

有限要素法による鋼箱桁橋の桁端衝突解析

九州大学大学院工学研究院 フェロー 大塚 久哲
 八千代エンジニアリング（株） 竹村 太佐
 中央コンサルタンツ（株） 正 杉 辰雄
 中央コンサルタンツ（株） 正 田中 智行

1. 始めに

兵庫県南部地震に代表される大規模地震時には、橋梁の上部構造に生じる応答変位が遊間を超え、橋台パラペット部と衝突する可能性があり、桁端部およびパラペット部の損傷が想定される。これまで桁端衝突を考慮した地震時挙動に関する研究は多いが、ほとんどは振動問題として骨組構造モデルによる非線形時刻歴応答解析が行われている。しかしながら、桁端衝突時の損傷状態を把握するためには、有限要素法モデルによる衝撃応答解析による検討を行う必要がある。本研究では、既設の4径間連続鋼箱桁橋を対象に、骨組構造モデルによる非線形時刻歴応答解析を行った後、有限要素モデルによる衝突解析(LS-DYNAを使用)を行い、鋼箱桁端部の損傷状況と、桁端衝突に対する補強策の考察を行う。

2. 対象橋梁の概要

対象橋梁の概要を表-1に、橋梁断面図および橋梁一般図をそれぞれ図-1、図-2に示す。支承条件はP1橋脚において固定、その他は可動(1点固定)である。橋台パラペットと桁端の遊間は15.0 cmである。

表-1 対象橋梁の概要

上部工形式	4径間連続非合成2箱桁
橋格	一等橋
橋長	L = 230.0 m
支間長	49.99 m + 64.50 m + 64.50 m + 49.99 m
幅員	車道 15.50 m 歩道 3.00 + 3.00 = 6.00 m
下部工形式	鉄筋コンクリート小判型橋台及び橋脚
基礎工形式	ニューマチックケーソン工法
地盤種別	II種地盤
地域区分	C
適用示方書	道路橋示方書 同解説(昭和47年)

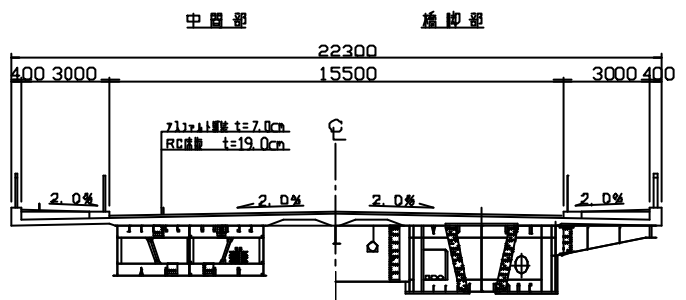


図-1 橋梁断面図 (単位 mm)

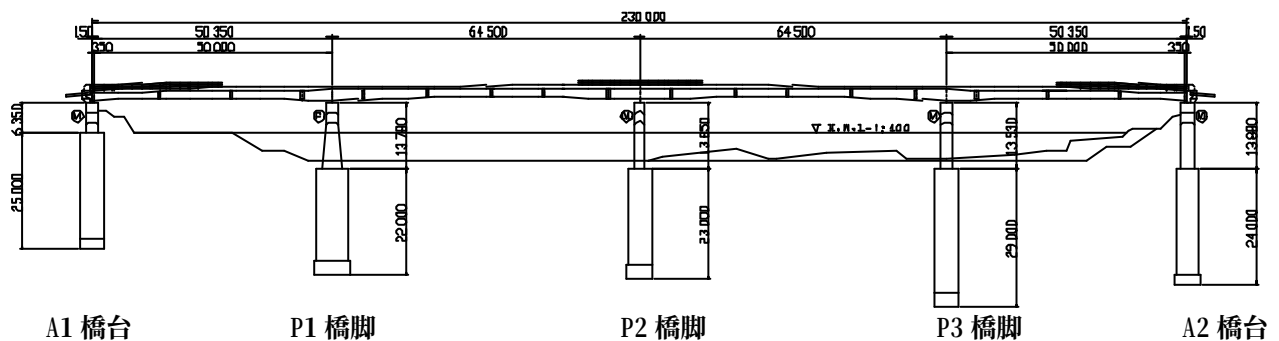


図-2 橋梁一般図 (単位 mm)

