

北海道大学工学部 高桑哲男

北海道大学工学部 船水尚行

北海道大学大学院 ○鈴木憲明

1. 研究の目的と背景

雨水排除計画には初期段階から計画年次までを見込んだものと、既存の雨水排除施設的能力不足を補うものの2種類が存在する。下水道普及率がほぼ100%に達している都市域においては計画を初期からやり直すことは困難であり、後者が重要となる。しかし、下水道普及率が50%を超えたばかりの我が国においては前者も依然として重要であり、将来において現在都市域で発生しているような問題が起こることを避けるという意味からも設計法は細かく吟味されなければならない。吟味すべき問題の1つとして、管路の接合方法があげられる。雨水管網敷設における管路接合方式は、一般に管頂接合あるいは水面接合が良いとされている。管頂接合を使用する場合と同様の管路勾配を用いる場合、管底接合を用いると掘削深さが小さくなる。本研究ではこの部分に着目し、管頂接合を使用する場合と掘削深さを同等にとり、管路勾配をより大きくとった管底接合を設定し、その特徴について吟味した。

2. 研究方法

まず、図1のように主管、副管の定義を行う。その上で、図2のような管頂接合に対して図3のような標準的な管底接合（以下、Ⅰ型管底接合）を設定し、その能力の確認を行う。次に、図4のような管底接合（以下、Ⅱ型管底接合）を設定し、これを主管同士の接合（以下、主管接合）、副管同士の接合（以下、副管接合）、主管と副管との接合（以下、主管副管接合）の各部分に使用した管網を作成する。これらに対して、放流水面の上昇と流量の増加という悪条件を与え、各々の管網の悪条件に対する挙動について調べる。解析条件については表1で示す。なお、水位算出の際には連続の式と運動方程式を基礎式とした水理学的モデルを用いた非定常解析を行っている¹⁾。

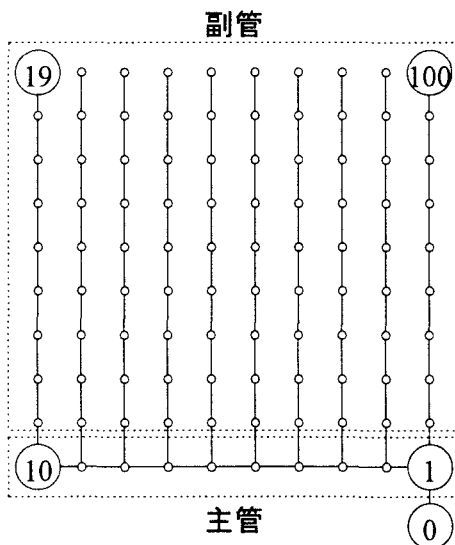


図1 主管と副管

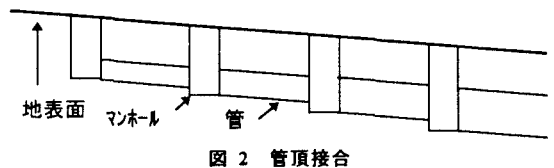


図2 管頂接合

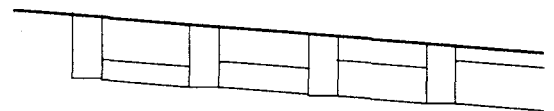


図3 管頂接合と同じ管路勾配をもつ管底接合（Ⅰ型）

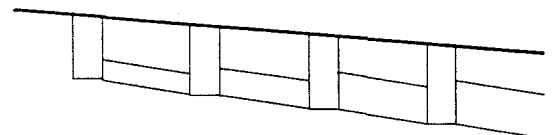


図4 管頂接合と異なる管路勾配をもつ管底接合（Ⅱ型）

表 1 対象管網（図 1）の諸元と計算条件

マンホール	面積：4(m ²) (幹線管路設置部分), 0(m ²) (枝管末端設置部分)
幹線管路	管路長：200(m), 勾配：管頂接合→0.001 (=地表勾配) 管底接合→各々調節 (表 2)
枝管	管路長：150(m), 幹線管路 50(m)おきに設置したとして代表枝管を用いて計算 ²⁾
単位排水区	面積：4(ha), 流出係数：0.5
降雨強度式	I=3200/(20+t)
悪条件	放流水位上昇(1m), 流量増加(流出係数の増加：0.5→0.75)

表 2 II 型管底接合を用いる場合の管路勾配

管路番号	主管管底接合	主管副管管頂接合		主管副管管底接合	
		副管管頂接合	副管管底接合	副管管頂接合	副管管底接合
1~10	0.00272	-	-	-	-
11~19	-	0.00100	0.00150	0.00100	0.00150
20~28	-	0.00100	0.00150	0.00133	0.00183
29~37	-	0.00100	0.00150	0.00161	0.00211
38~46	-	0.00100	0.00150	0.00189	0.00239
47~55	-	0.00100	0.00150	0.00217	0.00267
56~64	-	0.00100	0.00150	0.00217	0.00267
65~73	-	0.00100	0.00150	0.00244	0.00294
74~82	-	0.00100	0.00150	0.00244	0.00294
83~91	-	0.00100	0.00150	0.00272	0.00322
92~100	-	0.00100	0.00150	0.00272	0.00322

3.研究成果と考察

解析結果の概略を表 3 に示す。これは、I 型管底接合、II 型管底接合を用いた場合のピーク水位を、全域に管頂接合を用いた場合と比較したものであり、○がピーク水位が低くでたもの、×がピーク水位が高くてたもの、－がそれほど差が無かったものである。

