

既製コンクリート杭の曲げ変形性能に関する研究
(その6 ファイバー解析の結果)

正会員 ○田中広夢*1 同 大森淳平*1
同 渡邊秀和*1 同 河野進*1
同 大村哲矢*2

既製コンクリート杭 断面解析 終局時曲げ変形性能
高強度コンクリート 破壊モード ファイバー解析

1. はじめに

本研究では、その5に引き続き解析結果を示す。

2. 解析結果

2.1. モーメント - 曲率関係の比較

3種のコンクリートモデルを用いた断面解析によって求めた骨格曲線と実験結果の包絡線との比較を行った。図1に各試験体のモーメント - 曲率関係を示す。解析結果の骨格曲線は各モデルともある時点までは同様の挙動を示すが、使用したコンクリートモデルによって主に耐力低下域の挙動が異なる。

無軸力のSC杭(SC1)では使用するモデルの影響は比

較的小さく、どのモデルも実験結果をよく再現できた。また、CPRC杭では最大耐力点付近で終局を迎えるため、この場合も使用したモデルによる差は小さい。骨格曲線の形状を比較すると、無軸力のCPRC1は実験とよく一致したが変形性能を過小評価した。軸力を加えた場合は、CPRC3は実験をよく再現できているが、その他の試験体については一致していない。一部の試験体では杭体固定端の沈み込みによる変形が曲率の算出に影響しているなど、計測面の問題も考えられる。

軸力を加えたSC杭(SC4~7)では使用したコンクリートモデルによる解析結果の差が顕著であった。六車・

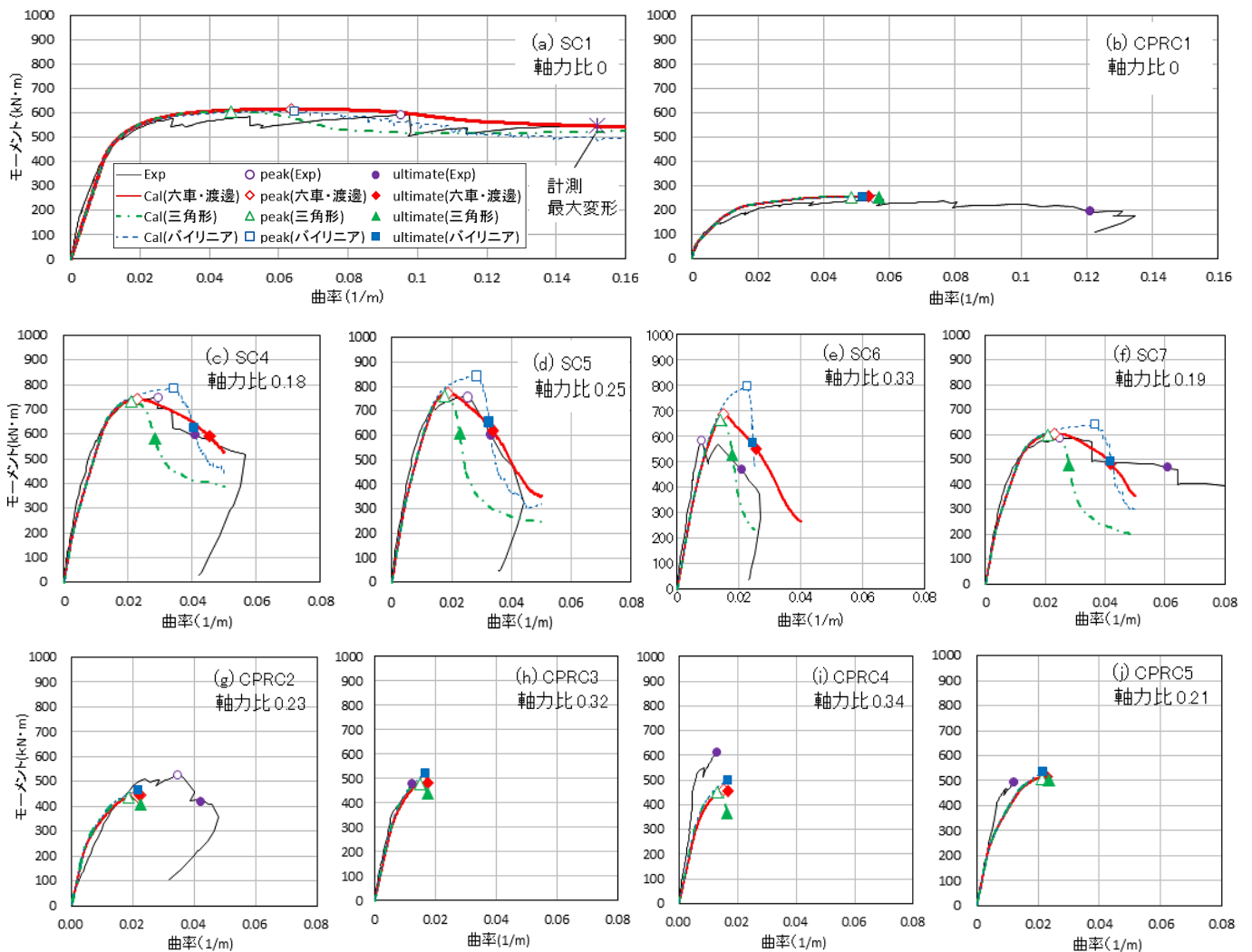


図1 モーメント - 曲率関係

渡邊モデルと三角形モデルの最大耐力点はほぼ等しいが、三角形モデルは急激に耐力低下を起し早期に終局を迎える。バイリニアモデルは最大耐力点における曲率が比較的大きいが、耐力低下が急激であるため終局時曲率は六車・渡邊モデルと同程度の値となった。骨格曲線の形状としては六車・渡邊モデルが比較的良好に合致した。SC杭のように靱性の高い杭体の変形性能評価はコンクリートモデルのひずみ軟化域のモデル化に大きく依存する。

