

II-148 3本の立坑を有する管路系のサージング現象

西松建設(株) 技術研究所 正会員○多田彰秀
京 都 大 学 工 学 部 正会員 細田 尚
京 都 大 学 防災研究所 正会員 井上和也
西松建設(株) 技術研究所 高村浩彰

1. はじめに； 地下河川や地下放水路に代表されるような複数の立坑を有する管路系では、流入現象の急変（例えば負荷遮断）に伴って立坑水位が急激に低下し、さらに管路天端より水位が低くなると、自由水面および管路・開水路境界面が発生し、上・下流に伝播する。このようなサージング現象は既に数値解析¹⁾によって再現されているものの、水理実験によってその基本特性を明らかにした研究事例は極めて少ない。

本研究は、上述のような過渡現象を対象にその変化過程並びに現象を支配するパラメータを明らかにするため、3本の立坑を有する円管路を用いて水理模型実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要； 水理実験は、西松建設(株)技術研究所に設置された3本の円筒立坑（直径40mm）を有する直径80mmの円管路を用いて行われた（図-1参照）。実験に際しては、流量、上流水槽および下流水槽の水深および図-2に示される管路底部の水圧

（No.1～No.12）が、それぞれ容量式波高計、三角堰および圧力変換器によって計測された。100 Hzで取り込んだ時刻歴データはAD変換ボードを搭載したパソコンで処理された。

また、定常な管路流を発生させた後、上流水槽直下流の手動バルブを急閉する（流量を0にまで急減させる）ことによってサージング現象を発生させた。さらに、立坑水位が急激に低下し境界面が左右両側に伝播する過程および、その後揺れ戻しによって再び立坑水位が急上昇する過程をビデオおよび写真撮影した。実験は、表-1に示すように流量、下流水槽の越流堰高さを変化させて9ケース行った。

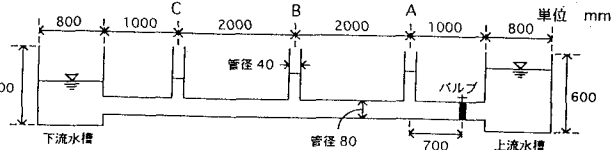


図-1 実験装置の概要

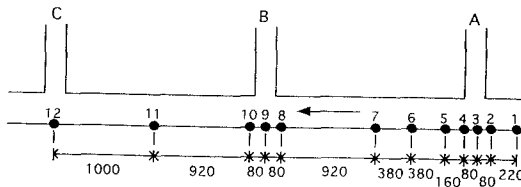


図-2 圧力変換器の設置位置

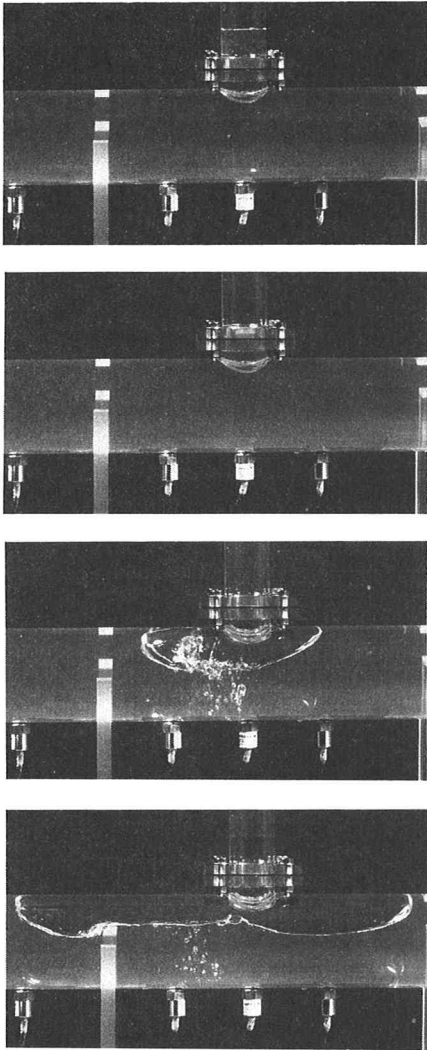
3. 実験結果および考察； 写真-1は、手動バルブを急閉した直後の立坑-Aにおける水位低下の過程を撮影したものである。写真からは、1)バルブ急閉後の立坑水位の急激な降下、2)空気泡の満水管路への浸入状況および3)管路・開水路境界面上・下流への伝播といった一連の過程が読み取れる。特に、境界面先端部はくびれた形状を呈し、その背後に波状の水面形が追隨していることが確認される。なお、写真撮影の間隔は約 0.125秒であり、Run-50の実験ケースに対応している。

