

下水管渠における流量測定に関する実験的検討

建設省土木研究所 ○正員 深谷 渉
正員 植原 隆
正員 田中 修司

1. はじめに

管渠や下水処理場などの適切な運転および維持管理には、流量の測定が不可欠である。しかしながら管渠内を流れるのが固体物を含んだ下水であることから、流量計及び流速計などの精密機器での測定が難しく、また大都市部においては、土地の確保の問題により堰等による流量測定用構造物の建設が困難なことから、管渠内における流量を把握することが非常に困難となっている。そこで建設省土木研究所では、管渠内の流量測定に関する研究の一環として、円管内における流れの現象を水理実験により検討したのでここに報告する。

2. 実験概要

2.1 実験目的

下水管渠は通常、断面に一定の余裕をもって布設されており、日常的には非満管状態で下水が流下する。水理学等の参考書や文献には、満管時における円管内の流れの現象については多数の論述が見受けられるが、開水路としての円管の流れの現象について詳しく述べられたものは少ない。ここでは、任意の水位における円管内の流れの現象を解明することを目的に実験を行った。

2.2 実験ケースおよび実験方法

実験は、図-1に示す実験装置を用いて行った。管渠は、直径200mm、全長12mとし、透明アクリルを用いて製作した。また勾配可変装置も設置した。管渠中央部には、流速測定用の測定孔と水位測定用の測定孔を設置し、実験装置最下流に設置した量水槽内の三角堰を用いて、流量が測定できるようにした。

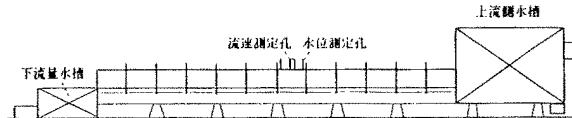


図-1 実験施設の概要

実験は、表-1の実験ケース一覧表に示すように7ケース行った。水路勾配は水平とし、流速測定孔における管内水深を7通りに変化させて定流通水を行った。

実験における測定項目は、流れの現象を支配すると考えられる、管内水位、流速、流量、動水勾配、水温とした。管内水位は、前述した測定孔より触針式水位計を用いて計測を行った。流速は、プロペラ流速計を用いて鉛直方向2cmピッチ、横断方向2cm

実験ケース	水路勾配	設定水深
本実験 I-1	0/1000	6.0
本実験 I-2	0/1000	8.0
本実験 I-3	0/1000	10.0
本実験 I-4	0/1000	12.0
本実験 I-5	0/1000	14.0
本実験 I-6	0/1000	16.0
本実験 I-7	0/1000	20.0

ピッチで計測を行った。流量は、三角堰越流水深を定期的に計測することにより把握した。動水勾配は、1~2mおきに設置されたマノメータの水位差から求めた。

3. 実験結果

実験全7ケースの結果一覧表を表-2に示す。

表-2 実験結果一覧表

実験ケース	管内水深	動水勾配	堰流量	平均流速	粗度係数	計算流量	平均流速	粗度係数
	(cm)	(cm ³ /s)		(cm/s)		(cm ³ /s)	(cm/s)	
本実験 I-1	4.83	1/286	4727.2	80.8	0.007	4648.0	78.6	0.007
本実験 I-2	7.89	1/363	10850.0	94.2	0.008	11310.0	99.3	0.007
本実験 I-3	10.36	1/471	15602.0	94.9	0.007	17540.0	106.8	0.006
本実験 I-4	12.20	1/571	20532.0	102.3	0.007	21357.0	106.4	0.007
本実験 I-5	13.02	1/888	21980.0	101.5	0.009	21672.0	100.1	0.009
本実験 I-6	16.35	1/1176	25961.0	94.5	0.007	27638.0	100.2	0.006
本実験 I-7	20.00	1/175	36010.0	114.5	0.007	39641.0	126.2	0.007

堰流量から算出 流速分布から算出

(1) 平均流速

管内の平均流速は2種類の方法で算出が可能である。一つは、三角堰流量と管内水深から算出する方法であり、もう一つは実測流速の平均値から算出する方法である。異なる方法で算出された2種類の平均流速を比較すると、ともに管径の6~7割水位時に平均流速がピークとなり、満管時に再度大きな値を示す傾向が見られた。また各ケースにおける流速測定結果を等流速線図(センター図)として図化したところ、いずれのケースについても流水断面のほぼ中央に最大流速をもち、外壁に近づくにつれ流速は低下しながら同心円状の等流速線を描くことが確認された。

表-3 点流速測定位置とK_pの関係

流量測定法の1つとして知られる

点流速測定法を用いた場合、点流速と点補正係数K_pの関係は表-3のようく表される。点流速から平均流速を求めるためには、いくつかのアプローチが考えられる。K_pを水深の関数として与えるのが最も実用的と考えられる。したがって、水深と

実験ケース	0.1D		0.2D		0.3D	
	点流速	K _p	点流速	K _p	点流速	K _p
本実験 I-1	88.3	0.89	86.7	0.91	76.6	1.03
本実験 I-2	107.6	0.92	110.1	0.90	107.1	0.93
本実験 I-3	113.2	0.94	117.9	0.91	123.3	0.87
本実験 I-4	83.3	1.28	98.4	1.08	114.5	0.93
本実験 I-5	84.3	1.19	91.9	1.09	100.0	1.00
本実験 I-6	92.7	1.08	102.3	0.98	109.0	0.92
本実験 I-7	132.9	0.95	141.8	0.89	143.3	0.88

・点流速は、各水深0.1D~0.3Dにおける断面中央部の流速を示す。(cm/s)

K_p=平均流速/点流速

1点測定流速による流量計測の実用化を今後検討する。

(2) 粗度係数

マニングの式を用いることにより、粗度係数nを算出した。ここでも(1)と同様に、三角堰流量及び実測流速からnを算出してみると、ともにほぼ同等の0.006~0.009の値を得た。円管における水理特性曲線の傾向は見られなかった。なお、式中で用いられる動水勾配は、測定地点に最も近い上下流のマノメータの水位差より求めた。動水勾配は、管内水深が大きくなるほど緩勾配になる傾向であった。

4.まとめ

- (1) 粗度係数として、塩ビ管およびアクリル管の粗度として一般的に扱われる値(0.008~0.010)に近い値を得た。
- (2) 一点流速測定による流速と平均流速の比K_pを求めた。
- (3) 今回の実験は水路勾配を水平で行ったが、今後は勾配を幾通りに変化させ様々な条件での流れの現象について実験検討を行い、1点流速測定法の実用化の検討を行う。

参考文献

山本,田村,稻垣:超音波式管渠流量計の研究、第12回下水道研究発表会講演集、1975