

1 4. 地中構造・基礎構造

とりまとめ：末政直晃（東京都市大学）

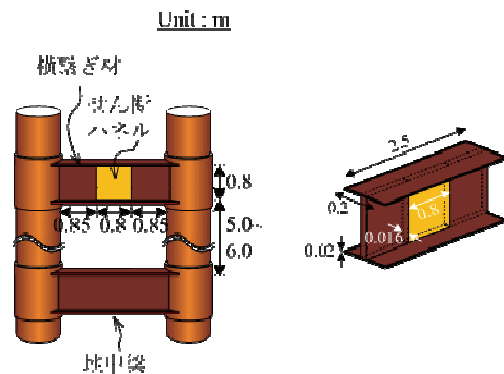
論文題目：“鋼管柱基礎の静的水平抵抗特性に関する三次元有限要素解析”

著者：磯部公一，木村 亮，大塚 悟，秋山耕士郎
掲載：Vol.56A, pp.1041-1053, 2010 年 3 月

◆討議 [菊池喜昭（港湾空港技術研究所）]

杭どうしをつなぐ地表面付近の水平部材が破壊すると、曲げモーメント分布が大きく変わり、水平変位が急増するようになるが、そのような点は確認されているか？

◆回答：柱と柱を結ぶ横繋ぎ部材は下図に示すように、低降伏応力鋼（図中黄色部分）を使用するせん断パネルと、通常の鋼材を用いるウェブ部材により構成されている。本解析で示した水平部材の降伏は、このせん断パネルの降伏を意味しており、ウェブ部材の降伏は発生しておらず、下部せん断パネルの降伏が即、曲げモーメントの分布形状に影響していない。しかしながら、更なる大変形が発生した場合にはウェブ部材の降伏が発生し、御指摘のような挙動が発生することも考えられる。この点はウェブ部材の適切なモデル化を行い、その挙動を観察し、降伏に達しない適当なウェブ部材断面を選択することで、上記のような挙動を回避できると考えている。



◆討議 [末政直晃（東京都市大学）]

本研究では、鋼管柱基礎の水平挙動について着目されているが、その前提条件として鉛直支持力について十分な耐力があることは検討されているか？

◆回答：本研究で解析対象としている橋梁構造は、比較的上部工等の死荷重が小さいこと、ならびに鉛直方向の抵抗面積を大きくできるソイルセメント合成鋼管杭を採用することで、鋼管柱基礎の鉛直支持力を確保している。また、本解析においても上部工死荷重載荷時における杭頭、杭先端に発生する沈下量はごく僅かであることから鉛直支持力に関して問題はないも

のと考えている。しかしながら、より規模の大きな橋梁構造を想定する場合には、ご指摘の点が問題となることも考えられる。その場合には、杭に斜杭や回転杭などを適用することで課題を克服できる可能性があると考えている。

論文題目：“土留め掘削時の盤ぶくれ挙動把握に関する計測法について”

著者：小林 薫，鵜田 稔，松元和伸，熊谷幸樹，近久博志
掲載：Vol.56A, pp.1154-1064, 2010 年 3 月

◆討議 [一井康二（広島大学）]

管理基準値がないことが研究上の問題意識の出発点と思われる。しかし、場所ごとに条件が異なるので、一律に値を決めることも難しいように感じる。最終的にはどのような形の基準値等に結実していくのか、イメージがあれば教えてほしい。

◆回答：論文内でも示したが、各種基準、指針類には盤ぶくれ挙動に対する計測項目について示されているものの、その具体的な計測方法（例えば、設置位置、設置深度など）や管理基準値などについてはまったく示されていないのが現状である。このことから、盤ぶくれのメカニズムを十分に理解せずに、設計者等の判断で各種計測を実施しているが、施工時の掘削に伴う管理基準値の設定が困難なために、計測データが有効活用されておらず（計測管理できておらず）、又安全性を十分確保できているのかも曖昧な状況にある。

