

水面突入前後の水膨張特性について

西日本工業大学 正員 ○赤司 信義
西日本工業大学 正員 石川 誠
山口大学工学部 正員 斎藤 隆

自由落下水膨が水面に突入する時、水中に多量の空気泡を連行し、水勢が著しく減勢されることはよく知られている。しかし混入空気量などの程度なるが、又混入空気量によってどの様な減勢特性を示すのかが不明な点が多い。著者らはこれまでにこうした点について実験的に検討を行なつてきたが、本文では大気中での水膨特性の計測をもとに水面突入直前の水膨特性と突入後の流れ特性との対応関係を見出そうとするものである。

実験は二次元ノズルから鉛直下方に噴出させたジェットを自由落下水膨として取り扱っている。ジェットの分散に伴って水面に突入する流れの概略を図1に示している。実験に使用したノズル形状を図2に示した。大気中で分散するジェットの幅 B_f を理解し定めることは困難であるので、ここではジェットの密度が0.5 (この幅を B_{50}) と0.1 (この幅を B_{10}) の幅を代表値として取り扱う。大気中でのジェットの密度は二相流測定器(日本科学工業(株)製)を使って測定した。図3はノズルから大気中に噴出されたジェットのボイド分布と空気との接触回数 n 、及び水面突入直後(水面より1.5, 2cm)のものも示している。 $U_0=104\text{ cm/s}$ の場合 B_{50} , B_{10} とともに B_0 よりも小さくジェットは先細りに、又 $U_0=205\text{ cm/s}$ の場合、 B_{50} は B_0 よりも小さく、 B_{10} は B_0 よりも大きく先太りになっているのが分かる。大気中でのジェットの空気との接触回数 n の最大値はボイド分布の変曲点 ($f=50$, $p=0.5$) に認められ、水膨の変動が最も大きい所で生じていることが分かる。水面突入後のボイド分布は水面突入直前の空気との接触分布 n と非常に関係が

