

水平衝撃入力を受ける連続桁橋の橋端衝撃応答の研究

Study on Impact Response at the End of Continuous Bridge under Horizontal Impulsive Input

北見工業大学
北見工業大学
八千代エンジニアリング(株)
(株)開発工営社
北見工業大学

○学生員 内田 裕丈 (Hirotake Uchida)
フェロー 大島 俊之 (Toshiyuki Oshima)
正会員 小倉 裕介 (Yusuke Ogura)
正会員 青地 知也 (Tomoya Aochi)
学生員 月岡 雅人 (Masato Tukioka)

1. はじめに

大規模地震時に橋梁が衝撃的な水平入力を受けると、桁端部と橋台壁面の間に衝突が起こる。この衝撃緩和のために落橋防止用緩衝材の検討や、衝撃応答を取り扱った研究が実施されるようになってきている。本研究では連続桁橋を解析対象として、桁端部を橋台壁面に衝突させた際に、桁端部、橋台にどのような影響があらわれるかを数値解析を行って検討した。解析では桁端部と橋台壁面の間に設置する緩衝材の剛性の影響、および橋台背面土圧による影響などについて検討を行った。

2. 解析モデル

本研究において用いた面内解析モデルを図-1に示す。解析モデルは、連続桁橋で支間長が78mで桁高が1.99m、A2橋台、P1、P2橋脚を持っている。高さはそれぞれA2橋台が13m、P1、P2橋脚が15mである。床版、鋼桁、橋脚、橋台部には4節点シェル要素、構造内部の鉄筋は2節点はり要素とした。各要素における材料特性は図-2に示す応力-ひずみ関係を用いており、鉄筋は弾塑性材料、コンクリートはクラック発生を考慮した低引張り材料とした。上部構造は橋

台及び橋脚部に支承バネを設置して支持している。このモデルにA1橋台からA2橋台へ水平方向に初期速度を与えた。解析時間は0.25secで、時間刻みは 1.0×10^{-5} secとしている。上部構造の桁端部とA2橋台の壁面が衝突する場合を考えるため、衝突部にバネを設置した。緩衝材のモデル化はこのバネに緩衝材の剛性を考慮した値を設定して行った。また解析ではA1からA2方向のA2橋台部での衝突の影響を考えているため、A1橋台を省略してモデル化を行っており、A1橋台と上部構造の衝突は考慮していない。本解析では、汎用構造解析プログラムMARCを使用した。

3. 緩衝材モデルの違いによる影響

3. 1 概要

本章では、桁端部と橋台壁面との間の衝突部に緩衝材を設置し、その緩衝材の剛性を变化させた場合の影響について比較を行う。緩衝材は桁端部と橋台壁面の間に一様に敷き詰めるものとして、4本のバネ要素によってモデル化を行った。緩衝材のバネ剛性の变化については図-3に示す3つのケースについて行った。Model1は緩衝材のバネ剛性を350,000kN/mとした場合、Model2は700,000kN/mとした場合、Model3