表 3 管頂接合を使用した場合と比較した管底接合を使用した場合のピーク水位

悪条件	I 型管底接合	II 型管底接合		
		主管接合	主管副管接合	副管接合
設定せず	×	－	－	－
放流水面上昇	×	－	×	○
流量増加	×	○	×	－

表 3 より、管底接合を用いて水位低下に対して効果があるのは、以下の場合であることがわかる。

- 1) II 型管底接合を主管接合に用いた場合
- 2) II 型管底接合を副管接合に用いた場合

この 1), 2) を組み合わせた場合のピーク水位及びピーク流量を図 5、図 6 に示す。この場合、放流水面上昇に対しても流量増加に対しても、全域に管頂接合を使用した場合よりもピーク水位が低下している。また、大きな管路勾配を使用する際に懸念される、流下時間短縮による排水区下流域における流量の集中は今回用いた方法においては起こらず、図 7 のようにむしろ大きな流量ピークのカットがみられた。これは、ピーク時刻以前における水位が低く抑えられるため、ピーク時刻における大流量を一時的に管内に滞留する能力が大きくなったためである。

また、先ほどの条件よりも大きな地表勾配(0.003)を想定した場合には、水位低下に対して殆ど効果がないという結果となった。

例えば、流量増加に対しては接合方式の変更による管内貯留効果の増大は図 8 のように、殆ど見られない。また、図 7 と図 8 とでは同じ降雨量を与えたにもかかわらず、ピーク付近での流量の絶対値が地表勾配が大きな場合(図 8)の方が大きくなっており、この場合には基本的に流量の増加に弱いということが分かる。

これは、地表勾配が大きい場合、設計の段階で管路直径が全体的に小さく算出されるということに起因していると考えられる。また、管路接合方式の変更による効果が小さいことも、これに起因していると考えられる。

これに対して、放流水面上昇に対しては基本的に強く、管路接合方式の変更によるメリットは、この場合もあり見られない。

4. 結論

本研究において得られた結論は以下のようまとめられる。

- 1). I 型管底接合は、大きな浸水をもたらす危険性をもっている。
- 2). II 型管底接合は、主管接合に用いた場合は流量増加に対して、副管接合に用いた場合は放流水面上昇に対してピーク水位を低下させる。逆に、主管副管接合に用いた場合にはピーク水位を上昇させる。
- 3). 2). より、主管接合と副管接合に II 型管底接合を用いると、同サイズの管を用いて掘削深さもそれ程変化させずに、将来における悪条件に対する能力の高い雨水管網を得ることが出来る。
- 4). 勾配が大きいことから懸念される下流部における流量の集中は起こらず、逆に管内滞留能力の増加から流出に遅れが起こり、流量のピークはカットされる。
- 5). 地表勾配が大きい場合には、管路接合方式による悪条件への抵抗性にはそれほど期待することはできない。

<参考文献>

- 1) 高桑哲男・船水尚行 : 雨水管網の非定常計算プログラム
下水道協会誌論文集, Vol.31 No.375 pp14~31
- 2) 鈴木憲明・高桑哲男・船水尚行 : 雨水管網における枝管流れの表現法に関する研究
土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集 第 7 部

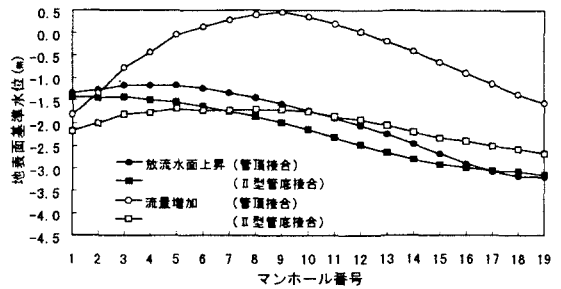


図 5 主管及び上流側副管のピーク水位

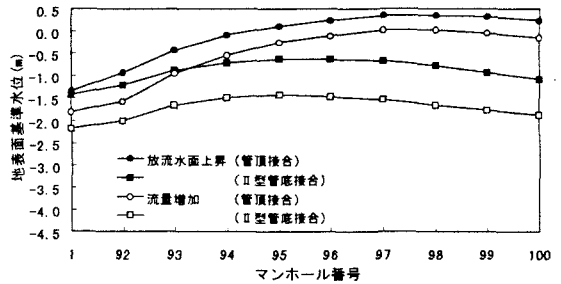


図 6 下流側副管のピーク水位

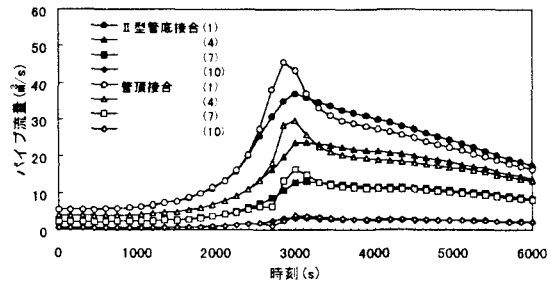


図 7 主管流量の経時変化 (流量増加の場合, $s=0.001$)

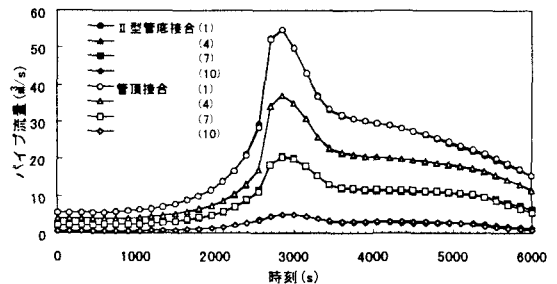


図 8 主管流量の経時変化 (流量増加の場合, $s=0.003$)