

橋台パラペットの变形挙動に及ぼすウィングの影響の検討

熊本大学大学院 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 筒井 光男・國見 玲

1. はじめに

橋台のパラペットは、その両端部にウィングが接合された立体構造となっている。パラペットを設計する際には、落橋防止装置から生じる地震荷重 H_F に対する耐力を照査しなければならない。このときウィングの影響を考慮しない片持ちの板構造として設計している。本研究では、パラペットとウィングを一体化させたモデルとパラペットのみの片持ちモデルをそれぞれ FEM 解析し、得られた変形挙動や応力状態を比較することで、パラペットに及ぼすウィングの影響を調べる。さらに、ウィングの剛性や作用荷重の位置がパラペットに及ぼす応力状態を解明することにより、両者が一体化して荷重に抵抗できる橋台の設計が可能であるかどうかを検討するものである。

2. 解析モデル及び解析手法

解析対象は実橋を参考に、図 1 のようなウィングを側壁に有する逆 T 式橋台とする。道路橋示方書¹⁾に従い、図 2 に示すようにパラペット、ウィングの基部を固定させた板として簡易化する。解析モデルの境界条件は、図 3(a)はパラペット基部 1 辺を固定させた片持ちモデル、図 3(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、図 3(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、鉄筋は SD345 を使用し、降伏応力 $\sigma_{ys}=345 \text{ N/mm}^2$ 、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 D22 を 39 本、スターラップは径 D16 を 9 本、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 解析した。作用荷重は、上部工自重の 1.5 倍である $H_F=4.02 \times 10^3 \text{ kN}$ を 8 等分して図 3 に示す落橋防止装置の位置に載荷した。

3. 解析結果と考察

図 4 に示すパラペット上部及び基部の幅方向に着目し、解析によって得られた結果を図 5 に示す。図中の破線は片持ちモデル、実線は一体化モデル、点線は 3 辺固定モデルの結果を示している。図 5(a)は、パラペット基部における曲げモーメント分布であり、片持ちモデルと比較して一体化モデルでは平均的に 30% 減少している。図 5(b)は、パラペット上部における荷重方向変位分布を示しており、その最大変位は片持ちモデルに比べて一体化モデルでは 32% 抑えられている。よって一体化したモデルは、ウィングの影響により片持ちモデルと比べて曲げモーメント及び変位が小さく、ウィングが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る。一方、一体化モデルと 3 辺固定モデルにおいて、曲げモーメント分布及び変位分布は曲線が類似しており、その最大値の誤差は曲げモーメントで 6%、変位は 7% と近い値を示した。これにより、一体化モデルの結果は 3 辺固定モデルの結果と

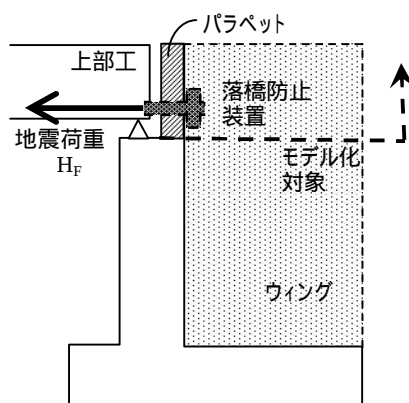


図1 橋台側面図

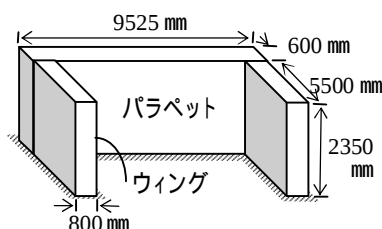
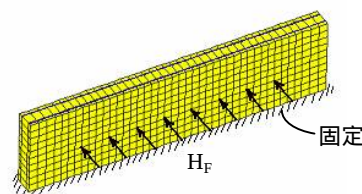
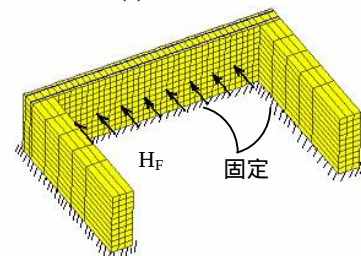


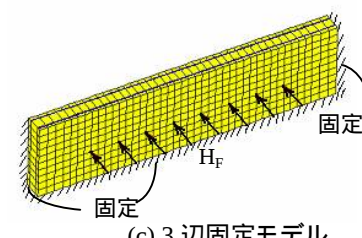
図2 解析対象モデル



(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

キーワード 変形挙動、有限要素法、パラペット、落橋防止装置、ウィング、橋台

連絡先 〒860-855 熊本市黒髪 2 丁目 39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 Tel:096-342-3553 Fax:096-342-3507

