

既製コンクリートの耐震性能杭とは -旧建設省基礎指針に関する補足的記述(その10)-

(一社)基礎構造研究会代表理事 杉村義広

PHC 杭の地震被害には従来型の軸力下における杭頭せん断破壊のほか、津波による引張り破断とも言うべき被害形式があることは前回までに言及してきた。後者は本来的に圧縮には強いが引張りには弱いコンクリート杭にとっては問題が大きく、このような引張り領域までをカバーするには選択肢として鋼管を巻いた SC 杭に頼るしかないことになる。したがって、今回は SC 杭についての耐震性を考察の対象としてみたい。

SC 杭は、外側を鋼管で巻くことで PHC 杭などと比べて鉄筋量を増大させた杭であると位置づけられる。したがって、既製コンクリート杭の中では最も耐震性に優れていることは誰もが認められるし、地震被害が生じたということも聞かない。もし、弱点があるとすればコンクリート杭の宿命の中空断面であることがそれに当たるであろう。実際に、破壊に近い荷重レベルで繰り返し載荷を行った実験などでは、コンクリートがばらばらになって中空部へ落ち込むことで平面保持が出来なくなり、すぐに荷重が減少してしまうので変形性能はそれほど良好ではないという結果が報告されているからである。

一方、兵庫県南部地震(1995)の記録のスペクトル解析から1秒付近の振動成分が大きく出ていることを知って以来、その後の被害地震でも1秒付近の振動成分が大きいと聞くことが続いたこともあって、筆者は1秒の揺れが何回続くかは地震被害を予測する一つのよい指標であると考えようになっている。これを例えば東日本大震災(2011)に当てはめれば、巨大な震源域で複数の地震が引き続いて起こり、5分は続いていたのが筆者の体験による印象であるので、破壊に結びつく揺れは少なくとも数十回では足りず、数百回に及ぶ繰り返しであったように記憶している。

先の熊本地震(2016)では複数の活断層が近接していたために、互いに刺激し合って1日を挟んで震度7の地震が続いたと言われている。これはおそらく内陸型地震では初めての事例であり、内陸でも破壊的な連続地震が発生することがあるとの知見は心に深く刻んでおくことが重要である。それは、この国ではそのような地震の起こり方がどこでもあり得ると示唆していることでもあるので、今後は設計においてその条件を重要な要素として考えておく必要がある。既製コンクリート杭の中でそれに耐えるものを探すと、SC 杭で、しかも中空部を充填したもの以外にはないということになる。

最近では、その観点からの発想、すなわち密実断面を目指した SC 杭の曲げあるいはせん断耐力を主題とした論文も1, 2見られるようになっている。筆者はそうした研究を支持したいと考えており、充填コンクリートの強度によって強度ばかりでなく変形性能の増大も期待出来ると期待しているし、ソイルセメントのようなものでもしっかりとした充填方法を採用すれば(場合によっては膨張剤を使用するなど含めて)相当な効果はあるだろうとも想像し

ているのである。

要は充填物と充填方法の組み合わせによって種々の構造性能を持った SC 杭が出来るのであり、それらをメニュー化すればよいというのが筆者の持論である。パイルメーカーが競争することでそうした杭を実現してくれないだろうかと思っているのである。製造や運搬を含むコストはかからない方が良いのは言うまでもないので、充填作業は杭施工後の現場で行うのが前提であり、充填物も可能な限り安価である方がよいから、設計で必要とする変形性能の観点から設計者に適切なものを選択して貰うという方式を想像しているわけである。そのような杭が実現したら、筆者は既製コンクリート杭でも初めて耐震性能杭と言えるものが出来たと認めたいと思うし、充填 SC 杭 (FSC 杭 : Filled Steel Concrete Piles) という名称まで考えているところである。

最近では高支持力杭と呼ばれる杭が開発されている。その性能を発揮させる上でも FSC 杭は重要である。また、密な砂層であるとか、逆に緩い砂層で液状化の恐れのある中間層が存在するという地盤条件の地域は意外に多いので、それに対応する上でも FSC 杭は長所を示すことになる。すなわち、上杭だけでなく杭頭から杭先端まで通して設置することで FSC 杭はその能力を最大限に発揮するのだが…など想像は広がる一方であり、早く実現しないかなどの期待が膨らむばかりである。

この話題に関しては2つのことを追記してみたい。一つはコンクリート杭としての一般的な性質に関することで、最近では場所打ちコンクリート杭でも引抜きが重要な問題となる案件が多くなったのであろうか、鋼管で巻く設計例が出だしていると聞く。コンクリート (C) と鋼材 (S) の組み合わせで適切な断面を造り出そうとすれば、原理的には同じ考えに行き着くものだななどの感想を持たされ、既製杭でも場所打ち杭でも断面は類似なものになるとの感概を覚えたものである。

二つ目は、PHC 杭、あるいはそれに鉄筋を加えて曲げ耐力の向上を意図した PRC 杭も含めて、それらは最早使えない杭という評価を受けることになるのだろうかとの問題である。高層で地震時に大きな軸力変動を受け、四六時中人間が居住しているために高い重要度が要求されるといった建物の場合には当然 FSC 杭が採用されるようになるであろうが、比較的low層で軸力変動がそれほど大きくなり、夜間には人間が居ることはなくなるため重要度を下げることができる建物、例えば倉庫のような場合ならば、PHC 杭や PRC 杭も十分採用できる余地を残しているであろう。したがって、これらの存在価値もそれなりにあることには変わりない。ただ、中空断面であることのデメリットは SC 杭の場合と同様の条件にあるので、FPHC 杭や FPRC 杭の出現も夢想しているところである。