

浦安市の液状化地域において節杭を用いた建物の調査結果

液状化 節杭 摩擦杭

ジャパンパイル 国際会員 ○小椋仁志

1. はじめに 東日本大震災では浦安市の埋立地で激しい液状化が発生した。筆者は、浦安で多く建てられている節杭を摩擦杭として使った低層建物を中心に被災状況の調査を行った。本報では、この調査の結果について紹介する。

2. 摩擦杭としての節杭 浦安市はN値50以上の支持層が深いため、木造以外の平屋～3階建ての建物は摩擦杭で支持されることが多い。節杭は最近では支持杭としても用いられているが、摩擦杭として使用される場合は比較的小さい杭径のφ440mm(節部径)-300mm(軸部径)～φ650-500mmが大半となっている。また、断面形状が三角形や六角形の節杭もある。施工法は、1985年くらいまでは杭周に砂利を充填しながら打込む砂利充填打込み工法(以下、打込み工法)が行われていたが、次第に地盤を掘削し根固め液と杭周固定液を注入したあと節杭を建て込む工法(以下、埋込み工法)が主流になった。埋込み工法には、首都圏では主に摩擦杭

として用いられるセメントミルク工法(掘削土を排土しセメントミルクを注入する工法)と図1のソリセメント工法(掘削土とセメントミルクとを混合攪拌する工法)、および支持杭としても使われるプレローリング拡大根固め工法がある。節杭は、首都圏では長い間「異形摩擦杭」として扱われ、設計支持力は10～20kN/mと小さい値であったことから、建物1件あたりの杭本数は比較的多い。現在は、大臣認定を取得した工法により施工された節杭は、告示1113号式よりも大きな周面摩擦力が採用されている¹⁾。

3. 調査物件の概要 浦安で節杭を摩擦杭として用いた

物件を施工記録や載荷試験資料、文献等から調べた結果、液状化が生じた埋立地の中町・新町地区にあって所在地が確認できたものは表1に内訳を示す94件となった。用途別では体育館・武道館などの学校施設(幼稚園・保育園も含む)と工場・倉庫が比較的多い。

図2は、一つの建物に用いられた杭長と杭本数が分かっているものについて、両者の関係を示したものである(杭本数は対数目盛)。

1物件あたりの杭本数は30～300本、杭長は8～10mが多くなっている。建物の構造・規模は、鉄骨造平屋～RC造3階建てが大半である。これら94件の建物の被災状況を地震翌日から調査した。

4. 調査結果：段差 液状化により地盤が沈下した結果、支持杭による建物には建物と地盤面との間に段差が生じたものが多い。写真1は、中掘り工法による鋼管杭(φ660.4mm、杭長60～74m)を用いた中学校校舎(RC3階建て)である。校舎本体に損傷や傾斜などの異常は見られないが、沈下したグラウンドとの間に40～50cmの段差が生じていた。写真2は同じ学校内に建つ武道場である。φ440-300、杭長8mのPHC節杭214本が、ソリセメント工法によって施工されている。段差は校舎よりは少なく、5～10cm程度に納まっていた。液状化により建物も地盤と共に数十cm沈下したものと思われるが、等沈下したようで損傷や傾斜などは見られなかった。この学校の体育館にも同じ径・杭長・

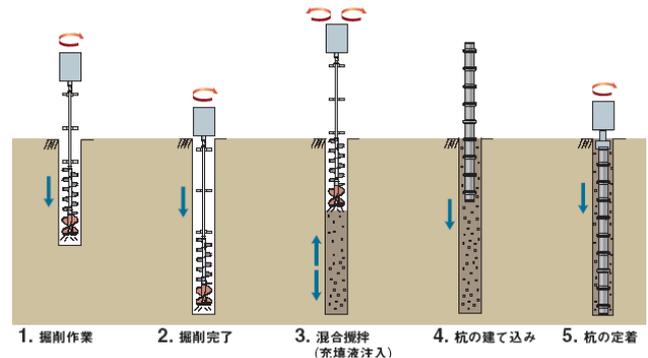


図1 節杭の埋込み工法(ソリセメント工法)

