

高速ウォータージェットの LIF-PTV 法による流速測定と

可視化画像を用いた構造解明に関する研究

Velocity measurements technique and structure study of
high pressure water jet by high speed LIF-PTV

阿部宏幸 (ケミカルグラウト (株))、 吉田貴雄 (阪大院)、

吉田憲司 (阪大院)、 片岡勲 (阪大院)、 吉田宏 (ケミカルグラウト (株))

ABE Hiroyuki, YOSHIDA Takao, YOSHIDA Kenji, KATAOKA Isao and YOSHIDA Hiroshi

ABSTRACT High pressure water jet for the soil improvements is one of the most important applications of water jet under high pressure and high liquid flow rate. The jet pressure reaches up to 30~200MPa and sometimes the jet velocity exceeds the super sonic. In order to improve the efficiency and the performance of jet grouting, it is very important to clarify the hydrodynamic structure of water jet under high pressure and high flow rate. In this study, the velocity measurements technique for capturing the structure of the water jet was investigated. The double pulse Nd:YAG Laser and CCD camera with Image Intensifier were applied to capture clearly a couple of pictures of the high speed water jet. We observed the structure of the water jet by LIF-PTV and measured the velocity of the water jet. As a result, it has been understood that the velocity distribution takes a value close to the speed of the Bernoulli rule. Moreover, the deceleration is almost seen and the cutting ability of the water jet is kept enough in about 1m that is the range of the measurement of the actual experiment without.

KEYWORDS Waterjet, nozzle, CCD camera, PTV, Velocity Measurements

1. 緒 言

超高速大流量ウォータージェットは近年、都市高層分野や原子炉解体などへも応用されその利用が注目されている。ジェットの切削・掘削効率や性能を向上させるためにはその流体力学的特性を解明することは非常に重要である。本研究では静止空气中に噴出される超高速大流量ウォータージェットを対象とし、LIF-PTV 法による流速分布測定を行った。光源には Nd:YAG ダブルパルスレーザーを、流速測定のためのシーディング粒子はローダミン含有粒子を用いた。また受光系には高速高感度 I.I.付 CCD カメラを用いた。これによってウォータージェット内部の粒子の連続する瞬時の2枚の画像を得て PTV 法により流速分布測定に成功した。また、撮影画像の輝度値分布によりジェット径の広がり幅についても考察を行った。

2. 実験概要

Fig.1 に実験装置の概略を示す。実験装置は高速ウォータージェット噴射装置と、可視化並びに流速測定を行うための機器から成る。動作流体である水道水はタンクから流量計を通りプランジャーポンプによって加圧され圧力計を経てジェットノズル(内径 $D=2.4\text{mm}$)より水平方向に噴射される。可視化並びに LIF-PTV システムは Image Intensifier(I.I.)付 CCD カメラ、Nd:YAG ダブルパルスレーザー、これらを同期させるためのデジタル遅延パルス発生器2台、データ収録並びに制御用のパソコン1台から成る。動作流体にローダミン含有粒子(粒子径 $20\sim 50\mu\text{m}$)を混入し、レーザー入射光(532nm)により誘起しより長波長の蛍光を発生させ、光学フィルタを通じて蛍光のみを受光する。これによりジェット界面での乱反射光を除外しジェッ

ト内部の流速測定が可能となる。撮影範囲は $40\times 40\text{mm}$ であり空間解像度は $39\mu\text{mm/pixel}$ である。

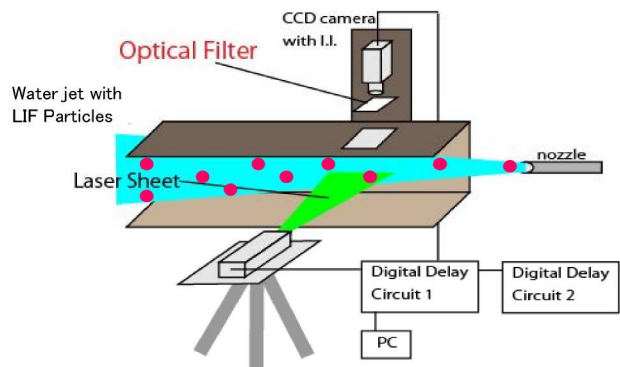


Fig.1 Schematic drawing of experimental setup

3. 実験結果

上記システムにてウォータージェットの速度測定を行った。同条件のものを3セット撮影し、Zvector(Arch Technology 社)を用いて画像 Fig.2 の速度の平均値を算出し、3セットの平均を各条件の速度とした。Fig.3 に LIF-PTV により求めた速度分布を示す。条件はノズル出口からの距離 $L=0\sim 1000D(2,400\text{mm})$ 、出口圧力は $0\sim 40\text{MPa}$ とした。また出口速度をベルヌーイ則より求めた値と比較した。Fig.3 より測定範囲内ではほとんど減速をしないことがわかった。