2.2. 各特性点における予測精度の検証

表1に各特性点における実験値と計算値の比較を示す。最大耐力の予測精度は杭種、使用したコンクリートモデルに関わらず多くの試験体で誤差1割以内であった。ただし肉厚と杭径の比 T/D や破壊モードの異なる SC6、CPRC4 に関しては比較的誤差が大きく、2~3割となった。これらの要素の影響について検討する必要がある。

最大耐力時の曲率の予測精度は各モデルとも標準偏差0.4~0.7とバラつきが大きく、全試験体を精度よく評価することはできなかった。SC杭ではバイリニアモデルの、CPRC杭では六車・渡邊モデルの計算値が他モデルよりも大きくなる傾向が見られた。

終局時点における曲率の予測精度は、SC杭については六車・渡邊モデルとバイリニアモデルの予測精度が誤差2割程度と比較的高く、三角形モデルは変形性能を過小評価する結果となった。

CPRC杭については各モデルとも最大耐力点直後、もしくは同時に終局を迎えており、限界ひずみによって終局を定める評価方法に従うと、使用するモデルに関わらず同等の評価結果となった。ただし、脆性的な破壊を生じた試験体(CPRC3, 4, 5)については変形をやや過大評価する傾向にあり、杭体に靱性を期待しない最大耐力点を終局限界とする評価方法³⁾に従う方がより精度は高い。

表1 各モデルの予測精度検証 (計算値/実験値)

	六車・渡邊			三角形			バイリニア		
	最大モーメント	最大耐力点の曲率	終局点の曲率	最大モーメント	最大耐力点の曲率	終局点の曲率	最大モーメント	最大耐力点の曲率	終局点の曲率
SC1	1.06	0.87	-	1.05	0.63	-	1.05	0.88	-
SC4	1.01	0.87	1.35	0.99	0.81	0.84	1.07	1.30	1.21
SC5	1.04	0.70	0.96	1.02	0.66	0.65	1.13	1.07	0.92
SC6	1.18	1.93	1.21	1.14	1.80	0.85	1.36	2.92	1.16
SC7	1.06	1.02	0.78	1.05	0.92	0.52	1.12	1.61	0.78
平均	1.07	1.08	1.08	1.05	1.05	0.71	1.14	1.56	1.02
標準偏差	0.06	0.44	0.22	0.05	0.45	0.14	0.11	0.72	0.18
CPRC1	1.08	1.21	0.44	1.07	0.85	0.47	1.07	0.91	0.43
CPRC2	0.87	0.60	0.56	0.85	0.52	0.57	0.91	0.60	0.55
CPRC3	1.02	1.30	1.39	1.00	1.19	1.40	1.09	1.35	1.35
CPRC4	0.75	1.17	1.28	0.73	1.00	1.24	0.81	1.26	1.26
CPRC5	1.05	1.91	1.88	1.03	1.75	1.95	1.08	1.80	1.80
平均	0.95	1.24	1.11	0.94	1.06	1.13	0.99	1.18	1.08
標準偏差	0.12	0.42	0.54	0.13	0.41	0.55	0.11	0.41	0.52

※SC1は終局曲率を評価していない

3. 結論

本研究では既製コンクリート杭試験体10体を対象に、複数のコンクリートモデルを用いて断面解析を実施し変形性能評価を試みた。得られた知見を以下に示す。

- 1) 杭種、使用するコンクリートモデルに関わらず最大耐力に関しては精度よく評価することができた。ただし、径厚比 T/D の小さい試験体、せん断破壊した試験体については誤差が大きくなった。
- 2) SC杭のように高い靱性をもつ杭体の、断面解析による変形性能評価は特に使用するコンクリートモデルのひずみ軟化域のモデル化に依存する。
- 3) SC杭のモーメント-曲率関係は六車・渡邊モデルによってピーク後の耐力下降域まで比較的良好に再現できた。
- 4) CPRC杭については、コンクリートの終局ひずみを規定することで使用するモデルに関わらず同様のモーメント-曲率関係が得られた。

謝辞

本研究は、平成27年度住宅・建築物技術高度化事業「大地震後の継続使用性に資する杭および杭頭接合部の技術開発」(代表者 小林勝巳)の一部であり、また、東京工業大学応用セラミックス研究所全国共同利用の補助を受けて行ったものです。事業に参加された皆様、また「AIJコンクリート杭の耐震性能WG」および「COPITA杭の変形性能評価WG」の委員各位には、大変貴重な意見を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 建築物の構造関係技術基準解説書, pp.396-399, 2007.8
- 2) 金子, 中井, 向井, 飯場, 平出, 阿部: 大地震時に対する耐震性能評価のための既製コンクリート杭の曲げ強度と変形特性, 日本建築学会技術報告集 第21巻 第47号, 2015.2
- 3) 建築基礎構造設計指針, 日本建築学会, pp.297-303, 2001.10
- 4) 既製コンクリート杭-基礎構造設計マニュアル-建築編, コンクリートパイル建設技術協会, 2009.5
- 5) Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R. (1988). "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete", ASCE structural Journal, Vol. 114, No. 8, pp.1804-1826.
- 6) 六車, 光枝, 井上: 横補強による高強度コンクリートの靱性改善に関する研究(その2 応力-歪曲線のモデル化), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1983.9

*1 東京工業大学

*2 東京都市大学

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Tokyo City University