

基礎部材の強度と変形性能の講習会を聴く

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

昨日「基礎部材の強度と変位性能」の講習会を聴いた。講師によってはすべて理解出来たわけではない内容のものもあったが、感想を書き留めておきたい。

全体的には、杭材ごとに使用限界状態、損傷限界状態、安全限界状態の各限界値、解析モデルを示すという形式が取られているが、表現法として形式に拘りすぎているのではないかとの印象があった。常時〔使用限界状態が対応していると考えられる〕と短期許容応力度設計〔損傷限界状態が対応していると考えられる〕に関しては通常問題なく設計出来ていると思われるので、残りの安全限界状態に関する書物が構造設計者に望まれているのではないかと考えていたが、講習会では形式に拘り過ぎているために実務との関係の言及がなく、物足りない感想を持たされた。使用限界と損傷限界については実務との差違に触れること、安全限界については学術的な内容を期待していたが、「低減係数 β_1 は 1.0 以下、 β_2 は 0.65 以下とする」などのマニュアル的な表現が目立ち、根拠等の考え方があまり聴けなかった印象が強い。

また、用語について「安全限界状態は基礎指針で言う終局限界と同じです」の説明が気になった。書物の中では「安全限界状態は、基礎指針で示す終局限界状態に読み替えることができる [p.6]」とある。「同じです」でも「読み替えることができる」でも、簡単に言うだけでよいのかとの感想を持ったからである。上部構造では部材が構成する構造システムを考えるだけでよいので〔相互作用の相手は空気だけであるから〕「安全限界状態」ですむが、基礎構造は地盤との相互作用システムとなるので、安全限界に至る途中で上部構造への影響が問題となる場合があり、そのことを示すために「安全限界」に代わって「終局限界」と表現している点を深く考えてみなければならない。いわば、こうした哲学的な点についてももう少し詳しく言及して貰いたかったとの感想を強く持ったのである。

以下には杭の種類別に聴講した限りでの問題と思われる点を箇条書きにしておきたい。

1) 場所打ちコンクリート杭や鋼管巻きの場合場所打ちコンクリート杭〔これらはそれぞれ「場所打ち鉄筋コンクリート杭」、「場所打ち鋼管コンクリート杭」と表現されており、将来的にはその言い方が定着するかも知れない〕については実験例も積み重ねられるようになった一方で、まだまだ情報が足りないとの表現も多く、学問としては未熟と思わせられる点も混在している状況であった。筆者にとってとくに気になったのは鋼管巻きの場合場所打ちコンクリート杭の鋼管の長さであり、地盤条件によって変わるとの表現はあるものの、杭頭部付近だけ巻かれている図を見せられると上部構造の慣性力を考えるだけでよいとの誤解を広めてしまう懸念が拭い切れない。“杭断面は杭頭から杭先端まで同一とするのが原則”は筆者の持論であるが、とくに安全限界状態の場合には地層構成が杭断面の決定的な要因となることは常に指摘されるべきである。

2) 既製コンクリート杭関係では、とくに印象に残った点を一つ挙げておきたい。縦ひび

割れが生じてそれが安全限界となったという新しい実験例が示されたことである。軸力が大きい場合の事例とされているが、筆者も地震時の破壊状況として斜めひび割れのほかに縦ひび割れも含まれていることを観察した経験があるので、それについては後述する。

3) 鋼管杭については、最もバランスのとれた杭材であるので問題は少ないと認識していたが、液状化層で曲げ座屈の検討を要すると聞いた時にある種の驚きを感じた。そのような地震被害事例があるのかと思ったからである。検討するに越したことはないが、基礎構造では地震時に被害例が出てから検討の対象とされるのが通例であるので、この記述は取り越し苦労になってしまうのではないかとの感想を持たされたのである。