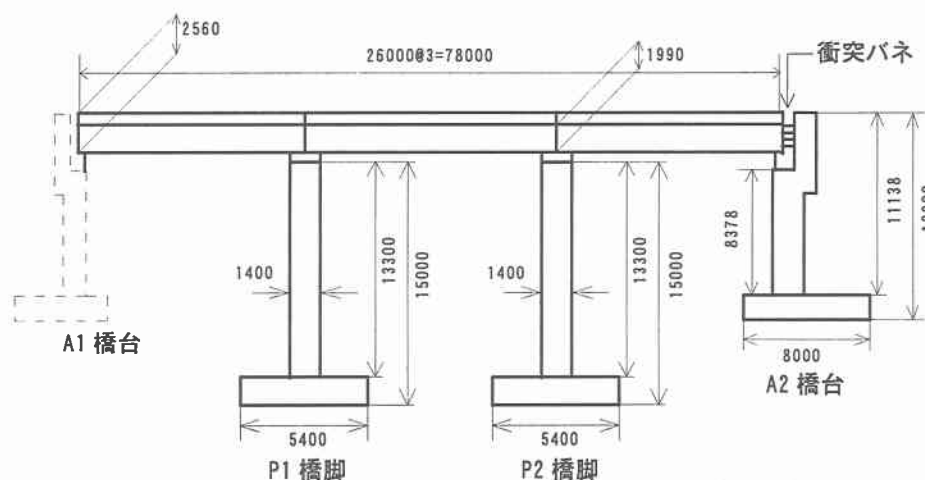


図-1 解析モデル

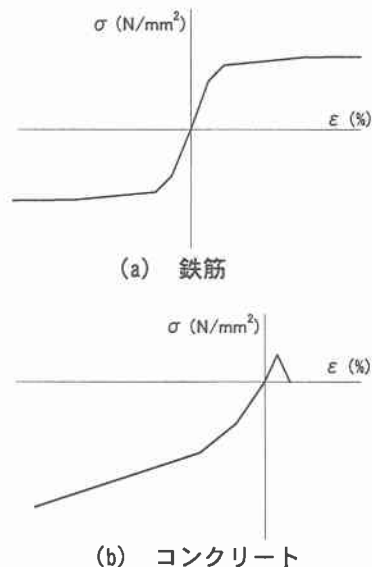


図-2 材料の応力-ひずみ関係図

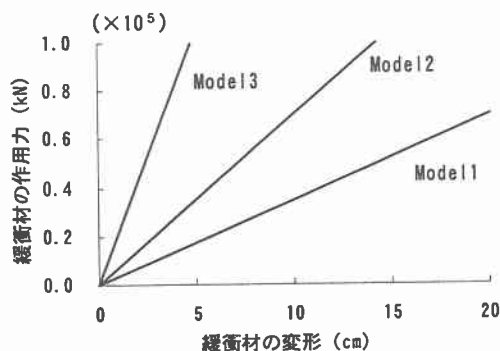


図-3 緩衝材のバネ剛性のモデル化

表-1 緩衝材のバネ剛性の変化による影響

	Model1	Model2	Model3
緩衝材のバネ剛性 (kN/m)	350000	700000	2100000
上部構造 最大応答変位 (mm)	81.51	63.08	45.13
緩衝材の 最大作用力 (kN)	23583.7	32436.9	44077.7
緩衝材の変形 (mm)	67.83	46.92	21.76

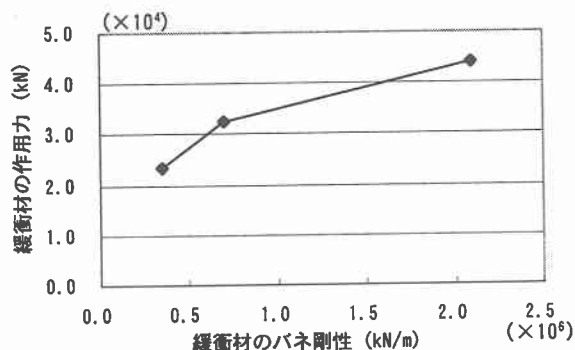


図-4 緩衝材のバネ剛性の変化による
緩衝材の作用力の変化

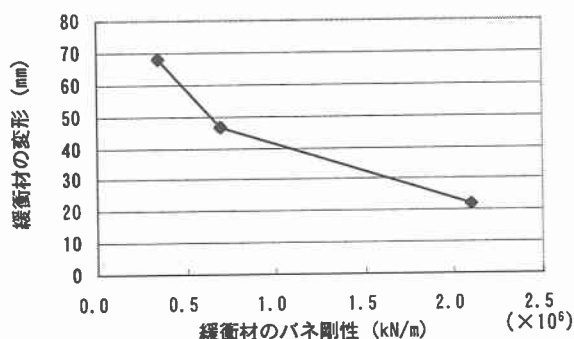


図-5 緩衝材のバネ剛性の変化による
緩衝材の変形量の変化

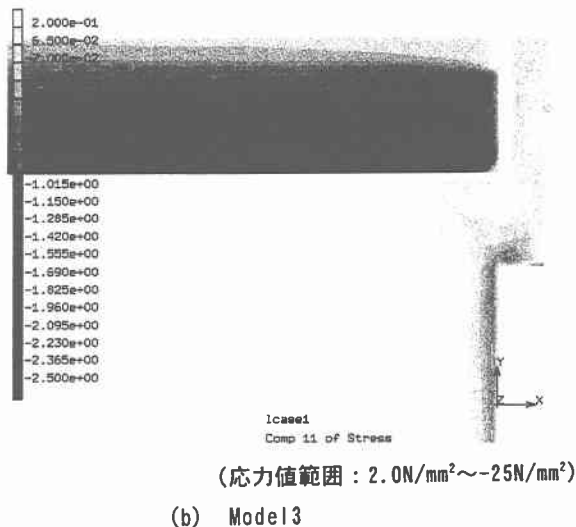
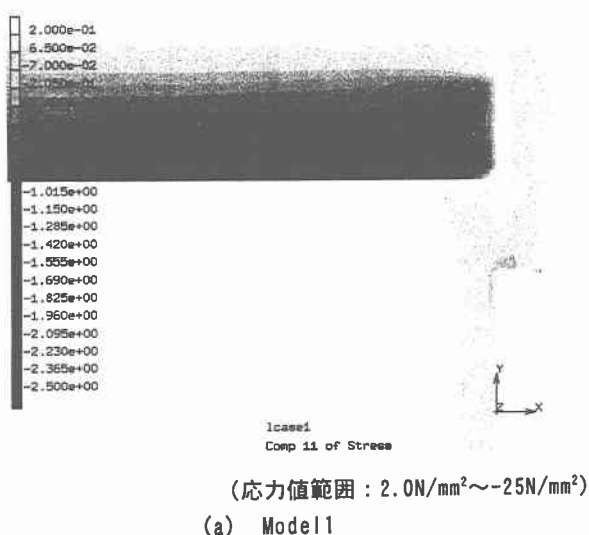


