

緩衝材と橋台背面土圧を考慮した単純桁橋橋端衝突挙動の解析

Analysis of Collision Behavior at the End of Simple Girder Bridge Considering Shock-Absorber and Backfill Earth Pressure

北見工業大学	○学生員	内堀 康	(Yasushi Uchibori)
北見工業大学	フェロー	大島 俊之	(Toshiyuki Oshima)
八千代エンジニアリング(株)	正 員	小倉 裕介	(Yusuke Ogura)
(株)日本製鋼所	正 員	小枝 日出夫	(Hideo Koeda)
北見工業大学	学生員	月岡 雅人	(Masato Tsukioka)

1. はじめに

橋梁が衝撃的な水平加速度入力を受けて橋端が橋台壁面に衝突する場合、通常の地震時非線形動的応答解析の中に橋端と橋台壁面との衝突の影響が組み込まれてくる。そのため橋端と橋台壁面について衝突部の詳細な応答評価が必要になってくる。そこで本研究では単純桁橋をモデル化して橋端と橋台壁面が衝突する際、橋端と橋台壁面の間に設置する緩衝材の影響と橋台背面土の影響を考慮した場合の橋端部の挙動を数値解析によって検討を行った。

2. 解析対象構造物モデル

本研究の面内解析モデル図を図-1に示す。解析モデルは支間長30m、桁高1.99m、床版厚0.57mの単純桁橋で、上部構造、橋台ともに4節点シェル要素でモデル化した。床版および橋台の鉄筋部は2節点はり要素を用いた。総節点数は198となっている。各要素の物性特性に用いた応力-ひずみ関係を図-2に示す。コンクリート部はコンクリートのクラック発生を考慮した低引張材料、鉄筋部は弾塑性材料とした。上部構造の総重量は10221kNである。上部構造は橋台上に支承バネによって支持されている。また本解析モデルでは道路橋示方書に従い標準貫入試験のN値10相当の地盤バネを橋台下面と背面に設定している。橋端と橋台壁面との間には図-3に示すよ

うな緩衝材の剛性を考慮した緩衝材バネを設置した。このモデルに水平方向に初期速度900mm/sを与え、解析時間を0.25secとし、積分時間刻み $\Delta t=1 \times 10^{-5}$ secとした。なお、衝突方向の挙動を検討対象とするため、衝突方向と反対方向のA1橋台はモデル化を省略して解析を行った。また道路橋示方書で示されている現行の落橋防止システムでは、桁が橋台から落下しない様に十分な桁かかり長を確保し、ケーブルやブロック等で桁の移動を制限することとしている。したがってこの落橋防止システムの影響について本文5節のCase6モデルにのみA1橋台側の橋軸方向に落橋防止バネを設置した。

本解析は、汎用構造解析プログラムMARCを使用した。

3. 緩衝材剛性の違いによる影響

3.1 解析概要

本章における緩衝材の影響についての解析では、緩衝材のモデル化として橋端部と橋台壁面の間に緩衝材を敷き詰めた状態を想定し、橋端部と緩衝材の遊間については考慮していない。緩衝材の圧縮側は弾性的に変化し、引張側はバネ剛性を0に近い値とした。圧縮側の弾性係数は図-3に示す3ケースを設定した。ここでは、350,000kN/mとした場合をCase1、700,000kN/mとした場合をCase2、2,100,000kN/mとした場合をCase3とする。

