

## [21] 場所打ちコンクリート杭のクサビを利用した杭頭処理に関する研究

正会員 青 田 弥 智 (名古屋工業大学 工学部)

正会員 梅 原 秀 哲 (名古屋工業大学 工学部)

正会員 深 津 基 之 (矢作建設工業)

### 1. まえがき

場所打ちコンクリート杭は、建設工事の基礎としてかかせない工法の一つである。しかし施工時に発生するスライムやレイタンスなどで杭頭部の品質低下は避けられず、また構造物と剛結する鉄筋を保護するためにも、一般的に、設計天端から50~100cm程度コンクリートを増し打ちし、硬化後、根切りの際、これを除去することを行っている。従来、この杭頭処理作業はブレーカー、ピックなどを用いて、はつりとる方法であったが、作業時の騒音、振動、粉塵などの公害原因や、長時間の過酷な労働による作業員の安全衛生面での問題、さらに、はつりがらの処分方法など、経済的にも、工期的にも多くの問題点があった。これらを解決するため、最近各種の工法が考案、開発されつつある。<sup>1) 2) 3)</sup> 本研究で述べる杭頭処理工法は、孔中にクサビを貫入して、その拡張力でコンクリートに亀裂を生じさせる方法で、岩石の破壊などに古くから利用されているクサビをコンクリートに適用したものであり、特に直径600~1500mm程度の杭に有効である。本研究は、この新しい杭頭処理工法について、クサビとコンクリートとの間のメカニズムにおよぼす要因を調査し、最も効率よくコンクリートに亀裂を生じさせる場合の要因の組み合わせを見い出すことによって、そのメカニズムを解明することを目的としている。そこで各要因の影響を調査するため、実物の $\frac{1}{2}$ の半円筒型供試体で基礎実験を行い、その結果をもとにして実物大の供試体による本実験を行って、破壊の挙動を観察し、そのメカニズムを実験的に解明しようとした。

### 2. 施工方法の概略

この杭頭処理工法は、従来のはつりとる方法から、切り取り引き抜く方法へと発想転換した工法で、その概略は、場所打ちコンクリート杭の施工時にあらかじめ増し打つ部分の鉄筋にシール材を被覆しておき、コンクリートを打設して杭を形成する。(写真-1) 杭頭処理時には、設計高さ付近に削岩機で数ヶ所穿孔し、クサビを打ち込んで上下に切断する。(写真-2) 次に切断した杭頭部をクレーンで吊り上げ、(写真-3) 場外へ搬出する工法である。

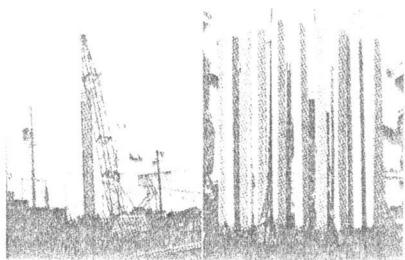


写真-1 場所打ち杭施工



写真-2 切断作業



写真-3 杭頭部引き抜き

この工法の特長は、次のとおりである。

- 1) 切断された杭頭部は、鉄筋にシール材が被覆されているため、スムーズに引き抜くことができる。
- 2) 処理された切断面は平坦性があり、従来のように設計天端面をブレーカーで破損する事がない。
- 3) 露呈すべき鉄筋のケレン作業が不用となり、上部構築物との剛結が確実となる。
- 4) 切断された杭頭部は、場外へ容易に搬出することができ、作業能率がよい。
- 5) 処理にかかる作業時間を大幅に短縮でき、騒音などの建設公害の発生を軽減できる。

### 3. 実験の概要

破壊に関係すると思われる要因を組み合わせるとかなりの数の供試体が必要になる。従って、まず実物の $\frac{1}{2}$ の大きさの半円筒型供試体にモデル化し、1ヶ所のクサビに対して、最小の荷重で、すなわち最も効率よく破壊させる場合の要因を見い出すために基礎実験を行った。次に、実際の杭頭処理にこの組み合わせを適用するために、実物大の供試体を作製して本実験を行った。

