走行荷重を受ける劣化した橋梁の残存耐荷性能に関する基礎的研究

九州大学大学院　学生会員　○大曲　正紘
九州大学大学院　正会員　園田　佳巨

１．背景・目的

既設の土木構造物の中には竣工してから長い年月が経過し，ひび割れやコンクリートの剥離などの経年劣化が確認されているものが数多く見られる．そのため，これまで蓄積されてきた社会資本を効率よく維持・補修していくことが求められており，劣化した構造物の損傷度や残存耐力を適切に評価することが必要であると考えられる．そこで，本研究では頂版下面に大きな劣化損傷が認められるボックスカルバート形式の小規模橋梁を対象に，実際の走行荷重が作用したときの頂版下面の引張側鉄筋ひずみ応答を計測し，有限要素解析による動的応答解析の結果と比較・検討することにより，この橋梁が有する残存耐荷力の評価を試みた．

２．対象橋梁の概要

調査対象橋梁は，**写真-1** に示すような RC 製プレキャストボックスカルバートである．頂版下面の写真が示すように，対象橋梁の頂版下面および側壁は，コンクリートかぶり部分の剥離・鉄筋露出が極めて著しい状態であった．対象橋梁の断面図および平面図を**図-1** に示す．

側面全景

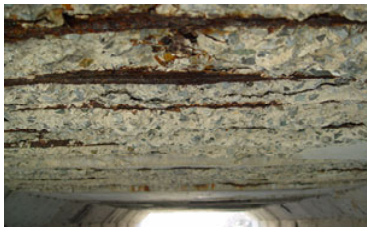
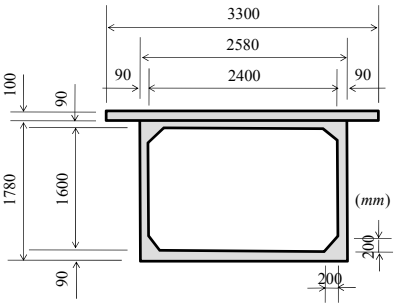
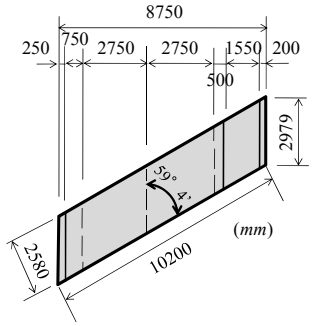

床版下面状況

写真-1　対象橋梁写真



断面図



平面図

図-1　対象橋梁概略図

３．調査の概要

ひずみゲージは，損傷の激しいコンクリート表面に貼り付けることが困難であったため，頂版下面スパン中央部で走行車両の左側タイヤが通過する位置の直下における引張側鉄筋に４箇所貼り付けた（**写真-2**）．計測は，ビデオカメラで通行車両を特定しながら，対象車両が通過し終わるまで実行した．なお，サンプリング周期は 100Hz とし，測定したひずみ応答は単純移動平均法によりノイズを除去した．

４．数値解析の概要

４．１　解析モデル

用いた解析モデルを**図-2** に示す．コンクリート要素は８節点ソリッド要素，鉄筋要素は２節点トラス要素に離散化し，タイヤは簡易に剛体と仮定した．各材料の物性値を**表-1** に示す．ただし，物性値に関する情報が得られなかったため，今回は仮定した値を用いている．**図-3** には各材料の単軸換算応力 - ひずみ関係を示している．コンクリートモデルは，圧縮側は完全弾塑性，引張側は引張強度に達すると応力の伝達が無くなるものと仮定した．鉄筋モデルは，降伏後の硬化係数を初期弾性係数の 1/100 とするバイリニア型とした．鉄筋，コンクリートともに降伏条件としては，簡易に Mises の降伏条件を仮定した．また，対象橋梁の幅員は約 9m であるが，解析モデルの奥行きは，事前に数通りの有効幅を仮定した予備解析を行い，3m 以上でひずみの低減が収束することを確認されたことを踏まえ，簡易に 3m とした．

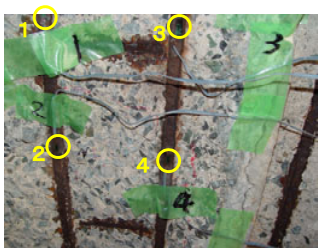


写真-2　ひずみゲージ貼付状況

キーワード　残存耐荷性能，経年劣化，ボックスカルバート，走行荷重，T 荷重
連絡先　〒819-0395　福岡県福岡市西区元岡 744 番地　ＴＥＬ092-802-3370

４．２　解析条件

解析には，汎用非線形有限要素ソフトウェア MARC2005r3 を用いた．荷重条件は，一般的なダンプトラックを想定し，道路橋示方書の T 荷重を参考に，**図-4** のように車体総重量 250kN を各タイヤに分担させた．荷重をかけた状態で，それら３つのタイヤを進行方向に速度 40km/h となるように移動させた．また底面の節点を全固定，側面には土の単位体積重量を 18kN/m^3，静止土圧係数を 0.5 とする静止土圧を与えた．