このことから、建設構造物を構築する場所ごとに条件が異なるため、一律に盤ぶくれに対する管理基準値を定めることは、合理性、経済性等を考えた場合、あまり意味がないと考えている。したがって、室内実験や現場計測データを基に、盤ぶくれ挙動のメカニズムをまず解明した上で、効果的な計測方法（計測項目、計測位置、計測深度など）を明示するとともに、管理基準値の設定方法についても具体的な解析方法等を示せば良いと考えている。その際には、土質試験データも重要になるため、必要となる土質試験も併記するのが良いと考える。

そのためにも、土留め掘削時の盤ぶくれに対する安全性を経済性も加味しながら確保するために、何が重要な計測項目か（地盤変位 or 難透水層の間隙水圧）、計測位置は？（掘削面中央 or 側面部 or 両箇所）、計測深度は？（掘削床付け面付近 or 深度方向に複数必要か）など、今回発表した土留め掘削に伴う現場計測データが、メカニズム解明の一助として貴重なデータ・情報として活用して頂ける可能性があると考えている。

◆討議 [末政直晃 (東京都市大学)]

盤ぶくれ発生時には計測値はどのような挙動になると考えているのか？

◆回答:論文内には、2つの計測方法を適用した結果を示した。以下に、計測方法ごとの盤ぶくれ発生時に計測値がどのように挙動するのか説明する。

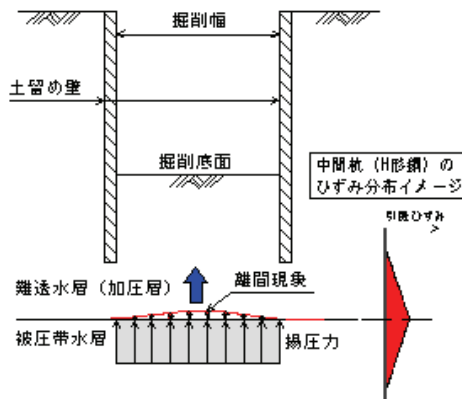


図-1 層境界面の離間挙動イメージ

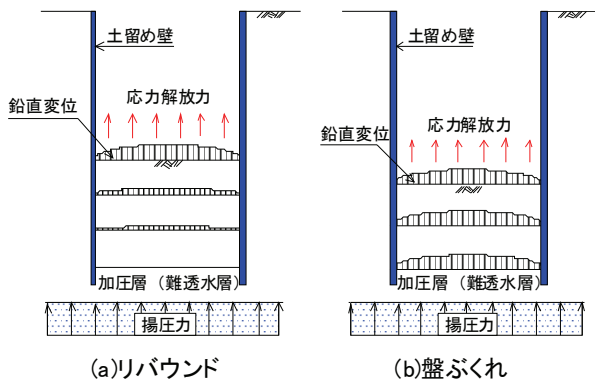


図-2 リバウンドと盤ぶくれ挙動の相違イメージ

まず、1 つ目の計測方法は、掘削床付け面下の難透水層（粘性土層）とその下部に位置する被圧帯水層を跨ぐように、中間杭などの鋼材を設置して、その鋼材のひずみ分布を計測する方法である。この方法では、掘削に伴い上載荷重が減少し、周面摩擦力等を含めた抵抗力が揚圧力より小さくなった場合、難透水層（粘性土層）とその下部に位置する被圧帯水層の境界面に離間現象が生じる。このことから、盤ぶくれが発生しそうなれば、図-1 に示すように層境界面をピークにした引張ひずみが計測値として得られるものと考えられる。次に、2 つ目の計測方法は、掘削床付け面下に位置する難透水層の間隙水圧と地盤変位を同時に計測する方法である。これにより、掘削に伴う地盤変位が生じるが、その時の間隙水圧挙動との相関関係を見た場合、リバウンドでは間隙水圧が、掘削に伴う応力解放により図-2(a)に示すように、上層部ほど変位量が大きくなるため、底面地盤の体積が膨張することになり、そのため間隙水圧が減少する傾向を計測値として得られるものと考えられる。

一方、図-2(b)に示すように盤ぶくれ挙動の場合には、掘削底面の難透水層が全体的に揚圧力により押し上げられるために、底面地盤の体積変化は小さく、間隙水圧には大きな変化がないものと考えている。

