

露出配管の汚水凍結に関する検討について

1. はじめに

露出配管については、冬季に凍結が懸念されており、凍結閉塞条件の把握を目的に、国土技術政策総合研究所にてシミュレーション技術を用いた検討を行っている。検討にあたっては、実際の現象を把握することが不可欠であることから平成 21 年 2 月に露出配管の採用を予定している岩手県二戸市浄法寺にて凍結実験を実施した。この実験について報告を行うとともに、併せてシミュレーションの検討状況についても報告を行う。

2. 凍結実験について

2-1. 実験目的

流下条件に加えて、滞留した条件での凍結現象把握および実験結果のシミュレーションへの反映を目的として実験を実施した。

2-2. 実験概要

実験装置概略を図-1 に、実験装置の現地写真を写真-1・2 に示す。管材は、採用が想定されるプラスチックとした。プラスチックは、金属と比較して熱伝導率が小さいことから、凍結現象が観察されやすいように、VU 管（肉薄管）とした。流体には水道水を用い、循環利用した。凍結状況確認のため、点検孔を 2 箇所（上流から 4m と 8m の地点）設置した。

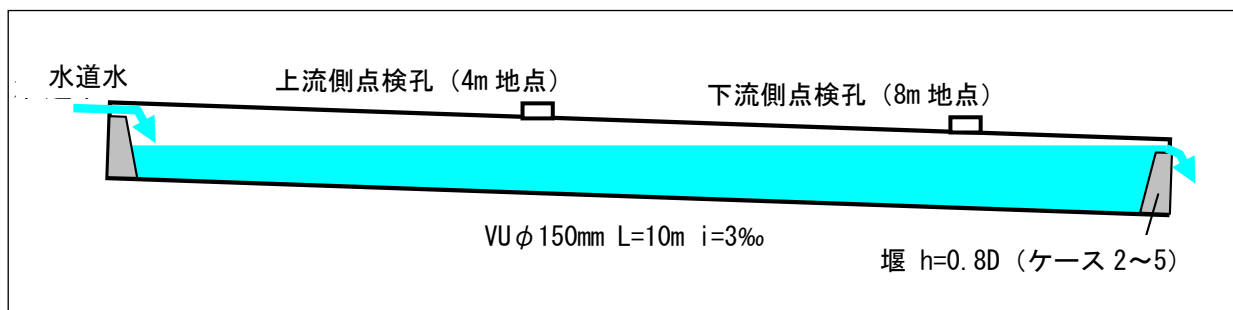


図-1 実験装置概略図



写真-1 実験装置（左側よりケース 1～5 を設定）



写真-2 堰部の流水状況（ケース 4）

実験条件を表-1 に示す。流下条件に加え、堆積物による滞留を想定し堰を設置する条件を設定した。この条件において、流入流量の異なる 4 条件を設定し、影響の確認を行った。

表-1 実験条件一覧

ケース	管種類	堰	流量	管内状況
1	塩化ビニル (VU) 管 φ 150mm	なし	3 l/分	流下
2		あり 120mm (0.8D)	3 l/分	滞留 (流下あり)
3			9 l/分	
4			18 l/分	
5		0 l/分	滞留 (流下なし)	

実験は、露出配管の採用を予定している岩手県二戸市浄法寺地区で平成 21 年 2 月 23 日から 26 日の夜間 3 日間実施した。

実験中は、流入タンクおよび各条件の流出部水温、外気温を連続的に測定した。約 3 時間ごとに流況を確認するとともに、点検孔より水深、氷厚の計測を実施した。凍結が確認された場合、翌日 9:00 に滞留部の水量計測を実施し、凍結前の値と比較することで、滞留部の氷量を算出した。

2-3. 実験結果

2-3-1. 気温・水温

実験期間中の気温について、図-2 に示す。実験中で最も夜間の気温が低くなった結果、すなわち 24 日 9 時の状況について報告を行う。

23 日夜から 24 日朝までの流入水温、流出部水温、外気温をまとめて図-3 に示す。今回は、凍結現象が確認しやすいように、ヒーター等で温度調節を行わず、流水を循環させた。このため、流入水温は 18 時から 9 時の平均値が 0℃と非常に低い温度での実験となった。

