

杭の断面力解析の方法（例）

1. 扱う杭

円筒断面の鋼管杭，コンクリート杭，SC杭（鋼管巻コンクリート杭），RC杭，PC・PHC杭等

2. 材料の応力-ひずみ関係

コンクリート材については道路橋示方書の式（e関数法），鉄鋼材についてはバイリニア型モデルで規定する．いずれも，圧縮を正，引張を負とする．ひずみ ε から応力 σ を求める関数を $\sigma=f(\varepsilon)$ と表す．

3. 解析フロー

- ①曲率 ϕ を与える．断面は平面保持仮定とする．
- ②中立軸位置 X を仮定して，断面に生じる総軸力 N ，総曲げモーメント M を計算する．具体的な計算方法は4.を参照．
- ③ X を断面内外に渡って適当に変動させ， $N>0$ となる $X=X_1$ および $N<0$ となる $X=X_2$ を見つける． X_1 と X_2 の間で，中点法等により $N=0$ となる $X=X_0$ を探索する（イタレーション）．収束クライテリアは十分に小さくとる（例えば $|M|<10^{-3}N$ ）．解が見つからない場合，当該 ϕ はスキップする．
- ④ $X=X_0$ における $M=M_0$ を求める解とする．
- ⑤ ϕ を更新して，①に戻る．

