

延長床版システムを例とした橋梁アプローチ部のノージョイント化に関する数値的検討

東北大学大学院工学研究科 ○学生員 塚田 宗政
東北大学大学院工学研究科 正 員 岩熊 哲夫
東北大学大学院工学研究科 正 員 斉木 功
東北大学大学院工学研究科 正 員 山田 真幸

1. まえがき

橋梁のジョイント部は伸縮装置の破損や雨水流入による遊間部下の主桁の劣化等、橋梁の弱点とされているため、ノージョイント化は望ましい方向と考えられる。現在はダブル埋設ジョイント¹⁾や延長床版システム¹⁾があり、これらを参考にノージョイント化²⁾が検討されているが、床版コンクリートに生じる圧縮応力が大きく安全性が低いこと、有限要素モデルの要素が荒く隅角部の処理が適切でないことなどの問題がある。本研究では、有限要素モデルの細メッシュ化や隅角部の面取りをモデルに反映することで解析精度を向上させた上で、より安全性の高いノージョイントモデルを考案し、片側および両側ノージョイント化の可能性を検討する。

2. 解析モデル

長篠大橋(橋長 80 m, アーチライズ 11 m, 幅員 10.4 m) の設計データを参考に鋼アーチ橋モデルを作成し、これを解析対象とした。ただし基礎的な検討として延長床版部や桁端部の床版の挙動を把握す

るため、舗装や高欄等の付属物、ハンチ等は省略した。有限要素モデルは、アーチ橋の横桁とアーチリブ・ポストは梁要素、縦桁と補剛桁はシェル要素、床版のコンクリート部分はソリッド要素、鉄筋は梁要素で構成した。アーチ橋の境界条件は、アーチリブ両端のヒンジ支承を再現して、橋軸直角方向回転のみ自由とした。ノージョイントモデルの橋台の境界条件は、橋台背面は完全拘束、橋台下面は鉛直方向のみ拘束とした。底版の境界条件は、橋軸方向側面は橋軸直角方向のみ拘束、橋軸方向前面と背面は橋軸方向のみ拘束、下面は完全拘束とした。解析は、汎用有限要素構造解析ソフト NX NASTRAN を用い、床版と底版の接触等を考慮した接触解析を行った。また、供用中の床版の損傷を確認することが主目的であるため、材料は線形弾性とした。解析に用いた材料の特性値を表-1 に示す。荷重は、死荷重と活荷重(B 活荷重, L 荷重)、 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ の温度荷重を与えた。安全判断の基準は、圧縮側は設計基準強度 30MPa のコンクリートの許容応力度設計法で定められる許容曲げ圧縮応力度³⁾ 11MPa を基準とし、引張側はコンクリートの許容ひび割れ幅³⁾ から算定した鉄筋の引張強度 87.50MPa を基準とした。

表-1 使用材料の特性値

	鋼材・鉄筋	コンクリート	ゴム
弾性係数 (N/m ²)	2.000×10^{11}	2.800×10^{10}	3.576×10^6
ポアソン比	0.30	0.20	0.49
密度 (kg/m ³)	7850	2345	1200
線膨張係数 (/°C)	1.2×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}

3. 片側ノージョイント化

延長床版部の長さや切込隅角部の長さ等を検討した後、図-1 に示すノージョイントモデル(以下, NJ)を橋梁片端のみに採用し、切込隅角部に挟んだゴムの弾性係数について検討した。切込隅角部は、下側床版が上側床版に対して相対的に鉛直方向上向きに変位することで隅角部が閉じるような挙動となり、隅角部内側(D 点)に大きな圧縮応力が生じるため、間に挟んだゴムの弾性係数を変えることで生じる圧縮応力を低減する。解析結果を表-2 に示すが、表中のアルファベット(A~D, T)は、図-2 に示す変形図中のアルファベット

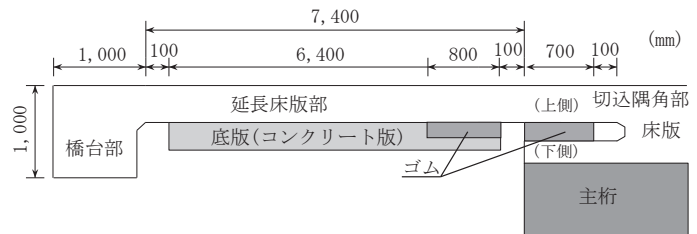


図-1 片側ノージョイントモデルの概略図

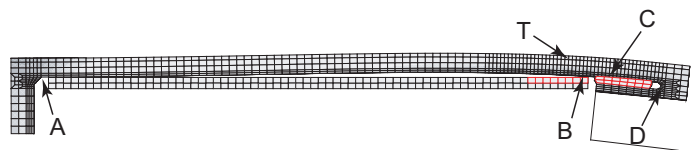


図-2 片側 NJ, 変形図 (+25°C, L2)

Key Words: 延長床版, ノージョイント, FEM 解析

〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 構造強度学研究室

が示す位置に対応する。この概要ではゴムの弾性係数の影響を記すが、それが表-1の1倍・2倍の時はD点に生じる圧縮応力が圧縮強度を超えているが、5倍・10倍の時は圧縮強度を超える箇所は無かった。解析から、隅角部に挟んだゴムの弾性係数を大きくすることでD点に生じる圧縮応力を小さくできることが確認できたが、一方で、床版が切込部に挟まれたゴムと接触する面(C点)に生じる圧縮応力が大きくなる傾向にある。ゴムの弾性係数が5倍の時、各照査位置に生じる最大圧縮応力が最小となるので、切込隅角部に挟んだゴムの弾性係数を5倍にしたモデルを片側NJモデルとして提案する。