５．結果および考察

５．１　計測結果

今回，実際の計測で得られたひずみ応答のデータは車両 49 台分であり，計測された最大ひずみは，積荷を満載した大型トレーラーで 51μ であった．各車種の通過による最大ひずみの平均値を求めると，軽自動車（4 台）で 2μ，普通自動車（12 台）で 3μ，中型車（15 台）で 6μ，大型車（18 台）で 23μ であった．また，大型車のうち，ダンプトラックの最大値は約 30μ 程度であった．

５．２　解析結果

図-5 に，本計測で得られたダンプトラックによる頂版下面の引張側鉄筋の軸方向ひずみ応答と本解析で得られた結果を示している．最初の山は前輪による波形，その後の２つの山は後輪による波形である．この図より，各タイヤによるピーク値の発生時間はほぼ一致していると言える．ここで，解析モデルが対象橋梁の健全な状態を再現していると考えた場合，経年劣化が著しい実測値の方が解析結果よりひずみのピーク値が大きくなることが容易に予想されるが，今回の解析ではそれに反する結果となった．これは，実際の橋梁にはアスファルト舗装やその他の付属構造物が存在し，それらが橋梁全体としての剛性を高めているものと考えられる．また，前輪では実測値と解析値の間にほとんど差は見られないが，後輪では差が大きくなっていることから，解析で仮定した前輪と後輪にかかる荷重の比率は，現実の走行荷重とは異なっており，実際には T 荷重の仮定のような荷重分担になっていない可能性があると思われる．最後に，**図-6** に対象橋梁の耐荷性能を調査するため，T 荷重の占有面積（500mm×200mm）部分に等分布荷重を単調漸増載荷する静的解析を行ったときの荷重 - 変位関係を示している．この図より，約 150kN で荷重 - 変位曲線の勾配が変化しており，この時の荷重を静的な耐力とすると，対象橋梁の耐荷性能は T 荷重（後輪タイヤ１つ当たり 50kN）の約３倍あると考察できる．また，約 460kN で頂版下面の引張側鉄筋が降伏したことより，この時点の荷重を静的な耐力とすると T 荷重の約９倍の耐荷性能があると言える．

６．結論および今後の課題

本研究より，対象構造は支間が非常に小さいボックスカルバートであることから，劣化による損傷を受けても十分な残存耐力を有していると考えられる．今後，実際の耐力を把握するため，舗装や頂版コンクリートの剥離，鉄筋の腐食も考慮したモデルによる解析的な考察を試みる予定である．

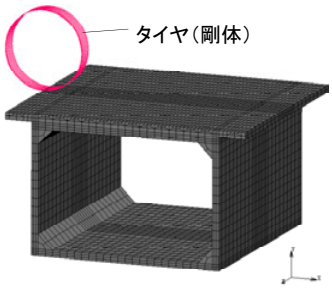
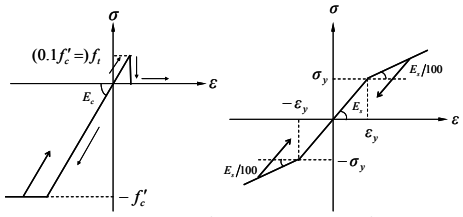


図-2　解析モデル図



コンクリートモデル　鉄筋モデル

図-3　単軸換算応力-ひずみ関係

表-1　材料物性値

	鉄筋	コンクリート
弾性係数 (N/mm²)	2.00×10⁵	2.00×10⁴
ポアソン比	0.30	0.17
密度 (g/cm³)	7.85	2.40
圧縮強度 (N/mm²)	300 (降伏強度)	30.0
引張強度 (N/mm²)		3.00

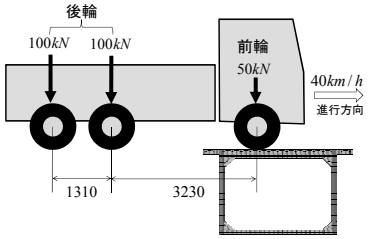


図-4　荷重分担図

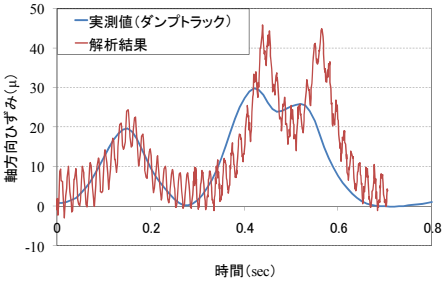


図-5　引張鉄筋の軸方向ひずみ

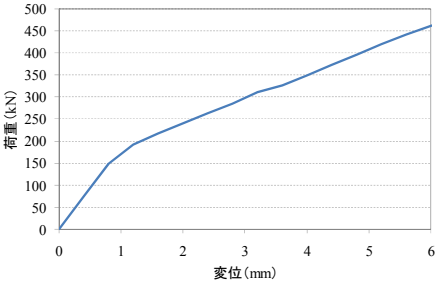


図-6　単調漸増載荷時の荷重-変位関係