

新構造技術株式会社技術部（東京大学社会基盤工学専攻博士課程） 正会員 尹 元彪
 東京大学生産技術研究所 正会員 小長井 一男

1. まえがき

これからの海峡横断道路プロジェクトにおける超長大橋梁の基礎は、設置深度や海底支持岩盤が非常に深い場合が多いと考えられる。従来は海底掘削を行い、基礎を岩盤の上に設置する方法がとられていたが、基礎が大きほど支持岩盤が深いほど海底地盤の掘削量が多くなり、環境への影響、工期や経済性が不利となる。このため、海底掘削をほとんどせず、鋼管杭の打設による地盤改良を行い、より浅いところで基礎を設置する方法¹⁾は、従来の概念と大きく異なる意欲的な試みであると考えられる。この手法の合理性を検証するために、地盤を精度よく評価することが一つの重要な課題になる。本研究は等価ビームの概念に基づいた薄層要素法によって巨大群杭基礎の剛性が評価できる簡便法を提案し、3次元有限要素法の解析結果との比較よりその有効性の確認を行った。

2. 薄層要素法²⁾³⁾による群杭基礎の剛性の簡易評価法

構造物を支える群杭基礎は、地震時においてその周辺地盤との動的な相互作用をもたらし、構造物の地震応答に影響を及ぼす。しかし、このような杭-地盤の動的相互作用効果を直接評価することが非常に煩雑であり、特に杭本数が数十本にもある場合には必ずしも効率でないことから、より簡便な評価方法が必要となる。そこで、本研究では、群杭を1本の等価ビーム (Equivalent Single Beam) に置き換え、薄層要素法 (Thin Layered Element Method=TLEM) を用いた定式化⁴⁾による巨大群杭基礎の剛性の簡便な評価手法を試みた。

図-1 は等価ビームおよびその定式化のコンセプトを示したものである。剛性マトリックスを定式化するために、次の仮定を行った。

- 1) 各水平薄層にある杭要素は同時に変形し、その間隔も一定に保つ。また、群杭に囲まれた土は杭と一体になって運動する。
- 2) 杭の曲げ変形による摩擦効果を無視する。
- 3) 杭頭は剛体のフーチングに剛結される。
- 4) 水平薄層の上下端において各杭要素は同じ平面にある (図1(b)参照)。

以上の仮定に基づき、群杭基礎のフーチングにおける水平(Sway)および回転(Rocking)運動

に関する動的剛性を評価するうえで計算負荷の極めて小さいプログラムが開発された³⁾。これにより、表-1～表-3に示す各ケースにおける巨大群杭基礎の水平および回転運動の動的剛性 K_{xx} 、 K_{RR} を求め、さらにその結果と3次元有限要素法 (FEM) による静的解析結果との比較検討も行った。

3. 解析結果

図-2 は、本簡便法による巨大群杭基礎の動的剛性と3次元 FEM 静的解析結果を示した一例である。また、各解析ケースに関する比較結果を表-4に示している。これらの結果により、杭の本数が多いほど、TLEMによる水平剛性 K_{xx} の計算結果は FEM の解析結果より小さくなることがわかった。また、回転剛性 K_{RR} については、 K_{xx} と逆な傾向が見られる。しかし、すべてのケースについても、TLEMによって得られた結果が FEM 解析の結果とよく一致することがわかり、実際の設計実務においては十分に対応できると考えられる。