#### 3.1 基礎実験の方法

要因として図-1に示す(i)孔深( $\ell$ ) (ii)載荷長( $\ell'$ ) (iii)クサビ角( $\phi$ )の3つを考え、この3つの要因を組み合わせた合計27個の供試体(表-1)を作製した。供試体の形状と寸法、および実験装置の概略は図-1と図-2に示すとおりである。実験は1本のクサビを圧縮試験機で供試体の上から貫入させ、供試体が破壊するまで観察した。貫入力(荷重)はロードセルで測定した。なお使用したコンクリートの圧縮強度は300~350kg/cm<sup>2</sup>である。

#### 3.2 基礎実験の結果

(i)~(iii)の要因1つ1つを供試体の破壊荷重(表-1)に着目して比較検討を行った。第1に、孔深( $\ell$ )を変化させた場合を見てみると、図-3より破壊荷重は、 $\ell$ の値にかかわらず、ほとんど同じなので $\ell$ が破壊荷重へ与える影響は小さいものと考えてよい。従って、載荷長とクサビ角に関する比較には、 $\ell$ は無視することとした。第2に、載荷長( $\ell'$ )について比較を行った。図-4はクサビ角を一定とし、 $\ell'$ を変化させた場合の破壊荷重-載荷長の関係を示している。このグラフから載荷長について、50~75mm付近が、150mmよりも破壊荷重が小さい。しかし最小の破壊荷重と断定できる載荷長は得られなかった。最後に、クサビ角( $\phi$ )について、同様に比較を行った。図-5は載荷長を一定とした場合の、破壊荷重-クサビ角の関係を示している。このグラフから $\phi = 4^\circ$ の時が、破壊荷重が最小であることわかる。

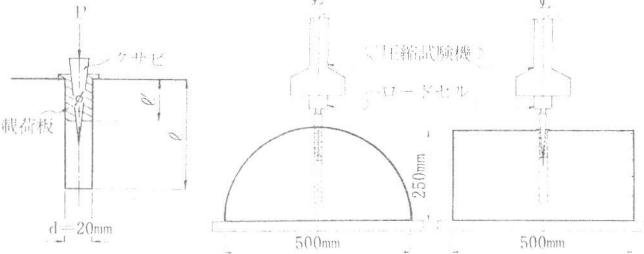


図-1 クサビ設置図

図-2 実験装置

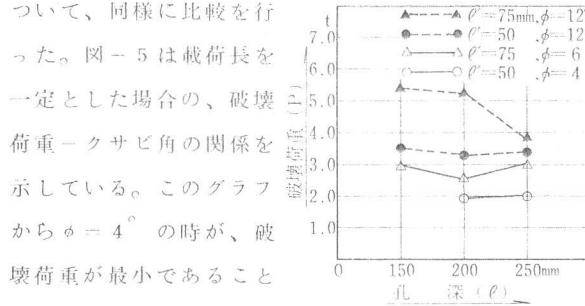


図-3 破壊荷重と孔深の関係

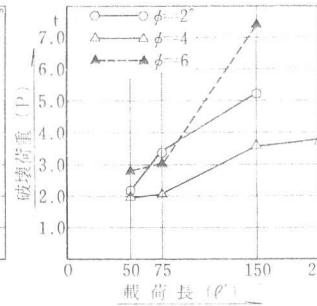


図-4 破壊荷重と載荷長の関係

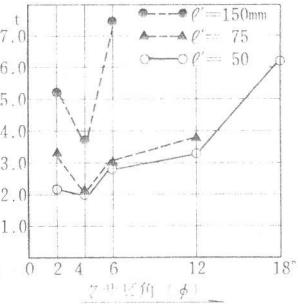


図-5 破壊荷重とクサビ角の関係

#### 3.3 本実験の方法

実際の施工状態は、ブレーカーの圧縮空気を利用して、クサビを孔中に貫入しているが、この状態を再現して写真-4のような実験装置を作成した。これに実物大の杭頭部に相当する、図-6に示す直径1000mm、高さ1500mmの円筒型の供試体を取り付け、油圧ジャッキで静的に4または8方向からクサビを貫入し、その貫入力(荷重)とコンクリートの内部および表面での歪を測定した。ゲージの位置は、図-7に示すとおりである。通常、場所打ちコンクリート杭は鉄筋を有するが本工法の場合、杭頭部の鉄筋はシールされ、付着を切った状

