

1/6 スケール橋台模型の静的水平載荷実験と数値シミュレーション

九州大学大学院 学生会員 内海寿紀, 九州大学大学院 正会員 梶田幸秀
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1.目的

橋梁の耐震補強は橋脚の補強が主流ではあるが、地震時に上部構造に生じる水平変位を橋台等により拘束することで、橋脚の損傷の低減を図る変位拘束工法が提案されている。この工法を実施するためには、桁-橋台衝突時の橋台の損傷形態や抵抗特性を把握する事が必要となる。そこで本研究は、橋台の損傷形態や水平抵抗特性の把握を目的とした、実橋梁 1/6 寸法橋台供試体の載荷実験を実施した。

2.橋台の抵抗特性の把握を目的とした載荷実験

実験は、実橋梁の 1/6 寸法橋台供試体を使用して実施した。供試体の概要図を図-1 に示す。図-1 はウイング部が存在する供試体であるが、ウイング部の無い供試体（堅壁とパラペットのみ）についても実験を行った。さらに図-1 の赤い部分は厚さ 5mm の鉄板であるが、これは、将来的に背面土を考慮した実験を行うため土留め壁として設置していたものである。本論文では、(1) ウイング部の無い供試体、(2) ウイング部があるが、土留め壁（図-1 の赤色部分）が無い供試体、(3) ウイング部および土留め壁がある供試体の 3 ケースの実験結果について報告する。載荷方法は、いずれの供試体においても、2 本の油圧ジャッキを用い、載荷面の形状は長方形とした。今回の実験で使用した供試体の材料物性値を表-1 に示す。表中のコンクリート 1,2,3 については、先に述べた供試体の番号に相当する。鉄筋については 3 つの供試体で一括発注したため材料物性値は 1 種類となる。供試体寸法は図-1 に示すとおりである。

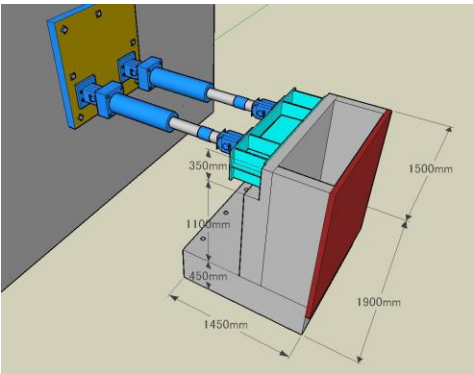


図-1 実験概要図
(ウイング部および土留め壁あり)

表-1 実験概要図

	密度	ヤング率	圧縮強度	引張強度
単位	g/cm ³	MPa	MPa	MPa
コンクリート 1	2.27	2.55×10^4	27.80	2.40
コンクリート 2	2.23	2.71×10^4	31.50	3.00
コンクリート 3	2.30	3.06×10^4	33.80	2.70
鉄筋 (SD295)	7.85	1.92×10^5	500 (降伏応力)	

のである。本論文では、(1) ウイング部の無い供試体、(2) ウイング部があるが、土留め壁（図-1 の赤色部分）が無い供試体、(3) ウイング部および土留め壁がある供試体の 3 ケースの実験結果について報告する。載荷方法は、いずれの供試体においても、2 本の油圧ジャッキを用い、載荷面の形状は長方形とした。今回の実験で使用した供試体の材料物性値を表-1 に示す。表中のコンクリート 1,2,3 については、先に述べた供試体の番号に相当する。鉄筋については 3 つの供試体で一括発注したため材料物性値は 1 種類となる。供試体寸法は図-1 に示すとおりである。