筆者の経験では、地震時に杭頭接合部の不具合を観察したことがあるが〔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の写真15〕、鋼管杭に直接ではなくなぜ新たな鉄板を巻いてそれに定着鉄筋を溶接しているのかが疑問で、地震被害として挙げるには適切でない事例である。筆者は、当時PHC杭の地震被害を調べていたと同じ実験装置で鋼管杭の試験を行った経験もあるが〔杉村義広、平出 務、長岡弘明：鋼管杭の簡便杭頭接合方法に対する構造実験、日本建築学会構造系論文報告集、No.404、pp.145-154、1989.10の図7、図9〕、この実験では局部座屈の発生で最大荷重が決まり、最終状況となった。このような状況は実際の地震でも生じることはあり得ると思われるが、まだ観察出来た事例はない。



写真15 基礎スラブと鋼管くい頭部接合部の被害例 (浦河沖地震 1982)

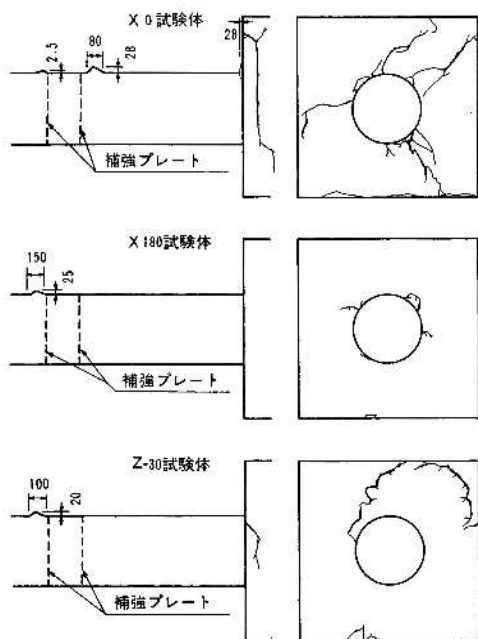


図7 各試験体の最終状況 (単位: mm, フーチングの反対側はすべて異常なし)

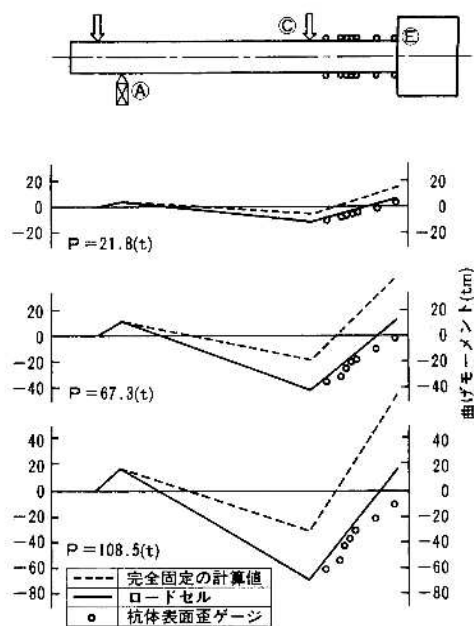


図9 杭体の曲げモーメント分布例 (試験体X0)

ロードセルの値より求めたものと、鋼管表面にん付し

地震被害とは別であるが、負の摩擦力が原因で上部構造が不同沈下した事例を考察したことがある。中には力の釣り合いだけではなく、杭体の応力も相当に大きくなっていたので、

杭体の損傷が不同沈下の主要因ではないかと想像出来るものも含まれていたが、実際に観察出来たわけではないので、ここでの指摘事項に含められないのは残念である。

以上のうち3)の既製コンクリート杭の縦ひび割れに関しては、地震被害の原因についての論文を書いたことがあるので [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、昭和62年3月]、それについて追記しておきたい。その論文の図-14を再掲する。

