

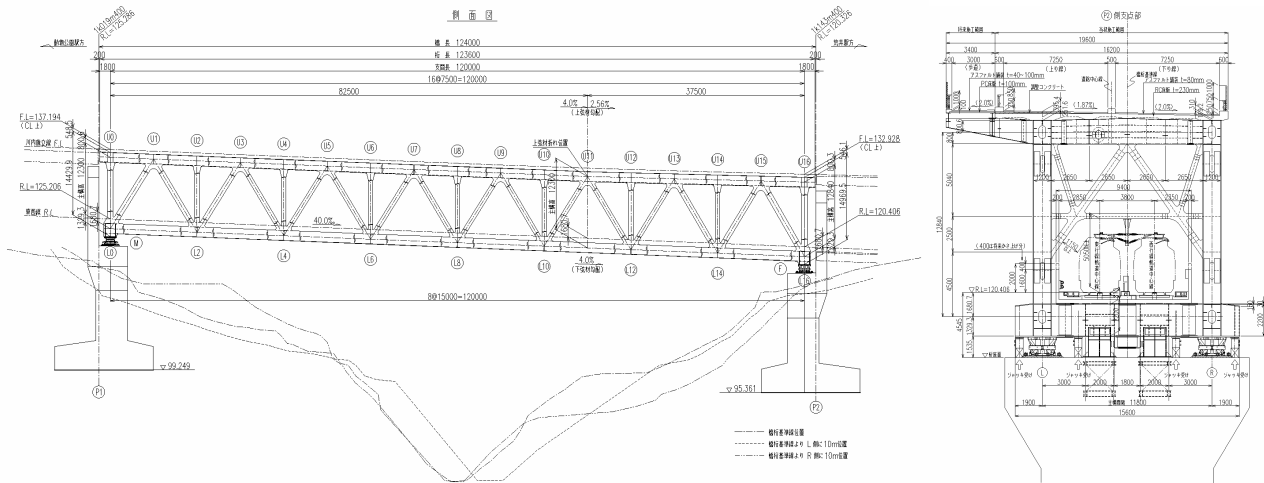
鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋の設計概要と耐震性能照査
(仙台東西線、竜の口橋りょう)

仙台市交通局 東西線建設本部 森 研一郎 鉄道運輸機構 東京支社 正会員 星田 直也
 鉄道運輸機構 北陸新幹線建設局 正会員 藤原 良憲 日本交通技術株式会社 正会員 ○植松 寛喜

1. はじめに

上層に道路、下層に鉄道を配置したダブルデッキ構造の鉄道・道路併用トラス橋は、国内では本四連絡橋、関西国際空港連絡橋で採用されたが、その後採用例はないようである。

本橋は、仙台東西線のトンネル間の瞬き区間の急峻な地形に建設される支間 120m の橋梁であり、事前の架設工法(施工性)を含めた構造形式比較検討よりトラス橋を採用したので、設計概要と耐震性能照査について報告する。



2. 設計概要(設計手法の違いを考慮した部材照査)

本橋では、部材を鉄道部材、道路部材、併用部材の三種類に区分した。鉄道部材(鉄道部床組、床版)、道路部材(道路部床組、床版)の照査は各々の基準で行うが、併用部材(主構)は鉄道部、道路部双方の荷重が作用する部材とし、鉄道、道路 2 種類の示方書を用い照査を行った。これは、鉄道部が限界状態設計法、道路部が許容応力度設計法と手法が異なる他、鋼材の強度特性値と許容応力度、荷重組合せの違い、安全係数と許容応力度割増率、荷重係数の有無、及び圧縮部材の基準耐荷力曲線の違い等、様々な違いを考慮したためである。

二つの設計手法による照査値は、発生応力度はほぼ同じであるが、安全係数と許容応力度割増率等の違いにより道路橋示方書²⁾の方が鉄道構造物設計標準¹⁾より 15%~20%程度厳しい値となり、道路橋示方書により決定している。下記に各部材の代表個所の照査値を示す。

		左側主構			右側主構		
		応力度	照査結果	道路/鉄道	応力度	照査結果	道路/鉄道
上弦材 U7-U9	道路橋示方書	-235 (N/mm ²)	0.925	1.17	-240 (N/mm ²)	0.945	1.16
	鉄道設計標準	-244 (N/mm ²)	0.790	—	-252 (N/mm ²)	0.818	—
下弦材 L6-L8	道路橋示方書	242 (N/mm ²)	0.949	1.16	240 (N/mm ²)	0.941	1.15
	鉄道設計標準	254 (N/mm ²)	0.816	—	255 (N/mm ²)	0.821	—
斜材 L0-U1	道路橋示方書	-196 (N/mm ²)	0.945	1.21	-186 (N/mm ²)	0.892	1.21
	鉄道設計標準	-204 (N/mm ²)	0.780	—	-195 (N/mm ²)	0.740	—

3. ファイバーモデルを用いた耐震性能照査

3.1 解析条件及び解析モデル

本橋はトラス構造のため、軸力比が高く変動も大きいので、軸力変動、2方向曲げを同時に考慮することが可能なファイバーモデルを用いた動的応答解析を実施した。解析モデルは各部材の中心を結ぶ立体骨組モデルとし、床版はトラスと一体の挙動の示すため床版の重心軸は梁要素にモデル化するが、非合成構造としているため鉛直荷重荷時にはモデルに含まない。