4. 断面に生じる総軸力 N ，総曲げモーメント M の計算方法

(1) まず，杭材について，図1により N, M を計算する．

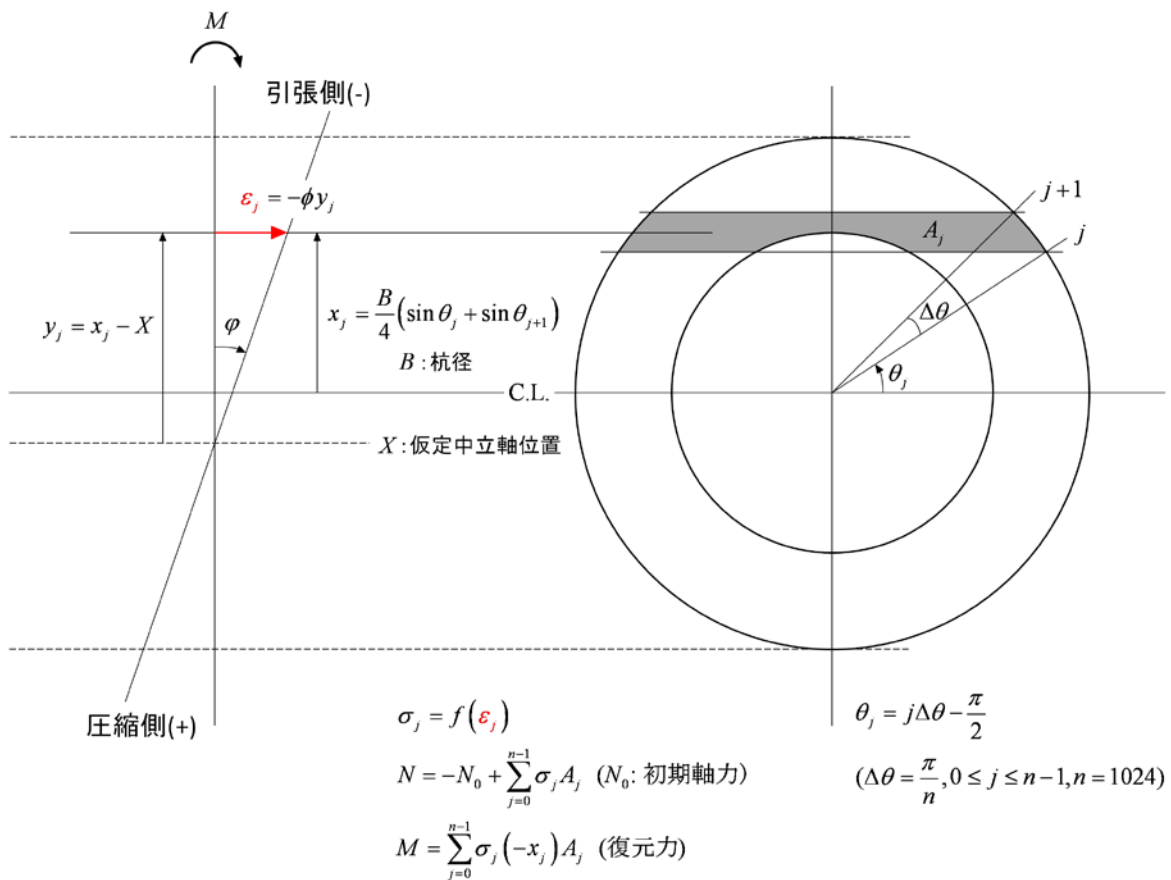


図1

- 断面の要素分割数は、十分に大きく取る（ここでは1024）。微小要素 j （面積 A_j ）内のひずみ ϵ_j は、位置 x_j における値で代表し、 A_j 内で一様と仮定する。
- A_j は、解析解を求め、正確に計算する。
- 初期軸力 N_0 は、内力（復元力）として扱うため、符号を逆転する。
- SC 杭（鋼管巻コンクリート杭）については、 N, M とも、鋼材部とコンクリート部の断面力の単純和とする。材料間の摩擦や付着等は考慮しない。

(2) 次に、RC 杭ないし PC・PHC 杭については、鉄筋ないし PC 鋼棒等による断面力負担の影響を、図 2 により考慮する。当該位置のコンクリートを鉄筋ないし鋼棒等に置き換える操作に対応する。