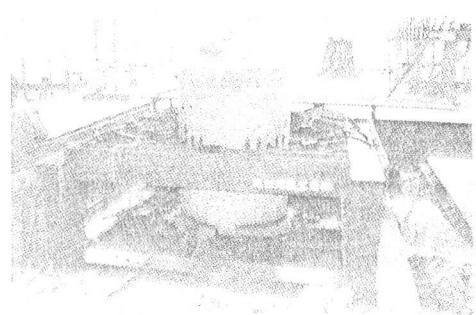


写真-4 実験装置

態である。本実験は、基礎実験で得られた要因の影響の確認とシールされた鉄筋の影響を調べるために、表-2に示すような6個の供試体について行った。ただし長さの要因については実物に合わせて2倍とし、載荷長に関しては、基礎実験を考慮して100mmと200mmを選び、また孔数については8個の場合を標準とし、比較するため4個の場合を選んだ。なお使用したコンクリートの圧縮強度は300~350kg/cm<sup>2</sup>である。

### 3.4 本実験の結果

各供試体の破壊荷重は表-2に示すとおりである。この表から孔数8個、 $\phi = 4^\circ$ 、 $\ell' = 200\text{mm}$ が最小の荷重(3.9t)で破壊することがわかる。図-8、図-9、図-10、図-11は各要因についてそれぞれの荷重と歪の増加の様子を比較したものである。歪の値は、表面ゲージはD-1、内部ゲージはD-2の測定値を用いた。これらの比較より次のような結果が得られた。

#### 1) 鉄筋の影響について

図-8は鉄筋をシールした供試体(No.1)と無筋の供試体(No.2)とを比較したもので、これによると歪の増加の様子はほとんど同じ傾向を示し、また破壊荷重も近似している。この傾向は他の位置のゲージでも同じである。したがって鉄筋による付着力の影響はないものと考えてよく、本研究は以後、無筋コンクリートで検討した。

#### 2) クサビ角( $\phi$ )について

図-9はクサビ角( $\phi$ )について、載荷長 $\ell' = 200\text{mm}$ の場合の8°(供試体No.2)と4°(供試体No.4)とを比較したものである。この図より、表面、内部とも4°の方が歪の増加が早いことがいえる。また、表-2からも破壊荷重は4°の場合3.9t、8°の場合は5.0tである。同様に $\ell' = 100\text{mm}$ の場合も4°で4.85t、8°で5.8tである。したがってクサビ角については、4°の方が8°よりも小さな荷重で破壊することがわかる。

#### 3) 載荷長( $\ell'$ )について

図-10は載荷長( $\ell'$ )について、 $\phi = 4^\circ$ の場合の100mm(供試体No.5)と200mm(供試体No.4)とを比較したものである。この図より、内部では同程度であるが、表面では200mmの方が歪の増加が早いことがいえる。また表-2から200mmで3.9t、100mmで4.85tである。同様に $\phi = 8^\circ$ の場合も200mmで5.0t、100mmで5.8tである。したがって載荷長( $\ell'$ )については、200mmの方が100mmよりも小さな荷重で破壊することがわかる。

