

杭頭結合部の安全性評価に関する一考察

○金沢大学 大学院 学生員 中島正毅
 金沢大学 工学部 正会員 近田康夫
 金沢大学 工学部 正会員 小堀為雄

1. まえがき

橋梁などの杭基礎における杭頭結合部の安全性評価は、現行示方書や杭基礎設計便覧に規定されているように、主にフーチングコンクリートの支圧応力に着目した安全性評価式を用いて行われており、杭体自体の安全性評価は杭体の設計として独立に行われている。しかし、杭頭結合部においては応力集中が生じて局所的に複雑な応力状態になるものと考えられる。また設計便覧などで規定されている支圧応力も、荷重状態や杭の種類等によりその発生状態も様々である。そこで本報告では、この点に着目して有限要素法を用いた解析結果から、杭頭結合部の安全性照査方法に関して検討するものである。

2. 解析手法

杭とフーチングの境界面に軸対称ジョイント要素を配した軸対称体モデルをフーリエ級数を利用した半解析的手法を用い、応力分配法により境界面での応力解放を行う。解析手法の詳細に関しては、文献1)を参照されたい。得られた解を用いて、杭頭結合部のどの部位で破壊が生じ易いかを要素毎に検討してみる。降伏条件として、杭(PC杭)、フーチングコンクリートに対してはMohr-Coulomb、杭(鋼管杭)、鉄筋に対してはVon-Misesの降伏条件式を適用する。

i) Mohr-Coulombの降伏条件式

降伏条件式はEq. (1)のように示され、式中のパラメータ c 、 ϕ はコンクリートの圧縮強度 σ_c と引っ張り強度 σ_t を用いて、Eq. (2)で決定した。

$$\sigma_1 \cdot (1 + \sin \phi) / (2c \cdot \cos \phi) - \sigma_3 \cdot (1 - \sin \phi) / (2c \cdot \cos \phi) = 1 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$c = \sigma_c \cdot 2\sqrt{m}, \quad \phi = \sin^{-1} \{ (m-1)/(m+1) \} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 σ_1 、 σ_3 はそれぞれ最大、最小主応力であり、 m はコンクリートの圧縮引っ張り強度比である(すなわち、 $m = \sigma_c / \sigma_t$)。また、Eq. (1)によるせん断破壊の基準のほかに、圧縮および引っ張り強度による照査も次式により行なう。

$$\sigma_c > \sigma_1, \quad \sigma_t < \sigma_3 \quad \dots \dots \dots (3)$$

ii) Von-Misesの降伏条件式

降伏条件式は次式で示される。

$$\sqrt{3 \cdot J_2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ただし、 J_2 : 第二偏差応力不変量、 σ_s : 鋼材の降伏応力

なお、解析に用いた諸物性値をTab. 1に示す。

3. 結果及び考察

$\theta = 0, \pi$ 子午面の計算結果をFig. 1に示す。凡例の数値は、0が降伏1は現在の荷重の100%増(すなわち2倍)の荷重、同様に2は200%増で降伏することを示している。Fig. 1では支圧応力を受ける杭頂部付近で既に破壊が生じている。また荷重条件により若干違ってはいるが、おおよそ杭体側がフーチング側より危険側にあるといえる。

Tab. 1 Mechanical Properties

	Footing	Pile	Joint要素
E (MPa)	2.94×10^4	4.41×10^4	—
ν	0.17	0.20	—
k_s (MPa/m)	—	—	7.5×10^5
k_n (MPa/m)	—	—	1.5×10^5
k_p (MPa/m)	—	—	7.5×10^5
c (MPa)	—	—	0.0
ϕ (°)	—	—	30

またFig.2 には、PC杭の杭頭結合部のIntraction Curveを示す。最も内側の曲線は、Fig.1で既に破壊している $\theta=0$ 断面のフーチングの杭頂部近傍である。本解析では、ジョイントの粘着力を0としているので粘着力がある場合は最も危険側となるフーチングの杭頂部近傍ではより安全側に移行するものと思われる。

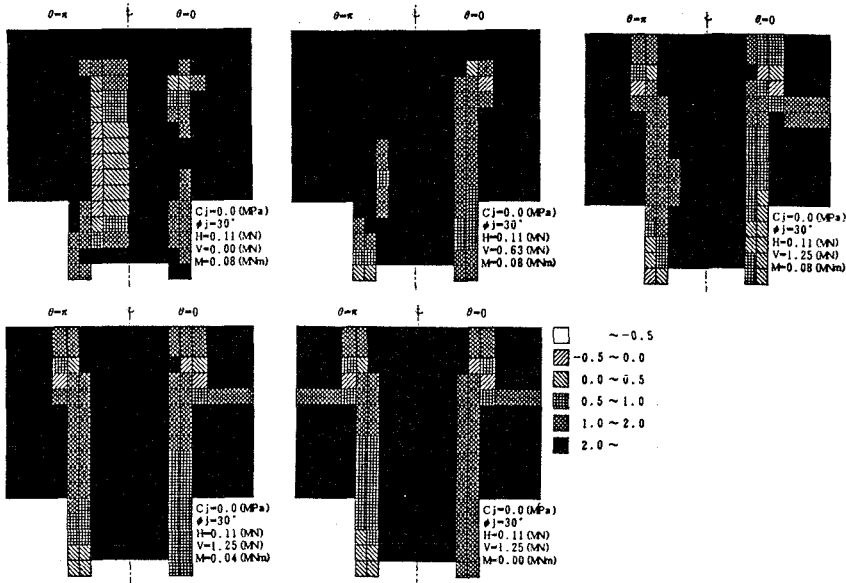


Fig.1 Yielded Element PC-PILE (Type-A)

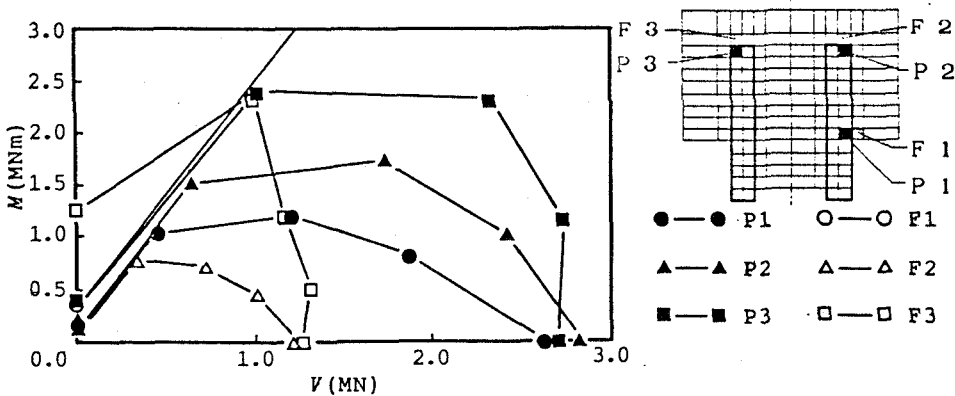


Fig.2 Intraction Curve PC-PILE (Type-A)

4. まとめ

有限要素解析の結果より、現行示方書の様にフーチングコンクリートの支圧応力のみに着目するのではなく、杭も含めた形での杭頭結合部の安全性を考慮する必要があることが分かった。

参考文献

- 1) 小堀、近田：剥離、滑動を考慮した杭頭結合部の応力伝達について、土木学会論文集、I-6, PP. 583-592, 1986.