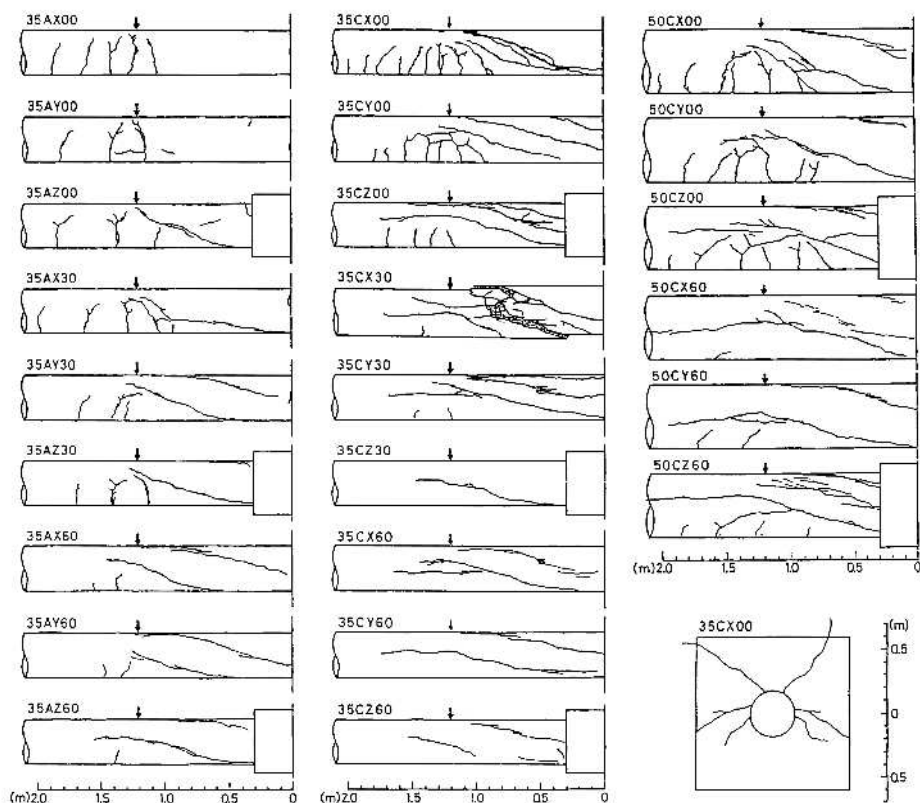


図-14 最終ひびわれ状況 (第1回実験)

試験体の種類と杭頭詳細は表-3と図-4に示すように、例えば35AX00は杭径35cm、A種のXタイプ、軸力0tであり、50CZ60は杭径50cm、C種のZタイプ、軸力60tの場合を示す。XタイプはPC鋼材とも切断し、フーチング内へ単純に10cm埋め込む方式で、無筋コンクリートを杭径分中詰めしたもの、Yタイプは中詰めをやや長めの鉄筋コンクリートとした点を除いてXと同様の方式、Zタイプは杭端から40cm間を鋼管コンクリート巻とし(内部は無筋コンクリート詰め)、フーチング内への埋め込みを10cmにとり、定着

表-3 試験体の種類と実測値 (第1回実験)

試験体 No.	杭		フーチング	
	F _c	L	F _c	E _c
35AX00	884	64	244	2.45
35AY00	884	64	207	2.52
35AZ00	903	65	178	2.34
35AX30	884	63	247	2.61
35AY30	884	63	233	2.55
35AZ30	903	67	224	2.45
35AX60	884	60	226	2.71
35AY60	884	60	199	2.63
35AZ60	860	65	184	2.68
35CX00	902	65	268	2.44
35CY00	902	65	233	1.86
35CZ00	888	66	194	1.97
35CX30	887	62	204	1.64
35CY30	887	65	212	1.86
35CZ30	888	69	170	1.68
35CX60	886	69	261	2.55
35CY60	886	65	234	2.30
35CZ60	888	65	226	2.12
50CX00	954	83	198	2.82
50CY00	954	84	187	2.41
50CZ00	901	88	175	2.71
50CX60	954	84	177	2.50
50CY60	954	83	223	2.44
50CZ60	901	84	171	2.33

F_c:kg/cm² t:mm E_c:×10⁵kg/cm²

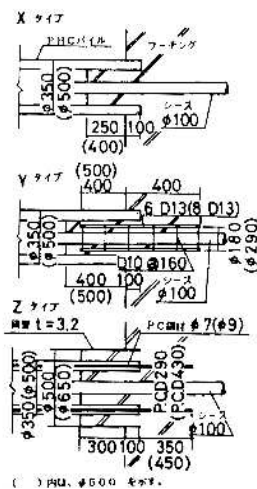


図-4 接合部の詳細 (第1回実験)