3 実験結果と考察

図-2 に各ケースの載荷荷重とパラペット天端変位の関係を、図-3 にパラペット天端変位とパラペット基部の鉄筋および堅壁基部の鉄筋のひずみを示す。なお、図-3 では、ウイング有り・土留め壁無し（ケース 2）については結果を記していないが、ウイング有り・土留め壁有り（ケース 3）とほぼ同様の結果であった。材料試験の結果、鉄筋の降伏ひずみは 2604μ である。図-3 より、ウイングの有無に関わらず、パラペット基部の鉄筋は降伏せず、堅壁基部の鉄筋のみが降伏していることが分かる。また堅壁基部の鉄筋が降伏する変位はウイングの有無による若干差はあるが、ウイングが無い場合で約 6.7mm、ウイングが有る場合で約 5.5mm であった。これは、図-2 に示した荷重-変位関係では、変位 2 から 3mm 程度で見られる勾配変化点を少し過ぎた地点で鉄筋は降伏していることが分かり、最初の勾配変化点はおそらく、コンクリートのひび割れ損傷による剛性変化ではないかと考えられる。最初の勾配変化点以降、ウイングが有る場合と無い場合で荷重-変位関係は大きく異なる結果となった。ウイングが無い場合では、剛性はほとんど 0 となり、変位だけが增大する結果となったが、ウイングが有る場合については、ウイングの抵抗により、その後もある程度の剛性を保

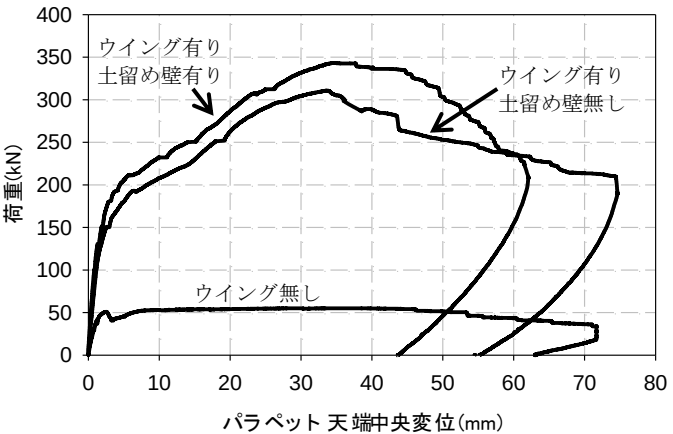


図-2 パラペット天端変位と荷重の関係

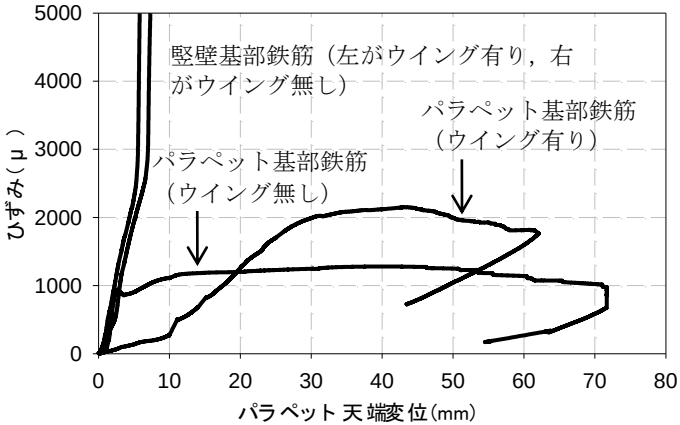


図-3 パラペット天端変位と鉄筋ひずみの関係

キーワード：橋台、静的載荷、ウイング部
連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 電話&FAX：092-802-3374

ちながら、明確な荷重最大点を取ることが分かる。荷重最大点において、供試体に何が起きているかは現在考察中である。最大荷重については、ウイングが無いケース1では55 kN、ケース2では310.75kN、ケース3では343.25kNとなり、ウイングを設置することにより最大荷重は約6倍程度となった。なお、鉄筋が降伏した変位における荷重（本論文では降伏荷重と呼ぶ）は、ケース1では50.75kN、ケース2では207.00kN、ケース3では209.75kNであり、ウイングの有無で橋台の耐力が大きく変化する事が確認された。

写真-1と写真-2に最大荷重点付近の損傷状況を示す。写真-1はウイングが無い場合、写真-2はウイング有り・土留め壁有りの場合である。写真中の実線（黒線）はひび割れ発生位置を示している。ウイングが無いケース1では、堅壁に曲げひび割れが集中するのに対して、ウイングが有るケース2では、堅壁の曲げひび割れだけでなく、供試体側面側のウイング部分にせん断ひび割れが多く発生している事が確認できた。