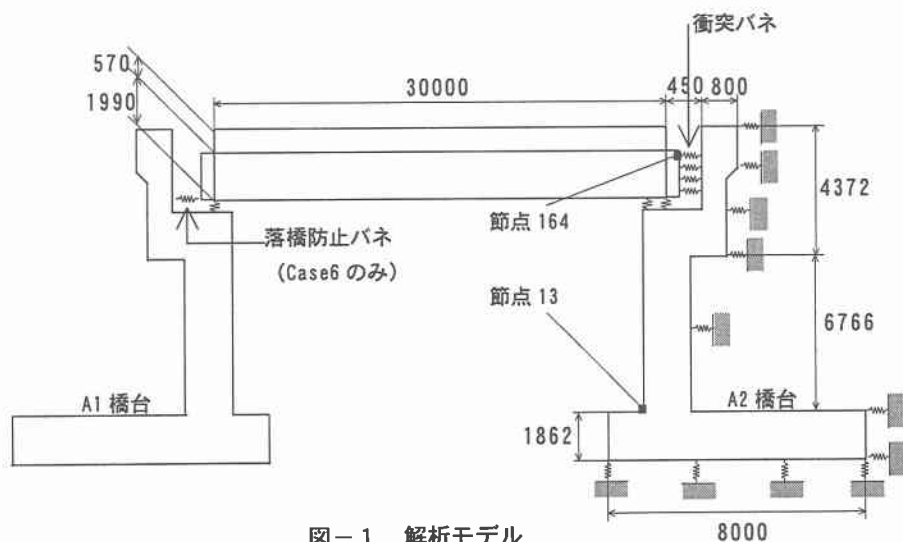


図-1 解析モデル

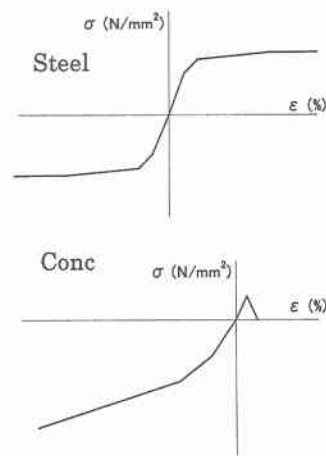


図-2 応力-ひずみ関係図

3. 2 解析結果

表－1に各ケースにおける上部構造の最大変位、応答加速度、緩衝材バネの最大作用力、および緩衝材バネの最大変形量を示す。上部構造の最大変位と応答加速度は図－1の節点164の値である。図－4は緩衝材剛性の違いによる上部構造の最大変位の変化、図－5には緩衝材剛性の違いによる緩衝材の最大作用力の変化を示している。ここで上部構造の最大変位に着目すると、緩衝材剛性が大きくなるに従って、上部構造最大変位が拘束される状況を確認できる。また緩衝材最大作用力では、緩衝材剛性が大きくなるにつれて、緩衝材最大作用力も大きくなっていく。Case3の1/6倍の緩衝材剛性を持つCase1では、上部構造最大変位でCase3の約1.85倍大きくなり、衝突力で約50%減少となった。

4. 橋台背面土圧による影響

4. 1 解析概要

本節では、橋台背面土圧による影響を検討するため、橋台背面土無しの場合(Case4)、橋台背面が固定されている場合(Case5)の解析を行い、3節でのCase1のモデルと比較した。なおCase4、Case5の解析に用いた緩衝材モデルはCase5と同じものを使用している。

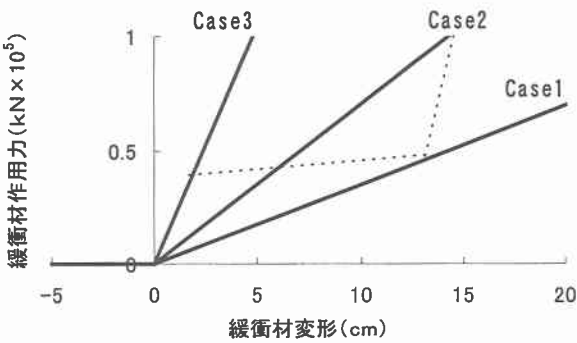
4. 2 解析結果

表－2には各ケースにおける上部構造桁端部節点164における最大応答変位と応答加速度、および緩衝材の最大作用力、緩衝材変形量を示している。上部構造の最大変位を比較すると、橋台背面状態の影響でCase4、Case1、Case5の順に小さくなっていくのが分かる。図－6は各ケースの緩衝材作用力の時間的変化を示している。緩衝材の最大作用力を比べると上部構造最大変位とは反対にCase4、Case1、Case5の順に大きくなっていく。Case1はCase5に比べ緩衝材バネの最大作用力は約10%減少となり、やや長周期傾向になっている。図－7は各ケースの緩衝材の最大作用力時における橋台の応力状態をコンター図で示している。図－7から分かるように、橋台背面土がないCase4では高い応力が発生しているのに対して、Case1、Case5になるに従い応力は減少していく。橋台基部の節点13における各ケース応力値を表－3に示す。Case1とCase5では緩衝材作用力にさほど大きな変化はないが、橋台に発生する応力値および応力分布に違いがみられる。

5. 落橋防止装置による影響

5. 1 解析概要

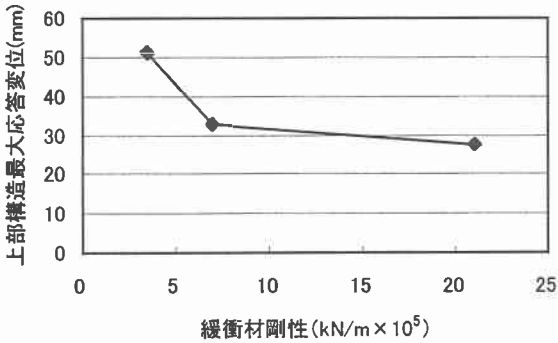
本節では一つのタイプとして、桁の移動を制御する落橋防止システムがA1橋台側についているものと仮定し桁水平方向に落橋防止バネを設け、Case1と同じ条件で解析を行った。落橋防止システムのパネ定数は論文^{3),5)}により500MN/mと設定した。落橋防止バネを設置したケースをCase6とする。