3. 有限要素法モデルによる桁端衝突解析

図-3に主桁端部の断面寸法を示す。対象橋梁断面は左右対称であるため、1/2断面モデルとした。FEMモデルの対象領域は、パラペット部および上部構造とし、下部構造および支承は考慮していない。被衝突体であるパラペット部は8節点ソリッド要素を用い、剛体扱いとした。衝突体である外桁、中桁、鋼箱桁はシェル要素を用いてモデル化し、材料構成則はvon Misesの降伏条件を満たす完全弾塑性型バイリニアモデル(移動硬化則)とした。鋼部材の降伏応力は、0.37 (kN/mm²)である。コンクリート床板は8節点ソリッド要素でモデル化し、圧縮領域が支配的かつ弾性範囲内にとどまる可能性があるため、要素特性は弾性体とした。表-2に各部材の物性値を示す。道路橋示方書の標準波形のうち、Type II-II-III入力時の最大応答速度が131.2(cm/sec)で最大であった。この最大応答速度を、入力初期速度の基準として考えた。

解析は、コンクリート床板および鋼箱桁の端部がパラペット部に衝突するモデル、鋼箱桁端部のみ衝突するモデル、鋼箱桁端部の下フランジのみが局所的に衝突するモデルの3通りに対して行ったが、ここでは3番目のモデルの結果についてのみ紹介する。この場合、降伏応力が生じている部位は、下フランジおよびウェブ下側に集中し、残留変形が生じている部位は、橋軸方向に桁端部から約2.40mまでである。

入力速度を変化させた時の桁端損傷の違いについて検討した結果を図-4に示す。入力速度100.0(cm/sec)のケースでは、下フランジおよびウェブに降伏応力が生じ、残留変形が生じているのに対し、60.0(cm/sec)のケースでは、降伏応力が発生する部位が下フランジの端部のみとなり、損傷状態は限定的であることがわかる。なお、入力速度80.0(cm/sec)のケースでは、100.0(cm/sec)の場合に比べて損傷状態が多少軽減されたが、残留変形は生じていた。

下フランジおよびウェブに生じる損傷を軽減するために、補強策を検討した。鋼板による補強策を検討した結果を図-5に示す。鋼板厚を従来の板厚の3倍程度補強した場合、下フランジの損傷をかなり軽減できる。図-6は鋼箱桁内部をコンクリートにより増し厚した補強案の結果を示す。鋼箱桁端部では損傷を軽減できるが、補強部と非補強部の境界に応力が集中し、鋼部材に大きな残留変形が生じた。

4. 終わりに

有限要素法による桁端衝突解析を行った結果、局所的にパラペット部に衝突した場合には損傷する可能性があることがわかった。また、桁端損傷に対する補強策の検討を行った結果、ある程度の効果があることがわかった。

表-2 材料の物性値

	質量密度 ($\text{kN} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$)	ヤング係数 (kN/mm^2)	ポアソン 比	降伏強度 (kN/mm^2)	応力波伝播速度 (mm/sec)
コンクリート床板	2.50E-12	25.0	0.15	-	3.16E+06
パラペット部	2.50E-12	23.5	0.15	-	3.07E+06
鋼箱桁	7.85E-12	210.0	0.30	0.37	5.17E+06

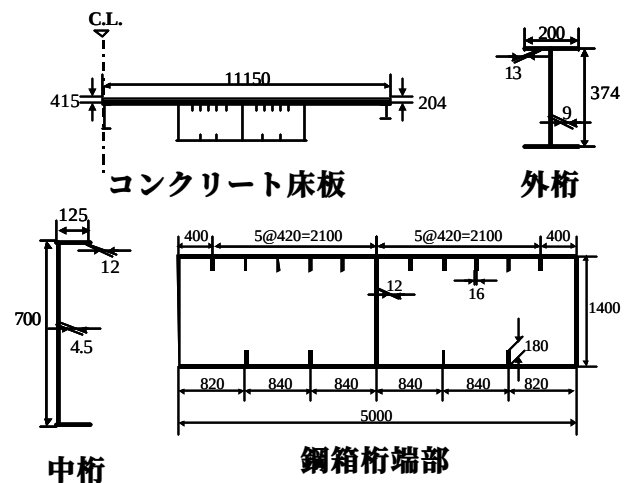


図-3 主桁端部の断面寸法 単位 (mm)