4. 両側ノージョイント化

3.で提案したNJモデルを橋梁の両端に採用して両側ノージョイント化を試みた。橋台背面の境界条件を完全拘束とした時の解析結果が表-3の背面土のモデル化なしの値であるが、圧縮・引張ともに強度を上回る応力が生じたため、簡易的に背面土を弾性材料としてモデル化し、橋台が水平方向に変位できる状態で検討した。

図-3に示す背面土の領域サイズは、橋台部や延長床版部に生じる応力が背面土の領域サイズに依存しないように考慮している。背面土の弾性係数は 8.5MN/m^2 と 85MN/m^2 の2種類、ポアソン比は0.3とした。変形図の一例を図-4に示すが、 -25°C で荷重パターンL1の時に、背面土の弾性係数によらず延長床版部下面が底版と接触する部分(B点)に生じる圧縮応力が最大となり、 8.5MN/m^2 の時は圧縮強度以上の応力が生じている。 -25°C の温度荷重を与えている時は、橋梁部の鉛直方向下向きのたわみ量が大きいため、B点付近に生じる圧縮応力が増加する。背面土の弾性係数およびノージョイント構造について、さらに検討が必要である。

5. おわりに

本研究では簡易的に地盤モデルを導入したことにより、延長床版システムを例にした橋梁の両側ノージョイントモデルの供用時の安全性を示した。また、橋台と床版を一体とした橋梁形式では、温度変化による橋台の水平変位を許容しなければならないことが明らかとなり、背面土の挙動も十分に考慮した上で、本構造を再検討する必要があるだろう。

表-2 片側NJ, 切込部に挟んだゴムの弾性係数の比較

照査位置		ゴムの弾性係数			
		×1	×2	×5(提案)	×10
最大圧縮 応力 (MPa)	A	10.94 (TP, L6)	10.87 (TP, L6)	10.76 (TP, L6)	10.69 (TP, L6)
	B	10.73 (TP, L1)	10.74 (TP, L1)	10.84 (TP, L1)	10.90 (TP, L1)
	C	8.52 (TP, L2)	8.65 (TP, L2)	9.54 (TP, L2)	10.65 (TP, L2)
	D	11.89 (TP, L2)	11.34 (TP, L2.5)	9.25 (TP, L1)	6.93 (TP, L1)
最大引張 応力 (MPa)	T	65.84 (TM, L1.5)	65.85 (TM, L1.5)	65.73 (TM, L1.5)	66.10 (TM, L1.5)

TP : $+25^\circ\text{C}$, TM : -25°C , Lx : 荷重パターン

表-3 両側ノージョイントモデルの解析結果

照査位置		橋台背面土のモデル化 (N/m^2)		
		なし	8.5×10^7	8.5×10^6
最大圧縮 応力 (MPa)	A	28.08 (TP, L3)	6.84 (TP, L3)	1.97 (TP, L2)
	B	19.93 (TP, L1)	10.62 (TM, L1)	11.88 (TM, L1)
	C	19.98 (TP, L2)	7.84 (TP, L2)	8.82 (TM, L1)
	D	24.11 (TP, L2)	8.28 (TP, L1)	9.18 (TP, L2)
最大引張 応力 (MPa)	T	149.77 (TM, L2)	66.95 (TM, L1)	64.22 (TM, L1)
橋台端部最大 水平変位 (mm)		FIX	伸び 15.6 縮み 16.5	伸び 18.9 縮み 19.9

TP : $+25^\circ\text{C}$, TM : -25°C , Lx : 荷重パターン

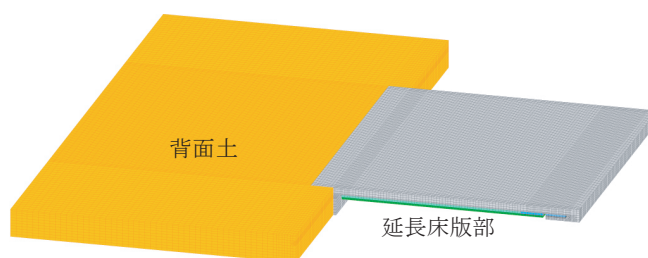


図-3 延長床版部と背面土のメッシュ図

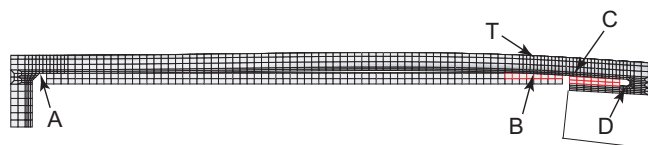


図-4 両側NJ(背面土 8.5MN/m^2), 変形図 (-25°C , L1)

参考文献

- 1) (財) 高速道路技術センター：橋梁ジョイント構造の設計・施工に関する技術検討 報告書, 2005
- 2) 土井恵介, 岩熊哲夫, 齊木功, 山田真幸：延長床版のノージョイント化の関する数値的検討, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 CD, 2010
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書, 構造性能照査編, 2002