

都市雨水排水管渠システムの圧力流れに関する検討

復建調査設計(株) 正員 ○栗原 崇
愛媛大学工学部 正員 渡辺 政広
エイトコンサルタント(株) 正員 安藤 彰展

都市域の雨水排水管渠システムにおける豪雨時の流出は、開水路流れと圧力流れが混在する複雑なものとなっている。本報告では、上述の圧力流れに対象を絞り、実流域の排水管渠に多数接続されているものの、これまで全く取り扱われてきていない雨水・汚水排水用の取付管 (laterals) による貯留効果を考慮した圧力流れについて、水理実験を行なって検討した。

1. 取付管の設置状況 (松山市街地域)

実流域の排水管渠 (上・下流マンホールを結ぶ管渠区間) には、図-1 に示すように、雨水・汚水排水用の取付管 ($\phi = 150 \text{ mm}$) が多数接続されている。調査流域の松山市街地域では、ほとんど全ての排水管渠にこうした取付管が設置されており、図-2 および図-3 に示すように、これらの取り付け角度 θ は概ね $10^\circ \sim 45^\circ$ ($\sin \theta$ は概ね $0.20 \sim 0.70$)、また平均的な取り付け間隔 ΔL は概ね $4 \text{ m} \sim 18 \text{ m}$ となっている。

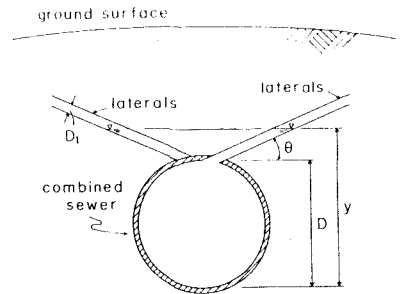


図-1 排水管渠と取付管

2. 流れの基礎式

図-4 に示すようないくつもの取付管が接続する排水管渠を考え、この Δx 区間に運動量および質量の保存則を適用すると、それぞれ次の運動方程式および連続の式が得られる。ここで、水は非圧縮性で、かつ管壁は弾性変形しないものとして取り扱っている。また流水の取付管への流入出に伴う水頭損失、ならびに取付管内の水塊の加速度は、いずれも無視しえるものとしている。

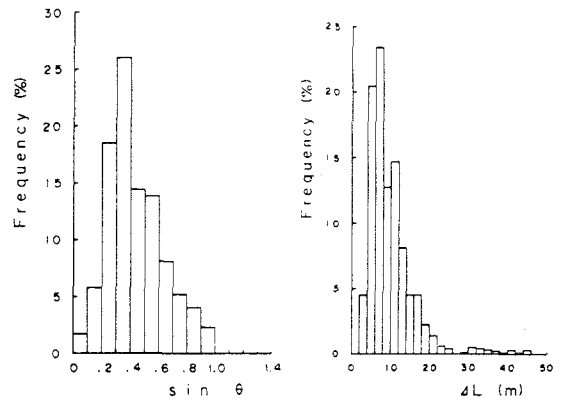


図-2 $\sin \theta$ の分布 図-3 ΔL の分布

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{c'^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$c' = \sqrt{g(\Delta L) \sin \theta (D/D_1)^2} \quad (3)$$

ここに、 V : 断面平均流速、 y : 管底から測ったピエゾメータ水頭、 S_0 および D : 排水管渠の勾配および直径、 S_f : 摩擦損失勾配、 ΔL 、 θ および D_1 : 取付管の平均間隔、角度および直径、 g : 重力加速度、 x : 距離、 t : 時間。また、 S_f は次式のように表される。

