

PHC 杭の耐震性についてのおさらい -旧建設省基礎指針に関する補足的記述 (その 7) -

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

JSCA 北海道「おがるセミナー2016【基礎(地盤)を学ぼう】第2回地盤改良と杭基礎の設計手法」の講演会で「東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)既製コンクリート杭の被害」と題して追加的な内容を紹介する機会を得た。

あの地震以来、研究発表会やシンポジウムあるいは小さな研究会など、機会あるごとに話題として来た内容の最終的なまとめのつもりで作った資料である。津波による杭の被害が主題であったが内陸部での振動による被害についても触れており、両者の違いを考察したもので、このいしずえ通信でも数回続けてきた旧建設省の基礎指針に係る所が大きいため、多少の重複が生じるかも知れないことは厭わずに補足説明を試みてみたい。

今回の主題は、津波による既製コンクリート杭(PC杭)の破壊形式がこれまでには見られなかった引張り破断と断言してもよいと思われる点にある。ここではまず従来の軸力作用下での杭頭せん断破壊の様相に関するおさらいから始め、津波による被害がそれとは違った様相であることを洗い出し、それが新たに投げかけられた問題であることを示してみたい。

かつて解説したことのある文献¹⁾では、PHC杭の短期許容応力度を求める方法を図14に示した。曲線 TA_eB_eN は破壊の $N:M$ (軸力-曲げモーメント) 曲線と呼ばれるもので、 M がゼロすなわち水平力による曲げモーメントが作用していない点 N は圧縮のみで破壊する状況すなわち圧壊を示し、 T は引張り力のみで破壊する状況すなわち引張り破断を示す点である。軸力が作用した状態で水平力を受けた時に生じる杭の破壊曲げモーメント M の変化は山なりの曲線で表される。これに対して、弾性論による杭の曲げモーメントは引張り側については右上がり、圧縮側については左上がりの直線となり、これらを合わせた三角形はコンクリートの圧縮強度、引張り強度をいくつに取るかで何通りもできる。

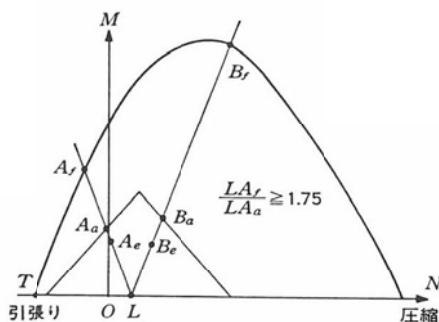


図14 プレストレストコンクリートぐいの許容応力度の求め方

そこで、コンクリートの短期許容圧縮応力度、短期許容引張り応力度を曲げに対して適用した場合を示したのがこの図の三角形なのであり、これは曲げ圧縮、曲げ引張りに関する短

期許容応力度の N - M (軸力-曲げモーメント) 関係と呼ばれる。

一方、杭は長期荷重を受けている初期状態が L で示され、地震時には軸力変動と水平力による曲げモーメントを受けることになるので、引張り側となった場合を A_e 、圧縮側となった場合を B_e として示し、それらが交互に繰り返されると考える。地震力が増大すると LA_e 、 LB_e の延長線上で変化すると仮定し、引張り側では A_R 、圧縮側では B_R に到達すると曲げ破壊を起こすとするものである。したがって、短期許容応力度から破壊までの余裕は引張り側では LA_f/LA_a 、圧縮側では LB_f/LB_a の比で表せることになり、図から引張り側の方が小さいのは明らかであるために $LA_f/LA_a \geq 1.75$ は確保したいとするのが指針の考え方なのである。

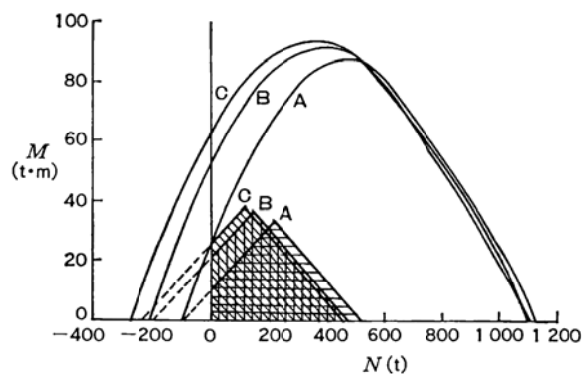


図15 プレストレストコンクリートぐいの使用推奨範囲

文献1) ではPHC杭の使用推奨範囲として図15も示している。A、B、Cはプレストレスによる杭の種類を示し、C種になるほど引張り強度が大きくなることを表している（この図と比較すると図14は引張り側で $LA_f/LA_a \geq 1.75$ を確保出来るぎりぎりの場合、言い換えればC種が示されていることも推察できるであろう）。網掛けの領域は設計で使用する推奨範囲、すなわち上記の条件を満たすためには引張り応力が生じない領域に収めておくことがよいとして提案したものである。

プレストレスによる影響は、圧縮側ではC種になるほど圧縮強度が減少することになるのであるが、その度合いは引張り側ほどには目立たない。したがって、短期許容応力度による設計は破壊までの引張り側の余裕度、圧縮側の余裕度がC種になるほど大きくなっていることがわかるであろう。そのことから、総合的に見ればA種では引張り側の余裕度がやや不足気味であり、C種になるほど耐震性は向上すると考えられているのである。

参考文献

1) 杉村義広：地震力に対する建築物の基礎の設計指針-その背景と根拠-その2、建築技術、No403、pp.143-152、1985.3