地震橋梁被害調査報告書」, 2016.10.
[2] 川上峻幸, 渡辺孝一: 鋼桁のひずみ測定による作用力の推定に関する基礎的検討, 土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会, 2020.9.

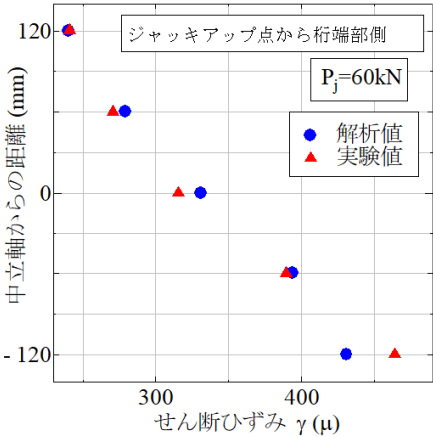


図 4: $P_j = 60\text{kN}$ 時のせん断ひずみ分布

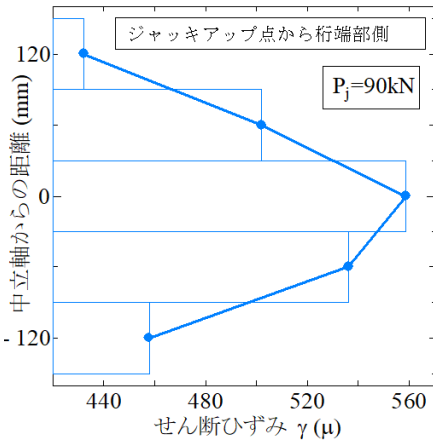


図 5: 減少側せん断ひずみ分布

表 1: 減少側の支点反力推定精度

	変化量	平均法	短冊法
支点反力 (kN)	71.50	69.16	69.62
誤差 (%)		-3.26	-2.63

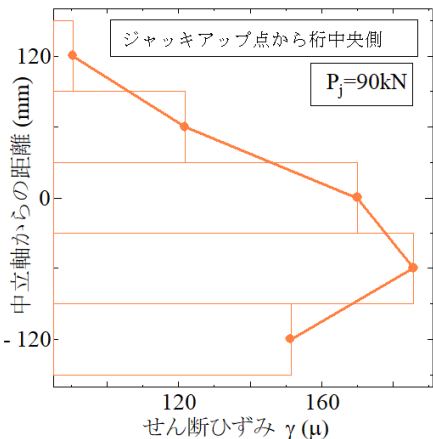


図 6: 増加側せん断ひずみ分布

表 2: 増加側の支点反力推定精度

	変化量	平均法	短冊法
支点反力 (kN)	71.50	68.91	69.60
誤差 (%)		-3.62	-2.66