図-3は、Run-52の場合の立坑-A、立坑-Bおよび立坑-Cの位置で計測された圧力の時系列データである。揺れ戻しに伴う立坑水位の急上昇およびその減衰振動が示されている。特に、各立坑における水圧のピーク値がほぼ同時刻に出現していることは興味深い結果である。さらに、その値は下流側の測点ほど小さくなる傾向にあることも読み取れる。

図-4は、Run-50、Run-51およびRun-52を対象に、水圧の最大値 $p_{max}/\rho g$ （揺れ戻しに伴う第1波目の水圧のピーク値）と流量の関係を示したものである。各立坑ともに $p_{max}/\rho g$ の値は、流量の増加とともに大きくなるがわかる。また、バルブに近い立坑ほど $p_{max}/\rho g$ は

表-1 実験ケース

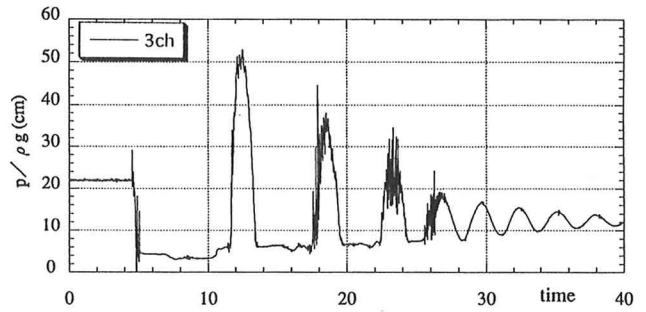
Run No.	下流水槽の堰高さ(mm)	流 量 (l/s)	バルブ閉鎖時間(s)
50	天端+40	1.975	0.69
51	天端+40	3.346	0.73
52	天端+40	5.112	0.75
53	天端+25	1.959	0.76
54	天端+25	3.341	0.72
55	天端+25	5.079	0.69
56	天端+10	2.080	0.60
57	天端+10	3.403	0.50
58	天端+10	5.212	0.60



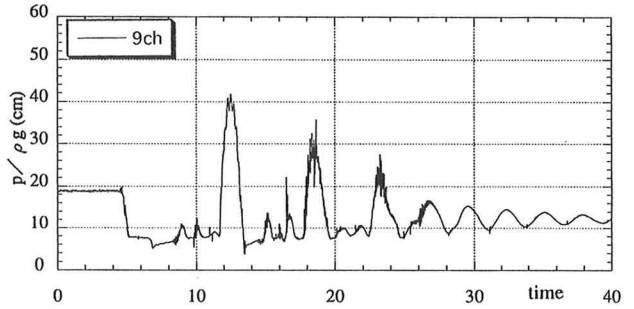
写真－１ 立坑水位の急降下 (Run-50)

大きい値を示している。さらに、同図中には立坑-Aに注目して、Run-53～Run-58の $p_{max}/\rho g$ の値もプロットされている。すなわち、下流水槽に設けられた越流堰の高さが $p_{max}/\rho g$ に及ぼす影響が比較されている。堰高さが大きいほど、水圧の最大値も大きくなっている。

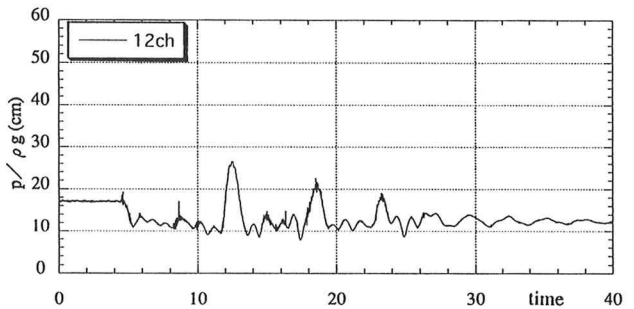
4. おわりに： 以上より、3本の立坑を有する円管路のサージング現象は、初期の管路流量、上流水槽と下流水槽の水位差（下流水槽部の越流堰高さ）およびバルブ閉鎖時間に支配されていることが明らかとなった。今後は、立坑が2本の場合や1本の場合についても検討する予定である。＜参考文献＞1) 細田他；管路・開水路流れ境界面の伝播を考慮した非定常流の数値解析法、京都大学防災年報、第36号 B-2、1993、pp. 593～605。



(a) 立坑－A

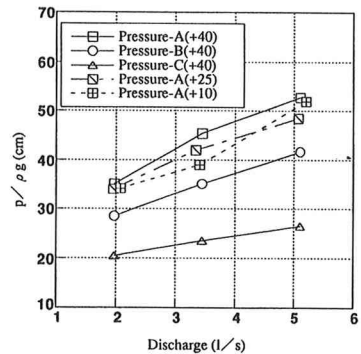


(b) 立坑－B



(c) 立坑－C

図－３ 水圧の時系列データ (Run-52)



図－４ $p_{max}/\rho g$ と流量の関係