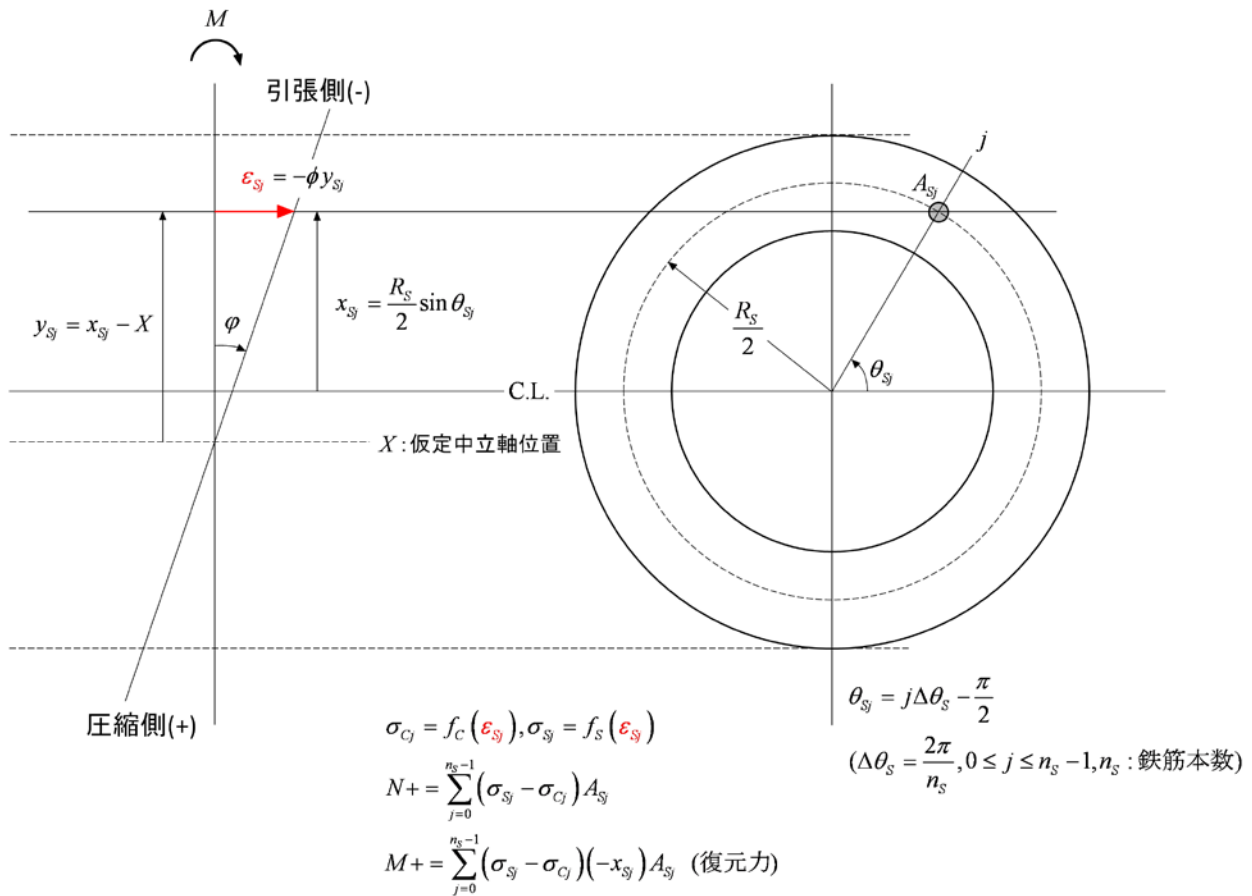


図 2

- j 番目の鉄筋ないし鋼棒等の断面（1本あたり面積 A_{sj} ）内のひずみ ϵ_{sj} は、位置 x_{sj} における値で代表し、 A_{sj} 内で一様と仮定する。
- 材料間の摩擦や付着等は考慮しない。
- せん断補強筋またはフープ鉄筋の影響は、コンクリートの応力-ひずみ関係（道示式：e 関数法）において、横拘束効果による耐力向上や破壊ひずみ伸延などにより評価する。

(3) なお、PC・PHC 杭については、(1)、(2)いずれにおいても、有効プレストレス σ_e の影響を考慮する。プレストレス導入により生じるコンクリートおよび鋼棒等の初期ひずみ ε_{c0} 、 ε_{s0} は次式により求め、それぞれの応力-ひずみ関係に反映させる（原点をシフトする操作に対応する）。

コンクリート： $\varepsilon_{c0} = \frac{\sigma_e}{E_C} > 0$ （圧縮） E_C はコンクリートのヤング率

鋼棒等： $\varepsilon_{s0} = \frac{\sigma_e}{E_S} \left(1 - \frac{1}{S_r}\right) < 0$ （引張） E_S は鋼棒等のヤング率

S_r は断面の鉄筋比。

5. 計算例

建築学会『建築耐震設計における保有耐力と変形性能』（1990）pp. 136-145の各種杭のM- ϕ 関係の計算例について、記載の杭の諸元、材質、計算仮定等にしたがって、追解析を行った。解析に用いたコンクリートの応力-ひずみ関係（道示式：e関数法）は、記載の計算例のそれ（バイリニアモデル）と異なるが、軸力0tf時の応力-ひずみ関係が概ね同等となるよう、フープ筋や鋼管等による横拘束効果の影響を適度に調節した。解析結果を下図に示す（図番号は『保有耐力と変形性能』（1990）に同じ）。いずれの杭種においても、コンクリートの応力-ひずみ関係が異なるため、記載の計算例の図と完全には一致しないものの、概ね同等のM- ϕ 関係が得られた。

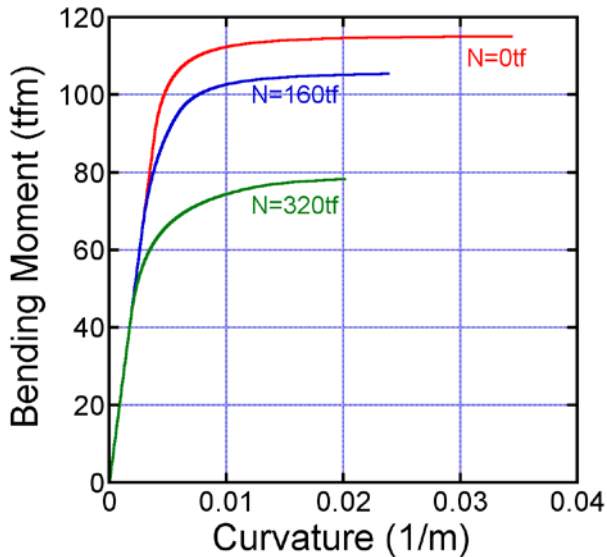


図 3.2 鋼管杭 (p.137)

