

地震時に桁端衝突を受ける橋台の耐衝撃挙動に関する数値シミュレーション

室蘭工業大学大学院 正会員 ○小林 竜太
室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

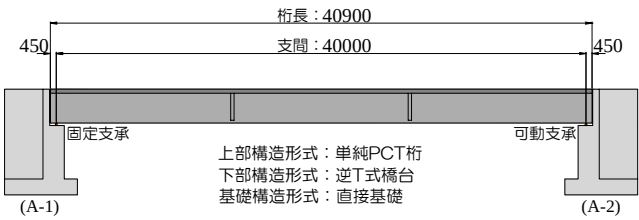
本研究では、大規模地震時に桁端衝突を受ける橋台の耐衝撃挙動を把握することを目的として、実橋を例にして桁端衝突速度を変化させた三次元弾塑性衝撃応答解析を実施した。また、橋台の耐衝撃挙動に及ぼす翼壁（以下、ウィング）部の影響に関する検討も行った。なお、本数値解析には陽解法に基づく非線形衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA(Ver.971)を使用している。

2. 解析対象の概要

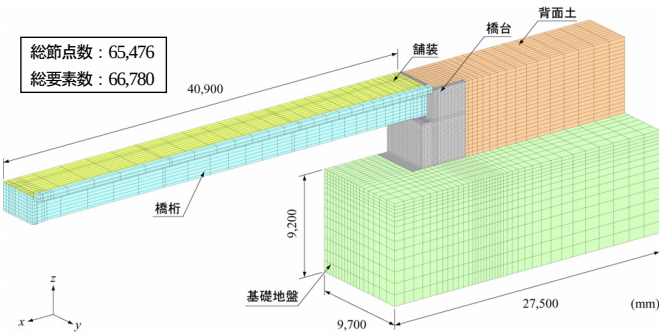
図－１には本研究で対象とした橋梁の概要を示している。本研究では両端を橋台で支持された単純桁橋を解析対象とした。本橋梁は、支間 40.0m、総幅員 9.7m で、橋軸方向に固定・可動の支承条件を有する斜角を持たない直線橋である。上部構造は桁長 40.9m、桁高 2.5m、桁本数 4 本から成るポストテンション方式による PCT 桁、下部構造は安定した岩盤に支持された直接基礎を有する逆 T 式橋台である。

3. 解析モデルの概要

図－２には有限要素モデルを示している。本数値解析では、橋桁、橋台、背面土および基礎地盤を忠実にモデル化し、構造および荷重条件の対称性を考慮した 1/2 対称モデルとした。但し、本検討では支承および伸縮装置が破壊した後の状態を想定していることから、それらはモデル化していない。適用した有限要素タイプは、コンクリート、背面土および基礎地盤要素には 8 節点固体要素を、橋台内部の鉄筋には 2 節点梁要素を用いた。境界条件は基礎地盤底面を完全固定とし、橋桁の支承部節点位置は鉛直方向変位成分を拘束している。また、対称境界面にはシムメトリー条件を与えた。基礎地盤の側面および背面土の橋軸方向端部の境界面には、桁衝突によって生じる応力波の反射を防止するために無反射境界を定義している。橋桁と橋台パラペットおよび橋台と背面土の要素間には、桁衝突による要素間の相互作用を考慮するためにペナルティー法に基づいた面と面の接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を定義した。橋台への衝突荷重は、橋桁全節点に対して所定の衝突速度を初速度として付加することにより作用させている。



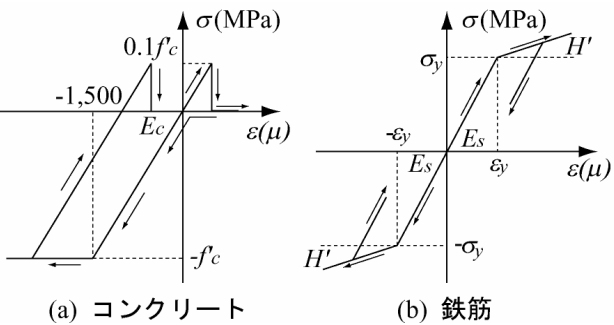
図－１ 本研究で対象とした橋梁の概要



図－２ 有限要素モデル（要素分割状況）

表－１ 本研究で実施した解析ケース一覧

解析ケース	ウィングのモデル化	衝突速度 V (kine)
W-V50	有り	50
W-V100		100
W-V150		150
W-V200		200
NW-V50	無し	50
NW-V100		100
NW-V150		150
NW-V200		200



図－３ コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係

表－１には解析ケースを一覧にして示している。本解析では橋台に作用する桁端衝突速度 V として 50, 100, 150, 200 kine の 4 ケースを設定した。さらに、橋台の耐衝撃挙動に及ぼすウィング部の影響を把握するため、ウィングを考慮する場合と考慮しない場合の 2 ケースを設定している。

キーワード：桁端衝突、橋台、耐衝撃挙動、ウィング、弾塑性衝撃応答解析
連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学大学院 工学研究科 TEL：0143-46-5230 FAX：0143-46-5227

