

住友金属工業 正員 ○小林洋一
住友金属工業 正員 山川純雄

1. まえがき

鋼管杭打込み中の座屈トラブルの効果的対策や、開端杭の先端閉塞現象に関する基礎資料を得る目的で、貫入抵抗に及ぼす杭の形状寸法、すなわち、管内外面のスパイラルビードの粗密、径厚比の影響を室内模型実験にて検討した。ここでは、その概要を報告する。

2. 実験内容

2.1 供試杭 模型杭は公称外径 $\phi 140\text{ mm}$ で、種類と諸元を表1にとりまとめ示す。スパイラル溶接ビードは実杭のビード高さをそのまま再現する意味で、 $\phi 2\text{ mm}$ 番線を巻付けて断続溶接した(図1)。これは使用砂粒子が実寸であることから、特に縮尺しない方が実用的と考えたものである。ビードピッチと杭径の比 α は、市販実杭($\phi 400\sim 1,500\text{ mm}$)の上下限の範囲 $\alpha = 1.5\sim 4.0$ を基本に、特殊ケースとして $\alpha = 0.5$ (A-1)も加えた。

他方、径厚比 D/t も市販実杭の $D/t = 30\sim 190$ を考慮して、使用頻度の高いと思われる値を採用し、特殊ケースとして $D/t = 16$ (B-3)も加えた。

また、杭の表面状態を同一にするためサンドブラスト処理を施した(表面粗さ $R_{\text{max}} \approx 50\text{ }\mu$, G.L. = 8 mm)。

なお、杭外面のひずみ測定用ゲージはアングル材で防護し、内面ゲージは樹脂コーティングのみとした(図2)。

2.2 実験土槽と载荷方法 模型地盤は、乾燥砂($D_{50} = 0.3\text{ mm}$, 最大粒径 2 mm , 含水比 0.3%)を6層に分けて敷き均し、各層とも起振機(出力 $800\text{ k}\Phi$, $1,200\text{ rpm}$, 約1分間/層)で締固めた($\gamma = 1.71\sim 1.76\text{ g/cm}^3$)。貫入実験は、地盤に変形拘束を与える意味で空気バネによりサーチャージ $q = 0.5\text{ kg/cm}^2$ を与えた。なお、サーチャージによる地盤の沈下は生ぜず、 γ は締固め時と同等と考えられる。

载荷速度は沈下量 δ が $\delta \leq 2\text{ D}$ では 10 mm/分 , これ以上では 5 mm/分 とし、沈下量 1 D ごとに除荷・载荷を繰返し、 $\delta_{\text{max}} = 6\text{ D}$ とした。

3. 結果と考察

3.1 溶接ビードの影響

$D/t = 31$ と一定の内外面ビード付き杭(A-1~4), 外面のみビード付き杭(A-5, 6), 及びビードなし杭(B-2)の荷重沈下量関

表1 模型杭の種類と諸元

杭No	外径D (mm)	肉厚t (mm)	長さ (m)	径厚比 D/t	ビード有無		ビードピ チ α	供試 体数
					内面	外面		
A-1	139.8	4.5	1.0	31	有	有	0.5	1
A-2					有	有	1.5	2
A-3					有	有	2.5	2
A-4					有	有	4.0	2
A-5					無	有	1.5	1
A-6					無	有	4.0	1
B-1	134.8	2.0	1.0	67	無	無		1
B-2	139.8	4.5		31				1
B-3		9.0		16				1

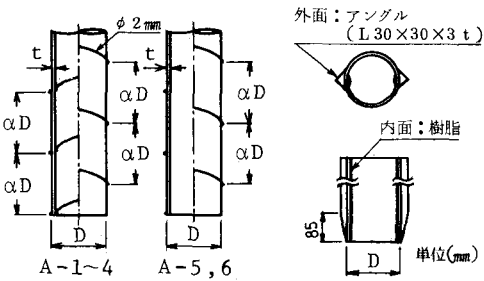


図1 スパイラルビード

図2 ゲージプロテクター

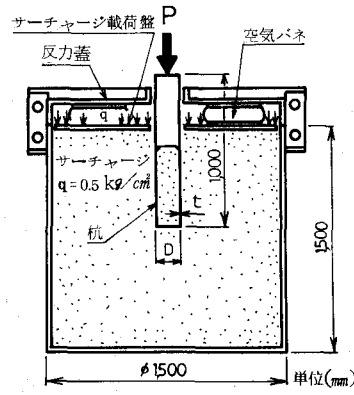


図3 実験方法

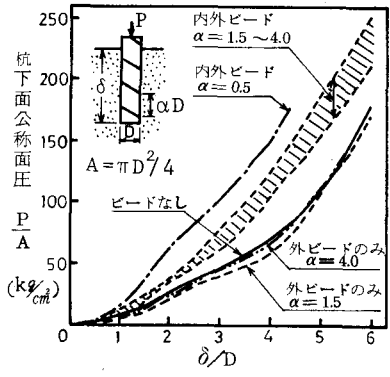


図4 貫入抵抗 ($P/A - \delta/D$)