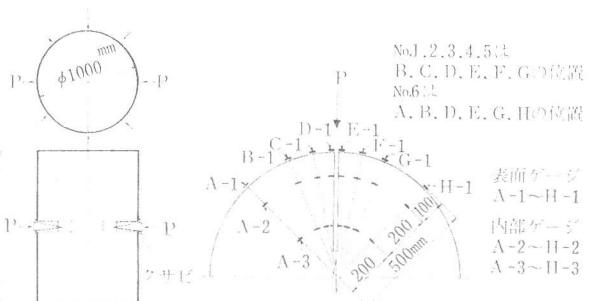


図-6 実物大供試体

図-7 ゲージ位置

表-2 供試体の諸元及び破壊荷重

| 供試体番号   | 供試体の諸元 |           |             |             |      | 破壊荷重 |
|---------|--------|-----------|-------------|-------------|------|------|
|         | 孔数     | 孔深 $\ell$ | 載荷長 $\ell'$ | クサビ角 $\phi$ |      |      |
| No.1 鉄筋 | 8      | 400       | 200         | 8           | 4.80 |      |
| No.2 無筋 | 8      | 400       | 200         | 8           | 5.00 |      |
| No.3 タ  | 8      | 400       | 100         | 8           | 5.80 |      |
| No.4 タ  | 8      | 400       | 200         | 4           | 3.90 |      |
| No.5 タ  | 8      | 400       | 100         | 4           | 4.85 |      |
| No.6 タ  | 4      | 400       | 200         | 4           | 9.50 |      |

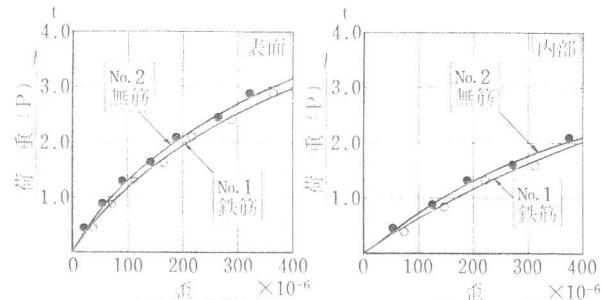


図-8 荷重-歪曲線( $\ell' = 200\text{mm}$   $\phi = 8^\circ$  孔=8個 鉄筋、無筋)

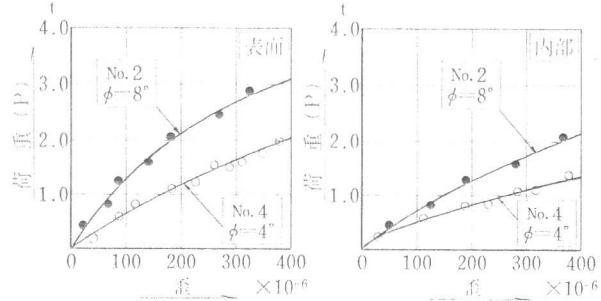


図-9 荷重-歪曲線( $\ell' = 200\text{mm}$  孔=8個  $\phi = 4^\circ, 8^\circ$ )

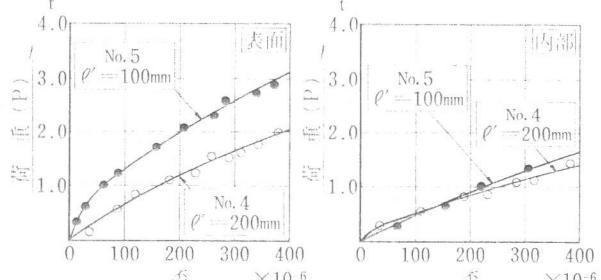


図-10 荷重-歪曲線(孔=8個  $\phi = 4^\circ$   $\ell' = 100\text{mm}, 200\text{mm}$ )

#### 4) クサビによる破壊の挙動について

図-11は孔数について比較したものであるが、破壊荷重は8個(3.9t)と4個(9.5t)で大きな差があるにもかかわらず、歪の増加の様子は8個の方が少し早い程度であった。しかし1本のクサビが破壊しようとする断面の歪分布を考えるとその差の原因が明らかになる。すなわち図-12は、供試体No.4の破壊荷重と同一の荷重(3.9t)が与えられた時のそれぞれの供試体の断面内の歪分布を図示したもので、図の斜線部分はコンクリートに亀裂が生じていると思われる領域(ただし歪は $200 \times 10^{-6}$ 以上と仮定した)を示し、数字はその位置での測定値を示している。No.4とNo.6の亀裂域の比較から明らかなように、亀裂の進展は、破壊しようとする断面積に大きく影響されることがわかる。すなわち同一荷重にもかかわらずコンクリートに発生している亀裂の領域はNo.6ではわずかしか示していない。またNo.4とNo.2、No.3およびNo.5との比較から、これらの供試体の破壊は、亀裂域が占める割合が増加して、破壊させようとする断面のはとんど全域に亀裂を生じさせうる応力をえた際に生じるものであると言えよう。