図-6 衝突部応力分布図

は 2,100,000kN/m とした場合である。いずれの場合も剛性は弾性的に変化するものとしており、引張り側には作用しないものとした。また桁端部と緩衝材の間の遊間は考慮していない。衝突速度（初期速度）は A1 橋台から A2 橋台方向に 900mm/sec として解析を行っている。

3.2 解析結果

表-1 に上部構造端部の節点における最大応答変位、緩衝材の最大作用力、緩衝材の最大変形量をまとめた

ものを示す。また図-4 は緩衝材のバネ剛性の変化による緩衝材の最大作用力の変化、図-5 は緩衝材のバネ剛性の変化による緩衝材の最大変形量の変化を示したものである。

表-1 において上部構造の最大応答変位に着目してみると、緩衝材のバネ剛性が増加するにしたがって応答変位は減少しており、Model 3 の応答変位は Model 1 に比べ 50% ほどに減少している。緩衝材の最大作用力については、図-4 に見られるように緩衝材のバネ剛性の増加にともない作用力が増加しており、

Model 3はModel 1に比べ2倍ほど増加している。また緩衝材の変形量は図-5に見られるように上部構造の応答変位と同様に緩衝材のバネ剛性の増加にともない変形量は減少している。このことから、緩衝材のバネ剛性の増加によって上部構造の変位が拘束されているのがわかる。

図-6に桁端部と橋台壁面の衝突部における橋軸方向の応力分布を示す。この図から緩衝材のバネ剛性が高いModel3では、Model1の時に比べ、上部構造の変位が拘束されるため桁の端部に高い圧縮応力が発生しているのがわかる。

4. 橋台背面土圧の影響

4. 1 概要

次に橋台背面の土圧による影響を考慮するために、橋台の背面に地盤バネを設置した。本章の解析については地盤バネの剛性を変化させたものと、背面の土圧の影響がないものについて比較を行った。地盤バネの剛性は標準貫入試験のN値の値によって変化させており、N値が10、20、30の3種類(Model4~Model6)を設定した。さらに橋台背面を固定した場合(Model7)、橋台背面土の影響がない場合(Model8)を設定して、全5ケースについて解析を行った。地盤

バネのモデル化については道路橋示方書に基づいて行っている。表-2に各モデルの地盤バネの剛性を示す。地盤バネは圧縮側には作用するが、引張り側には作用しないものとしている。緩衝材のバネ剛性は3章で用いたModel1の値で設置している。衝突速度は3章と同様に900mm/secとしている。

4. 2 解析結果

表-3に上部構造端部の節点の最大応答変位、緩衝材のバネへの最大作用力、緩衝材のバネの最大変形量をまとめたものを示す。また図-7に緩衝材のバネの作用力の変化を示す。図-8にModel4のP2橋脚部における橋軸方向の応力分布、図-9にModel4とModel6のA2橋台部における橋軸方向の応力分布を示す。上部構造の応答変位について比較すると、橋台背面地盤バネの剛性が増加すると応答変位は減少する傾向が見られる。また緩衝材の変形量と緩衝材の作用力については、橋台背面の地盤バネの剛性が増加するのにともない増加している。これらはいずれも橋台背面土が固くなることによって、橋台の変位が拘束されるためと考えられる。橋脚部においては図-8に見られるように橋脚基部において応力の集中が見られたが、応答変位、応力ともに橋台背面土圧による影響

表-2 橋台背面の地盤バネ係数

	Model4	Model5	Model6	Model7	Model8
N 値	10	20	30	—	—
地盤バネ剛性	5538507.6	8791832.9	11520560.2	背面固定	なし

(単位：kN/m)

表-3 橋台背面土圧の変化による影響

	Model4	Model5	Model6	Model7	Model8
上部構造 最大応答変位(mm)	85.51	80.50	78.62	72.47	165.13
緩衝材の 最大作用力(kN)	23583.7	24526.1	25040.8	26303.6	7812.36
緩衝材の変形(mm)	67.83	70.42	71.79	75.05	22.91