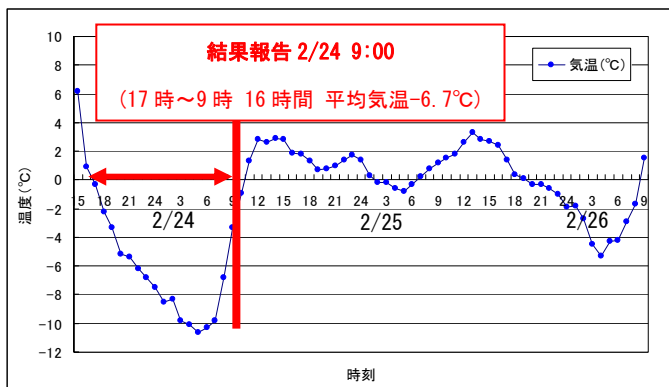


図-2 実験期間中の気温

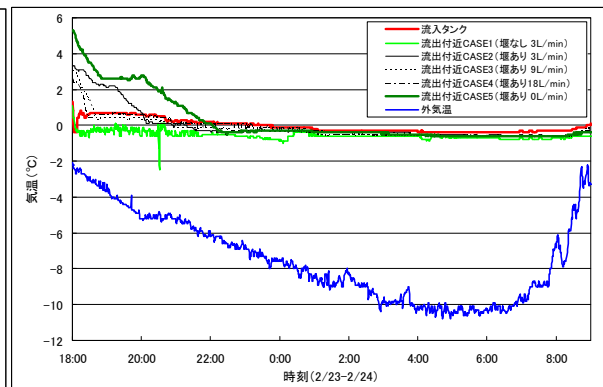


図-3 水温等の経時変化 (2/23 夜~2/24 朝)

2-3-2. 凍結状況について

24 日 9 時においては、凍結閉塞および流量変化は観察されていない。また、同時刻に堰を撤去して水を抜いた後の管内状況について写真-3 に示す。全ての条件で凍結が確認されているが、ここでは、ケース 1・2・5 について、所見および下流側点検孔における氷厚と合わせて掲載した。なお、ケース 3・4 はケース 2 より氷が薄い状況であった。



ケース1：堰なし
氷の中を水が流れている。 流水表面両端より氷は成長していた。
参考) 下流側点検孔 氷厚 底面：8mm 表面：2.5mm

ケース2
流水上面および潤辺が凍結している。どのケースでも点検孔部は流出部より表面が厚く凍結している。
参考) 下流側点検孔 氷厚 底面：11mm 表面：11.5mm

ケース5
流水上面および潤辺が凍結している。堰との接触面は全面凍結していたが排水時に撤去した。
参考) 下流側点検孔 氷厚 底面：13mm 表面：12mm

写真-3 24日9時の管内の凍結状況

凍結前後で堰内に滞留している水量を計測し、その差を滞留部の凍結量として表-2に示した。26日朝にも凍結現象が観察されており、併せて結果を記載している。ただし、今回の測定方法ではケース2～4における流水上面の凍結水量については、必ずしも反映されていないことに留意が必要である。

流量と凍結量の関係を図-2に示す。これより、流量が大きくなると滞留部の凍結水量が小さくなることが示されている。

表-2 滞留部の凍結水量一覧

ケース	流量 (ℓ/min)	滞留水量 (ℓ)	平均流下・滞留時間 (min)	24日9:00		26日9:00	
				凍結量 (ℓ)	滞留水量比	凍結量 (ℓ)	滞留水量比
1	3	-	1.3	-	-	0	-
2	3	151	50.3	29	19%	6	4%
3	9	149	16.6	16	11%	3	2%
4	18	147	8.1	4.5	3%	1	0.3%
5	0	149	-	36	24%	19	13%

