

鋼管矢板井筒増設によるケーソン基礎の耐震補強効果—数値解析—

京都大学大学院 学生会員 ○磯部公一 京都大学大学院 正会員 木村 亮
 鋼管杭協会 非会員 楨野 健 鋼管杭協会 非会員 吉澤幸仁
 岐阜大学 正会員 張 鋒

1. はじめに 既設橋梁基礎の補強は桁下空間の制約などによる工期・工費の増大から、橋脚の補強等と比較して進んでいないのが現状である。本研究で提案する鋼管矢板基礎増設工法（図1参照）は、渡河橋梁基礎の補強工法として既に実績もあるが、施工性や経済性の向上など、工法として合理化の余地も残されている。

本補強工法を経済的、適確に設計するためには、①既設ケーソン基礎と鋼管矢板井筒の剛性比（ケーソンの剛性／鋼管矢板井筒の剛性）、②頂版の結合状態、③鋼管矢板長、④ケーソン基礎と鋼管矢板井筒の離隔などを適切に考慮する必要がある。前報文において、①ケーソン基礎と鋼管矢板井筒の剛性比、②の頂版の結合状態に関する検討¹⁾を行った。しかし、遠心模型実験における基礎のモデル化には模型のサイズなどに限界があるため、そのメカニズムの把握は十分ではない。そこで、実験結果を三次元弾塑性有限要素解析（解析コードDGPILE-3D）により定量的に評価し、本工法の補強効果、鋼管矢板井筒の水平力分担率を検証し、解析手法の妥当性を検証する。

2. 解析条件 実験概要（図2参照）は前報文に記すとおりである。本解析では、図3網掛部の実験ケースに対し、三次元弾塑性有限要素解析コードDGPILE-3D²⁾を用いて、地盤・基礎・上部工の三次元一体系静的解析を行い、実験結果と比較した。Type-Aの補強基礎（Case-2AL）の有限要素メッシュを図4に示す。これは補強基礎模型をプロトタイプ換算し、構造物と載荷荷重の対称性を考慮して、その半断面領域をモデル化したものである。境界条件は、底面の節点は全方向固定、側面はローラー支持とする。鋼管矢板の非線形特性にはバイリニアモデルを用い、継手部のせん断ずれをバイリニアばね($G_m: 8.0 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$, $q_m: 1.1 \text{ kN/m}$)によりモデル化した（図5(b),(c)参照）。本解析では鋼管矢板をビーム要素でモデル化しているため、鋼管矢板の体積の影響を考慮していない。頂版は弾性材料によりモデル化し、頂版の結合状態の差異を図5(d)に示すようにモデル化した。表層地盤の弾塑性構成式には t_{ij} -sand modelを、支持層には弾性材料を用いた。尚、本解析では基礎の回転挙動を表現するために、便宜的に基礎下端と支持層の間に薄い層（境界層）を設け、その地盤定数はCase-1Lの実験結果とのマッチング解析により決定している。表1に本解析で用いた地盤定数を示す。

3. 解析結果と考察 図6に荷重～変位関係、図7に荷重～回転角関係を実験結果と比較して示す。図6より解析結果においても各補強基礎の補強効果を確認できる。補強基礎である Case-2AL については、初期剛性

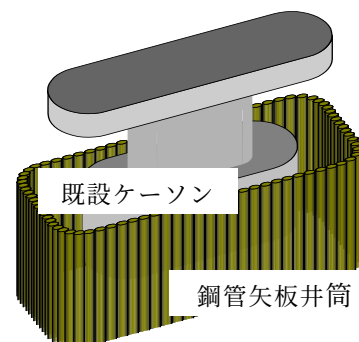


図1 鋼管矢板基礎増設工法

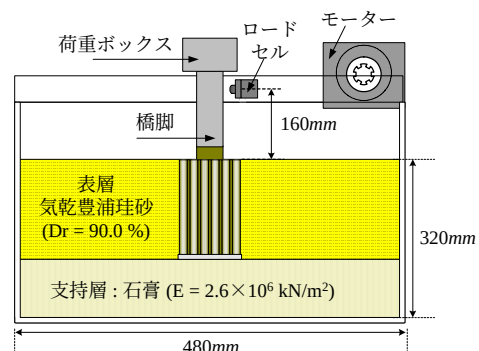


図2 遠心模型実験装置

ケーソン 基礎	補強基礎			
	(Type-A)	(Type-B)	(Type-C)	
Case-1L	Case-2AL	Case-2BL	Case-2CL	
Case-1S	Case-2AS	Case-2BS	Case-2CS	