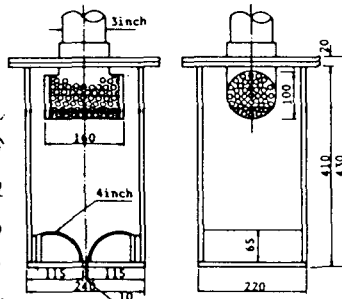


図2 ノズル形状

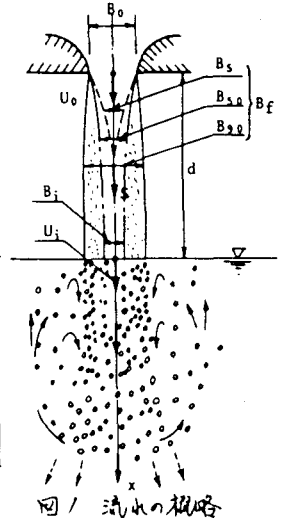


図1 流れの概略

U_0 cm/s	205	135	104
90° B_{50}	○	○	○
50° B_{50}	△	△	△
5° B_{10}	□	□	□

$B_0 = 0.5$

強く、水膨の変動が水中への空気混入と密接に関係していることが分かる。

図4は大気中のジェットの分散度 B_s (密度0.95 の幅)、 B_{50} , B_{10} について示したものである。

図中の実験は各噴出流速に対し

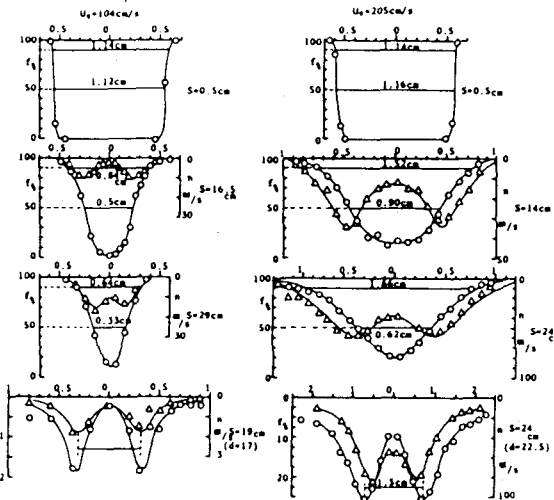


図3 水面突入前後のボイド分布と接触回数

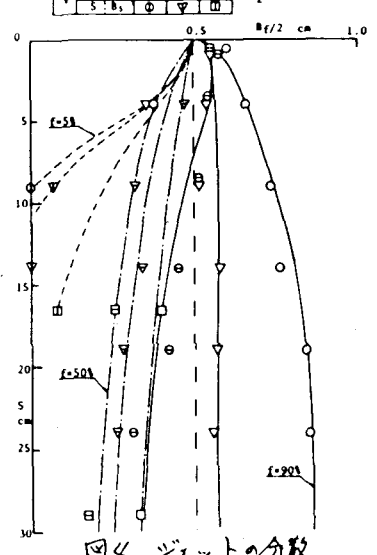


図4 ジェットの分散

で、 B_{90} も、又更には B_5 を平均的に連ねたものである。一気鎖線は前述 u_0 で噴出されたジェットをポテンシャル流として自由落下に伴う幅の変化を示したもので、図中に示すジェット速度0.5 (B_{50})の幅と非常に近い値を示している。 B_5 はノズルから噴出されるジェットのコア領域も、 B_{90} はジェットの分散限界として考えられる。コアは噴出速度 u_0 が小さい程長く、ジェットの限界は噴出流速 u_0 が120 cfsで噴出層 B_0 に一致し、それより大きいとノズル直後より直ちに拡がり次第にその変化は小さく一定値に近づいていくようにみられる。ジェットの限界が一定値に近づくのは、ノズル出口の横方向の速度によってジェットの断面が一樣に膨張しようとするのでジェットの中心部の圧力が大気圧より低くなるから周囲の大気圧に一樣におさえられて断面の拡大が妨げられて次第に横方向の速度が自由落下の過程で消滅するのであると仮定は述べている。

図5は水面突入直前の速度 u_0 の水噴出 B_{90} と水面突入直後の断面内最大ボイド率 B_0 を示したものである。水面突入前の水噴出最大値は B_{50} であり、この図をみると B_{90} と B_0 の間に強い比例関係が認められることより、ジェットは水面に突入した時混入空気泡の中心を激しく拡散しているものと考えられる。

さて、水面突入後の速度分布 u は水深 z 以後(外部域=気泡停滞域のほぼ $1/2$)の速度分布が自由噴流の速度分布式で十分近似可能であることと考慮して、水面突入後の流れを仮定水面突入層 B_i 、突入流速 u_i 、初期ボイド率 $f_0 = Q_a / \{ (u_i - 25) \cdot B_i \}$ と定め、気泡が水流に追従して一樣に下降すると考えて、

軸対称密度噴流に関するMortonの方法とこうして二次元密度噴流モデルに適用して検討してみる。基礎式は質量保存則(ブーシネスフ近似で与る範囲は越えていない)、運動量保存則、物質保存則である。基準長さの代表値として用いた B_i は図4に示したポテンシャル流としたときの幅である。別途 u_i に混入空気量 Q_a を用いて計算した結果を図6、7に示した。 u_m は中心軸上水流最大速度、 u_i は $1/2$ 流速幅を示し、大略的にその傾向は把握されているものと考えられる。 B_i として仮定突入層ととらえるのが適切かどうか、又水面突入流水を想定する混入空気量、 u_i については突入前のジェットの分散特性、水中への空気混入機構についても今後さらに検討を進めていきたい。参考文献 1)坂本,丸田,磯部;電力中央研究所,技術報告,1965.11, No.6506P 2)赤司,南麻石川,お5,水噴論, 3)赤司,南麻石川,お5,中四支那年報

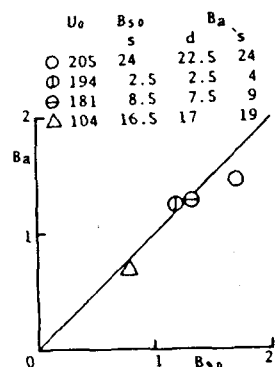


図5 突入前後の水噴幅

u_i	B_i	F_d	d	u_0	Q_a	
212	1.17	18.9	15	124	24	○
264	1.57	16.8	13.5	208	60	△
214	1.75	15.6	5.5	186	36	□
167	1.37	25.9	7.5	114	6	◇
276	0.96	16.0	30	133	76	△
301	1.26	16.3	28	189	96	□
205	1.83	16.6	3.5	188	28	◇
223	1.68	15.1	7.5	187	44	△

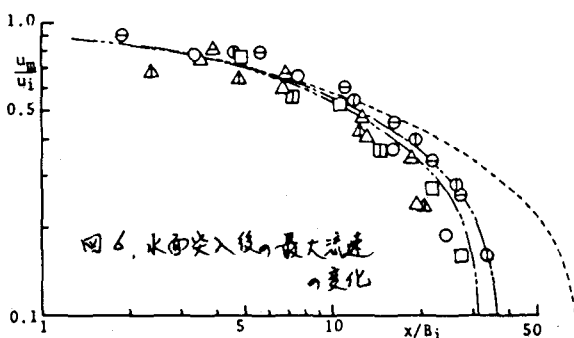


図6 水面突入後の最大流速の変化

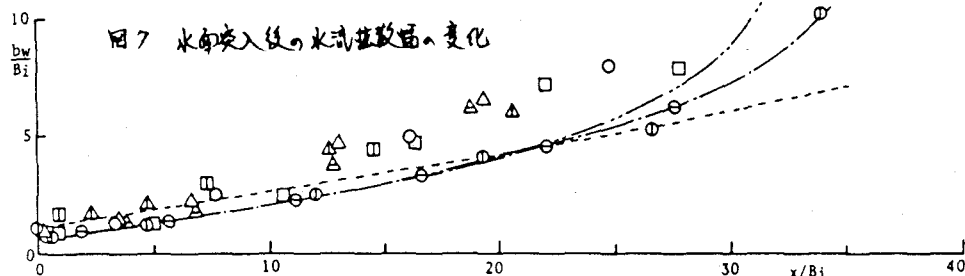


図7 水面突入後の水流速度幅の変化