

いよいよ耐震 2 次設計の時代に入って来た感がある (その 1) -中詰め SC 杭の曲げ耐力-

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

今年の建築学会基礎PD「改定によって基礎構造設計指針はどのように変わるのか」は2019年の改定をめざし、耐震2次設計が重要な中味となっていて建築の基礎もいよいよ性能を強く意識する時代になって来たかを思わせるものであった。また、それに呼応したかのように個別の研究発表にも2次設計を意識した内容のものが多くあった。その中から筆者にとって関心を惹かれたいくつかを連載の形で考察してみたい。

まず、(その1)としていしずえ通信第17号でも書いたように、重要な建物に対して既製コンクリート杭を採用する場合には中空部を充填したSC杭の使用が良いであろうという点について新たな進展が見られたことを挙げたい。筆者は、一昨年の建築学会大会で充填SC杭の曲げ耐力についての研究発表(小椋仁志ほか:単純梁方式によるSC杭のM- ϕ 関係の評価(その1~その3)、pp.429~434、建築学会大会2015)を聴いた時に、充填材がコンクリート(圧縮強度 22.6N/mm^2)であれば変形性能を高めるのに相当大きな効果があるが、ソイルセメント(圧縮強度 4.2N/mm^2)ではそれほど効果は望めないとの否定的な説明を受けたことがある。ソイルセメントでもそれなりの効果があるのではないかと筆者は思っていたので、それならばどの程度の圧縮強度以上であれば効果が期待出来るのか、充填物の性質と充填効果について関係を追究し、メニュー化したいものだとの要望を出し、そうした研究を続けるべきだと主張し続けて来たが、今回の大会でその期待に応える切っ掛けとなる研究に出会ったのである(水上大樹ほか:大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究(その10 中詰めしたSC杭頭の曲げせん断実験結果)、pp.593~594、建築学会大会2017)。その論文の中の図6と図7を以下に引用してみる。

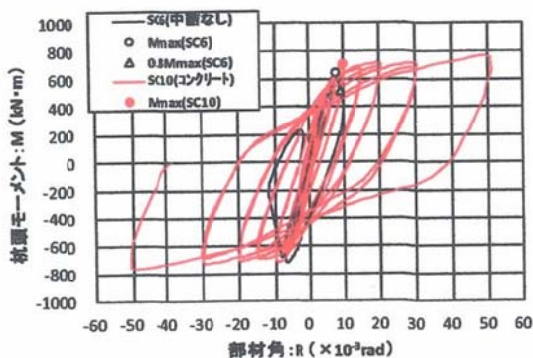


図 6 M~R 関係 (SC6 および SC10)

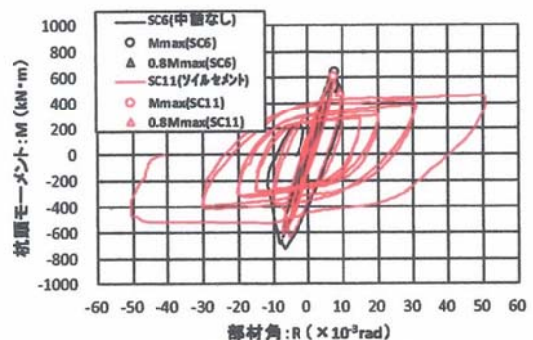


図 7 M~R 関係 (SC6 および SC11)

水上大樹ほかを示された図6と図7

試験体は40cm 径、壁厚5cm、鋼管厚6mm のSC 杭で、導入軸力3500kN（最大軸力は7407 kN なので軸力比0.47）の条件で行った正負交番載荷試験結果である（載荷は部材角2.5、7.5、10、15、20、30、50/1000rad で2回ずつ繰り返し）。試験体SC6 は中詰めなしの場合（黒線）、SC10 は圧縮強度 22.6N/mm^2 、ヤング率 $2.61 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートを中詰めした場合（図6）、SC11 は圧縮強度 5.54N/mm^2 、ヤング率 $0.53 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ のソイルセメントを中詰めした場合（図7）であり赤線で示されている。図6のコンクリート中詰めの場合は、部材角10/1000rad で中詰めなしのSC6 よりやや大きめの最大曲げモーメントを示し、部材角50/1000rad まで横ばいとなっていることから軸力も保持し続けていることが見られる。

一方、図7のソイルセメント中詰めの場合は、部材角7.3/1000rad で中詰めなしSC6 とほぼ同じ最大曲げモーメント程度を示すと見られ、その後、大きく低下した（図からは0.85倍程度に落ちたと読み、鋼管の局部座屈を拘束するには少し不足であったらしい）が軸力は保持したとされている。部材角20/1000rad の第2サイクル以降最大曲げモーメントが再上昇しているように見えるのは、鋼管が歪曲しスタブ上面に接触したためであり、以降の $M \sim R$ 関係は耐力を適切に表現していないとされているものの、中詰めソイルセメントにはある程度SC 杭の中空部への座屈を拘束する効果があると考えられると述べられている。

最終の状況は両者とも鋼管が局部座屈を起こし膨らんでいること、膨らんだ部分のコンクリートは圧壊して脆弱化していること、載荷方向の壁厚全体が圧壊し、その範囲はソイルセメント中詰めの場合の方が広がったことなどが写真などで説明されている。

この研究は、SC 杭の中詰め効果をメニュー化したいものだと考えていた筆者にとって目から鱗が落ちた思いであった。ソイルセメントからコンクリートまで充填物の圧縮強度に応じて中詰め効果をメニュー化すれば構造設計者への大変良い支援ともなるからである。コンクリート圧縮強度を上げれば変形性能ばかりでなく、さらなる曲げ耐力の向上も期待出来るようになり、2次設計で対象とする荷重に対しても杭の短期許容応力度以内に収める設計の可能性さえ生まれることになる（改定予定の基礎指針では極重要な建物の基礎に対してはそのような性能レベルグレードS も考えられているので、それへの対応も可能となる）。

また、ここで用いられたソイルセメントより強度の低い充填材料でも、性能として計算には挙げられないことがあっても設計上のフェイルセーフとして充填効果を期待できる可能性が考えられる。すなわちソイルセメントの領域では、フェイルセーフとしての効果を期待できるものから、曲げ耐力の低下はあるものの鋼管の局部座屈をある程度拘束し変形性能向上の効果があるもの、コンクリートの領域になると、変形性能向上だけでなく耐力の向上さえ望めるものまで、充填物の性質に応じて充填SC 杭の性能についての幅広いメニューが作成出来れば今後の設計に資するところ絶大なものがあるであろう。杭メーカーの方々にはそのようなメニューの実現に心を砕いていただきたいものだとつくづく思う。