

性能設計概念を用いた揚水機場の液状化対策

Liquefaction countermeasure for pump facility performance based design concept

○加藤 智雄* 青山 咸康** 原 隆史*** 大竹 雄***

1. はじめに

本検討の対象構造物である弥富揚水機場は愛知県西部に位置し、木曾川大堰で取水した水を幹線水路で木曾川左岸沿いに下流に 15km 下った地点で取り入れ、三重県へ農業用水や工業用水、および水道用水として送水している。このため当揚水機場は、三重県の地域産業を支えるとともにライフライン機能も有しており、当該地域において社会経済上欠くことのできない重要な施設となっている。一方、東海/東南海地震の発生が懸念される中、液状化懸念地盤上に設置されている弥富揚水機場は、その重要性から早期耐震対策の実施が望まれているが、大規模施設であることから対策費用も膨大となることも予測されており、合理的で経済的な液状化対策は重要課題となっている。

2. 性能規定

想定されている地震動に対し揚水機場の耐震性能を規定し、場合によっては部分的な液状化を許容しつつも、所定の性能を満足するような必要最小限の対策工を検討するため、表一1のとおり性能規定を定め、東海/東南海地震に対しては耐震性能2とした。

表一1 揚水機場の耐震性能
Seismic performance of pump building

耐震性能			耐震性能1	耐震性能2	耐震性能3
表 現			健全性を損なわない	限定された損傷にとどまる	致命的な損傷に至らない
内 容	安全性		人命に影響を及ぼす崩壊に至らない		
	使用性		送水に全く支障ない	送水機能の一部を確保する	—
	修復性	短期	機能回復のための修復を必要としない	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	—
長期		軽微な修復でよい	送水しながらの修復が可能	—	
杭基礎の限界状態			基礎の力学特性が弾性域を超えることなく、基礎を支持する地盤の力学特性に大きな変化が生じない限界の状態	副次的な塑性化にとどまる限界の状態	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じていない状態
杭基礎の工学的指標			杭の発生軸力は、許容支持力を越えない 杭の発生応力度は、許容応力度を越えない	杭の発生軸力は、極限支持力を越えない 全ての杭が降伏に至らない	杭の塑性率は4を越えない

3. 合理的な液状化対策

既設構造物の液状化対策としては一般的に、液状化防止対策（薬液注入等により地盤を液状化させない対策）、構造対策（液状化しても耐えうる構造的な補強）が考えられるが、液状化防止対策は揚水機場の規模が大きいことから高額となり、構造対策は揚水機場の周辺構造物が近接していることから現実的に困難である。そこで本検討では、性能設計概念に基づいた合理的な対策として、部分的には液状化しても、その影響を問題ない範囲に止

*（独）水資源機構 Japan Water Agency、**京都大学大学 Kyoto University、***（株）建設技術研究所 CTI Engineering Co 性能設計、大規模地震、液状化対策

める液状化抑制対策の検討を行い、具体的な工法としては「排水機能付矢板」により揚水機場及び関連施設全体を囲む工法を検討した。

4. 検討結果

地震時挙動は、有効応力動的 FEM を用い、中央防災会議より公表されている東海・東南海連動型地震波形により解析を実施した。図一 1 に解析断面と解析モデルを示す。

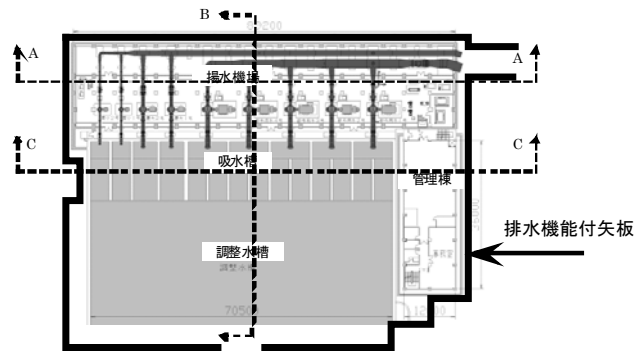
解析結果として揚水機場の地震時の杭基礎の最大応答状態を図一 2 に示す。縦軸は発生モーメントと降伏モーメントの比を示し、これが 1 を越えると杭が降伏していることを示している。また、横軸には各杭の位置を示し、全ての杭が降伏している場合には群杭としての降伏に達している。これらの結果によると、無対策の場合には揚水機場の杭は全杭降伏に達しており、レベル 2 相当の東海・東南海連動型地震時には耐震性能 2 を満足していないことが分かる。これに対し、排水機能付鋼矢板（V 型、L = 17.5m）による対策を実施することで、揚水機場と吸水槽の両方の杭は全杭降伏には達せず、副次的な塑性化にとどめることができ、レベル 2 地震時の耐震性能 2 を満足できることを確認した。

5. まとめ

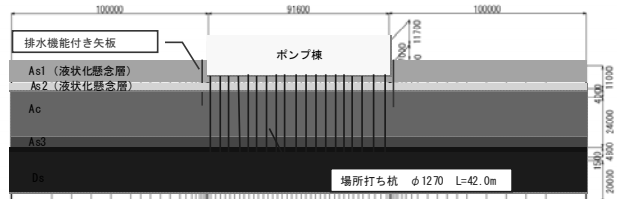
今回検討した排水機能付鋼矢板と、液状化防止対策の薬液注入工法との概算工事費を比較した結果、約 3.5 割の工事費（約 1.3 億円の対策費減）で所定の耐震性能を満足しうる対策が可能なおこと、すなわち、提案対策工の大きな経済効果も確認することができた。

今後は、対象施設の状況に近い実験を実施するなど実験的なアプローチによる検討が必要であると考えている。

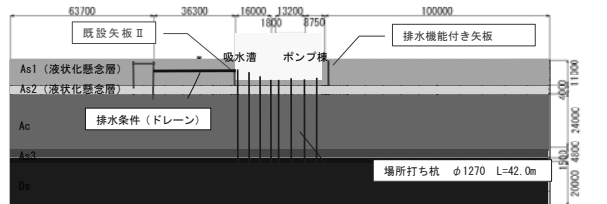
謝辞：本研究にあたり、住友金属工業株式会社より貴重な実験データを提供いただいた。記して謝意を表します。



A-A 断面

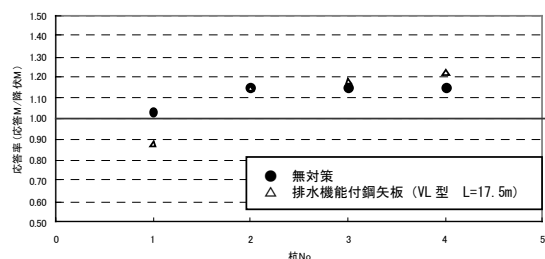
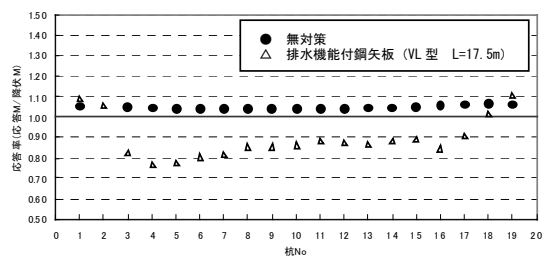


B-B 断面



図一 1 解析断面と解析モデル

Analysis section and model



図一 2 杭基礎の地震時応答断面力

Seismic response bending moment of piles