

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 5) - 場所打ちコンクリート杭の地震被害事例 -

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

今回の大会基礎構造 PD における基調講演 (小林勝巳: コンクリート系杭部材の耐震性は、どこまで分かっているか?) では、場所打ちコンクリート杭の地震被害事例が紹介されていたことが筆者にとっては最大の関心を惹かれた (飯場正紀、植木暁司、田中良一、小林勝巳、佐々木聡、柏尚稔、平出務: 1995 年兵庫県南部地震による場所打ちコンクリート杭の損傷と被害要因、その 1、建物および杭被害概要、その 2、杭の損傷要因に関する解析および検討、pp.547~550、建築学会大会、2015)。実は、これは 2015 年度の建築学会大会で発表されていたが、筆者はほかのセッションを聞いていたので気づかなかったものである。この論文を見直してみると、問題の損傷の様子が写真に示されていたので、以下に引用してみる。



写真 1 観察された杭の破壊パターン(例)

この建物は、神戸市 JR 三ノ宮駅南約 800m の場所に建つ地上 8 階/地下 1 階（1973 年竣工）の耐震壁付きの SRC ラーメン構造（X 方向：7m×8 スパン、Y 方向：9.65m+7.9m+9.65m の 3 スパンに地下だけの 12m 1 スパン、合計 4 スパン）であり、1995 年の兵庫県南部地震で被害を受けたが、補修・補強を行い継続使用されて来たものである。

2011 年に免震改修工事がなされ、既存耐圧盤下 3.8～4.4m まで掘削されたために全数調査が出来たとされている。杭はオールケーシング工法による場所打ちコンクリート杭（直径 1.1m と 1.2m の組み合わせ）で柱 1 本あたり 2～5 本、合計 124 本が使用されている。その被害の状況は、写真に示される通りであり、a)杭頭接合部または杭頭部の曲げ破壊、b)せん断破壊、c)杭頭接合部のずれ破壊の 3 種類、またはこれらが複合したものに大別できるとされている。このうち、c)の杭頭ずれ破壊は地下階のみの通りにあることから主要なものとは言えず、本質的な破壊パターンは a)の曲げ破壊と b)のせん断破壊の 2 つである。それもほとんどが曲げ破壊であり、せん断破壊はところどころに散見されるという状況のようである。

実は今年の大会でも、これに続く論文が発表されている（土左内優介、小林勝巳、飯場正紀、平出務：1995 年兵庫県南部地震による場所打ちコンクリート杭の損傷と被害要因、その 3、一体解析による地震時の地盤変形と層せん断力に関する検討、pp.393～394、建築学会大会、2017）。それによれば、地盤変形を考慮しない解析ではほとんどの杭の杭頭で曲げ降伏が生じ（これは上記の記述に対応している）、上部構造では耐震壁のせん断破壊や梁の曲げ降伏が生じている。一方で地盤変形を考慮した解析では、上部構造の損傷は同様であるが、杭に関してはほとんどの杭で杭頭だけではなく中間にも曲げ降伏が認められ（10m 程度の深さで地盤変形が急に大きくなる図が示されているので、その位置と推定される）、地盤変形の影響は杭には大きく出るが、上部構造に対してはそれほど大きくないことが特徴的とされている。

杭のせん断破壊については言及が無かったので、その点を質問してみたところ、実はそれらの損傷の出方について調べることも目的の一つとしていたが、法則的な傾向は明確には掴めなかったとの答えであった。したがって、上記のたまたません断破壊も散見されたという事情に変わりはなく、新たな知見は得られていない。そうした問題点を残しながらも、これらの調査事例は極めて貴重である。従来から既製コンクリート杭と同様に場所打ちコンクリート杭でも地震被害事例は意外に多いのではないかと筆者は考えていたので、その報告例が少ないのはジェネコンが抑えてしまっただけで隠蔽しているからではないかとまで疑っていたから、この研究に出会ってほっとしたのである。

上記の写真は、曲げ破壊もせん断破壊も既製コンクリート杭の場合と本質的には類似の破壊形式であるが、支持力を失うほどの被害程度には達していないように思われる微妙な損傷であることも指摘しておきたい。以下のように、損傷の程度は低いために残留耐力はある程度期待出来るという立場から見ること出来そうであるし、被害は被害であるという立場から対策を考える必要があるとの視点に立つことの両者が成立しように思えるからである。

1) 前者の立場からは次のようなことが考えられる。もし、これと似たような被害事例がほかにも多く報告されるようになり、この被害程度が場所打ちコンクリート杭の一般的なパ

ターンであると認められるようになるならば、中空断面の既製コンクリート杭と違って密実な円柱形断面である場所打ちコンクリート杭の長所として、被災後の残留支持性能はある程度評価できるとの考え方が定着できるのではないかという点である（場合によってはひび割れ補修などの作業を前提とすることもあるかも知れないが）。この建物は、その後免震構造改修工事がなされているということであるが、あるいは、そのような観点からの取り扱いがなされたのであろうか、との想像が生まれる。とすれば、論文には触れられていないものの、これらの杭が再利用され、新しい基礎としても使用されるという別の関心を惹かれる研究課題になる可能性もある。

2) 大被害ではないが被害は被害であるとする立場からは、次のようなことが考えられる。上記の隠蔽されているのではないかとの類推が正しく、意外に多くの被害事例が出ているためにと想像したくなることにも繋がるが、これらの被害が最近現れ始めた鋼管巻き場所打ちコンクリート杭の引き金となっているのではないか、という点である。鋼管を巻けば理想的な断面を確保できるので曲げ破壊やせん断破壊に対応することが出来るのは間違いないから、このような対策を立てるのは頷けることである。

2015年8月に出版された建築学会「鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針・同解説」には、解説図5.4.18に場所打ち鋼管コンクリート杭の構造として図示されている。ただ、この図は杭頭から3D（D：杭径）の範囲程度の長さの部分のみが鋼管コンクリート杭とされていることが気になる。建築の場合、上部構造の慣性力が大きな設計要因の一つであることは間違いないから、杭頭付近を鋼管巻きとするのは妥当なことであるが、この図を見た構造設計者に杭頭付近だけ対応しておけば済むと誤解されることになっては困るからである。液状化の可能性のある中間層の存在など、地盤は複雑な地層構成をなしているのが普通であるので、杭の断面性状はあくまで地盤条件に合わせて設計することが基本であることを常に再認識しておくことが必要なのである。基礎構造に関わる技術者の宿命でもある。

以上2点は被害写真から発展した夢想の類いのものである。これらを追究する上でも場所打ちコンクリート杭の地震被害事例が積み重ねられることが望まれる。