

東亜建設工業株式会社 正会員 ○黒米 郁
東亜建設工業株式会社 正会員 浅沼丈夫
東亜建設工業株式会社 正会員 金田 聡

1. はじめに

近年、港湾構造物でも耐震強化施設に対して、レベル2地震動への対応が求められている。新設の構造物に対しては各種の耐震対策を検討することが可能であるが、既存の構造物に対する耐震補強では経済性とともにも供用しながらの施工を求められることが多い。今回このような既存構造物の耐震補強として、杭式橋脚に対し各杭を水中部で水平材により連結する水中格点工法の検討を行った。

本検討では水中格点工法が杭の座屈を回避し、靱性の向上により耐震性を確保することができることを保有耐力法により確認した。また、今回採用した施工方法により、施工時間の制限される既存構造物においても施工可能であることを確認した。

2. 検討概要

本検討で対象とした構造物は図-1に示すように、比較的単純なRCの上部工を有する斜杭式構造の橋脚である。

解析は座屈を考慮した有限要素法による静的非線形弾塑性解析で行い、解析より得られた弾性限度荷重および許容損傷レベルに対応する上部工の水平変位から、下式により構造物の保有耐力を求め耐震性の照査を行った。

$$R_a \geq k_h \cdot W \quad R_a = \sqrt{2\mu_a - 1 + \theta(\mu_a - 1)^2} P_y$$

ここで、 R_a : 橋脚の地震時保有耐力 (kN)

k_h : 線形応答により求まる照査用震度

W : 橋脚の自重及び地震時の上載荷重 (kN)

μ_a : 許容塑性率

θ : 水平力-水平変位関係の2次勾配と1次勾配の比

P_y : 弾性限度に対応する水平力 (kN)

解析モデルは杭および上部工を梁要素、地盤をバイリニアモデルのバネ要素に置換してモデル化し、杭下端は完全拘束とした。

3. 検討結果

検討結果より得られた、橋脚の上部工中心位置での水平変位と地震力による水平力の関係を図-2示し、補強前と水中格点補強後の保有耐力の比較を表-1に示す。

本構造では図-2に示すように曲げ先行型の挙動を示し、補強前と比べて水中格点補強後では降伏水平力が約30%向上した。また、表-1に示すように水中格点補強により構造物の剛性が向上し、固有周期が短くなったことにより安全率が約16%向上した。

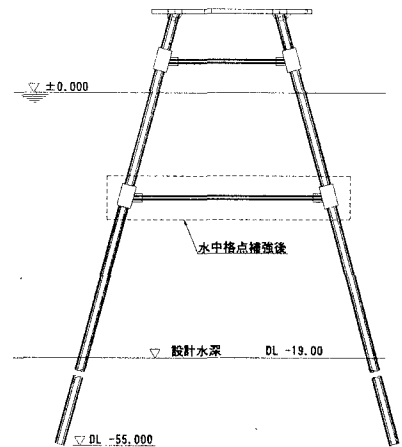


図-1 橋脚構造図

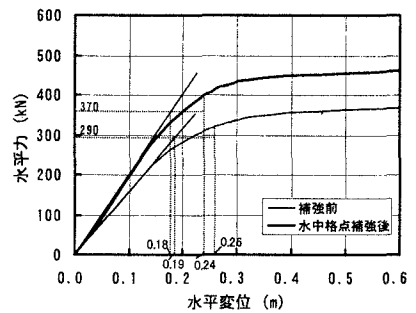


図-2 水平力-変位履歴図

表-1 補強前と補強後の保有耐力の比較

	総重量 [kN]	許容変位 [m]	剛性 [kN/m]	固有周期 [s]	照査用震度	必要保有耐力 [kN]	塑性率	保有耐力 [kN]	安全率
補強前	616	0.25	1526	1.27	0.68	422	1.32	371	0.87
水中格点補強後	616	0.25	2111	1.08	0.81	498	1.39	507	1.01

キーワード：杭式橋脚，保有耐力，水中格点工法，耐震補強

連絡先：東京都千代田区四番町5 東亜建設工業株式会社 TEL.03-3262-5105 FAX.03-3239-2793

次に、座屈を伴う構造形式での挙動を検討するために、**図-3**に示す座屈先行型モデルで補強前および水中格点補強後の解析を行った。

結果は**表-2**および**図-4**に示すように、座屈後の水平耐力の低下が水中格点補強により軽減される事を確認した。また、構造物の剛性はあまり変化しないが、塑性率の向上により保有耐力の増加が見込めた。

