

腐食後にジャッキアップ補修を施した鋼トラス橋の耐震性能評価

豊田工業高等専門学校 ○ 伊藤健次 正会員 川西直樹
名古屋工業大学 正会員 後藤芳顯

1. まえがき

鋼橋における長期間の耐荷力の変化を模式的に図-1に示す。一般に鋼橋における腐食は死荷重作用下において進行するため、死荷重状態の応力は再配分し変形が生じる。また、この補修は死荷重作用下において施される場合も多く、部材断面が幾何学的に初期状態に復元しても残留応力や残留変形は初期状態の橋に存在する値とは異なる。また、腐食によりたわみが大きく生じた場合には補修時に支保工が用いられ、支持方法の差により補修された構造系は異なる。鋼材の腐食過程や補修履歴を有する既存構造物の力学性能評価を正確に行うためには、建設当初から現在に至るまでの腐食や補修の履歴を時系列的に追跡することが重要である。著者らは、部材断面形状の変化量あるいは部材の体積変化量を新たな制御変数とする新しい解析法を提示した¹⁾。ここではこの手法を用いた数値計算例として実在する鋼ワーレントラス橋を対象に支保工を用いて補修した場合における極大地震下の終局挙動が初期状態の橋に較べどのように変化するかについて検討することを主な目的とする。

2. 腐食や補修による部材の体積変化を考慮した鋼構造物の解析

腐食や補修過程による体積変化を考慮した弾塑性有限変位解析を行うための基礎方程式となる更新ラグランジェ形式で表現した増分型仮想仕事の原理は以下ようになる。

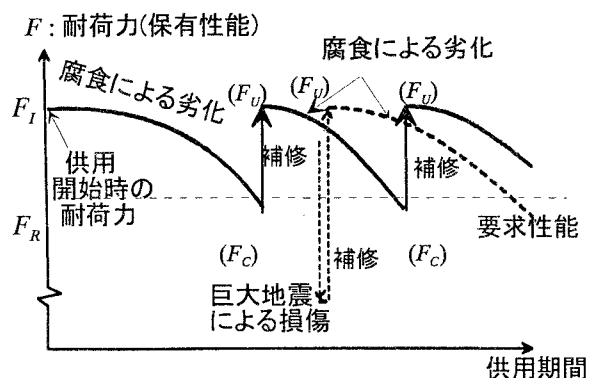


図-1 腐食の進行と補修による鋼橋の耐荷力変化

$$\begin{aligned} & \int_{V^{(N)} + \Delta V^{(N)}} (\rho^{(N)} + \Delta \rho^{(N)}) (\ddot{u}_i^{(N)} + \Delta \ddot{u}_i^{(N)}) \delta \Delta u_i^{(N)} dV \\ & + \int_{V^{(N)} + \Delta V^{(N)}} (\sigma_{ij}^{(N)} \delta \Delta^N e_{ij}^{(N)} + \Delta \sigma_{ij}^{(N)} \delta \Delta^N e_{ij}^{(N)}) dV \\ & = \int_{S_g^{(N)} + \Delta S_g^{(N)}} (\bar{t}_i^{(N)} + \Delta \bar{t}_i^{(N)}) \delta \Delta u_i^{(N)} dS \\ & + \int_{V^{(N)} + \Delta V^{(N)}} (\bar{b}_i^{(N)} + \Delta \bar{b}_i^{(N)}) \delta \Delta u_i^{(N)} dV \\ & - \int_{V^{(N)} + \Delta V^{(N)}} \sigma_{ij}^{(N)} \delta \Delta^N e_{ij}^{(N)} dV \end{aligned} \quad (1)$$

上式に変位関数を代入し、整理すると荷重載荷状態から腐食や補修による体積変化を新たなパラメータとした接線剛性方程式が得られる。ここでは平面骨組要素を対象に離散化を行い、これにより数値計算を行う。なお、動的解析では陰的直接時間積分法により、このときの積分法はNewmarkの β 法による。