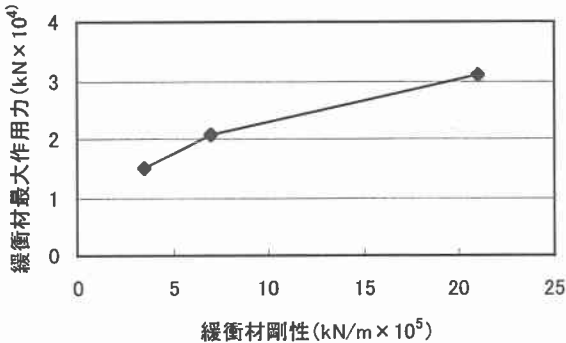
図－3 緩衝材モデル図

表－1 解析結果の比較（緩衝材剛性）

	Case1	Case2	Case3
上部構造 最大応答変位(mm)	51.3	32.4	27.5
上部構造 応答加速度(gal)	1790	2452	3091
緩衝材の 最大作用力(kN)	14942	20568	30780
緩衝材の 変形(mm)	41.9	28.4	13.7



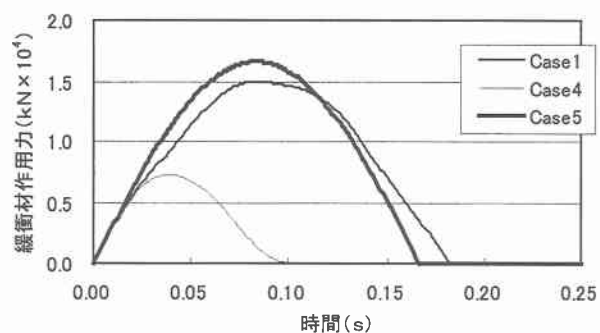
図－4 緩衝材剛性の違いによる
上部構造応答変位の影響



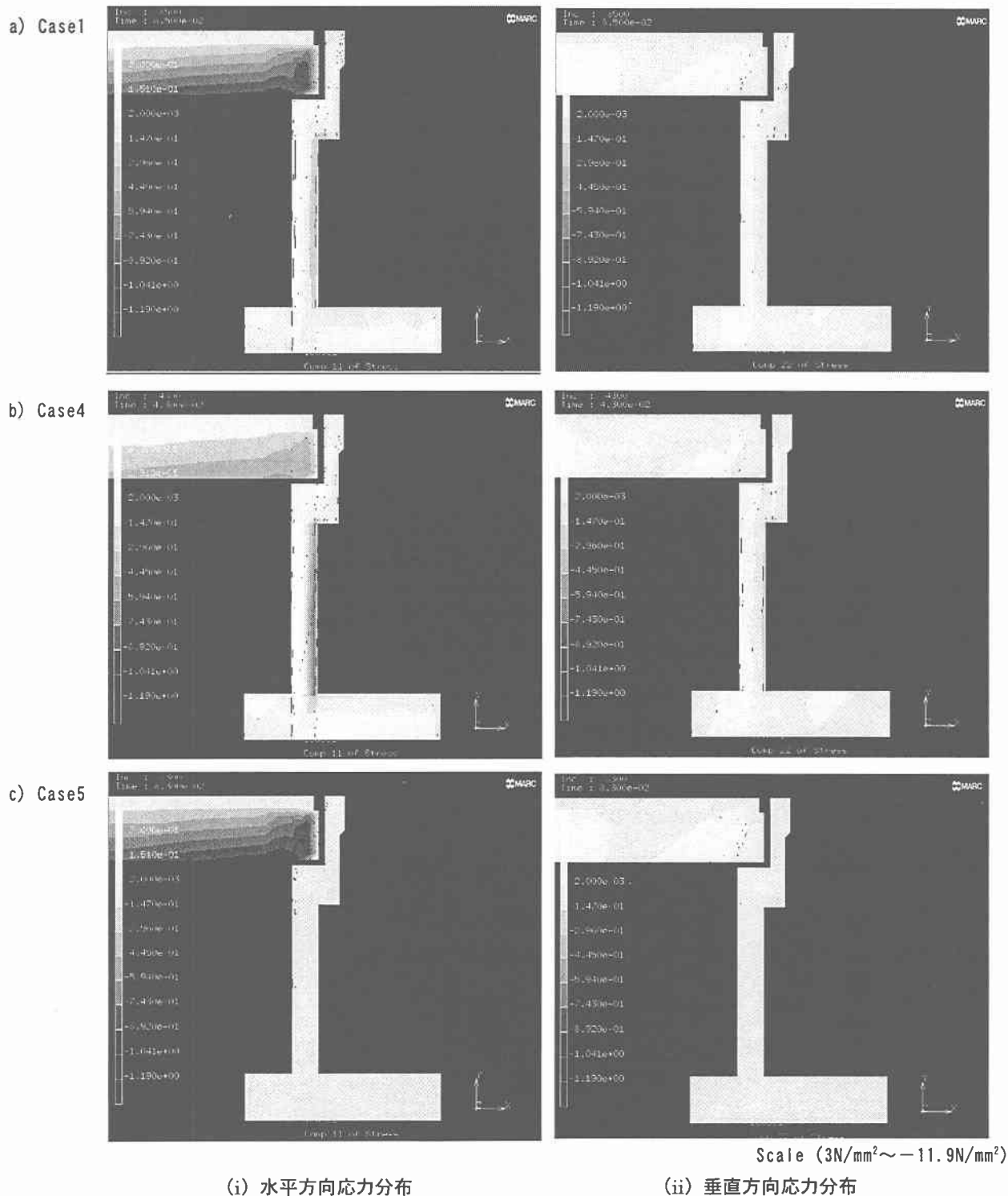
図－5 緩衝材剛性の違いによる
緩衝材作用力の影響

表－2 解析結果の比較（橋台背面土圧）

	Case1	Case4	Case5
上部構造 最大応答変位(mm)	51.3	1261.6	47.6
上部構造 応答加速度(gal)	1790	971	1936
緩衝材の 最大作用力(kN)	14942	7260	16576
緩衝材の 変形(mm)	41.9	19.5	47.5



図－6 緩衝材応答作用力時刻歴結果



図－7 A2橋台応力分布コンター図

表－3 節点13の応力値結果

	Case1	Case4	Case5
水平方向応力値	0.772	1.202	0.034
垂直方向応力値	0.434	1.095	0.118

単位：N/mm²

表－4 解析結果の比較（落橋防止装置）

	Case1	Case6
上部構造 最大応答変位(mm)	51.3	30.6
上部構造 応答加速度(gal)	1790	2712
緩衝材の 最大作用力(kN)	14942	8872
緩衝材の 変形(mm)	41.9	24.8

5. 2 解析結果

表－4には二つのケースにおける上部構造桁端部節点164における最大応答変位と応答加速度、および緩衝材の最大作用力、緩衝材最大変形量を示している。桁の変位を拘束することによって衝撃パネにかかる作用力が減少していることが確認できる。Case6はCase1に比べ緩衝材パネ作用力が約0.6倍なった。橋端衝突問題を考える上で桁端衝突部に応力集中させないためにも、衝突箇所を分担させることが望ましいと考えられる。

6. まとめ

