ウォータージェットジオテクノロジーへの応用*

Water Jet Utility for Geotechnology

吉田 哲雄**
YOSHIDA Tetsuo

増本 輝男**
MASUMOTO Teruo

Abstract For the past two decades, Water Jet Technology has been studied and developed in order to facilitate the mechanical and material improvement of high pressure pumps. In particular, for nearly ten years, the practical use of this technology has been widely expanded from civil engineering to medical tools. YBM has been developing and distributing mud pumps together with boring/drilling machines for mine drilling, ground water development and civil construction. The YBM high pressure triplex plunger pump(Jet Pump), developed according to accumulated technology, is utilized for jet cutter piling and jet grouting jobs in civil construction works, fracturing and water circulation works in the test of Hot Dry Rock(HDR)electric power generation systems, and the Oyster-shell Crushing and Tilling Systems used in fishery farms. Several example of Jet Pump utilization are introduced in this technical note.

Keywords : Water Jet, Triplex Plunger Pump, Jet Cutter, Grouting

1. はじめに

ウォータージェットと言う新しい技術が確立され、実験の段階から実用化の時代に入ってきたのは僅かここ10年程度である。しかし今日では土木、建設、洗浄、食品、繊維、更に医療の分野等々幅広い新しい技術として注目を浴びるようになって来た。特に大型の大容量高圧三連プランジャーポンプの開発及び性能の向上と共に土木基礎工事及び資源関連の大型プロジェクトにもその利用が計られ、特に最近ではバイブロハンマーとの併用によるウォータージェットカッターとしての利用、もう一つはセメントミルクを軟弱地盤中に噴射し地盤の改良或いは補強をするジェットグラウト工法等に幅広く利用されている。資源の分野では、エネルギー開発の一環として高温岩体発電技術の確立が急がれておりその中

で地下数1000mの高温岩体部に破碎帯を造る為の大容量の高圧ジェットポンプが使われ、更にその人工的に造られた破碎帯に水を循環させる為のポンプとしても使われている。また、カキ殻破碎耕耘工法についても紹介する。

2. バイブロ・ジェット工法

ウォータージェットカッター(高圧ポンプ吐出口ノズルから噴射される高圧水)とバイブロハンマーの振動エネルギーを組合せ、低振動施工の中で圧倒的な打込み力を発揮する工法である。

鋼管杭、鋼管矢板、H形鋼、鋼矢板、コンクリート矢板などの既製杭を、岩盤や玉石混り礫地盤を含む硬質土層をはじめ、あらゆる地盤に打ち込むことが可能。仮設はもちろん本設杭でも都市土木から大型プロジェクトま

* 1993.11.1 受付

** (株)吉田鉄工所(YBM) 〒847 佐賀県唐津市原1534 TEL(0955)77-1121 FAX(0955)70-6010

で、いろんな現場条件の下で実績を出している。このように水と振動の効果的な組合せによるJV工法は、高能率低公害(低振動・低騒音)で経済的、また地盤の安定を損なうことなく杭の自立性を確保する安全性にも注目できる(Fig. 1)。最近の施工例として、関西新国際空港で直径23mの大径鋼管セルの打設にも使用された。

3. ジェットグラウト工法

高圧ジェットを地盤改良に利用するジェットグラウト工法は、昭和40年代に開発されたCCP工法に始まり、その後JSG、CJG、RJP、スーパージェット等、多くの工法が開発されている。これらの工法は、水又は硬化剤の高圧噴射で地盤を切削し、硬化剤を攪拌混合し、改良するものである。本文では数あるジェットグラウト工法の中からCJG工法について、その概要を説明する。

3. 1 コラムジェットグラウト(CJG)工法

水と空気という、どこにでもある材料に高いエネルギーを与え、地盤を切削するとともに、切削ズリをスライムとして地表に排出することで地中に人為的空間を作りそこに改めて固化材を充填して円柱状を形成する「置換式」地盤改良工法である。工法の特長は以下①～⑤で述べるごとく、多くの長所を持っている。

①置換工法であるから、地盤を隆起させたり、

構造物に影響を与えない。②エネルギーが高いため、軟岩程度の固さまで施工可能であり、へどろから軟岩まで対象地盤が広く、しかも仕上がり径は地盤の強度にあまり影響されない。③小さなパイプから一度に直径3～5mと広い範囲の改良ができ、しかも任意の深さを必要なだけ施工できる。④強度が高く、しかも耐久性が期待できるので、杭の代用など永久目的で利用できる。⑤改良径の割には機械設備が小型なので、狭い場所でも自由に施工出来る。

CJG工法図をFig. 2に、工事現場写真をPhoto 1に示す。

Fig. 2 Column jet grouting work.