なお、破壊面下10cm程度離れた場所での歪については、ほとんど増加せず、クサビによる杭自体への影響はないと考えられる。

#### 4. 結論

今回の研究では、杭径1000mmの場所打ちコンクリート杭を対象として新しい杭頭処理工法のメカニズムを実験的に解明しようとしたが、それにより得られた結論を要約するならば以下のようになる。

- 1) 鉄筋の付着力については、鉄筋がシールされているので、破壊への影響はほとんどない。
- 2) 破壊に至る拘張力を最も効率よく発生させるクサビの角度は $4^\circ$ が最適である。
- 3) クサビの載荷長については、破壊断面に引張応力を十分に働かせる長さが必要で、今回の杭径では100mmよりも200mmの方が効果がある。
- 4) 今回の杭径では、孔数について8個の方が4個より効果的に破壊させることができた。またクサビによる破壊は、破壊しようとする断面のはとんど全域に亀裂が進展したときに生じると考えられる。

最後に、本研究の実施に際し、卒研究生鈴木正道君、小沢一裕君さらに矢作建設工業㈱の酒井啓之君など多くの人々の協力を得たことを感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 京奈礼、他 「場所打ちコンクリート杭と埋込み杭の設置に関する問題」 土質工学会 講習会テキスト
- 2) 吉田、他 「O P A工法による場所打ちコンクリート杭の杭頭処理」 建築の技術 施工 '82.4
- 3) 毛見、他 「場所打ちコンクリートぐいの杭頭処理」 コンクリート工学年次講演 論文集 1980

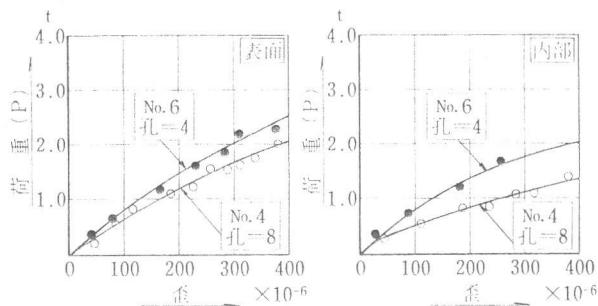


図-11 荷重-歪曲線 ( $\phi=4^\circ$   $l'=200\text{mm}$  孔=4個, 8個)

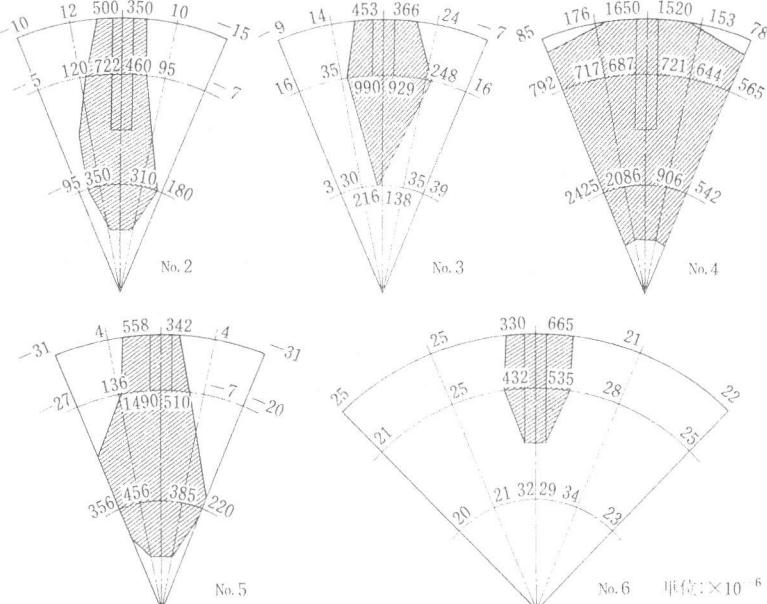


図-12 供試体No.2の破壊荷重(3.9t)における各供試体の歪分布図