表1 地区・用途別の調査建物数

		学校(体育館等)	集会所	事務所	店舗・病院	工場・倉庫	集合住宅	住宅	その他	タウンハウス	計
中町	湾岸線北	海楽	1				3		1		5
		東野			1	1	2		1		5
	湾岸線	美浜	2			1	1	1			4
	～	富岡	3	2	1		1				7
	京葉線	弁天	2				1	1		1	5
		舞浜						1	2		3
新町	京葉線南	入船	5				3		1	3	12
		今川		1			1	1	1	1	5
		鉄鋼通り			5		8		1		14
		日の出	4		1					1	6
		明海	2								2
新町		高洲	2		1		1		2		6
		港			2		10				12
		千鳥			1		6			1	8
			21	3	9	3	25	13	4	11	5

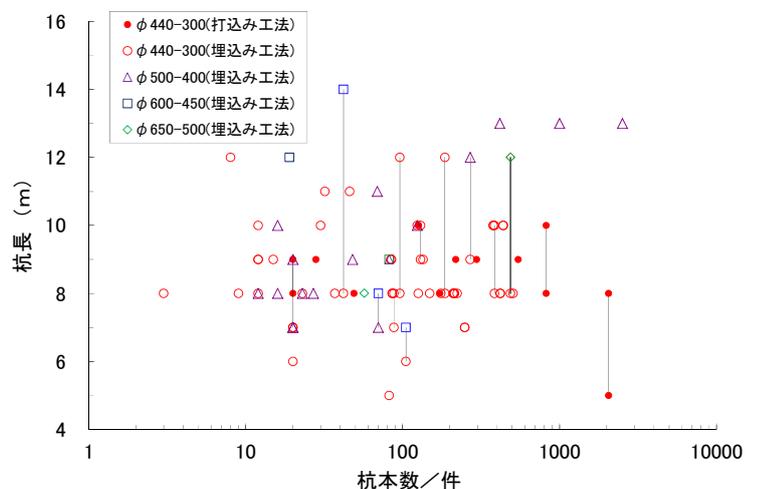


図2 節杭の杭長と杭本数

施工法の節杭が使われているが、段差がほとんど見られなかった。体育館は締固め工法による地盤改良が併用されていたとの情報もある。なお、体育館と校舎の周囲の地盤面には、レベル差が確認できなかった。写真3は、隣接するほぼ同規模の建物であるが、ともに前述の武道館と同じ径・長さ・施工法による節杭を用いている。段差は手前の建物(店舗)は最大で30cm生じて



写真1 支持杭基礎の中学校



写真2 中学校の武道館(弁天)

いたが、奥の建物(集会所)は5cm程度に納まっていた。両建物とも周辺には多くの噴砂が見られているが、隣接する建物でも地盤の状態や建物の規模が少し違うだけで、液状化後の建物の状況が異なることが分かる。

これらの例のように、半数近くの建物に5cm以上の段差が生じていた。浦安の大半の地区は埋立て層厚が8m程度であり、杭長は図2のおおむね8m以上(杭先端はGL-9m以深)であることから、杭先端は旧海底面下の沖積砂層に位置していたことになる。これから、液状化は埋立て層の中で生じたものであり、液状化時には杭の先端抵抗だけで建物荷重を支持していたものと推測される。この現象は、鳥取県西部地震(2000年)でも見られている。造成後10年経過した埋立地である竹内工業団地(境港市)で埋立て土(シルト)層が激しく液状化したが、団地内の大半の建物に節杭が摩擦杭として使われていた。建物に大きな損傷や傾斜は生じていなかったが、多くの建物に地盤面との間に20~30cmの段差が生じていた²⁾。これは、杭先端が液状化層である埋立て層(厚さ8~9m)の下方の旧海底面下の砂地盤に位置していたことによる³⁾。浦安でも竹内工業団地と同じように、摩擦杭でありながら液状化時には支持杭のような状態になって、段差が生じたものと思われる。



