

### Ⅲ-38 杭基礎の地震被害における杭頭部被害形態の考察

愛媛大学工学部 正会員 ○森 伸一郎  
飛鳥建設技術研究所 正会員 沼田 淳紀

#### 1. はじめに

1993年7月12日の北海道南西沖地震(Mjma=7.8)において、函館市北埠頭の埋立地では杭基礎のセメントサイロが傾斜・不等沈下・水平移動するという重大な被害が生じた。杭の被害調査を実施した結果、基礎杭の全数が被害を受けたことがわかったが、杭頭部の被害形態が同様ではなかった。ここでは、被害形態とその原因について考察した。

#### 2. 地盤と構造物および被害の概要

函館港北埠頭の埋立シルト地盤が大規模で広範囲にわたり液状化が見られた<sup>1)</sup>。被害を受けた円筒状セメントサイロは、64本の直径40cmで長さ22m(2本継ぎ)のPC杭(A種)に支持された容量2500tonのサイロであり、その高さが約26m、直径が13.0m、基礎の直径が15.0m、基礎版底部深さがGL-2.0mである。このサイロは、1968年十勝沖地震の翌年12月に着工され、1970年に完成された。23年を経て今回の地震を受け、1/20(約3度)傾斜し、30~90cmの不等沈下が生じ、基礎が47cm水平移動した。このサイロは、杭の水平力と杭頭接合部に関する規程がない建築基礎構造設計規程(1967)に準拠して基礎の設計がされている。

#### 3. 上部構造解体後の杭基礎の調査

杭頭部の破損状況を調査するために、サイロ上部および基礎版の解体後に杭頭部周辺地盤を掘削して、杭頭部を露出させ観察するという調査を実施した。

その結果、杭頭部周辺に関しては、杭頭部のせん断または曲げせん断破壊(タイプA)と杭頭部より1~3m下での曲げ破壊(タイプB)という2種の典型的な破壊形態に分類できた。図-1に、このような2種の杭頭部破壊形態のスケッチを示す。

#### 4. 杭頭部破壊形態とその破壊メカニズムの考察

##### (1) 破壊メカニズムの考察の主旨と着眼点

図-2に2種の杭頭部破壊形態の平面分布を示す。平面的には中央部と北東部に杭頭部破壊のタイプA破壊の杭が多いものの、A、Bの2タイプは混在している<sup>2)</sup>。杭の力学的な破壊メカニズムの解明のためには、2種の杭破壊形態が混在している原因を追及する必要がある。地震動の方向性と杭頭結合状態がその要因として考えられたが、ここでは、後者に着目して検討する。

##### (2) 施工記録に基づく杭頭貫入量の調査

前述の着眼点に立ち、1969年当時の工事の担当者を捜してヒヤリング調査をするとともに、施工時の写真を探し出しそれらを検討した。写真-1に、杭打設に続く捨てコンクリート(ならしコンクリート)を打設し、表面をならしている最中の施工写真を示す。他の写真などの背景から方位が推定できたので、杭番号(No.)が特定できた。杭径が40cmと一定なので、これらの写真により、捨てコン上面位置からの突出長と杭径に対する比率を容易に測定することができる。

図-3に施工図面と掘削調査の際に確認できた杭頭周辺の基礎詳細を示す。地盤の上に割り栗石と捨てコンが、それぞれ15cmと10cmの厚さで施工されている。先の写真から測定できる突出量は基礎版への杭頭貫入量と同じである。杭径(D)に対する杭頭貫入量(P)の比率を杭頭貫入比(P/D)と呼ぶ。