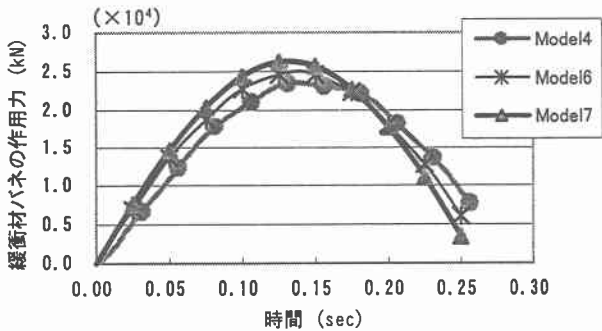
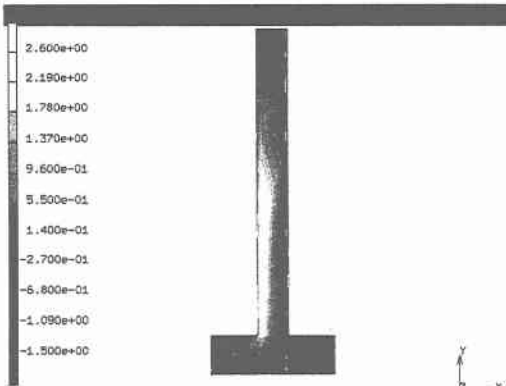
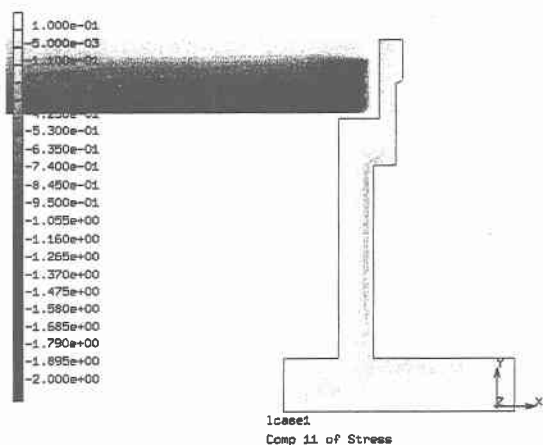


図-7 緩衝材の作用力の変化

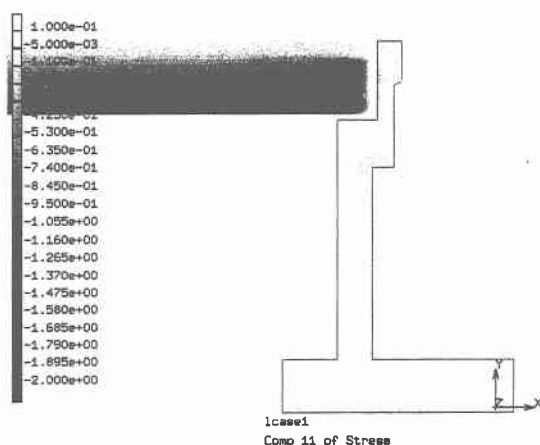


(応力値範囲：26N/mm²~-15N/mm²)

図-8 P2橋脚部応力分布図



(a) Model 4
(応力値範囲：1.3N/mm²～-20N/mm²)



(b) Model 6
(応力値範囲：1.3N/mm²～-20N/mm²)

図-9 橋台部応力分布図

が見られなかった。これは本解析が桁端部とA2橋台との衝突のみを考慮したため大きな変化が得られなかったと考えられる。また図-9から橋台の変位が拘束されることによってModel6に比べModel4では橋台部において橋軸方向の引張応力が大きくなっている傾向が見られる。

5. まとめ

本研究では、連続桁橋の桁端部における衝突について解析を行い、緩衝材の影響と橋台背面土圧の影響について検討をおこなった。本解析によって得られた結果を以下に示す。

- (1) 緩衝材のパネ剛性を高くすることによって上部構造の応答変位を抑えることができるが、衝突力が大きくなり、桁端部の圧縮力が大きくなる傾向が見られた。
- (2) 橋台背面の地盤パネの剛性を高くすることによって橋台の変位が拘束された。そのため、上部構造の応答変位を抑えることができたが、衝突力と緩衝材の変位が大きくなる結果が得られた。

今後、遊間を含めた緩衝材のパネや地盤パネのモデル化の検討を行い、地震時の加速度入力を行った場合について検討していく。

本研究の検討においては解析内容について次の方々のご援助をいただきました。ここに感謝申し上げます。(株)鉏路製作所 佐藤孝英氏、北見工業大学 山崎智之氏

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.