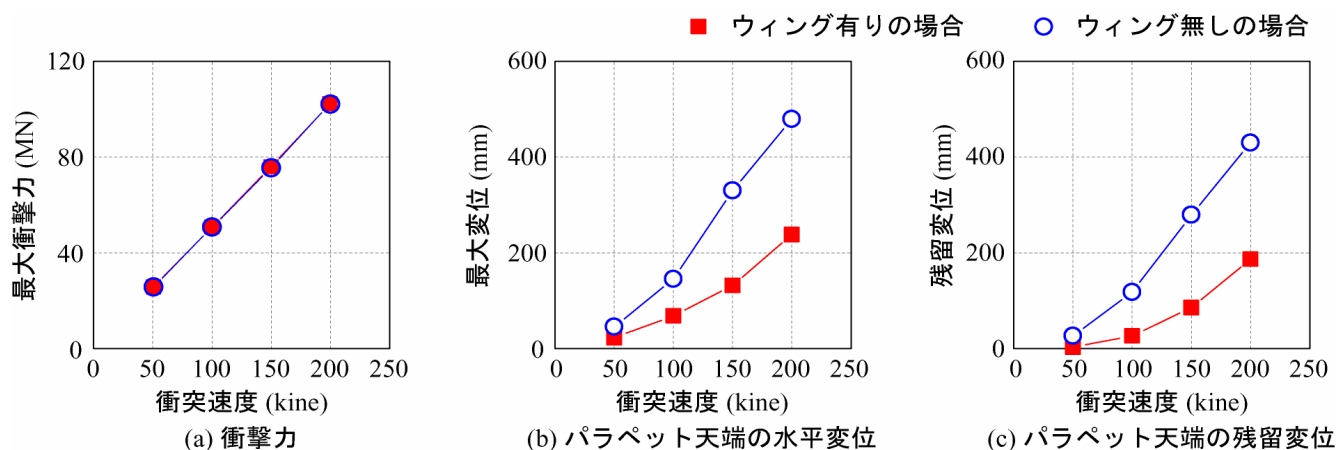


図-4 最大衝撃力および応答変位と衝突速度の関係

図-3には本数値解析で仮定したコンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係を示している。コンクリート要素には、圧縮領域に対しては0.15%ひずみ時に圧縮強度で降伏に至るバイリニア型モデル、引張領域は引張強度に達した段階で引張応力を伝達しないテンションカットオフモデルを定義した。一方、鉄筋要素には、塑性硬化係数を弾性係数の1/100とするバイリニア型の等方弾塑性体モデルを定義した。なお、本解析ではひずみ速度効果は考慮していない。

4. 解析結果および考察

図-4(a)には桁端部における最大衝撃力と衝突速度の関係を、図-4(b), (c)にはそれぞれパラペット天端の最大変位および残留変位と衝突速度の関係を示している。図より、最大衝撃力は衝突速度の増加に伴って直線的に増加し、かつウィングの有無の影響は小さいことが分かる。また、最大衝撃力は衝突速度 $V=50\text{kine}$ の場合で 25.0MN 程度、衝突速度 $V=200\text{kine}$ の場合で 100.0MN 程度である。従って、本研究で対象とした橋桁の全重量は約 7.7MN であることから桁端衝突によって橋台に作用する最大衝撃力は、本橋の場合には上部構造全重量の約3～13倍にまで達する可能性があることが示唆された。一方、パラペット天端の水平変位は、衝撃力と同様に衝突速度の増加に対応して大きくなる傾向を示すが、ウィング無しの場合はウィング有りの場合と比較して2倍以上の最大変位および残留変位が生じていることが分かる。これは、ウィング有りの場合にはパラペットが堅壁とウィングに拘束されることで3辺固定1辺自由版に類似した変形挙動を示すが、ウィング無しの場合には1辺固定他辺自由版としての変形挙動を呈するためと推察される。以上より、桁端衝突による最大衝撃力に与えるウィングの影響は小さいものの、最大変位や残留変位に与える影響は極めて大きいことが明らかとなった。図-5には最大応答変位時の橋台のひび割れ分布性状を示している。

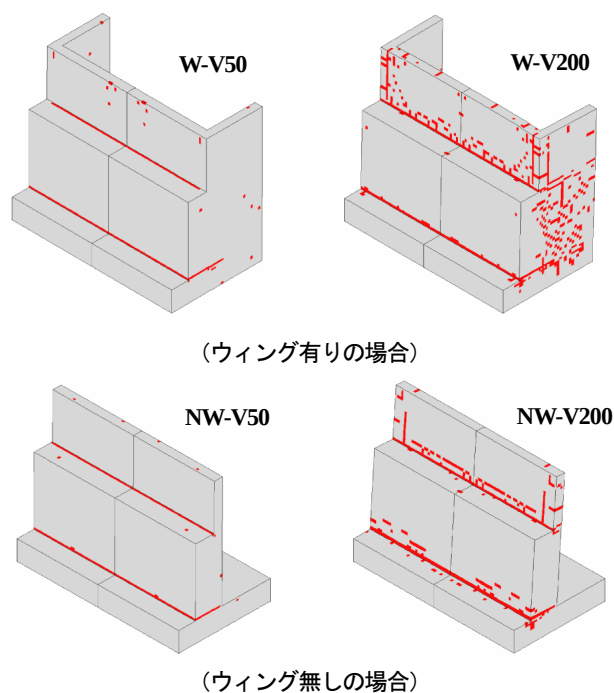


図-5 最大応答変位時における橋台のひび割れ分布性状
紙面上の都合により、衝突速度 50kine および 200kine のケースについてのみ示す。図より、いずれのケースにおいてもパラペット基部および堅壁基部近傍において水平方向の曲げひび割れが発生しており、ウィング有りの場合には衝突速度 $V=200\text{kine}$ でウィング壁部において斜め下方に進展するせん断ひび割れが発生していることが確認できる。

5. まとめ

- 1) 桁端衝突を受ける橋台の耐衝撃挙動に与えるウィング部の影響は大きく、ウィングは桁端衝突荷重に対する橋台の水平抵抗に大きく寄与している。
- 2) 桁端衝突によって橋台に作用する最大衝撃力は、本橋の場合には上部構造重量の3～13倍に達する可能性がある。
- 3) 橋桁が橋台パラペット部に衝突する場合には、パラペットのみならず、堅壁基部やウィング壁部にも損傷が生じる可能性がある。