

住友金属工業 正員 ○小林洋一

正員 山川純雄

上 正員 飯田 毅

1. はじめに

前報の開端模型杭の押込み実験の結果、スパイラルビード付き杭の貫入抵抗がビードなし杭のそれより大きいことが判明した。¹⁾²⁾筆者らは、この事実を開端杭内壁面の壁面摩擦が、先端閉塞機構の定量的評価をする上で、重要な因子の一つではないかと考えた。そこで、杭の貫入に伴って、管内侵入土の応力レベルが低圧から高圧に移行していくことに注目し、先端閉塞部の壁面摩擦機構を解明するための一手段として、高圧一面せん断試験装置を試作し、摩擦係数、ビード効果等について検討したので報告する。

2. 試験内容

杭先端閉塞部のような高圧応力レベル下の砂の内部せん断特性と壁面せん断特性を比較するため、図1に示す内部せん断試験装置と、図2に示す壁面せん断試験装置を試作した。ここに、内部せん断とは砂同士のせん断を、壁面せん断とは砂と杭壁面のせん断を意味する。

一面せん断試験の供試体の種類を表1に

示す。前報の結果を参考に、鉛直圧力 σ_v ($=P/A$, A :せん断面積)は $5 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ とした。また、貫入抵抗に影響の大きい杭内壁面のスパイラルリード突起の効果を把握するため、前報同様 $\phi 2 \text{ mm}$ 番線を鋼板に溶接し、そのピッチを変化させた壁面せん断試験も行った。この突起付き鋼板の種類で、 σ_v は 5 kg/cm^2 と 100 kg/cm^2 を適用

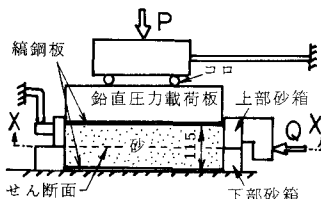


図1 内部せん断試験装置

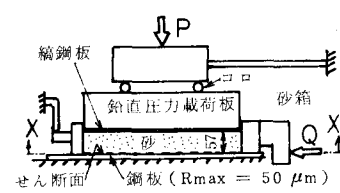
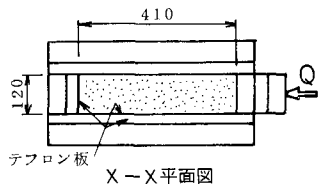


図2 壁面せん断試験装置

表1 一面せん断試験供試体の種類

試験区分	供試体寸法 (mm)	鉛直圧力 σ_v (MPa)	単位体積重量 γ (g/cm ³)
内部せん断 試験	b ℓ h 120×410×115	5	1.72 ~ 1.74
		10	
		50	
		100	
壁面せん断 試験 (突起なし)	b ℓ h 120×410×57	5	1.76 ~ 1.78
		10	
		50	
		100	

載荷方法は、鉛直荷重 P （一定）および水平荷重 Q をそれぞれ油圧ジャッキで載荷し、水平方向の載荷速度は、内部せん断試験の場合 1 mm/分 、壁面せん断試験の場合、 1 mm/分 と 5 mm/分 に差が認められなかったので、 5 mm/分 とした。水平最大変位は装置の制約から 20 mm とした。

なお、砂箱内部および砂箱スライド用ガイド部には、すべてテフロン板を添着し、かつ鉛直圧力载荷板上にコロを置いて、摩擦抵抗の低減を計った。

供試砂は含水比 0.3 % の乾燥砂で、平均粒径 0.3 mm、最大粒径 2 mm である。また、壁面せん断試験用鋼板は、表面粗さ $R_{\max} = 50 \mu\text{m}$ となるようサンドブラスト処理をした。

3. 結果と考察

3.1 内部せん断強度と壁面せん断強度の比較

内部せん断試験, および突起なし鋼板の壁面せん断試験から得られた鉛直圧力 σ_v と, コロおよび砂箱スライド用ガイド部の摩擦を除去したピークせん断強度 $\tau_{\max} (=Q_{\max}/A)$ と

表2 突起付き鋼板の種類($\sigma_v=5\%$, 100%)

突起本数 N	ピッチ p (mm)	取 付 け 状 況
1	—	
2	280	
2	140	
3	140	
3	93	
4	93	
5	56	
6	56	

の関係を図3に示す。これより、①壁面摩擦角 δ は σ_v が 100 kg/cm^2 以下ではほぼ一定であること、② σ_v が 50 kg/cm^2 未満の低圧下では、内部摩擦角 ϕ はほぼ一定で、 δ は ϕ の約85%と小さいものの、Potyondyの結果の $\delta = 0.54 \sim 0.78 \phi$ (乾燥砂) より若干高めであること、③ σ_v が 50 kg/cm^2 以上の高圧下では、 ϕ は δ よりも低下し、 δ の約70%になること、等が判明した。

上記の σ_v が増大すると ϕ が低下する傾向は、砂の粒子破碎が原因¹⁾⁵⁾と考えられる。また、 δ がほぼ一定値となることについては、さらに検討の余地があるが、壁面の砂粒子拘束作用やダイレイタンスの影響も考えられる。この種の機構上の解明のほか、今後さらにデータの蓄積を計って確認すべきであるが、低圧域に対するPotyondyの実験式($\delta = 0.54 \sim 0.78 \phi$)を高圧域に拡張し得る可能性がある。

