

橋台パラペットの変形挙動に及ぼすウィングの影響について

熊本大学工学部 学生員 ○川内 惇美 熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝
 熊本大学大学院 学生員 山本 健次郎 国土工営コンサルタンツ(株) 正員 石原 元・筒井 光男

1. はじめに

現在、落橋防止装置を取り付けたパラペットを設計する場合、許容応力度法による設計に加えて、落橋防止装置によって生じる地震荷重に対する耐力を照査しなければならない¹⁾。その照査項目は、落橋防止装置に作用する地震荷重 H_F (=上部工自重の 1.5 倍) によりパラペット基部に発生する曲げモーメント M_0 が最大抵抗曲げモーメント M_u 以下となること及びパラペットに発生するせん断力 S がせん断耐力 P_s 以下になることである。このとき、パラペットは、パラペット基部 1 辺を固定させた片持ちの板構造として設計しており、ウィングの影響を考慮していない。つまり、両者はパラペット両端部で接合された構造であるにもかかわらず、一体化しての設計はされていない。したがって、現在のパラペットの設計方法は、必要以上の強度で設計していることが予測される。

本研究では、ウィングの有無によるパラペットの変形挙動や応力状態を FEM 解析により比較することで、パラペットに及ぼすウィングの影響を調べる。そして、パラペットとウィングが一体化して荷重に抵抗できる橋台が設計可能かを検討するとともに、ウィングを考慮したパラペットの簡易設計法を検討するものである。

2. 解析モデル及び解析手法

本研究の解析対象は、実橋を参考にして、図 1 のようなウィング形式が側壁タイプの逆 T 式橋台とする。道路橋示方書¹⁾に従い、図 2 に示すようなパラペット、ウィングは基部を固定させた板としてモデル化した。図 3 は、今回使用した解析モデルで、(a) はパラペット基部 1 辺を固定させた片持ちモデル、(b) はパラペットとウィングを一体化させ、それぞれの基部を固定させたモデルである。さらに、(c) はパラペット基部とその両端部を固定させた 3 辺固定モデルである。

使用コンクリート材料は、降伏応力 $\sigma_{ck}=2.4 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、ヤング率 $E_c=2.5 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_c=0.2$ とした。また、鋼材は、一般に SD345 を使用するが、今回は SM490 を使用し、降伏応力 $\sigma_{ys}=315 \text{ N/mm}^2$ 、ヤング率 $E_s=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_s=0.3$ とした。主鉄筋は径 22 mm を 39 本、スターラップは径 D16 mm を 9 本として、それぞれパラペットの前面と背面に配筋した。

数値計算は、汎用解析プログラム MARC²⁾ を使用して FEM 解析を行った。使用した要素の形状特性は、鉄筋をトラス要素、コンクリートを立体要素とした。なお、要素分割は、パラペット部分は実橋の配筋を参考にトラス要素を組んだ。コンクリート部分を 1260 要素、鉄筋部分を 1500 要素に分割した。ウィング部分は、降伏に達しないことから無筋コンクリートとし、300 要素に分割した。荷重は、落橋防止装置の位置に設計値 $H_F=4.02 \times 10^3 \text{ kN}$ を 8 等分して図 3 に示すように载荷した。

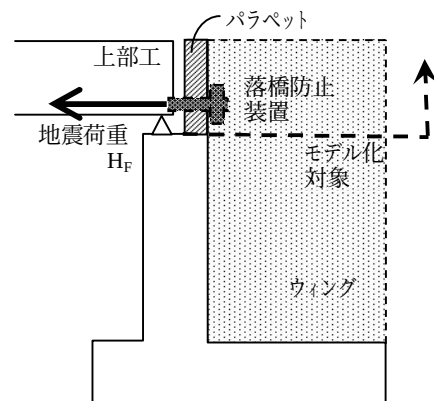


図1 橋台側面図

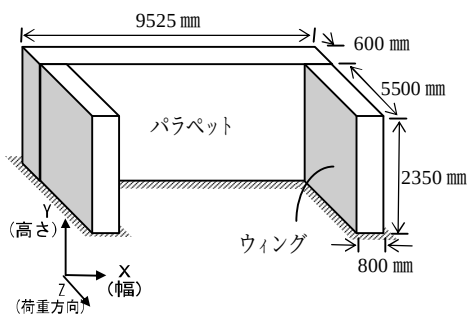
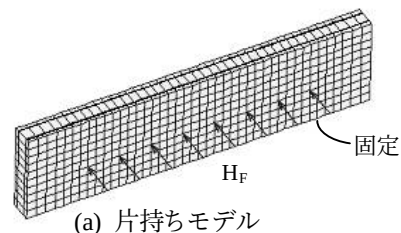
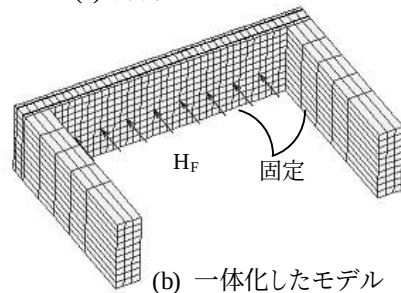


