

鋼矢板貫入に伴う周辺地盤のひずみ計測

熊本大学大学院 学生会員 ○古賀快尚 熊本大学 佐藤宇紘
熊本大学大学院 正会員 大谷順 JFE スチール 恩田邦彦

1. 背景と目的

鋼矢板工法は土留工や掘削工などで見られるように、側方変位を抑制し地盤の安定性を高める工法であり、土木工事で広く普及している。一般的には仮設構造物として施工されることが多いが、応力遮断壁や護岸補強といった永久構造物として施工される事例が増えてきた。仮設構造物として施工される場合は10m程度と短尺で特に問題はないとされているが、永久構造物として施工される場合、支持層に到達させることが求められ、長尺になりがちである。この20mを超えるような長尺の鋼矢板を施工する際に、地盤内挙動の影響で鋼矢板自身に変形が生じ傾斜貫入となり、施工不良に陥ることが報告されている¹⁾。原因を探ろうにも実スケールでは、矢板の変形やパイプロハンマーの反力など矢板自身の挙動は計測可能であるが、土中における周辺地盤の地盤内挙動の評価は難しい。そこで本稿では矢板貫入に伴う土中における周辺地盤のひずみ計測を目的として、模型鋼矢板の貫入実験にX線CT撮影を併用し、模型鋼矢板周辺地盤の非破壊検査を行った。得られた微小貫入前後のインターバル画像にデジタル画像相関法²⁾(Digital Image Correlation: 以下DICと呼ぶ)を適用し、変位場及びひずみ場の計測を行った結果について報告する。

2. 実験の方法と結果

図1に実験装置の概要及びX線CT撮影範囲、図2に

模型鋼矢板を示す。模型地盤は直径140mmのアルミ製円筒形土槽に気乾状態の豊浦砂を相対密度80%程度となるように空中落下法にて作製した。模型鋼矢板はアルミ製で15mm×15mmのコ字型断面のものを使用した。模型鋼矢板の貫入速度は10 mm/minと設定し、図3に示す6地点でCT撮影を行った。CT撮影は貫入抵抗曲線における抵抗を発揮し始める地点(60mm: Step A)、模型鋼矢板の変形が始まる地点(80mm)、変形が進行している地点(115mm: Step B)で、2mmの微小貫入の前後で撮影を実施し、インターバル画像を得た。本稿ではStep A及びStep Bの結果を報告する。貫入実験後の模型鋼矢板を図4に示す。実験前はコ字型断面だった模型鋼矢板が、内側から外側に開いた変形が生じている。また深さ方向には外向きに反る変形が観察できる。

図5にDICにて算出した矢板貫入に伴う地盤内変位増分を示す。なお60mm・62mm間の解析結果をStep A、115mm・117mm間のStep Bとして示している。また開き変形に与える影響を検討するためにY-Z断面を、反り変形に与える影響を検討するためにX-Z断面を示している。Step Aでは同地点の貫入抵抗が400N程度と応力レベルが低く、矢板先端付近の周辺地盤は強い拘束を受けていない。地盤内変位増分は模型鋼矢板の貫入方向である鉛直下向きが卓越しており、水平成分は模型鋼矢板の先端

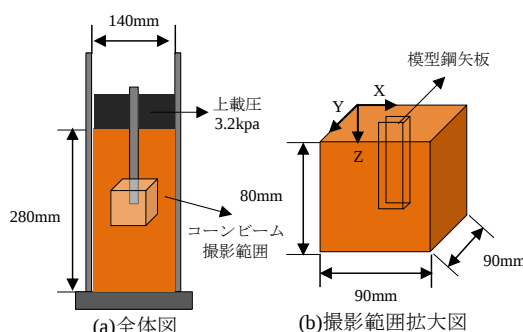


図1 実験装置概要及び
μフォーカスX線CT撮影範囲

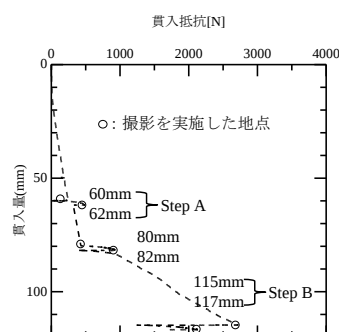


図3 貫入抵抗と撮影箇所

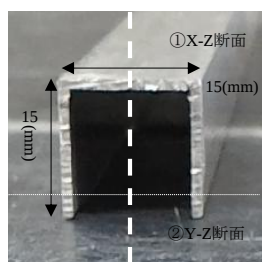


図7 模型鋼矢板



図4 実験後の模型鋼矢板

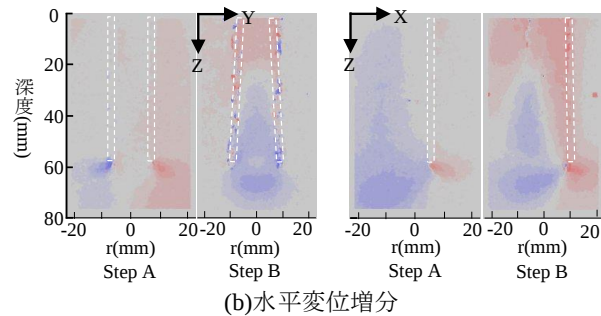
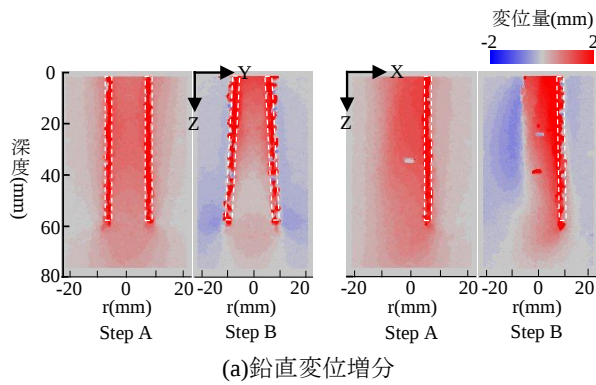