写真3 隣接する建物(富岡)

5. 調査結果：傾斜

建物の傾斜は、目視と可能な建物は柱に水準器を当てることによって調べた。判別できる傾斜は目視では1/100程度、水準器では1/200程度が限度である。調査の結果、1/200程度の傾斜の建物が1件、1/200より少し小さい傾斜の建物が4件あった(地震後もそのまま使用されていた)が、他の89件の建物には傾斜が見られなかった。写真4は中学校の体育館である。φ440-300、杭長8mの節杭が、セメントミルク工法で279本施工されている。水準器では傾斜は確認されなかったが、この学校の諸施設について浦安市液状化対策技術検討調査委員会が傾斜を調べた結果が浦安市のホームページに示されている⁴⁾。それによると、最大傾斜は長辺方向(37.8m)では1/480、短辺方向(25m)では1/287と、使用には支障のない範囲となっている。阪神・



写真4 中学校の体育館(入船)

淡路大震災(1995年)では、ポートアイランドや六甲アイランドを中心に大規模な液状化が発生した。ここでも節杭が摩擦杭として約60件の建物に使われていたが、傾斜等の障害を起こしたものは皆無であった⁵⁾。また、前述の竹内工業団地と違い、段差もほとんど生じていなかった。これは、節杭の長さが6~15mと18m以上の埋立て層厚よりも短く、杭先端が液状化層に位置していたためと考えられる。建物が傾斜しなかったのは、節杭の液状化低減効果(①多数の杭による地盤のせん断変形抑制効果、②建物重量が地盤には上載圧として作用する押しえ効果。打込み工法では、これらに加えて③杭の打設による地盤の締固め効果、④杭周の砂利がドレーン材として作用する排水効果)によって建物直下地盤の液状化が低減されたこと、液状化が生じても直接基礎よりは建物が地盤と一緒に均等に沈下しやすいものと考えられることによる。浦安でも、近くの支持杭の建物よりも段差が小さい節杭の建物では、これらの効果が発揮されたものと判断される。

表1に示した「タウンハウス」は、低層住宅(非木造)による団地であり、建物の下は深さ10mまで締固め工法による地盤改良を行ったうえで、φ440-300や三角形の節杭(杭長8m)が多数打ち込まれている。団地近くの戸建て住宅の多くは傾いており、団地内の道路や駐車場部分では大量の噴砂が見られたが、建物周囲では噴砂も少なく、建物には傾斜などの異常は見られなかった。このように、地盤改良と節杭の併用は液状化に対して大きな効果があったことが分かる。

6. おわりに 本報では、浦安在住の筆者が被災状況を調べた結果、液状化発生地域で節杭を摩擦杭として使った建物は、段差は生じていたものの、建物に大きな損傷や傾斜は見られなかったことを報告した。

参考文献

1) 藪内貞男・小椋仁志：節杭の形状・構造・施工法・支持力等の変遷、基礎工、Vol. 35、No. 7、pp. 57-60、総合土木研究所、2007.7 2) ジオトップ：平成12年(2000年)鳥取県西部地震 節杭を用いた建物の調査報告書、2000.12 3) 小椋仁志・細田光美・吉塚昭広：鳥取県西部地震で液状化した埋立地における摩擦杭(節杭)を用いた建物の状況、第36回地盤工学研究発表会、pp.1725-1726、2001.6 4) 浦安市：ホームページ http://www.city.urayasu.chiba.jp/secure/26052/06_3_3_kennitikui.pdf 5) ジオトップ：平成7年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)節杭を用いた建物の調査報告書、1996.4