Photo 1 Semi-automatic column jet machine.

Fig. 1 Vibro-jet piling system.

4. 1 水圧破碎実験

高温岩体の持つ熱エネルギーを利用し発電するためには、まず地上から杭井を掘削し、高温の岩体に水圧をかけ、亀裂(フラクチャー)を造り、人工的な貯留層(き裂群)を造成する。次に地上から杭井(注入井)を通じ水を注入し、この貯留層を通過させ、岩体の持っている熱エネルギーを奪った水を、他の杭井(生産井)から蒸気・熱水として回収し、発電をする。これを高温岩体発電と言う(NEDO、1993)。その高温岩体発電の実験において、高温の岩体に水圧をかけ、亀裂(フラクチャー)を発生させるために高圧三連プランジャーポンプが使用されている。(Photo 2)。

高温岩体発電実験にて、注入井を通じて水を注入し貯留層を通過させ、岩体の持っている熱エネルギーを奪った水を他の杭井から蒸気・熱水として回収する実験、いわゆる循環抽熱実験用として大容量吐出のプランジャーポンプが使用されている(Photo 3)。

有明海全域に渡り潟の表層部にカキ殻が異

状繁殖し、60cm～1.0mの厚さに堆積している。そのために、有明海の特産品である海苔の養殖用竿を立てることが困難になっている。又、アサリ貝を養殖出来ない地域が広がっている。その解決策として、カキ殻を高圧ジェットポンプによる、高圧水(海水)によってカキ殻を細かく破碎して、シルト及び砂の下に沈め込むという画期的なものである。

堆積カキ殻破砕システムは、三連プランジャー高圧ポンプ、ノズル及び攪拌翼を取り付けた破砕攪拌翼を駆動させる油圧ユニット、破砕攪拌機を海上に下ろす為のクレーン船により構成される (Fig. 3)。

①クレーン船に高圧ジェットポンプ及び油圧ユニットを装備し、船のクレーン破砕攪拌機を装着し、処理するカキ殻層の上に降ろす(Fig. 4)。

Japanese J. Multiphase Flow Vol. 7 No. 4 (1993)

Fig. 4 Oyster-shell crushing and tilling process 1st.

- ② 破碎攪拌機がカキ殻に達したら回転軸を回転させ(15rpm)回転軸及び攪拌翼に取り付けた噴射ノズルから高圧水(130kgf/cm²)を噴射させる。

高圧水と攪拌翼によりカキ殻が地上より剥ぎ取られ、高圧水により細かく碎かれる。破碎攪拌機はカキ殻層を突き抜け、更に下のシルト層に達しカキ殻とシルトを一緒に攪拌する(Fig. 5)。

- ③ カキ殻はシルトと混合され、噴射を停止した時より沈下が始まる。比較的粒子の大きい破碎されたカキ殻の沈下速度はシルト粒子より早い為、下側にカキ殻が積み上側にシルト層が重なり土壌が逆転することにより、海苔の養殖用竿を立てることが容易になると共にアサリの養殖場として利用出来るようになる。又、堆積カキ殻が細かく破碎される為海底面が50cm程下がり、浚渫効果もあるし海底を耕す耕耘効果もある(Fig. 6)。

6. 終わりに

ウォータージェットの応用・利用はここで

Fig. 5 Oyster-shell crushing and tilling process 2nd.

Fig. 6 Oyster-shell crushing and tilling process 3rd.

述べた以外にも多岐に渡るが、ここでは筆者らの実績の有るものの一部について言及した。またこれらの工法の一部は、既に東南アジアの一部の地域ではその地域特有の条件あるいはシステム、あるいは工法で施工されるようになっており特に軟弱な地盤を持つ、熱帯、亜熱帯の都市開発には大きな力を発揮するものと期待する。