本研究では単純桁橋での橋端衝突部における衝突解析を行い、緩衝材の影響や橋台背面地盤の影響について検討を行った。本解析で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 緩衝材パネの剛性を変化させた場合、剛性が大きくなるに従って上部構造変位を拘束できるが、衝突力は大きくなる。
- 2) 背面が固定されたケースとN=10相当の地盤が橋台背面にあるケースを比較した場合、後者のケースは衝突力が減少するがわずかである。しかし橋台背面の地盤が堅くなるにつれて橋台背面が固定された状態に近づくと考えると、橋台にかかる応力値分布に違いが生じる。
- 3) 落橋防止構造を設けることによって、上部構造の変位を制御し、衝突力を分散し緩和できる状況が数値計算により確かめられた。

今後は緩衝材および落橋防止装置を履歴のある非線形モデルによってモデル化し橋梁が衝撃的加速度地震波入力を受ける場合について検討していくこととする。

参考文献

- 1) 吉沢努、忽那幸浩、田崎賢治、川崎雅秀：けた衝突を考慮した橋システムの地震時挙動、第4回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集、pp.513-516、2000.12.
- 2) 植原健治、川島一彦、庄司学：ゴム製緩衝材装置とダンパーによる桁間衝突の低減効果、第4回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集、pp.505-512、2000.12.
- 3) 鎌田耕平、伊津野和之、小林紘士：桁の自由落下に対しての必要な耐震連結装置の性能に関する検討、第4回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集、pp.517-522、2000.12.
- 4) 川島一彦、庄司学：衝突緩衝用落橋防止システムによる桁間衝突の低減効果、土木学会論文集No.612/I-46、pp.129-142、1999.1.
- 5) 中島章典、庄司泰啓、安波博道：隣接桁の影響を考慮した高架橋システムの大地震時応答性状について、第1回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集、pp.207-210、1998.1.