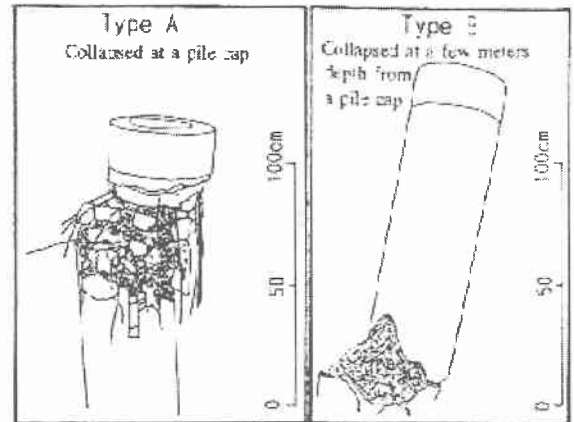


図-1 2種の典型的な杭頭破壊形態

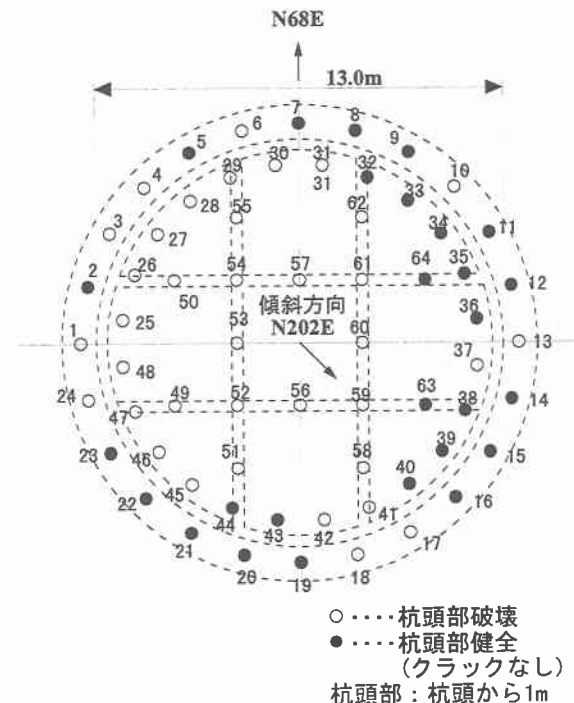


図-2 2種の杭頭破壊形態の平面分布

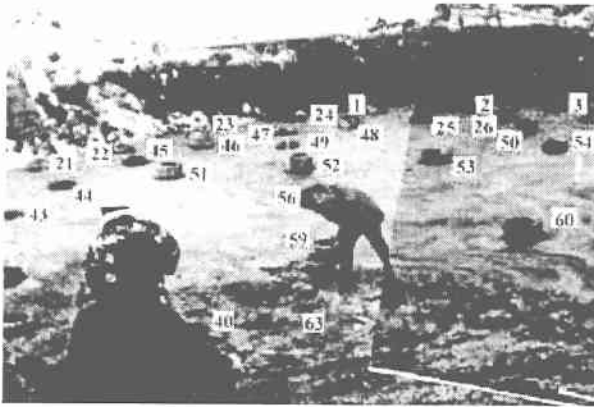


写真-1 杭打設に続く捨てコンクリートを打設し、表面をならしている最中の施工写真 (1969.12.)

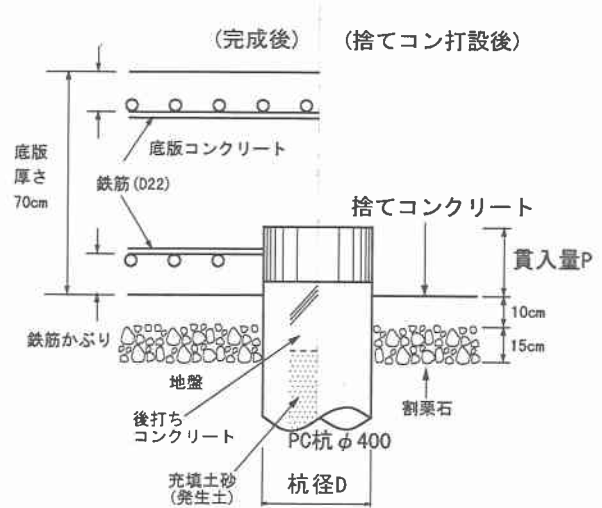


図-3 杭頭周辺の基礎詳細

### (3) 杭頭貫入量と杭頭部破壊タイプとの相関

図-4に破壊タイプ別の杭頭貫入量比の頻度分布を示す。この図より、杭頭貫入量比  $P/D$  が 0.2 未満では、圧倒的にタイプ B の破壊が多いことがわかる。また、 $P/D$  が 0.4 以上はすべてタイプ A の破壊である。そこで、 $P/D$  が 0.2 未満を杭頭貫入量の小さいもの、 $P/D$  が 0.2 以上を杭頭貫入量の大きいものとして、図-5に杭頭貫入量の大小の平面分布を示す。図-2と比較するとタイプ A は杭頭貫入量の大きいもの、タイプ B は杭頭貫入量の小さいものに明確に対応づけられることがわかる。