3. 数値計算モデルと腐食および補修方法

図-2に検討対象とする下路式の鋼ワーレントラス橋を示す。本橋は昭和30年代に架設された橋であり、腐食は床版とH型断面の引張斜材の交差部に認められ、斜材の下部において大きな腐食が認められた。ここではこの腐食パターンを参考に、引張斜材

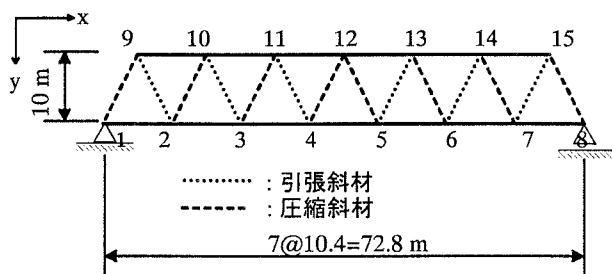


図-2 数値計算モデル（ワーレントラス橋）

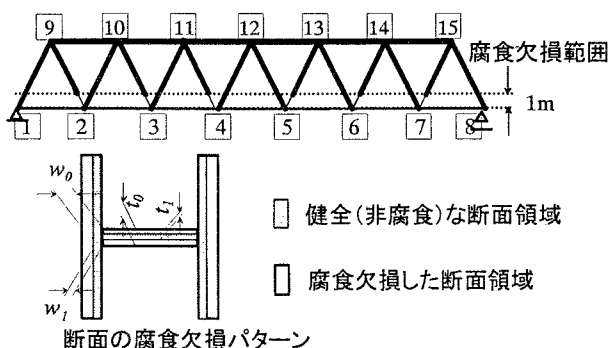


図-3 ワーレントラス橋の腐食パターン

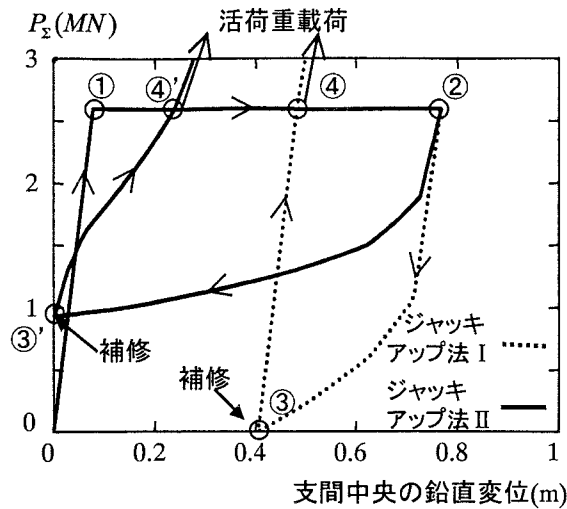


図-4 ジャッキアップおよびジャッキダウン過程におけるつり合い曲線 ($\beta_f=0.90$)

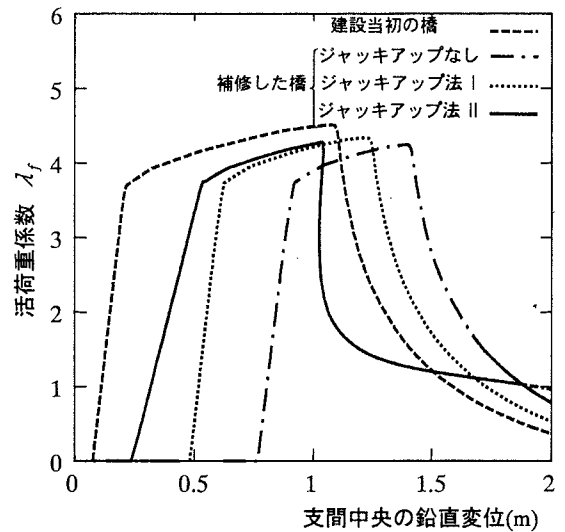


図-5 ジャッキアップにより補修を施した場合の荷重-変位曲線 ($\beta_f=0.90$)