キーワード：等価ビーム、薄層要素法、3次元有限要素法、巨大群杭基礎の剛性

連絡先：〒136 東京都江東区亀戸 1-42-20 住友不動産亀戸ビル 11F Tel:03-5626-5811 FAX:03-5626-5822

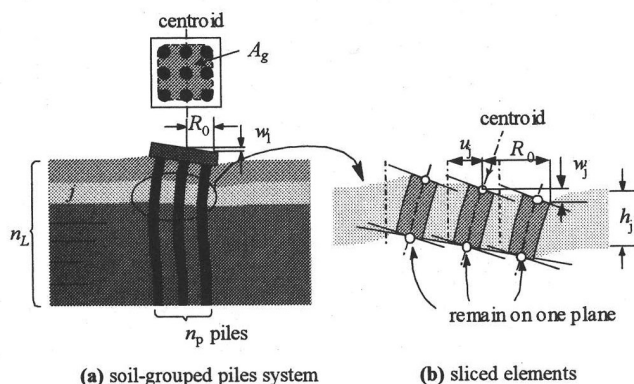


Figure 1 Assumptions for evaluation of equivalent single beam

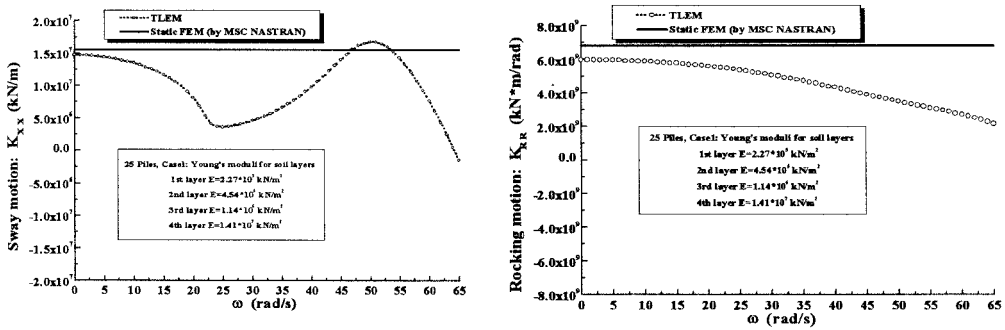


図-2 TLEM と FEM との解析結果の比較一例

Table -1 地盤定数

地層番号	層厚 (m)	鉛直方向 地層分割数	ポアソン比 ν	単位重量 γ (kN/m^3)	V_s (m/s)		E (kN/m^2)	
					case 1	case 2	case 1	case 2
1	2.5	1@2.5m	0.49	20.678	190	60	2.27E+05	2.27E+04
2	15.5	1@3.5m+4@3m	0.49	20.482	270	85	4.54E+05	4.54E+04
3	12.0	6@2m	0.47	19.502	441	441	1.14E+06	1.14E+06
4	30.0	1@2m+2@14m	0.39	25.382	1,400	1,400	1.41E+07	1.41E+07

Table -2 杭に関するパラメータ

杭長 (m)	杭外径 (m)	厚さ (cm)	E (kN/m^2)	単位重量 γ (kN/m^3)
20	2	2	2.058E+08	76.93

Table -3 杭の平面配置(対称配置)---1/4範囲の杭中心の座標

25本	(0,0) (0,7) (0,14) (7,0) (7,7) (7,14) (14,0) (14,7) (14,14)
49本	(0,0) (0,7) (0,14) (0,21) (7,0) (7,7) (7,14) (7,21) (14,0) (14,7) (14,14) (14,21) (21,0) (21,7) (21,14) (21,21)
69本	(0,0) (0,7) (0,14) (0,28) (7,0) (7,7) (7,14) (7,21) (7,28) (14,0) (14,7) (14,14) (14,21) (14,28) (21,0) (21,7) (21,14) (21,21) (28,0) (28,7) (28,14)

Table -4 解析結果比較一覧

Case 1	69 Piles		49 Piles		25 Piles	
	TLEM	FEM	TLEM	FEM	TLEM	FEM
K_{xx} (kN/m)	2.69E+07	3.42E+07	2.16E+07	2.63E+07	1.47E+07	1.56E+07
K_{RR} (kN/m/rad)	3.99E+10	4.29E+10	2.11E+10	2.31E+10	5.97E+09	6.82E+09
Ratio: TLEM/FEM	(Ratio of K_{xx})		(Ratio of K_{xx})		(Ratio of K_{xx})	
	0.786		0.822		0.943	
	(Ratio of K_{RR})		(Ratio of K_{RR})		(Ratio of K_{RR})	
	0.931		0.912		0.875	
Case 2	69 Piles		49 Piles		25 Piles	
	TLEM	FEM	TLEM	FEM	TLEM	FEM
K_{xx} (kN/m)	4.35E+06	5.64E+06	3.451E+06	4.324E+06	2.284E+06	2.559E+06
K_{RR} (kN/m/rad)	2.60E+10	2.56E+10	1.368E+10	1.358E+10	3.610E+09	3.979E+09
Ratio: TLEM/FEM	(Ratio of K_{xx})		(Ratio of K_{xx})		(Ratio of K_{xx})	
	0.771		0.798		0.893	
	(Ratio of K_{RR})		(Ratio of K_{RR})		(Ratio of K_{RR})	
	1.017		1.007		0.907	

3. あとがき

本研究では、等価ビームの概念に基づいた薄層要素法によって巨大群杭基礎の剛性が評価できる簡便法を提案し、3次元有限要素法の静的解析結果との比較により、その高い精度および有効性を確認した。特に、本簡便法は、計算負荷が極めて小さく、設計実務に応用できるのみならず、地盤と大型橋梁基礎のエネルギー収支効果をリアルタイムで反映した振動台実験にも適用できると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、笹川科学研究助成 (No. 12-094, 研究者尹 元彪) の補助を受けて行われた。ここに記して深く感謝する。

参考文献

- 1) A. Pecker, T. Guyot, J. P. Teyssandier, J. Combault: Seismic Design for the Foundations of the Rion Anti-Rion Bridge, pp. 831-842, IABSE, Copenhagen, Denmark, June, 1996
- 2) H. Tajimi, Y. Shimomura: Dynamic Analysis of Soil-Structure Interaction by the Thin Layered Element Method, Trans. Arch. Inst. Japan, pp. 41-51, Vol. 243, 1976
- 3) K. Konagai: Guide to TLEM, program manual 5, Konagai Lab., IIS, University of Tokyo, 1998
- 4) K. Konagai: Shaking Table Test Allowing Interpretation of Damage to Structure in Terms of Energy Influx and Efflux through Soil-Structure Interface, Report of Research Project, 1999 Grant-in-Aid for Scientific Research (B), No. 10450174, Ministry of Education, Science, Sports and Culture