図3 実験ケース

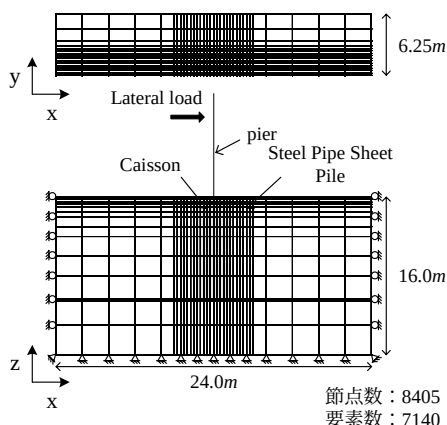


図4 有限要素メッシュ

キーワード ケーソン基礎, 鋼管矢板井筒, 耐震補強, 補強メカニズム, 水平支持力, 三次元 FEM 解析
 連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-753-5106

表 1 地盤定数

	層厚 [m]	密度 [g/cm ³]	粘着力 [kN/m ²]	内部摩擦角 [°]	弾性係数 [kN/m ²]	ポアソン比	圧縮係数	膨潤係数	破壊時 主応力比	初期 間隙比	t_j -sand modelで用いる 土質パラメータ		
	H	ρ	c	ϕ	E	ν	C_t	C_e	R_f	e_0	α	D_f	m
表層	10.25	1.596	—	36.8	—	0.30	0.0084	0.0060	4.0	0.66	0.85	-0.6	0.3
境界層	0.25	1.596	—	36.8	—	0.30	0.000215	0.000135	4.0	0.66	0.85	-0.6	0.3
支持層	5.5	0.810	—	—	2.6×10^6	0.25	—	—	—	—	—	—	—