しかしながら、現場計測管理においては、定量的評価が必要になるため、ここで示した限られた現の計測データだけではなく、各種条件が異なる場合の、盤ぶくれ発生時に計測値がどのような挙動を示すかについて、数多くのケーススタディーが可能である「土〜水連成解析」等による盤ぶくれ挙動のメカニズム解明を実施していくことが必要であると考えている。

論文題目：“改良ジェットパイプロ工法で根固め部を築造した杭の支持力特性に関する実験的検討”

著者：石濱吉郎，菊池喜昭，高橋健二，田中隆太

掲載：Vol.56A, pp.1065-1074, 2010 年 3 月

◆討議 [一井康二 (広島大学)]

セメントミルクが注入された部位の強度は期待できると思われるが、地盤は乱されているものの、セメントミルクは十分に注入されていない緩い層が杭頭部を取り囲むように存在したりしないのか？また、引き抜きについては考慮しなくても良いのか？

◆回答：指摘のように、鋼管外側にセメントミルクが到達した範囲および先端根固め部が築造できる範囲については地盤条件によっても変化することが考えられるため、正確に評価することは困難と思われる。しかしながら、今回対象としている工法で支持力を発現させるためには、確実に鋼管内側へセメントミルクを充填することが重要と考えている。そのために、セメントミルクジェットを鋼管下方に加えて鋼管内側へ向かってでも噴射できるように先端ノズルを加工した。これによって鋼管と鋼管内側のソイルセメントがずれ止め用の鉄筋を介して一体となって挙動でき、支持力を確保できると考えている。

また、今回対象としている工法では、施工の最終段階、つまり根固め部の築造後に鋼管周面にセメントミルクを注入しながらセメントミルク注入用のホースを回収する工法であり、場所打ち杭相当の高い周面摩擦力を発揮できる。引抜き力については周面摩擦力によって抵抗を期待している。

◆討議 [末政直晃 (東京都市大学)]

杭先端部の強度に関して、杭内部においてはセメントミルクの漏出が拘束されているために管理しやすいが、根固め部杭外側においてはミルクの外や上への流出などが起こるため、その管理は難しいと思われる。根固め体の強度分布状況を検討したか？もし検討したのであれば、位置による強度のばらつきは生じなかったか？

◆回答：施工した杭に対して、杭の中央付近についてはコアボーリングを実施した。必要な根固め部の一軸圧縮強度を 15N/mm^2 と設定しているが、ボーリング調査では根固め部においては 20N/mm^2 程度以上の圧縮強度であることを確認している。

浅い層ではあるが、根固め部を築造した後掘り起こして出来型の確認と根固め部の圧縮強度の調査を行っている。指摘の傾向とは逆に鋼管内部よりも鋼管外側の方が圧縮強度が高い傾向にあることを確認している。鋼管内側の根固め部で所定の圧縮強度が発揮できていれば安全側であるのではないかと考えている。ばらつきについては、その影響を評価できるほどのデータ数が蓄積できていないため、今後継続して検討していきたいと思っている。

論文題目：“地盤固化体を用いた杭基礎の耐震補強工法に関する3次元FEM解析”

著者：浦野和彦，足立有史，河邑眞

掲載：Vol.56A, pp.1075-1087, 2010年3月

◆討議 [一井康二 (広島大学)]

改良体と未改良体の地盤物性値などのコントラストはどの

程度明確に生じるのか？応力集中の程度に影響するものと思われる。

また、解析結果の図において、改良体内の要素間で不連続なところがあるが、要素の切り方が荒いためではないか？

◆回答：掘削による補強体の形状確認では、明確な境界が確認できた。ただし、補強体の形状や境界部の補強体強度の変化など、より詳細なモデル化により、応力集中の程度も厳密には変化する可能性は考えらる。

メッシュの鉛直間隔が一部小さくなっている箇所があり、その部分で応力コンターの連続性が乱れたものと思われる。今後、メッシュ間隔の影響については確認したい。

◆討議 [小林 薫 (飛鳥建設)]

ジェットで斜め施工した場合、解析で実施された様なきれいな形状ではないと思われるが、造成形状の影響はないのか教えてほしい。

◆回答：補強体天端は水平面に対し約 20° 傾斜しているが、解析においてこの影響は小さいと判断し、解析時のモデル化には考慮せずフラットな形状とした。

形状の影響については、今後の検討課題と考えている。