係を図4に示す。これより、①外面ビードのみの杭の貫入抵抗はビードなし杭のそれと同一で、貫入抵抗への外面ビードの影響はほとんど認められないのに対し、②内外面ビード付の貫入抵抗はいずれもビードなしの場合よりも高く、ビードピッチ比 α が小さいものほど貫入抵抗が高くなる傾向が認められる。すなわち、市販のスパイラル杭($D/t=31$, $\alpha=1.5\sim4$)は、直線シーム杭よりも内面ビード(高さ2mm)の効果で貫入抵抗、または支持力が高く出るものと推定される。その増加率は、今回の模型実験結果がそのまま適用できるとは考えられないが、図4の $\delta=3D\sim5D$ の範囲で35~70%を示しており、無視し得ない値と考えられる。

内面ビードは管内侵入砂の先端閉塞現象を促進するものと考えられ¹⁾、その閉塞領域を見るため杭先端部の応力分布の代表例を示したのが図5である(A-2, $\delta/D=6$)。これから明らかとなり、杭先端から1.5Dの範囲でフープ応力、軸応力が急変しており、閉塞域は他の模型杭の結果及び実大杭の結果と一致している。

3.2 径厚比の影響 Bシリーズ杭の沈下量(根入れ深さ) $\delta=3.5D$ と $5D$ の2つの時点で、貫入抵抗が D/t と共にいかに変化するかを示したのが図6である。但し、図には $D/t=31$ (B-2)の貫入抵抗を基準とした比で示している。これから明らかなように、 D/t の増大と共に貫入抵抗が減少し、根入れ深さ(δ/D)が小さいほどその傾向が顕著に現れる。しかし、市販鋼管杭で使用頻度の高い $D/t=38\sim100$ ($\phi 600\sim1,200$ mm)の範囲であれば、杭の薄肉化による貫入抵抗または支持力の低下割合は図に見られるごとく高々20%程度と考えられる。

3.3 管内侵入砂の物性変化 管内侵入砂は図5のフープ応力から推定すると $\sigma_3 \approx 100 \text{ kg/cm}^2$ の高圧三軸応力状態にあるものと推定されるので、供試砂の低高圧三軸圧縮試験を実施し、内部摩擦角 ϕ (図7)と試験前後の粒度変化(図8, ふるい試験)を調べた。なお、図8には管内侵入砂のふるい試験結果も併記した。これらの結果より以下の諸点が判明した。①管内侵入砂の粒度は実験前のそれより細粒化されており、ビード部付着砂は細粒化が著しい。② $\sigma_3=100 \text{ kg/cm}^2$ での高圧三軸圧縮試験後の粒度は $z/D \leq 0.4$ の管内侵入砂のそれとほぼ等しい。したがって先端閉塞部では 100 kg/cm^2 前後の内圧が生じているものと推定される。③ σ_3 が 150 kg/cm^2 以上になると細粒化現象により内部摩擦角 ϕ が低下し、³⁾0に漸近する傾向が認められる。これは先端閉塞部の壁面せん断強度には極限値の存在することを示唆している。

参考文献 1) 菅野, 山川, 尾西, 三浦: 住金誌, Vol. 30, No.1, 1978.

または, 島崎, 矢作, 大志万, 第31回土木学会講演集, III, 1976.

2) 原, 岸田, 鈴木: 第8回土質工学研究発表会, 1973.

3) 三浦, 山内: 土木学会論文報告集, No. 260, 1977.

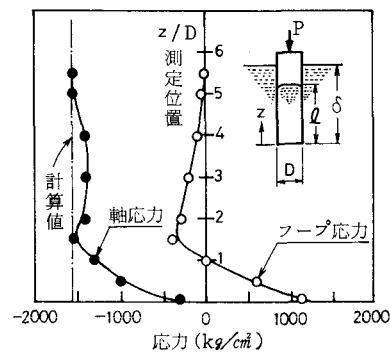


図5 鋼管応力分布 (A-2: $\delta/D=6$, $\ell/D=4.2$)

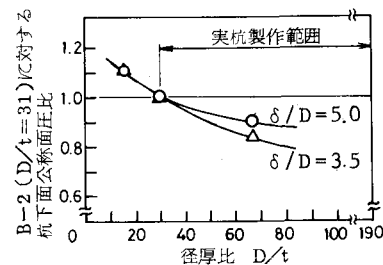


図6 貫入抵抗と径厚比の関係

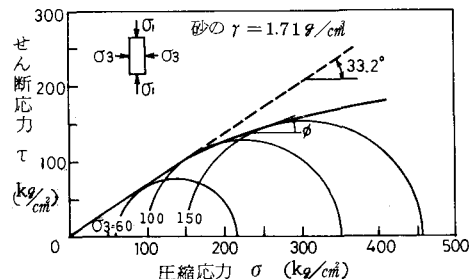


図7 せん断応力と圧縮応力の関係

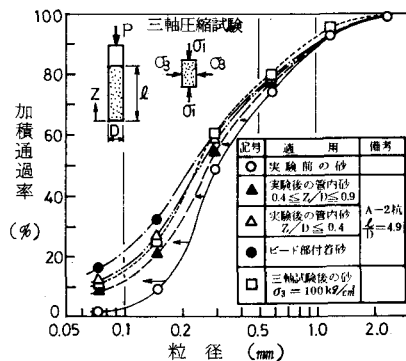


図8 粒径加積曲線