

曲げモーメントとせん断力の相互作用に基づく部材耐力の評価

北武コンサルタント株式会社 正会員 ○斉藤 聡彦

正会員 坂口 淳一

正会員 渡辺 忠朋

1. はじめに

現在の棒部材の設計せん断耐力は、2 点对称載荷実験結果に基づいた算定式となっている。2 点对称載荷の断面力は、曲げモーメントは直線分布で、かつせん断力は一定となっている条件下である。しかし、実構造物の曲げモーメントとせん断力の関係には様々なものがあり、既往のせん断耐力算定手法は、種々の工夫により安全側の値を与えるものとなっているが、既設構造物を評価する場合には必ずしも合理的な評価結果とならない場合が散見される。

そこで、本稿では、既設杭部材を対象として曲げモーメントとせん断の相互作用に基づいた部材耐力の算定を試みた。以下に、その概要を示す。

2. 解析対象

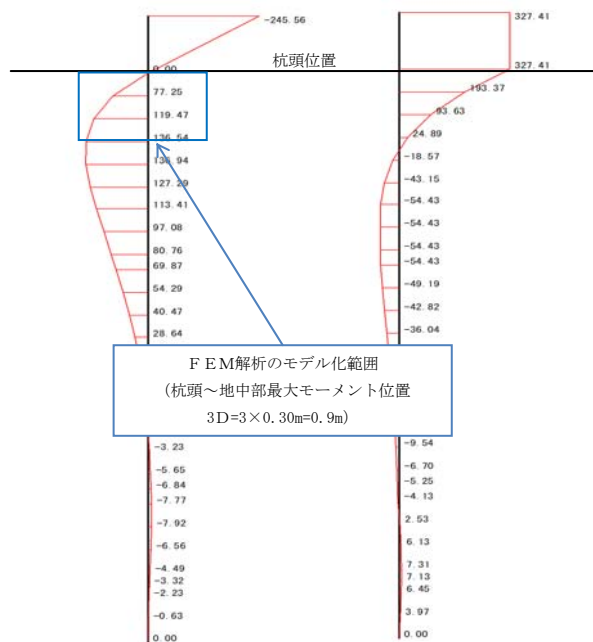
本検討では、杭頭がピン結合の杭部材を対象とした。杭に作用する断面力分布を図 1 に示す。杭の断面諸元を図 2 に示す。この杭は、既往の棒部材のせん断耐力算定手法によれば断面力が設計断面耐力 V_{yd} を超過し、せん断破壊と判定されるものである。また、図 1 に示す断面力が作用した場合には、曲げ降伏は生じていない。すなわち、マクロ式によれば、曲げ降伏が生じる前にせん断破壊が生じると判定される部材となる。

3. 解析モデル

本検討では、杭頭部分（3D（D：杭径）区間）の曲げモーメントとせん断力分布を模擬した単純梁モデルとして非線形 FEM 解析により、損傷と破壊挙動を推定することとした。解析モデルを、図 3 に示す。解析モデルは、3D = 0.9m に基づき、スパン 1.8 m の単純梁としてモデル化し、梁上面に等分布荷重を荷重制御により単調増加させるプッシュオーバー解析を実施する。等分布荷重を載荷することで、図 1 に示す曲げモーメントとせん断力の断面力分布を模擬した。なお、杭は、1 本あたりの断面をモデル化することとして、骨組み解析における照査の矩形換算断面に合せて、梁幅 b_w は、 $b_w=106.3\text{mm}$ とする。検討ケースは、表 1 に示す軸力の異なる 3 ケースとした。軸力の載荷は、梁上面への分布荷重の載荷前に初期状態として軸力を導入し、梁上面への等分布載荷中、軸力を一定に保持した。

表 1 検討ケース

ケース	軸力 N^*
Case1	0 kN
Case2	500 kN (圧縮)
Case3	-50 kN (引張)



a) 曲げモーメント (b) せん断力

図 1 既設杭の断面力分布と FEM 解析の対象領域

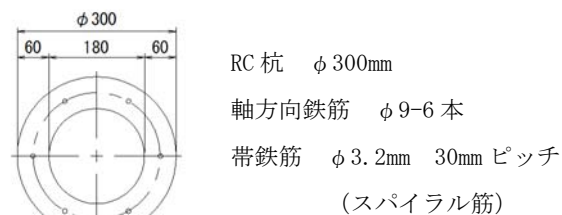


図 2 杭の断面諸元

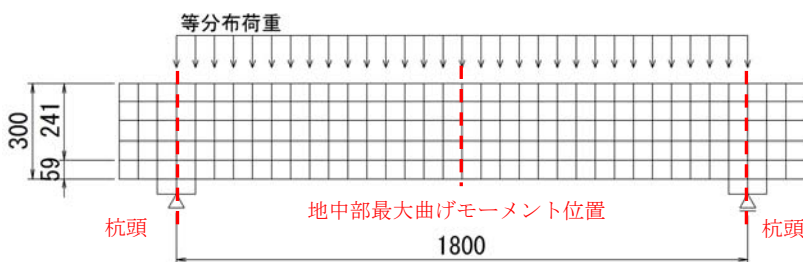


図 3 解析モデル

キーワード 曲げモーメントとせん断力の相互作用, せん断破壊, 既設杭

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4-7 北武コンサルタント(株) TEL 011-851-3181