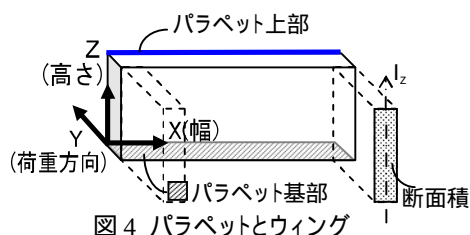
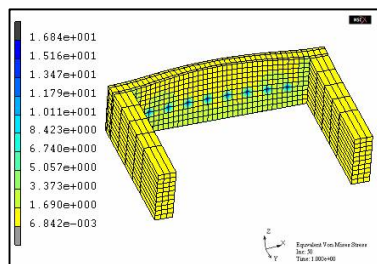
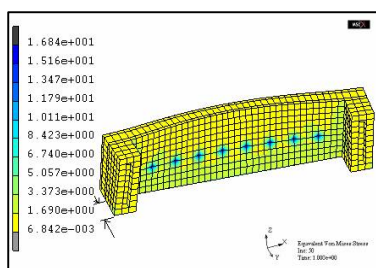


図4 パラペットとウイング

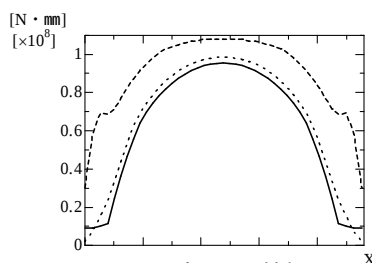


(a) 初期形状モデル

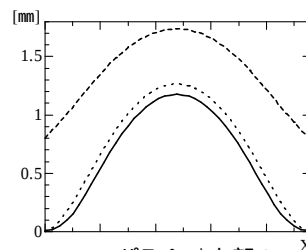


(b) 奥行きモデル

図6 応力分布と変形モード



(a) パラペット基部の曲げモーメント分布



(b) パラペット上部の荷重方向変位分布

図5 解析結果

--- 片持ちモデル
— 一体化モデル
..... 3辺固定モデル

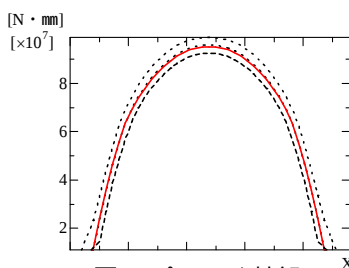


図7 パラペット基部の曲げモーメント分布

..... 3辺固定モデル
--- 幅モデル
— 高さモデル
..... 奥行きモデル

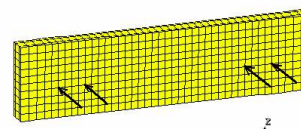


図8 作用荷重の位置

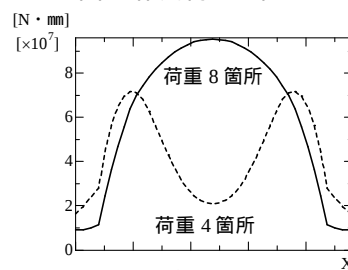


図9 曲げモーメント分布

ほぼ対応していることがわかる。つまり、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であると考えられる。

次に、ウイングの剛性、特に形状がパラペットの変形挙動に及ぼす影響について調べた。解析モデルは一体化モデルと同じ境界条件及び荷重条件とし、他の2方向の長さを固定し幅 t のみを狭くしたモデルを幅モデル、高さ h のみを低くしたモデルを高さモデル、奥行き b のみを短くしたモデルを奥行きモデルとする。長さの最小値は、パラペット基部における曲げモーメントが、3 辺固定モデルのそれと最も近似的な値を示した場合とした。その最小値はそれぞれ幅 $t_{\min}=533\text{mm}$ 、高さ $h_{\min}=1400\text{mm}$ 、奥行き $b_{\min}=880\text{mm}$ であり、初期形状と比べて幅は33%、高さは42%、奥行きは84%小さくすることができた。図6は解析から得られた応力分布と変形モードであり、図6(a)が初期形状モデル、図6(b)が奥行きモデルを表しており、パラペットの変形挙動及び応力状態は両者同様の結果を示した。幅モデル、高さモデル及び奥行きモデルについて関係性を調べた結果、ウイングの断面積が $11.2 \times 10^5 \text{mm}^2$ 以上及び断面2次モーメントが $3.03 \times 10^4 \text{mm}^4$ 以上あれば3 辺固定モデルと近い曲げモーメントを示すということがわかった。一方で、初期形状より長さを大きくして解析を行った。図7にパラペット基部の曲げモーメント分布を示し、同様に高さのみ伸ばしたモデルを高さモデル、幅のみ太くしたモデルを幅モデル、奥行きのみ伸ばしたモデルを奥行きモデルとする。高さモデル及び奥行きモデルは初期形状モデルとほぼ同じ曲線を示すが、幅モデルは初期形状より曲げモーメントが小さくなった。以上により、ウイングがパラペットと一体化して荷重に抵抗するためには、両者の接合面積及び断面2次モーメントが深く関係していることがわかった。

また、初期形状の一体化モデルに、総荷重は同じで4等分して図8に示す位置に載荷して解析した。図9はパラペット基部の曲げモーメント分布であり、実線を荷重8箇所の結果、破線を荷重4箇所の結果を表している。総荷重は両者同じであるが、荷重4箇所の場合の曲げモーメントが荷重8箇所に比べて平均的に32%抑えられた。これは、ウイングに力がより分散したため、パラペット基部に発生する曲げモーメントが小さくなるということがわかった。今後は、パラペットの崩壊挙動について解明する予定である。

参考文献

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