次に、吉見らの低圧下の表面粗さ $R_{\max}$ と壁面摩擦係数 μ ($= \tau_{\max}/\sigma_v$)の関係(図4)に、筆者らの結果をプロットすると、低圧域($\sigma_v = 5 \text{ kg/cm}^2$, $R_{\max} = 50 \mu\text{m}$)でほぼ同一直線上に載るが、高圧域($\sigma_v = 100 \text{ kg/cm}^2$, $R_{\max} = 20 \mu\text{m}$)では μ が若干高めに⁶⁾出ている。これより、低圧域の $R_{\max}$ と μ の関係から高圧域の μ を推定すると、壁面摩擦抵抗を若干過小評価することとなる。

3.2 ビード突起が壁面摩擦に及ぼす影響

図5に示す壁面摩擦係数 μ と突起本数 N の関係から、低圧下($\sigma_v = 5 \text{ kg/cm}^2$)では N が増すとともに μ も増加している。しかし、高圧下($\sigma_v = 100 \text{ kg/cm}^2$)では、 N にかかわらず μ はほぼ一定となっている。一方、前報の押込み実験の結果(図6)で明らかなように、杭内壁のビードピッチが小さい程、すなわち N が多い程、浅い根入¹⁾れで先端閉塞現象が開始している。

図5、図6を総合的に判断すると、ビード突起は、低圧力条件下での閉塞現象の開始促進に効果があると言える。

3.3 先端閉塞部の抵抗力

今回の試験より高圧下における砂と突起付き壁面との摩擦係数 $\mu = 0.7$ であること、および、前報における閉塞部の発生内圧が 80 kg/cm^2 であることから、杭先端閉塞部の有効長を杭径程度と仮定して、閉塞部が受けもつ抵抗を推定すると杭頭荷重の80%となる。すなわち、残り20%は外周面摩擦抵抗 F_0 と杭肉厚部の先端抵抗 R_t である。 F_0 に関しては、従来のデータでは杭頭荷重の10~15%⁸⁾と言われていること、および R_t は前報のケースで杭頭荷重の約10%と推定されることより、高圧域での杭内壁面の μ から推定した前記閉塞部の抵抗分担割合は妥当な値と考えられる。

以上より、開端杭の先端抵抗の算定に当っては、鋼管杭内壁の高圧下での壁面摩擦係数が重要な因子の1つと言える。

- 参考文献 1) 小林, 山川: 第37回土木学会年次講演会, Ⅲ, 1982. 2) 菅野, 山川, 他: 住友金属誌, Vol. 30, No. 21, 1978. 3) 鋼管杭協会閉塞効果部会: 鋼管杭の閉塞効果, 1982年11月30日. 4) Potyondy: Geotechnique, Vol. 11, No. 4, 1961. 5) 三浦, 山内: 土木学会論文報告集, No. 260, 1977. 6) Yoshimi, Kishida: Proc. 10th Int. Conf. SMFE, vol. 1, 1980. 7) 原, 岸田, 他: 第8回土質工学研究発表会, 1973. 8) 駒田, 他: 第30回土木学会年次講演会, Ⅲ, 1975.

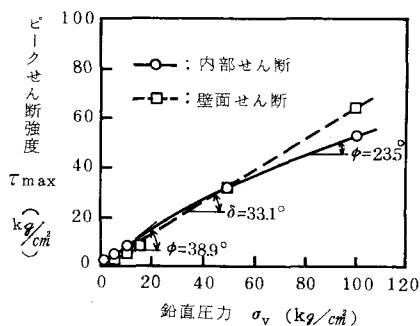


図3 鉛直圧力とピークせん断強度の関係

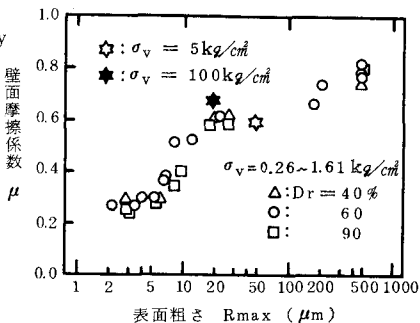


図4 表面粗さと壁面摩擦係数の関係

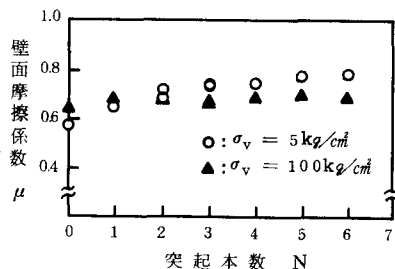


図5 突起本数と摩擦係数の関係

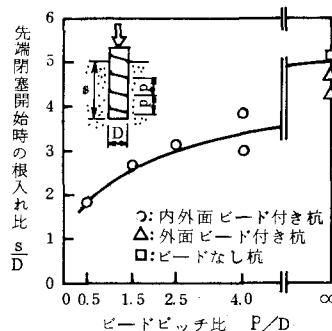


図6 ビードピッチ比と先端閉塞開始時の根入れ比