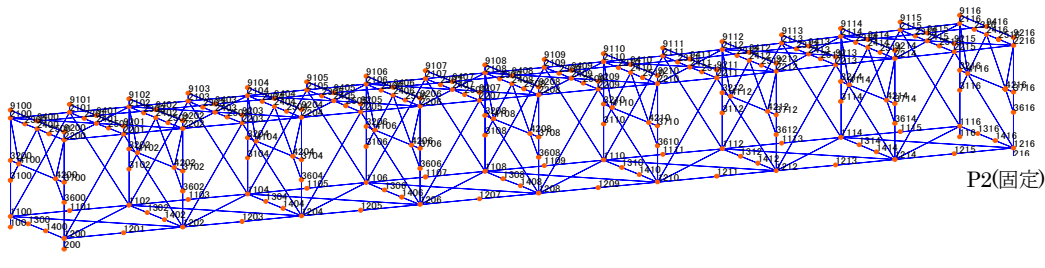
キーワード：鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋、立体解析、動的応答解析、ファイバーモデル

連絡先：日本交通技術株式会社 〒110-0005 東京都台東区上野 7-11-1 TEL 03-3842-9153 FAX 03-3842-917

各部材のモデル化は弾性梁要素(軸力部材はトラス要素)、降伏が想定される部材はファイバー要素を設定し、鋼材の応力-ひずみ関係は2次勾配をE/100とするバイリニア型に移動硬化則を適用した構成則を用いた。

部材の減衰定数はファイバー要素は2%、その他は3%を考慮した。また、可動支承部は摩擦力、移動可能量、移動制限装置を考慮した非線形の復元力モデルを考慮した。

なお、トラス支承部への入力地震波は、上部工の動的解析に先立ち実施した、上部工、下部工、背面土の動的相互作用を考慮した動的解析により求めた支承部の応答値を用いている。



P1(可動)

3. 2 耐震性能照査(動的応答解析)結果

橋の動的耐震設計³⁾より部材健全度レベルを下記の2段階に設定した。なお静的解析による照査では、幅厚比パラメーター等を満足するよう材質、断面形状を決定し、圧縮部材は座屈の影響を考慮した照査を行っている。

健全度レベル1 損傷を生じない状態とし、応答が弾性域(細長い部材は軸圧縮耐力)を越えない。

健全度レベル2 若干の塑性化を許容し、損傷が限定され耐力、変形性能共に十分余裕があり、地震後の使用も可能な状態とし、降伏ひずみの2倍(2ε_y)迄を許容する。

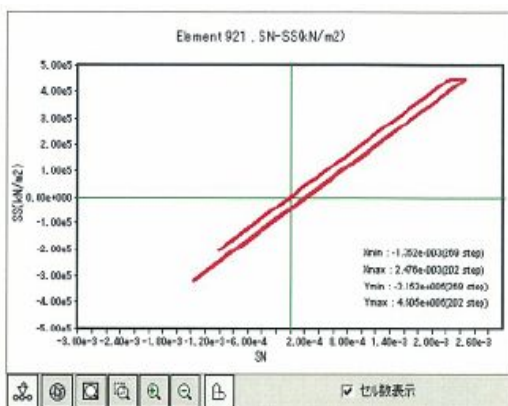
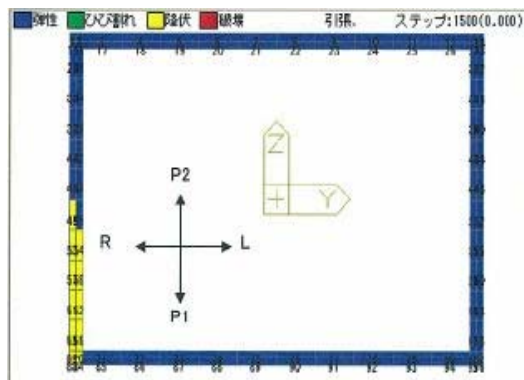
(1) 部材健全度レベル1 に対する照査(軸力を受ける比較的細長比の大きいH断面部材 横構、横トラスに適用)
横トラスは支点部を除き静的解析で決定している。支点部横トラスの道路横桁を支持する部材(ブレース)の動的解析の応答値は静的解析の1.2倍程度であり、照査値を満足するよう断面の補強を行った。

(2) 部材健全度レベル2 に対する照査(軸力と2軸曲げを受ける箱断面部材 主構、床組に適用)

① 主構(上、下弦材及び斜材)は全て部材健全度レベル1を満足しているが、支点部垂直材のひずみは一部塑性域に達しているものの、最大応答値は1.1ε_y程度であり、許容値を下回っている。

② 支点部の横トラスを構成する道路部横桁の一部は塑性域に達しているものの、最大応答値は1.6ε_y程度であり許容値を下回っている。この時の断面はコンクリートを無視した非合成断面として求めており、合成断面としての評価をした場合の最大応答値は更に小さくなるものと想定される。

下記に終点方・右側主構(垂直材)のファイバー要素の応力状態と応力-ひずみ履歴特性を示す。ファイバー要素の応力状態はフランジの一部が降伏(左下図 黄色で図示)し、最大ひずみ2.48*10⁻³はSM570の降伏ひずみ(σ_y/E=450/200000=2.25*10⁻³)の1.1ε_yに達している。



4. おわりに

本橋の照査では、許容ひずみは2ε_yとしたが、鋼橋の耐震・制振設計ガイドライン⁴⁾では幅厚比、軸力比等の複合的な関数で終局ひずみ推定式を示しており、これらの比較についても今後行う予定である。

なお動的解析による耐震性能照査は、本編で報告した上部工の他、RC構造の下部工についても実施している。

参考文献 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物(平成11年10月 (財)鉄道総合技術研究所)
2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編(平成14年3月 社団法人 日本道路協会)
3) 橋の動的耐震設計(平成15年3月 土木学会 地震工学委員会)
4) 鋼橋の耐震・制振設計ガイドライン(2006年9月 社団法人 日本鋼構造協会)