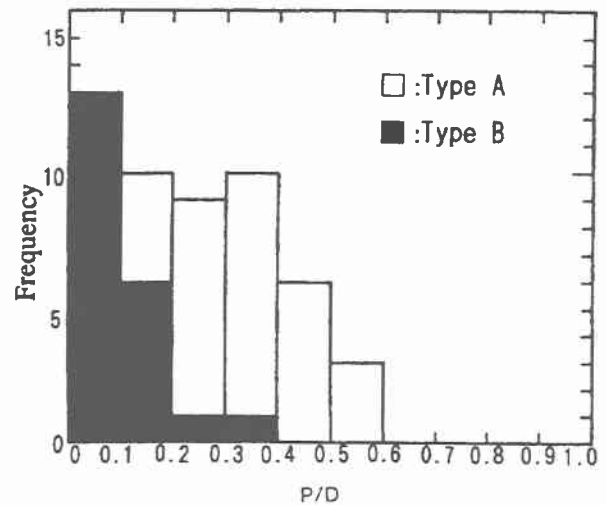


図-4 破壊タイプ別の杭頭貫入量比の頻度分布

大局的には、おおむね杭頭貫入量比  $P/D$  が 0.2 を境として杭頭結合状態が決定され、それ以上は杭頭剛結に近い状態、それ以下は杭頭ピンに近い状態として挙動したと考えることができる。すなわち、タイプ A は杭頭剛結に近い状態、タイプ B は杭頭ピンに近い状態として挙動したものと結論づけることができる。

### 5. 結論

杭頭部周辺に関しては、杭頭部のせん断または曲げせん断破壊 (タイプ A) と杭頭部より 1 ~ 3m 下での曲げ破壊 (タイプ B) という 2 種の典型的な破壊形態に分類でき、2 種の杭破壊形態は混在していた。

杭頭貫入比  $P/D$  がおよそ 0.2 を境に杭頭結合状態が決定され、 $P/D$  が 0.2 より大きいものにタイプ A が多く剛結に近い状態として挙動し、 $P/D$  が 0.2 より小さいものはピンに近い状態として挙動したものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 森 伸一郎, 沼田 淳紀, 三輪 滋, 柴田 登: 1993 年北海道南西沖地震における液状化調査, 土質工学会北海道支部技術報告集, No.34, pp.64-73, 1993.2.
- 2) 森 伸一郎, 沼田 淳紀: 液状化した埋立シルト地盤における杭基礎の被害, 第 33 回地盤工学研究発表会, 1998.7.

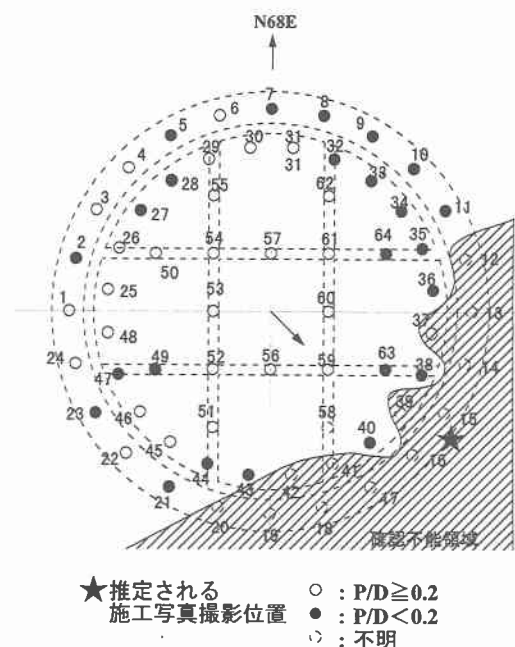


図-5 杭頭貫入量の大小の平面分布