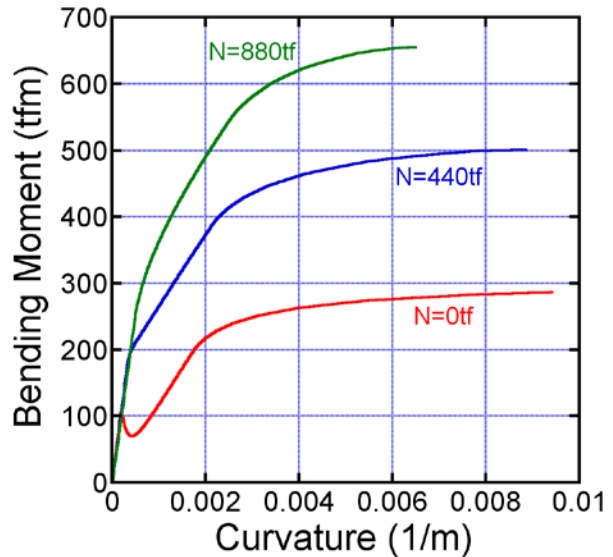


図 3.5 場所打ちコンクリート杭 (p. 139)

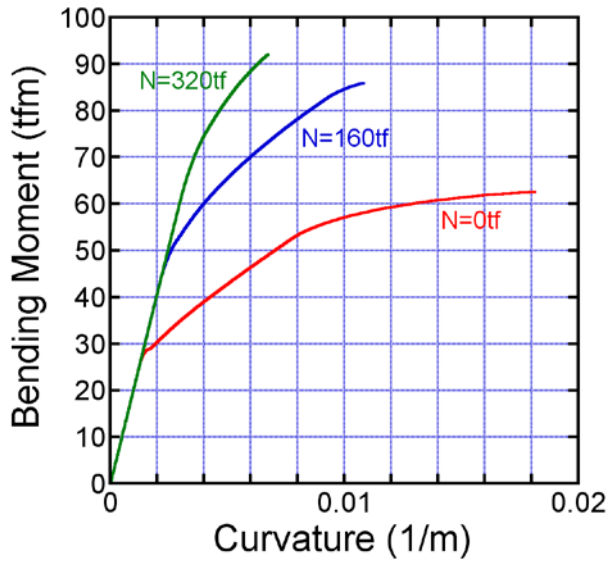


図 3.8 既製コンクリート杭 (p.141)

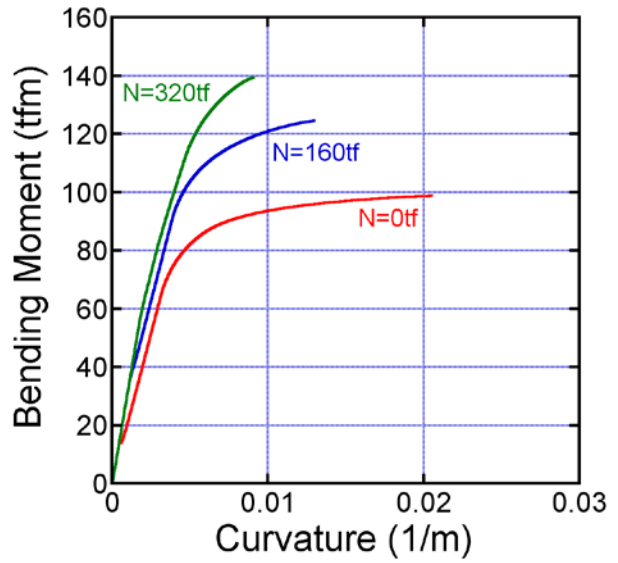


図 3.10 鋼管巻既製コンクリート杭 (p. 143)

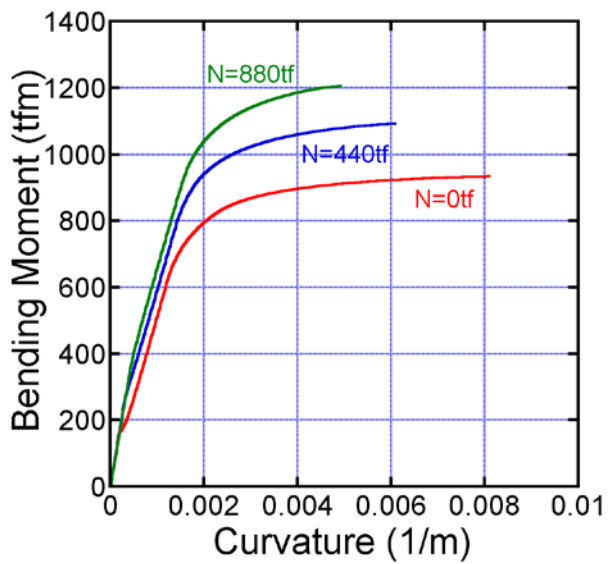


図 3.12 場所打ち鋼管コンクリート杭 (p. 145)