用PC鋼材を鋼材径の50倍までのはりだした方式である。当然ながらX、Y、Zの順に回転拘束度は大きくなり、固定に近づく。

図-14に見られる特徴点を挙げれば、以下の通りである。

i) 軸力ゼロのA種で回転拘束度が小さい条件であれば曲げひび割れが生じて、そのまま曲げ破壊が最終状況となる(35AX00と35AY00。35AZ00は接合形式がシアスパン比を小さくする効果で最終的には斜めひび割れが生じて終わる)。

ii) C種の軸力ゼロの条件では曲げひび割れが多数生じて、最終的には斜めひび割れが生じて終わる(35CX00、35CY00)。回転拘束度が上がれば、曲げひび割れの数が減り(35CZ00)、その減り方は杭径が大きくなるほど目立つようになる(50CX00、50CY00)。また、回転拘束度が上がると、斜めひび割れが縦ひび割れに近づく(50CZ00)。

iii) A種でも軸力が大きくなると、曲げひび割れの数は減るようになり(35AX30、35AY30→35AX60、35AY60)回転拘束度が大きいほど、その傾向が顕著になる(35AZ60)。曲げひび割れは1、2本しか現れず、斜めひび割れも複数本出るようになり、C種になるとその傾向はさらに顕著となる(35CX30～35CZ60)。軸力が60tと高いケースでは斜めひび割れが縦ひび割れに変わる傾向があることも特徴的である。

iv) 杭径50cmの試験体ではシアスパン比が小さくなるので、斜めひび割れが目立つとともに、とくに軸力が大きいケースではひび割れが斜めから縦方向に変わる傾向が顕著となる(50CX60→50CZ60)。

以上、斜めひび割れが破壊の主因である中で縦ひび割れも含まれている様相が見て取れる。この点について論文では以下のように書いている。

「…最終状況はすべて杭材のせん断破壊で決まっており、軸力が大きいか、または杭径が大きい場合には円周曲げモーメントの影響による円筒形のつぶれ変形の様相も伴うようになっている。実際の地盤中の杭の場合には、周囲地盤の拘束効果など、ここでの実験結果とは拘束条件が異なるので、この現象は起きにくくなるとは考えられる。しかしながら、円筒形断面部材の固有の性質として、この点を十分考慮しておく必要はあるであろう。」

論文では“軸力が大きい”か、“杭径が大きい”の条件を挙げた上で“円筒形のつぶれ変形”と表現しているのは、杭が中空断面であるのが一番の理由と考えていた証拠である。実は、この研究を始めることになった地震被害調査(杉村義広、大岡弘：1978年宮城県沖地震による既製コンクリート杭の被害調査報告、建築研究資料 No.31、建設省建築研究所、1981.7)の時点では、斜めひび割れが基本的な主因であることに考えついた一方で、縦ひび割れも少なからず含まれていることも気になっていたので、その点にも言及しておきたいと思った結果である。今回の講演での知見も合わせれば、基礎構造では地震被害の様相を注意深く観察することの重要性を改めて認識する。

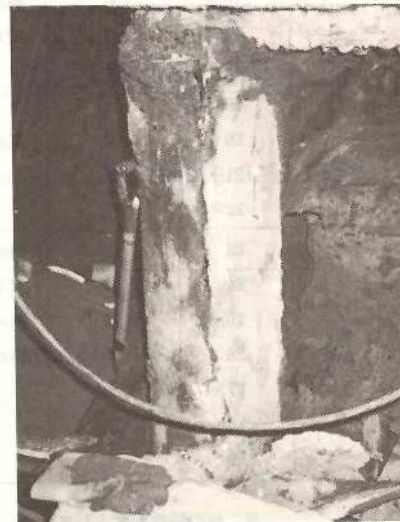


写真-2.4.4 杭径14 南東側