

PHC 杭の地震被害を見直す

—旧建設省基礎指針に関する補足的記述（その 8）—

（一社）基礎構造研究会代表理事 杉村義広

前回のいしずえ通信第 14 号では PHC 杭の耐震 1 次設計についてのおさらいをしてみたが、ここでは PHC 杭の従来の地震被害形式ともいべき様相の再考を試みることにする。

文献 1) では、宮城県沖地震（1978）の際に現れた PHC 杭 A 種の被害を図-1 および写真-1 として示したが、この種の被害は初めて経験したものであると同時に、その後の兵庫県南部地震（1995）や東北地方太平洋沖地震（2011）までを通じてこの種の杭の基本的な被害形式として定着し出したものである。すなわち、杭頭の斜めひび割れがその象徴であり、コンクリート杭のせん断破壊とも言われる破壊形式である。

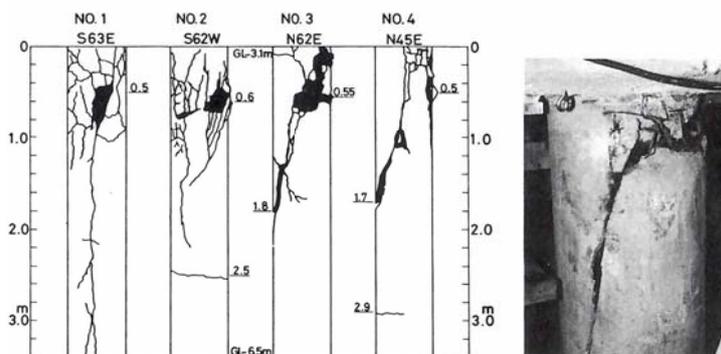


図-1 および写真-1 PHC ぐいの典型的震害例（600φ A 種）
図は SRC 造 11 階建、写真は SRC 造 14 階建の例

この破壊形式は、当時強い杭であると思われていた PHC 杭がなぜこのような破壊を起こしたのか不思議であるとの受け取り方が学术界でも流れていたため、筆者らは弾性支承上の梁理論における杭頭に水平力を受ける単杭の曲げモーメント分布に似た加力方式を考案して被害の再現実験を試みたり¹⁾、当時普通に使われていた杭頭接合方式に対して多くの実験を追加したりして²⁾、この種の杭の破壊状況について種々の考察を行って来た。その結果、以下の知見が得られたのである。

1) 最終的な破壊形式は斜めひび割れが生じ、地震被害を再現できたこと。

2) これはせん断破壊であり、設計対象とした曲げ破壊との関連性の再考が必要なこと。

第 2 の点はこれまでもいろいろな所で話題にしてきたが^{3)、4)}、最終的に津波被害としての破壊形式との関連で文献 5) では図-2 を示し、以下のような考察を行った。

いしずえ通信第 14 号で述べた $N-M$ 関係で言えば、短期許容応力度を超えたあたりから水平力が押込み側に集中し出し（分担率の変化）、押込み側が顕著に伸びることで破壊点 B_f に近づき、曲げ破壊に至る直前であれば筋が不足していることが原因となり、せん断に耐えられず斜めひび割れを生じて破壊してしまったものと類推される。それも、上部構造のコンクリート短柱などでは地震時の繰り返し荷重で X 型のひび割れが生じるのに対して、PHC 杭

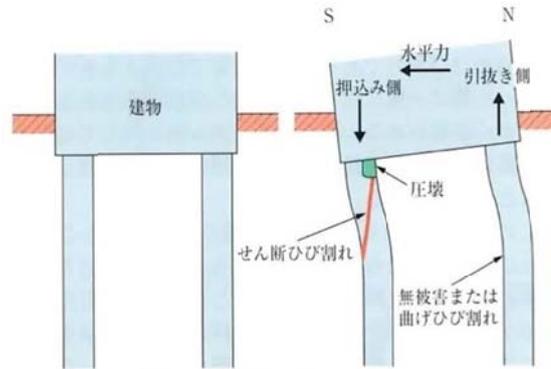


図-2 PHC杭の地震被害の原因推定

の場合は一方向の斜めひび割れであることが特徴的である。これは PHC 杭が高強度コンクリートであるために脆性的な壊れ方をするのが原因であり、図示したように北からの大きな水平力が作用した時点で押し込み側が一気に破壊したものと考えられる。斜めひび割れの方向も実験で得られた結果とよく対応していることが確認されている。

なぜこのような壊れ方をするのかについては、杭の開発時の思想まで立ち戻って考察する必要がある。上部構造の柱の場合のように「せん断補強筋」ではなく「用心鉄筋」という程度の考え方で製造されたものであるからである。運搬や設置の際に吊り上げによって自重による変形に耐えることを主目的とした配筋がなされていたのが実態であり（そのため主筋を 30cm 間隔くらいで針金による留め金程度の感覚であったと類推される）、設置後の地震時などは全く考慮の対象とされることはなかったという実状を忘れてはならない。

さらに、かつて杭は直接基礎における割栗などと同様の地業の一種として扱われて来た歴史的背景まで遡って考えることも重要である。この点に関しては、旧建設省の基礎指針の最初の 1 章総則解説で、歴史上初めての宣言であることを強く意識して「杭は事実上構造部材である」と書いたことが鮮明に思い出せる。ある種の決心と覚悟を持って“地業から構造部材へ”を実践することの必要性を主張したからである。そのこともあって、6 章の杭頭接合部には押し込み、引抜き、せん断、回転による複合応力が作用することを強調したのであった。今後はこの種の杭の耐震性をいかに高めるかが重要な課題となる所以である。

参考文献

- 1) 杉村義広、中田慎介、川島俊一、阿部道彦：高強度プレストレストコンクリートぐいの地震被害とその再現実験、日本建築学会論文報告集、第 340 号、pp.40-50、1984.6
- 2) 杉村義広、平出 務：高強度プレストレストコンクリート杭とフーチング接合部の回転拘束度および破壊耐力に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 373 号、pp.111-120、1987.3
- 3) 杉村義広：建築基礎構造の震害と復旧、土と基礎、Vol.35、No.9、pp.55-60、1987.9
- 4) 杉村義広：1978 年宮城県沖地震における PHC 杭の被害原因推定、地盤と土構造物の地震時の挙動に関するシンポジウム発表論文集、地盤工学会、pp.173-180、1989.1
- 5) 杉村義広：東日本大震災による既製コンクリート杭の被害-新たに判明した緊急課題-、基礎工、pp.1-4、2014.8