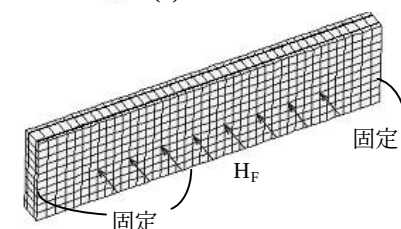
図2 解析対象モデル



(a) 片持ちモデル



(b) 一体化したモデル



(c) 3 辺固定モデル

図3 解析モデル

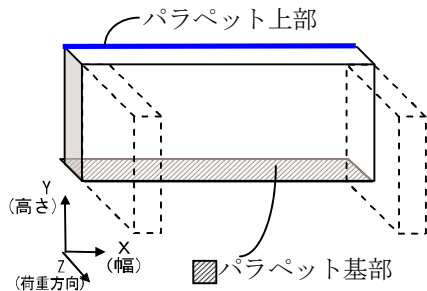
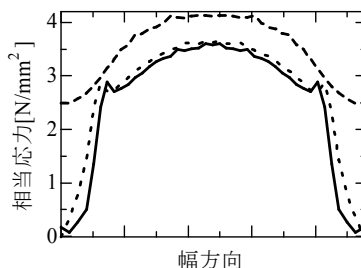
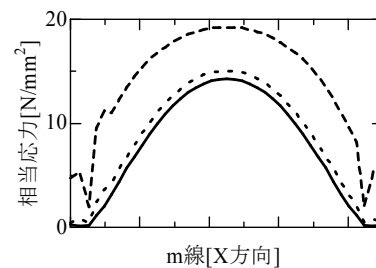


図4 パラペット



(a) コンクリート



(b) 鉄筋

図5 パラペット基部の相当応力分布

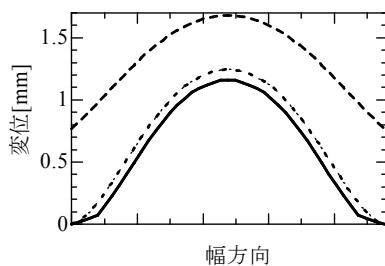
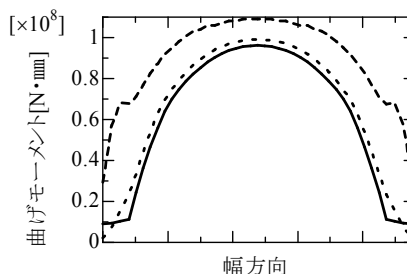
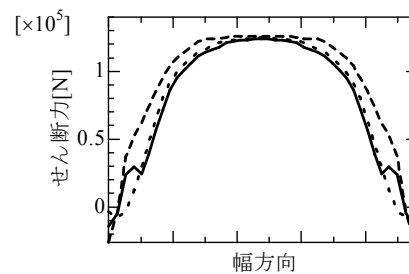


図6 荷重方向変位



(a) 曲げモーメント分布



(b) せん断力分布

図7 パラペット基部の曲げモーメント分布とせん断力分布

表1 曲げモーメントとせん断力の比較

----	片持ちモデル
——	一体化モデル
.....	3辺固定モデル

	計算値	片持ちモデル	一体化モデル	3辺固定モデル
曲げモーメント[N・mm]	4.02×10^8	4.07×10^8	2.85×10^8	2.90×10^6
せん断力[N]	4.08×10^6	4.02×10^6	3.49×10^6	3.55×10^6

3. 解析結果及び考察

ここでは、図4に示すパラペット基部及び上部の幅方向に着目し、解析によって得られた結果を図5～7に示す。図中の破線は片持ちモデル、実線は一体化したモデル、点線は3辺固定のモデルの結果をそれぞれ示している。

表1は、パラペット基部における計算値と、解析結果から得られた曲げモーメントとせん断力である。なお、計算値は、パラペットのみの片持ちの板構造で荷重によって基部に生じる曲げモーメントとせん断力を算出したものである。図5は、パラペット基部におけるコンクリートと鉄筋の相当応力の分布図である。なお、ここでの相当応力はミーゼスの相当応力であり、多軸レベルの応力を単軸に換算した応力のことである。片持ちモデルと比較して一体化したモデルでは、コンクリートの相当応力及び鉄筋の相当応力の最大値は、それぞれ26%及び13%減少していることがわかる。図6は、パラペット上部における荷重方向の変位分布を示しているが、片持ちモデルの結果に比べて一体化したモデルでは、その最大変位は31%抑えられており、一体化したモデルの結果は3辺固定モデルの結果とほぼ対応していることがわかった。これは、図5のコンクリート及び鉄筋の相当応力の分布の結果とも対応している。

図7(a)は、パラペット基部における曲げモーメント分布図であり、平均的に30%減少しているが、図8(b)のせん断力分布図では、12%程度減少に留まっている。よって一体化したモデルでは、ウイングの影響を受けて片持ちモデルと比べて、相当応力、曲げモーメント及びせん断力が小さくなっており、ウイングがパラペットに及ぼす影響が大きいことがわかる。以上の結果より、一体化したモデルは、3辺固定させた板としての簡易設計が十分可能と考えられる。一般に、許容応力度法で設計した片持ちモデルでは、前述した照査項目を満たさず、さらに鉄筋等を増やし強度を大きくしなければならないが、この結果から判断すると、強度を増す必要は少なくなる可能性がある。

今回の解析では、パラペットが落橋防止装置の位置において地震荷重 H_F を受けるとき、ウイングはパラペットと一体化して荷重に抵抗していることがわかった。今後は、ウイングの形状や剛性等の影響を検討する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 IV下部工編, V耐震設計編, 2002
- 2) 日本MARC(株): MARC Manual Volume A-F & MSC.Marc, 2003