4. 解析結果

4. 1 荷重-変位関係

解析から得られた支点反力-変位関係を、図 4 に示す。図示した支点反力は、支点片側あたりの反力である。また、スパン中央の変位は、鉛直方向の変位である。

4. 2 変形状況

各ケースの変形状況から、いずれのケースも曲げ破壊の形態であることが確認された。

4. 3 ひび割れ状況

Case1 のスパン中央変位 50mm 時におけるひび割れ図を、図 5 に示す。図中の赤線が、ひび割れ発生位置と方向を示している。

図より、いずれのケースもひび割れは、スパン中央に集中しており、引張縁から生じる曲げひび割れと見られる。

一方、せん断力の大きくなる支点周辺には、いずれのケースにおいても、ひび割れ損傷が生じていないことが確認された。

4. 4 重み付き平均化処理をした損傷指標

損傷の評価のための一つの指標として、重み付き平均化処理をした偏差ひずみの第2不変量および正規化累加ひずみエネルギーを確認する。これらの損傷指標は、2012 年制定の土木学会コンクリート標準示方書[設計編：標準] 9 編「非線形有限要素解析による照査」¹⁾ に示されている照査指標である。

Case1 の重み付き平均化処理をした損傷指標コンター図を、図 6 に示す。スパン中央変位 10mm の偏差ひずみ第2不変量のコンター図より、コンクリートの引張損傷が生じているのは、実構造物において地中部最大曲げモーメント位置に相当する、スパン中央付近の曲げモーメントによる損傷である。杭頭周辺に相当する、支点部周辺には引張損傷が生じていない。

スパン中央変位 300mm 時の正規化累加ひずみエネルギーのコンター図より、コンクリートの圧縮損傷はスパン中央の梁上面側で指標が大きくなっており、曲げによる圧縮損傷と推察される。

5. まとめ

当該部材は、断面力と耐力を用いた評価では、せん断破壊と判定されたが、非線形 FEM 解析結果によれば、曲げ破壊が先行し、せん断破壊に至らないと評価された。既設構造物などで、実際の挙動を評価するには、曲げモーメントとせん断力の相互作用が解析中で考慮される非線形 FEM 解析を用いることが合理的と考える。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編 2012 年版

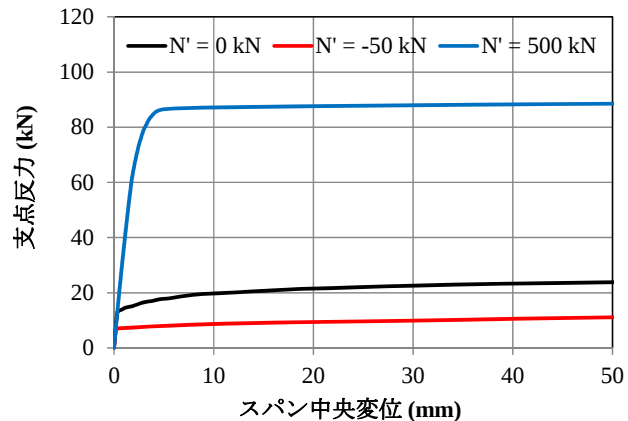


図 4 支点反力-スパン中央変位の関係

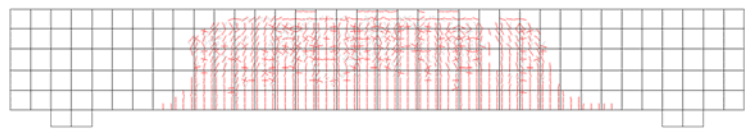


図 5 ひび割れ状況 (Case1 軸力 0kN)
(スパン中央変位 50mm 時)

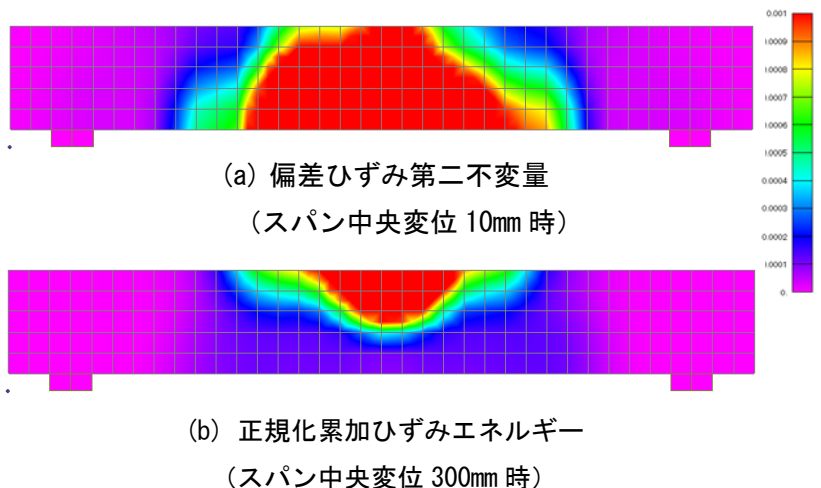


図 6 重み付き平均化処理をした損傷指標コンター図
(Case1 軸力 0kN)