

鹿 児 島 港 谷 山 橋 梁 基 礎 工 載 荷 試 験

運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 正員 小笹博昭 正員○大山洋志
正員 辻 安治 小早川弘 正員 壹岐幸史

1. 試験方法

1-1. 鉛直載荷試験の目的

鹿児島港谷山橋は、鹿児島港永田川河口の木材港区と谷山一区間の交通を円滑に処理するために計画された第3種2級の道路橋である。当計画地点は永田川と和田川の合流した河口に位置し、地層はD.L. -7.0m付近の砂礫土層を耐震設計の基盤面とするN値を10～30のシラス土層である。検討の結果、当橋梁の基礎タイプとしては、経済性・施工諸条件および環境条件等を考慮すると、鋼管矢板井筒基礎が適していると考えられた。また、現地土質を考慮して、-2.5m程度の間層に鋼管矢板先端を止め、且つ鋼管杭と周辺地盤との間の周面摩擦力を場所打ち杭程度まで高めるためにセメントミルクを注入する方式が提案され、その支持特性を調べるため載荷試験を実施することとなった。

1-2 鉛直載荷試験の内容

(1) 試験杭及び反力杭

試験杭は、表-1の3形式とし、 $\phi=1,000\text{mm}$ の場所打ち杭を反力杭とした。

表-1 載荷試験杭の諸元

	杭 径	杭 材 質	試 験 目 的
No. 1 場所打ち杭	$\phi=1,000\text{mm}$		周面摩擦力の確認
No. 2 鋼管杭(セメントミルク注入)	$\phi=1,000\text{mm}$	STK400, $t=19\text{mm}$	セメントミルク注入工効果の確認
No. 3 鋼管杭(SL塗装)	$\phi=800\text{mm}$	STK400, $t=14\text{mm}$	先端支持力の確認

(2) 注 入 工

場所打ち杭と同程度の周面摩擦力を発揮させ、又、三成分コーン試験結果と同程度のコーン指数を先端に期待した為に、杭周面及び杭先端部にセメントミルクを注入した。改良範囲については、施工業者へのヒアリング結果より杭外周面より50cm程度とした。注入工法としては、ダブルパッカー工法を採用した。

1-3. 載荷試験結果の評価方法

載荷試験で得られたデータを基に注入工を施した鋼管杭の支持力特性を分析した。計測された荷重と杭頭変位の関係より降伏荷重を推定し、杭頭部と杭先端の沈下量の差より荷重を全周面摩擦力と先端抵抗に分離した。又ひずみ計による深度別応力度測定結果より、杭各区間の周面摩擦力を算定し、層別の周面摩擦力を評価し層別とN値との関係を求め各橋脚毎の支持力算定の根拠とした。

2. 試験結果及び分析

2-1. 支持力の評価方法

本調査においては、載荷試験により支持力を算定することを目的としているが、事前に土質評価の一手法として三成分コーン試験を実施し、また、杭を打設する段階において杭打ち試験結果により動的支持力が推定されるので、これらも併せて支持力を評価することとした。これより、本調査における支持力の評価方法としては、①三成分コーン試験によるもの②載荷試験によるもの③杭打ち試験によるものの3方法が考えられ、各々を比較検討した。ただし、①及び②は静的支持力を評価するものであり、③は動的支持力を評価するものである。

2-2. 三成分コーン貫入試験の結果

各深度での地盤の周面摩擦力、鉛直方向先端抵抗力を測定してN値から推定した値と比較検討するために三成分コーン貫入試験を実施した。この試験の結果、-2.5mの地層における先端支持力を600 t/m²と

推定した。

2-3. 杭打ち試験の結果

杭打ち試験方法としては、No. 2及びNo. 3の試験杭について、鋼ハンマーにより深度24.0mまで打設した。この時ハンマーの打撃回数及びリバウンド量等を計測し、杭打ち公式により動的支持力を推定した。また、同時に杭体に設置してある歪み計により杭の軸力が計測されるので、これからも動的支持力を推定した。また、杭打ち公式としては、①港湾の施設の技術上の基準（Hiley系の式）②道路橋示方書（波動理論による式）③基礎構造に関する調査・試験および設計の手法（Hiley系の式）の3式を用いた。

各算定法による値を比較すると「道路橋示方書」による結果がもっとも小さい値を与え、許容支持力で概ね300t程度の値と考えられる。また、歪み計により測定された杭軸力は概ね1,000tと見積もられるので、許容支持力としては約330tと推定され、これは杭打ち公式の結果にほぼ近い結果をあたえる。

2-4. 載荷試験の結果

No. 1場所打ち杭については、700tで極限に達し、約90%が周面摩擦力で支持していることがわかった。次に、杭周面にセメントミルクを注入したNo. 2試験杭は、1100tで降伏しなかった。また、No. 3試験杭は、320tで極限に達した。

2-5. 支持力の評価結果の比較

以上に述べた支持力の評価結果を表-2に示す。

表-2 許容支持力の評価

	三成分コーン試験	載 荷 試 験			杭 打 ち 試 験	
		No. 1	No. 2	No. 3	杭打ち公式	ひ ず み 計
先端支持力 $q_d(t/m^2)$	600	43	—	16	—	500t/m ² 程度
周面摩擦力 $f_s(t/m^2)$	$f_s=0.5N$	$f_s=0.5N$ 657	1100	304	—	$f_s=8t/m^2$ 程度
極限支持力 $R_u(t)$	$R_u=q_dA+U\sum f_s l$ 676	700	1100 以上	320	※ 1374	1000
許容支持力 $R_s(t)$	$R_s=R_u/F$ $F=3$ 225.6	233	367	107	458	333

※杭打ち公式については、「港湾施設設計指針」における評価方法の場合

これにより、セメントミルク注入工を施した結果は、三成分コーン試験の結果を上回っており、十分な支持力を発現できるものと評価される。又、セメントミルク注入後にボーリング試験を行ったところ、杭近傍の土質が著しく改善されていることが判明したため、これが支持力増強の一要因と考えられる。

3. おわりに

本載荷試験の結果、セメントミルク注入処理杭は予想以上に大きな支持力を発現することが分かった。これにより、シラス系地盤における杭基礎の形成について新しい展望を示したものと評価される。

最後に、本載荷試験および基礎形式の検討に当たっては、委員会を設置して御指導を頂いたものである。懇切丁寧な御意見を頂いた委員長 中瀬明男東京工業大学名誉教授を始めとする委員各位に対して深甚なる感謝の意を表する次第である。