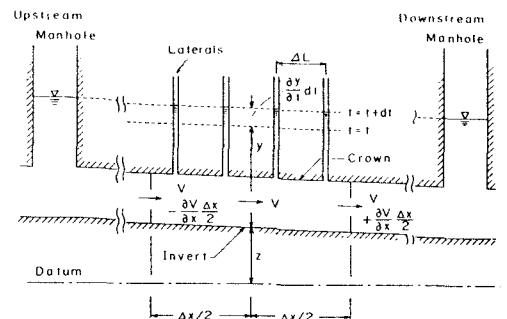


図-4 圧力流れ

$$S_f = f \frac{1}{D} \frac{|V|V}{2g}$$

$$= \frac{n^2 |V|V}{R^{4/3}} \quad (4)$$

ここに、 f ：摩擦損失係数、 R ：径深（ $= D / 4$ ）、 n ：Manning の粗度係数。

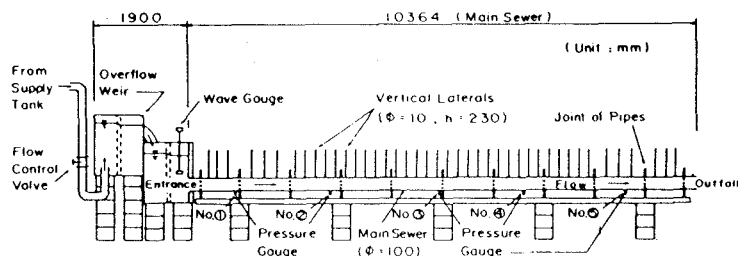


図-5 水理模型の概要

3. 水理模型実験による検討

流れの基礎式と、これらによる数値解析（特性曲線法）結果の適用性を調べるため、図-5に示すような管渠模型を作成し、流出実験結果を数値解析結果と対比して検討した。

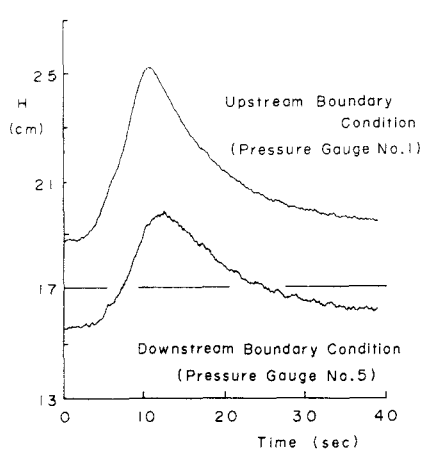
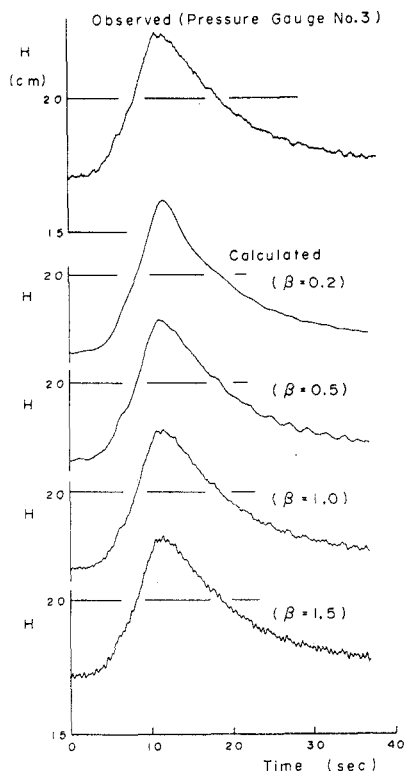


図-6 (上図) 上・下流境界条件 (右図) 実験結果と数値計算結果の比較



水理模型の概要： 排水管渠模型は内径 100 mm、全長 10.3

6 m の透明アクリルパイプ製で、頂部には取付管に相当する内径 10 mm の透明アクリルパイプが鉛直に取り付けられている。排水管渠内の圧力変動は、管渠底の5地点（Gauge No. 1 ～ 5）に設置された圧力測定装置（圧力ゲージ → 動ひずみ計 → データレコーダ）により記録される。なお、本排水管渠内の圧力流れは、滑面乱流となることを確かめている。

適用性の検討： 流出実験結果と数値解析結果を対比して検討した1例を、図-6および図-7に示す。ここで、数値解析においては、Gauge No. 1 および No. 5 地点で測定した水位ハイドログラフをそれぞれ上・下流境界条件として与え、(3) 式より得られる c' 値ならびにこれと異なる c' 値（ β 倍した値、 $\beta = 0.1 \sim 2.0$ ）を用いる場合についての流出計算を行なっている。

これらより、取付管を有する排水管渠の圧力流れに対する基礎式として、(1) ～ (4) 式を用いることにより、十分に実用しえる解析結果の得られることが分かる。

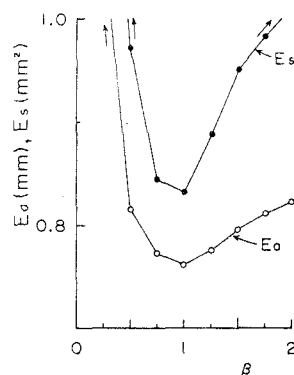


図-7 適合度の検討