* 堰内の水量を比較しているため、ケース2,3,4において流水表面の凍結量は反映されていない。

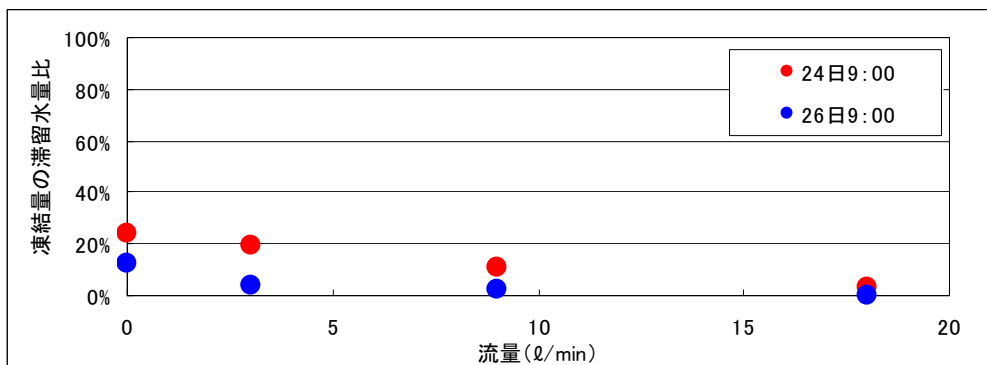


図-2 流量と凍結量

3. シミュレーションについて

実験と並行して、シミュレーションによる解析を実施している。その条件を図-3 に、計算結果の内、温度について図-4 に示す。

管壁ごく近傍では流体温度が凝固点を下回り、凍結に至る可能性が示されている。一方、出口近傍では凝固点に非常に近いものの下回らない結果となっている。

今後は、実験結果と比較検討を行い、解析を進める予定としている。

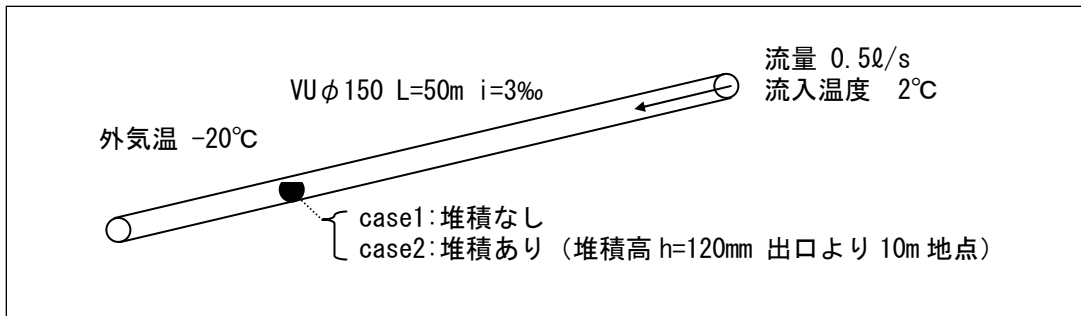


図-3 シミュレーション条件

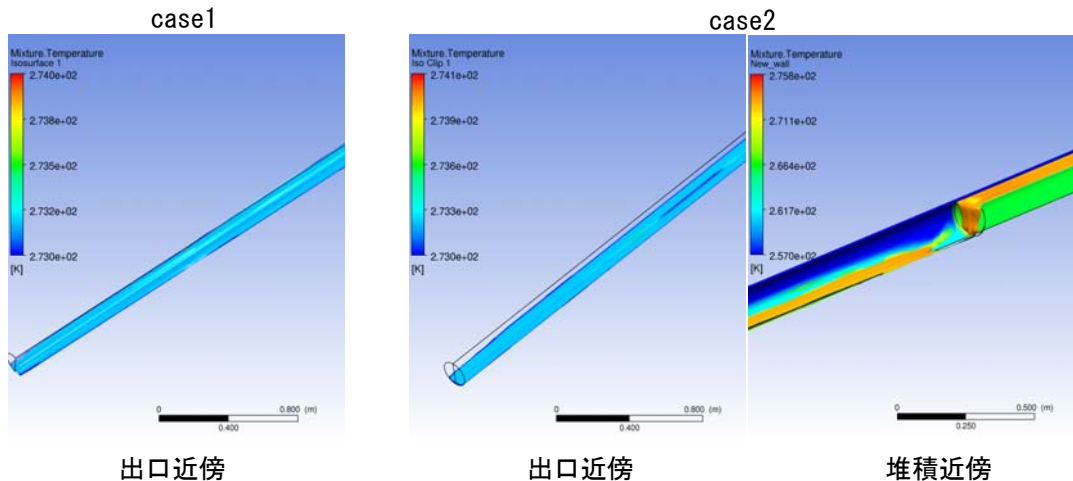


図-4 シミュレーション結果（温度）

4. まとめ

実験については、2月末に実施したところであり、実験データの整理・解析を鋭意進めている。今後は、実験およびシミュレーション結果の比較検討を進めながら解析を進めていく予定であり、必ずしも整合がとれない点については、文献調査を含めて精査することとしている。

このような状況を踏まえつつ今回の検討については以下のとおりまとめる。

- ①実験では、流水条件、滞留条件とも凍結は確認されたが、管閉塞までには至らなかった。
- ②滞留部の凍結量は、流水流量が大きくなると、小さくなる。
- ③今後は、実験結果およびシミュレーション結果の比較検討を行い、解析を進めていく。

以上