これは、水中格点補強により橋脚の有効座屈長が短くなったことで、座屈後の構造物全体の靱性が向上したものと考えられる。

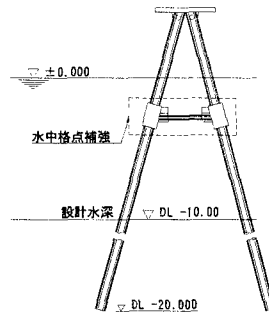


図-3 座屈先行型モデル図

表-2 座屈先行型モデルの保有耐力の比較

	総重量 [kN]	許容変位 [m]	剛性 [kN/m]	固有周期 [s]	照査用震度	必要保有耐力 [kN]	塑性率	保有耐力 [kN]	安全率
補強前	500	0.09	8857	0.48	1.82	909	1.29	779	0.85
水中格点補強後	500	0.12	8563	0.48	1.82	909	1.50	969	1.06

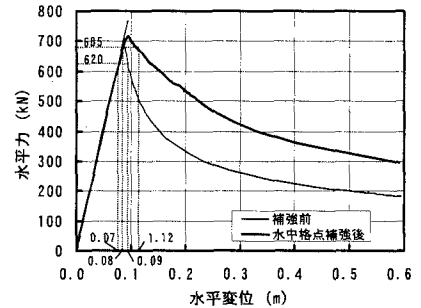


図-4 座屈先行型の水平力-変位履歴図

以上より、曲げ先行型および座屈先行型において水平カー-水平変位の挙動は違うが、水中格点補強により構造物の耐力の向上が期待できることを確認した。

4. 施工方法

供用中の構造物における施工上の留意点は、①入船が頻繁にあるため作業船移動の考慮が必要②付随する設備に与える影響（振動・騒音）の軽減などが挙げられる。

補強工法として、水中格点工法以外に増杭工法などを比較検討した場合、大型杭打船の移動・拘束による費用の増加、杭打時の振動による設備への影響等が懸念される。

一方、水中格点工法においては、小型の起重機船で格点材を吊り降ろし、浮体力（アクアリフター）を用いることで潜水士による設置が可能となり、水中作業は多くなるものの設備等への影響はほとんどない。また作業船についても容易に移動でき、拘束日数も少ない等の利点がある。

水中格点工法による施工方法は、**図-5**に示す手順で行った。ここでは、特に格点材の取り付けについて述べる。

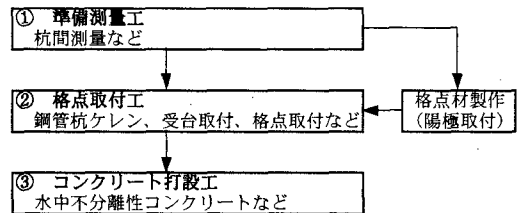


図-5 施工フロー図

格点材の運搬取付は、施工性および作業時間を考慮して4基ずつ行う。**図-6**に示すように、アクアリフターを取り付けた格点材を起重機船にて海面上に吊り降ろし、浮力調整後に潜水士によって受台上に仮置きする。次に、チェーンブロックによって格点材を鋼管杭に固定したうえで外管片割れの仮

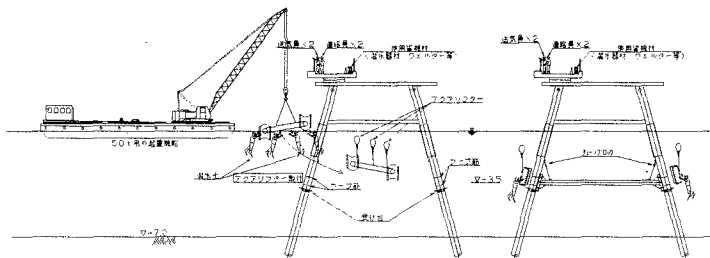


図-6 格点材取付状況図

止めを行う。格点材4基分の仮置きが完了後、取付位置の微調整を行い、受台と格点材の水中溶接を行う。

5. おわりに

杭式構造物の供用中における耐震対策について、水中格点工法は曲げ先行型および座屈先行型の挙動に対して耐力の向上および周辺に与える影響の軽減に有効な手段であることを確認した。