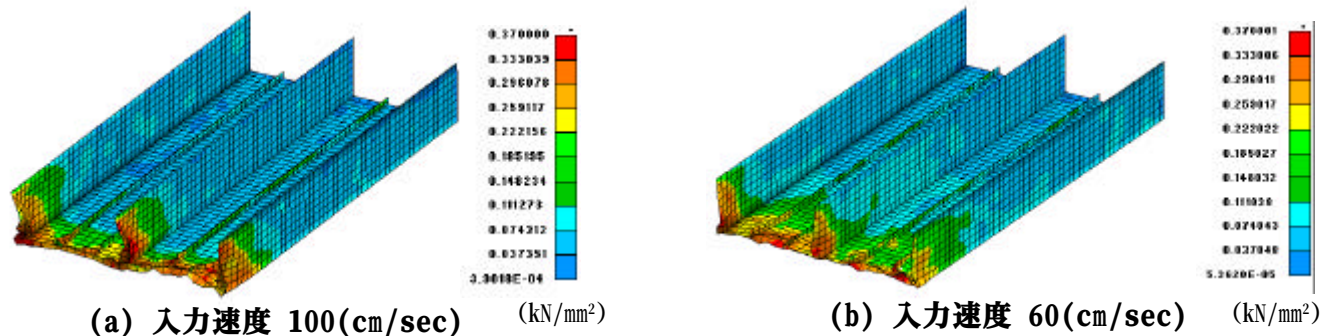


図-4 入力速度による桁端損傷の影響

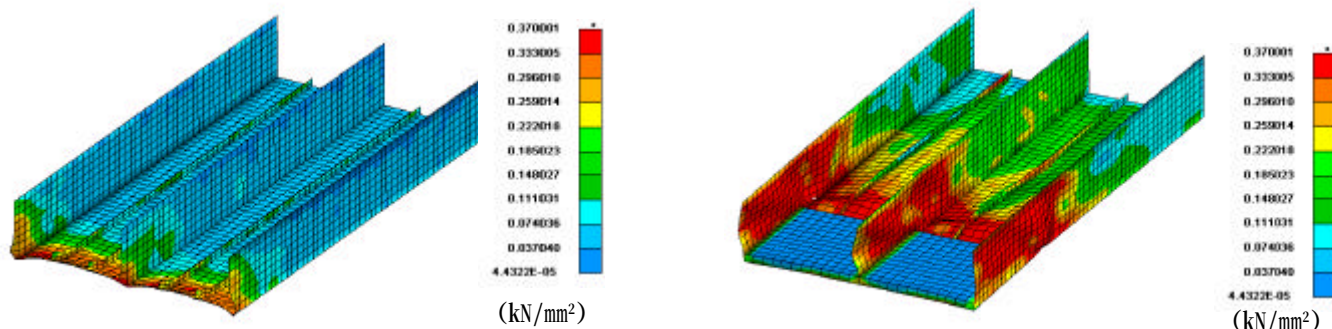


図-5 鋼板による補強対策

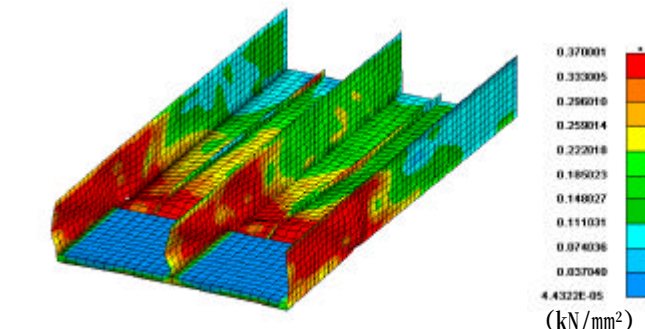


図-6 コンクリート充填による補強対策