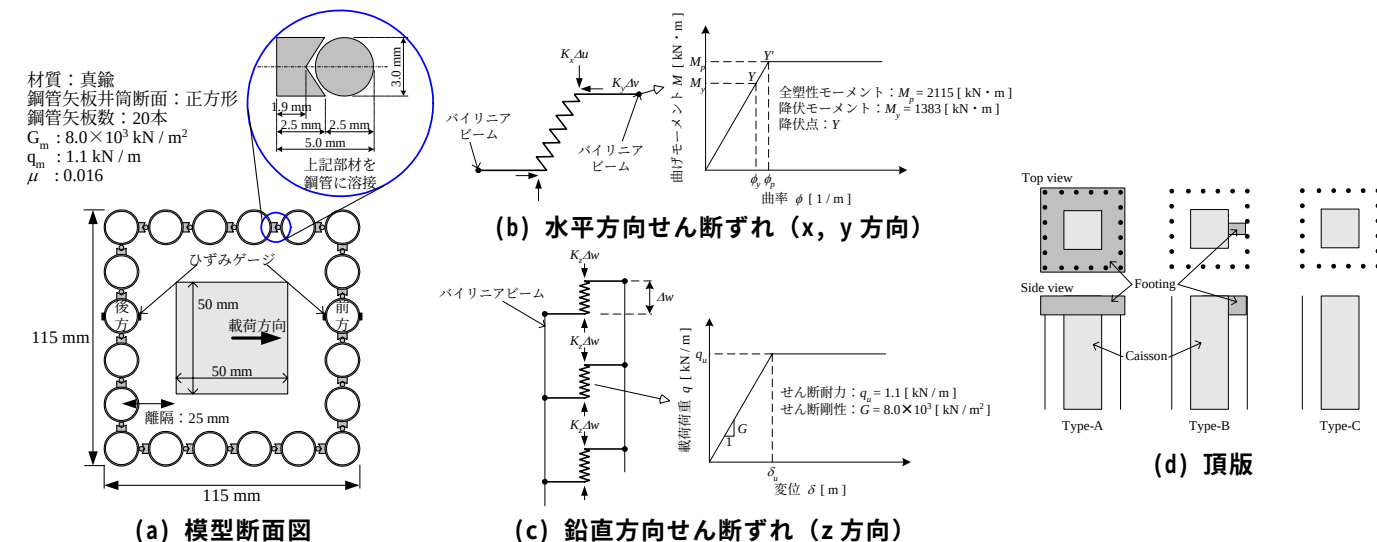
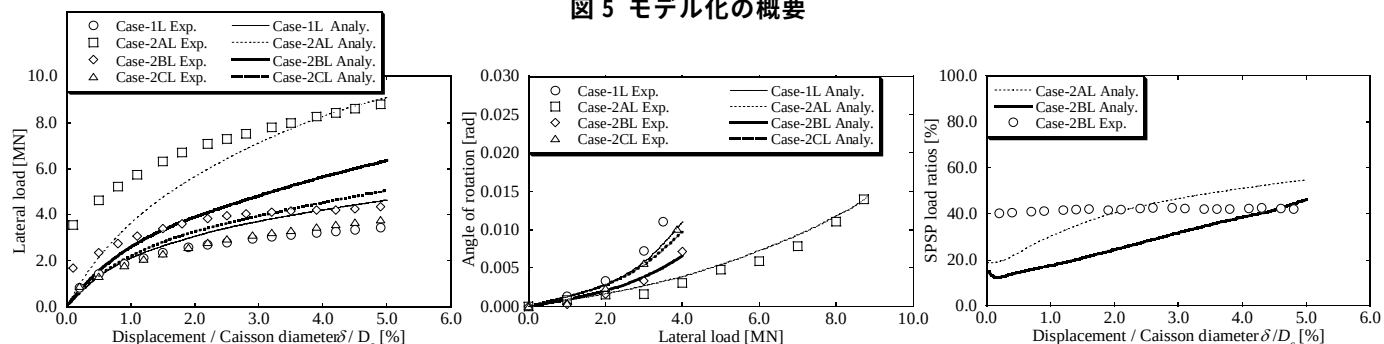


図 5 モデル化の概要



（原点における接線勾配）を表現するための解析モデルの検討の余地があるが、荷重～変位関係を概ね表現できている。図 7 より、荷重～回転角関係においても解析結果が実験結果と良好に対応していることが確認できる。図 8 に井筒の水平力分担率について示す。ここで、解析結果における井筒の水平力分担率とは、頂版直下のビーム要素に作用するせん断力の合計を井筒が分担する水平力とし、橋脚に作用させる水平荷重との比を百分率で表したものである。図 8 から、井筒の水平力分担率については、概ね表現できていることがわかる。以上の結果より、本解析手法により実験結果の定性的評価が可能であり、その結果、鋼管矢板井筒増設による補強効果、ならびに頂版の結合状態の差異による補強効果・メカニズムへの影響を確認できた。

4. まとめ 鋼管矢板井筒増設により既設ケーソン基礎の補強効果・メカニズムを解析的に検討した結果を以下に示す。

- ①数値解析により補強効果、補強メカニズムを表現可能である。
- ②頂版の結合状態が補強効果、鋼管矢板井筒の水平力分担率に影響する。
- ③頂版の結合状態が半固定の場合、剛結合とした場合よりも補強効果は少ないが、十分な補強効果を示す。

<参考文献> 1) 磯部ら：土木学会第 59 回年次学術講演会，2004．投稿中 2) F. Zhang et al : Mechanical behavior of pile foundations subjected to cyclic lateral loading up to the ultimate state, Soils and Foundations, Vol.40, No.5, pp.1-17, 2000.