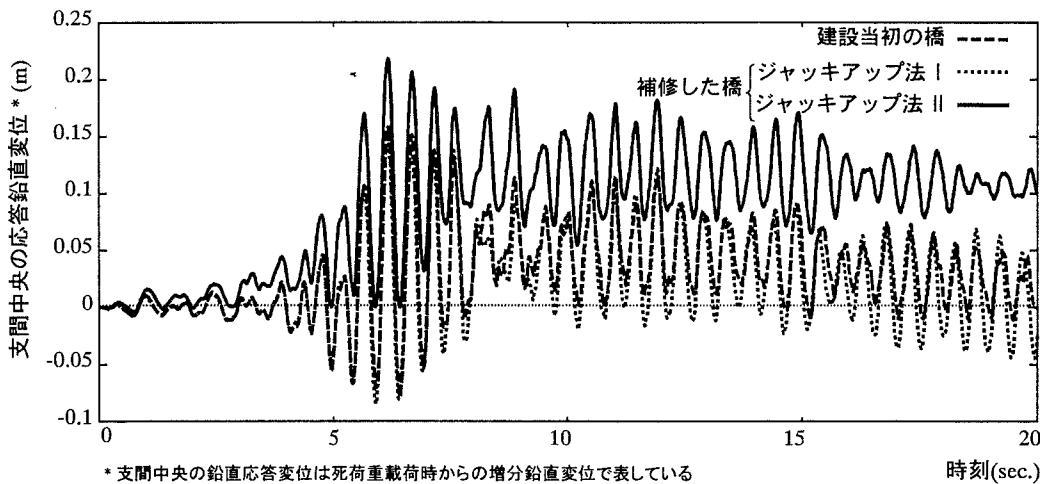


図-6 ジャッキアップにより補修を施した場合の鉛直変位の地震時時刻歴応答 ($\beta_f=0.90$)

の下部 1m を腐食範囲とする。また、補修前に支保工などにより橋をジャッキアップした後に補修を施す場合の検討も行う。ジャッキアップを下弦材の全格点について行い死荷重を除去する方法を“ジャッキアップ法 I”，支間中央の格点をジャッキアップし、支間中央の変位を 0 に戻す方法を“ジャッキアップ法 II”としてそれぞれについて検討する。なお、ここでの材料構成則は Bilinear 型の移動硬化則で降伏後の 2 次勾配は $E/100$ とする。また、補修後の耐荷性能を調べるため、静的には設計活荷重を比例載荷し、動的には阪神淡路大震災時に記録された神戸海洋気象台の地盤加速度記録波形の南北成分についてその大きさを 2 倍とした地震波を作用させる。

4. 解析結果

断面減少率 β_f (腐食により減少した部材断面積/腐

食前の部材断面積) = 0.90 のときのジャッキアップ時におけるつり合い曲線を図-4 に示す。ジャッキアップ法 I では腐食による変位は十分改善されていないことが分かる。ジャッキ法 II ではジャッキアップ完了時(③)のたわみは 0 となるが、補修後のジャッキダウンの過程

において剛性の低下が早期に生じ、ジャッキダウン後(④)の変位は初期の①より大きなものになってしまう。図-5 は補修後に活荷重を比例載荷したときの荷重変位曲線を示す。これより、ジャッキアップ法 II の場合には初期剛性が低くなっている。これはジャッキアップ時に腐食部の変形が大きく生じ、引張斜材の幾何剛性が低下するためである。図-6 は地震時の時刻歴応答解析の結果を示す。これより、ジャッキアップ法 II では他のケースに比べて最大応答変位および残留変位が増大しており、ジャッキアップによりかえって悪影響があることが分かる。

参考文献：1) 後藤芳顕・川西直樹：腐食や補修の影響を考慮した長期間の力学性能評価のための構造解析法の開発，土木学会論文集，No.689/I-57, pp.85-100, 2001.