図5 矢板貫入に伴う地盤内変位増分

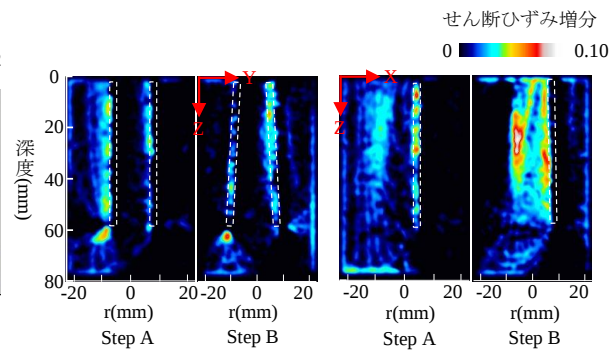


図6 地盤内のせん断ひずみ増分

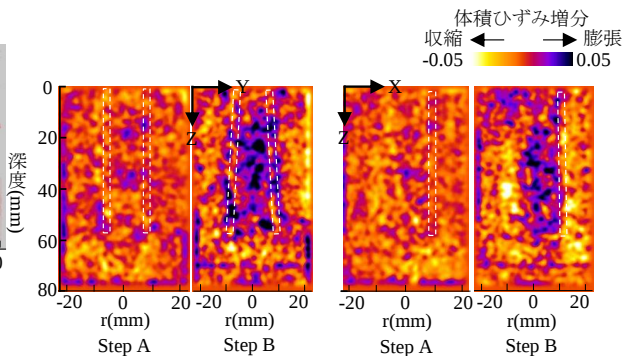


図7 地盤内の体積ひずみ増分

が土粒子を左右に押しつけるような変位が生じているのが分かる。その変位分布は鉛直変位成分が矢板の閉塞部に加え、杭下 1.5D 程(矢板の幅を 1D とする)に分布しているのに対して、水平変位成分は先端部分のみである。

これらから Step A では鉛直方向への一次元的な挙動と言える。Step B では同地点の貫入抵抗が 2800N 程度と応力レベルが高い。地盤内変位増分に関して、矢板の閉塞部は鉛直下向きに移動している点は同様であるが、鋼矢板の閉塞部の外側では、Step A には見られなかった上向きの移動が生じている。図 6, 7 は画像解析で得られた変位分布を基に算出した、せん断ひずみ増分及び体積ひずみである。せん断ひずみは、各 Step に共通して Y-Z 断面では顕著な違いは見られないが、X-Z 断面では矢板裏側の閉塞部の境界に卓越しているのが分かる。同地点の体積ひずみ分布に関して、Step A では矢板の閉塞部やその外側で一様であったが、Step B では閉塞部の先端から 3D の範囲に 5%ほどの体積ひずみが分布している。Y-Z 断面も同様に Step B の先端から 3D の範囲に円弧状の体積ひずみが分布している。この 5%の体積ひずみは相対密度に換算すると約 20%上昇したことに相当し、非常に大きな膨張圧が矢板の閉塞部に作用していると推察できる。このような体積ひずみが発生した要因は、模型地盤が密な砂地盤であることから、砂のダイレイタンスによる影響と考えられる。以上の結果から地盤内挙動で矢板が変形

し、傾斜貫入が生じる現象は、矢板貫入に伴う砂のせん断膨張の影響で、特に先端から 3D の範囲に作用すると言える。

3. まとめ

模型鋼矢板の貫入実験に X 線 CT 撮影にてインターバル撮影を実施することで矢板貫入に伴う変位場及びひずみ場の計測を行った。各地点のインターバル画像に DIC を適用し、地盤内の変位増分・せん断ひずみ増分・体積ひずみ増分の分布を算出し、鋼矢板の閉塞部分の先端から 3D の範囲にて体積ひずみの発達を確認した。その結果、密な砂地盤にて地盤内挙動で矢板が変形し傾斜貫入が生じる現象は、矢板貫入に伴う砂のせん断膨張の影響であるとの結論を得た。今後は、この測定方法を他の断面形状や表面摩擦の異なる矢板に適用することで、地盤内挙動の影響を抑えた、鉛直に貫入しやすい新たな矢板を提案できると考えている。

参考文献

- 1)三木武司：土砂内鋼矢板貫入における継手の離脱，社団法人日本材料学会，材料，Vol39，No.441，655-660，1990.6
- 2)Takano, D., Lenoir, N., Otani, J. and Hall, S. A. : Localised deformation in a wide-grained sand under triaxial compression revealed by X-ray tomography and digital image correlation, Soils and Foundations 2015, Vol55(4),906-915