



Title	交差型ウォータージェットの流動特性とその地盤改良への応用に関する研究
Author(s)	柴崎, 光弘
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46869
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	柴 崎 光 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 19883 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 1 月 11 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	交差型ウォータージェットの流動特性とその地盤改良への応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 片 岡 勲 (副査) 教 授 武石賢一郎 教 授 松井 繁之 教 授 橘 英三郎 助教授 大川 富雄

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、高速における水噴流（ウォータージェット）の流動特性の解明と、それを用いた高度な地盤改良技術の開発について報告した。

第 1 章では、高速ウォータージェットを用いた地盤改良技術の開発の経緯と現状について概括し、次に従来の単一ウォータージェットによる地盤改良の造成技術では、地盤の非均一性による形状や品質が一樣にならない欠点を筆者らが開発した交差型ウォータージェットにより解決したこと、さらに、この技術の出現により、回転運動であっても円形以外の様々な断面を持つ地盤改良が可能となったことを述べた。

第 2 章では、単一ウォータージェットと交差型ウォータージェットの流動特性についての実験的、解析的研究の結果を述べた。まず高速ウォータージェットの性能を左右するノズルの形状、寸法およびノズルの入り口と出口の構造に関する実験から合理的なモデルを選定した。次に交差型ウォータージェットと単一ウォータージェットの衝撃圧の減衰特性を比較測定し、前者において衝突後は予想通りの急速な減衰結果を得たことから設計通りの円形断面の掘削が可能になったことを述べた。

第 3 章では、交差型ウォータージェットを用いて、任意の設計どおりの正多角形状の断面を持つ地盤改良体を造成する方法についての理論的な検討を行った。ジェットの交差点の軌跡を変化させて様々な断面形状の掘削を可能とするために、交差型ウォータージェットの噴射管を中心軸の周りに回転させ、噴射管自体も自軸の周りに回転させたが、これは丁度太陽、地球、月の 3 天体間の関係と類似することを数学的に示し、近似的に正方形等の正多角形をはじめ、星形等の断面の形成が可能であることを示すと共に、その具体的な形成の手順を明らかにした。

第 4 章では、これらの基礎的な研究に基づき、交差型ウォータージェットを用いた地盤改良装置を開発して実際の非円形断面の改良体の造成例について述べ、この装置による正方形等の非円形断面の掘削の特性を実証した。

第 5 章では、まとめとして本研究で示した地盤改良技術の工学分野や医学分野等への応用が可能なことを述べた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、高速水噴流の地盤改良における応用において高度で新たな技術として交差型ウォータージェットを用いた

地盤改良装置を開発するため、高速水噴流、特に二つの噴流が交差し衝突する交差型ウォータジェットについてその流体力学的な特性を実験的並びに理論的に明らかにすると共に、それを用いて、円形以外の様々な形状の断面を持つ地盤の切削方法の理論を構築し、それを実際の地盤改良に応用したもので、その主な成果は以下のようである。

- (1) 実験的な研究として、単一ウォータジェット並びに交差型ウォータジェットの衝撃圧の測定を行っている。高速水噴流は、極めて高い衝撃圧を示すため、感圧フィルムを金属の保護シートにいれ、ジェットのノズル出口の各位置において、鋼鉄製のシャッターを介して一定時間ジェットに衝突させる装置を作成し、単一ウォータジェット並びに交差型ウォータジェットの衝撃圧の減衰特性を測定している。単一ウォータジェットでは、衝撃圧はノズル出口からの距離によって徐々に減衰していくが、交差型ウォータジェットでは、ジェットが交差し衝突するまでは衝撃圧の減衰は小さいが、衝突後は急速に衝撃圧が減衰して、切削能力を失うことを明らかにしている。また、ジェットの交差角度の影響を調べた結果、衝突後の衝撃圧の減衰は、交差角度が大きくなるほどその減衰の度合いが大きいことを明らかにしている。次に、単一ウォータジェット、交差型ウォータジェットの流動特性を、気液二相流の液滴流として解析を行い、液滴流の質量、運動量の保存式と液滴の拡散モデルに基づき、単一ジェットの速度、ジェット径、衝撃圧のノズル出口からの距離による変化を解析的に予測している。予測結果は、実験によって得られた、衝撃圧の流れ方向への分布を極めて良好に再現している。さらに、交差型ウォータジェットについて、衝突点での液滴の衝突モデルを提案し、それに基づき衝突後の噴流が扁平で二つのジェットの交差角で広がり急速に衝撃圧が低下することを解析的に予測している。衝撃圧の交差点からの距離による減衰は交差角が大きいほど大きくなることが予測され、実験より得られている交差型ウォータジェットの衝撃圧の減衰特性を極めて良好に予測することに成功している。
- (2) 交差型ウォータジェットを用いて、任意の断面形状をもつ地盤の掘削を行う方法について理論的に明らかにしている。地盤改良工事においては、円形以外の様々な断面を持つ掘削孔を掘削することが必要とされる場合が多く、交差型ウォータジェットにおいて交差点の軌跡を様々な変えることが出来れば、様々な断面形状の掘削が可能となる。これを可能とするためには、交差型ウォータジェットの噴射管を円形の回転以外の回転運動で制御する必要がある。こうした噴射管の回転運動として、噴射管を別の回転軸の周りに回転（公転）させ、噴射管自身も自ら軸の周りに回転（自転）する方法を開発している。噴射管の自転と公転運動（偏心した回転運動）を様々な組み合わせる事により、交差型ウォータジェットの交差点が様々な軌跡を描くことが可能であることと数学的に示し、近似的に、矩形断面、正多角形断面、星形断面等をはじめとして任意の形状の断面の掘削が、簡単な噴射管の自転と公転運動によって可能であることを示すと共に、その具体的な掘削の手順を明らかにしている。
- (3) 非均質な地盤の性状を持つ実際の地盤について、様々な回転速度、ジェットの引き上げ速度の条件で円形断面を持つ掘削孔を掘削しセメント固化体を造成し、固化体が固化した後に掘り出して測定することにより、交差型ウォータジェットの掘削性能を確認している。実験結果は、地盤の性状の非均質性に拘わらず、極めて円形度が高く、深さ方向にも径が均一の掘削孔が掘削出来たことを示している。参照の為、従来の単一ウォータジェットにより、同一の地盤の円形断面の掘削も行い比較検討した結果、交差型ウォータジェットによる掘削孔並びに造成した固化体は、その円形度、深さ方向の径の均一性共に従来の単一ウォータジェットによるものに比べて、格段の精度を有することを明らかにしている。次に、交差型ウォータジェットを用いた任意の断面を有する掘削孔の掘削についての実証試験も行っている。交差型ジェットの噴射管（ノズル軸とよぶ）を主回転軸（メガロ軸と呼ぶ）の軸中心から偏心して配置し、メガロ軸を反時計回りにノズル軸を時計回りに回転させる装置を製作し、これを実際の地盤に適用して地盤の掘削とセメント固化体の造成を行い、固化体が固まった後に掘り出して測定することにより、交差型ウォータジェットを用いて正方形断面を有する掘削孔を掘削することが可能であることを確認している。得られた固化体はいずれも断面が正方形であり、断面形状が深さ方向に一様であり、これにより交差型ウォータジェットを用いて正方形断面を有する掘削孔の掘削の特性を実証している。

以上のように、本論文は、高速水噴流（ウォータジェット）の流動特性を実験的、理論的に解明すると共にそれを用いて高度な地盤改良技術を開発したものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。