写真-1 損傷状況（ウイング無し）

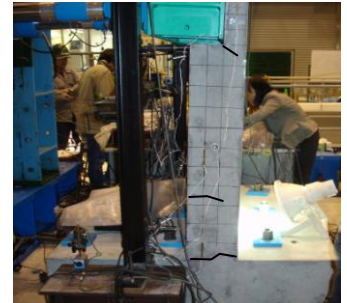


写真-2 損傷状況（ウイング有り・土留め壁有り）

4. シミュレーション解析

汎用動的有限要素法プログラムLS-DYNAを用いてシミュレーション解析を実施した。図-4に橋台供試体の解析モデルとその寸法を示す。本研究では、供試体構造や荷重条件が橋軸方向に対して対称のため、対称モデルとして解析モデルを作成している。

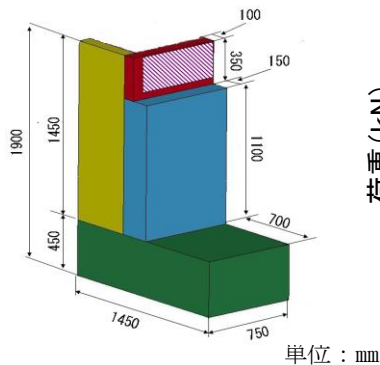


図-4 解析モデル

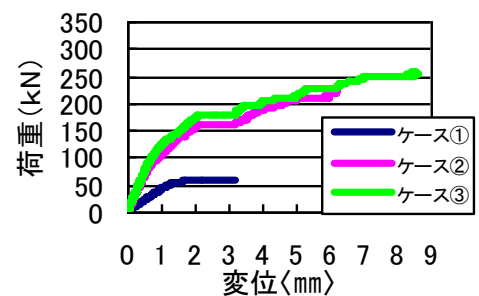
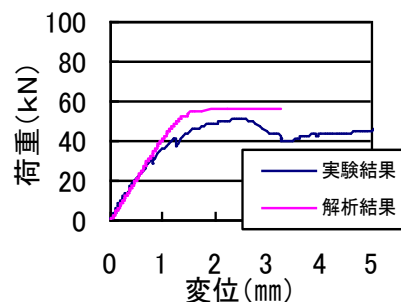
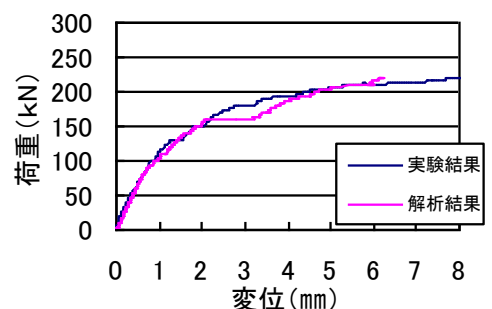


図-5 荷重-変位関係

図-5に各ケースの荷重とパラペット中央天端変位の関係を示す。これより、ウイングがあることで、橋台の剛性、耐力が大きくなることが確認できた。

図-6、図-7に荷重-変位関係の実験と解析結果を比較したものを示す。解析においては、鉄筋の降伏が発生した点までを示している。これより、ウイングが有る場合は初期剛性および鉄筋の降伏変位ともに実験と解析が一致したが、ウイングが無い場合においては、解析結果の降伏変位が3.1mmとなり、実験結果である約6.7mmよりかなり短くなった。

図-6 荷重-変位関係
(ウイングなし)図-7 荷重-変位関係
(ウイング有り・土留め壁あり)

5. 結論

実験結果から、ウイングがあることで、橋台の最大耐力が大きく向上することがわかった。また、ウイングの有無に関わらず、鉄筋は堅壁基部前面にあるものだけが降伏することが確認できた。これは鉄筋が降伏した後、堅壁基部が塑性化して、堅壁基部を塑性ヒンジとしてみなせることが原因だと考察される。損傷状況については、ウイングがある場合においてウイング部に斜め方向のひび割れが発生することが確認できた。解析については、鉄筋の降伏変位については検討の余地があるが、初期剛性までは実験とほぼ同様の挙動を示すことがわかった。

謝辞 本研究は科学研究費補助金（若手研究A、課題番号21686041）の助成を受けて実施したものである。ここに記し、謝意を表する。