

盛土構造物周辺風環境に関する 実験と数値シミュレーションの比較検討

(株)構造計画研究所 ○高嶋信博, 林 保志

1. はじめに

近年、道路建設、宅地造成、リゾート開発、ウォーターフロント開発等の大規模土木工事は、増加の一方にある。このような状況の中、これらの工事による地形改変や構造物の建設などが周辺の風環境に及ぼす影響を定量的に把握し、評価することが重要な課題となってきた。

また、貯水池における濁水の長期化現象、原子力発電所や火力発電所から排出される温排水の拡散現象などが自然環境に及ぼす影響を把握することも重要な課題となってきた。

これら土木工学における環境問題に対しては、一般に風洞実験・模型実験による検討が行われている。しかしながら一方では、風や水の流動を支配する物理の諸方程式をコンピュータを用いて解いて行うとする数値シミュレーションによる検討も行われ始めてきている。

本報告は、盛土構造物周辺の風環境に対するケーススタディの1つとして、高速道路建設時の盛土構造物等を対象とした数値シミュレーションを実施し、風洞実験との比較検討を行った例を紹介するものである。

なお、解析には、株式会社構造計画研究所が作成した汎用3次元熱流動解析プログラム「HOTFL OWII」¹⁾を用いた。

2. 数値シミュレーション

表-1 基礎方程式

連続の式	
$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$	(1)
運動方程式	
$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_j u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \{ \nu_t (\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}) \} - g_i \beta \Delta T$	(2)
温度拡散式	
$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_p u_i T}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (k \frac{\partial T}{\partial x_i}) + Q$	(3)
記号の意味は次の通りである。	
i, j : 1~3 まで変化し総和規約に従う。	
x_i : 位置ベクトル , u_i : 流速ベクトル	
T : 温度 , Q : 発熱量	
P : 密度当りの圧力 , ν_t : 渦動粘性係数	
β : 体積膨張率 , ρ : 密度	
g_i : 重力加速度 , C_p : 比熱	
k : 乱流熱伝導率	

2.1基礎方程式

HOTFLOWⅡは、流体を非圧縮性粘性流体と仮定し、Boussinesqの近似を適用することにより、表-1に示す各基礎方程式で定式化されている。表-1に示された式(1)～(3)の各方程式を、陽解法(SMAC法)もしくはコントロールボリューム法に基づいて離散化し、反復計算により解を求める。

基礎方程式中の変数は、図-1に示すように、流速成分 u, v, w についてはセル面の中央(面心点)で定義し、圧力 P 、温度 T および濃度 C についてはセルの中心(体心点)で定義する。

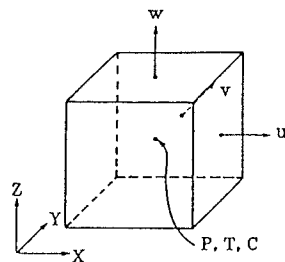


図-1 変数定義位置

2.2解析モデル

今回、図-2に示すような中央に開口部を有する2つの台形構造物を越える流れについて、風洞実験^{(2), (3)}と対応したシミュレーションを実施した。モデルは、断面aに関して対称として解析を行った。図-2には解

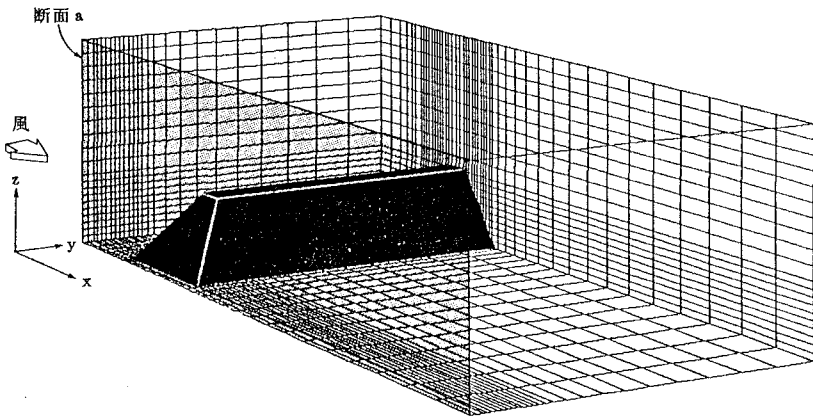


図-2 解析モデルおよびメッシュ分割図

析モデル図と合わせてメッシュ分割図を示す。メッシュ分割数は、X方向に46分割、Y方向に25分割、Z方向に20分割とした。また、乱流の取扱いに関しては渦粘性モデル(渦動粘性係数 $=18.6\text{cm}^2/\text{sec}$)とした。なお解析モデルは、風洞実験による結果との対応をとるために、堤高10cm、堤頂部幅4cm、堤底部幅19cm、底部開口幅2.5cmとした。

2.3解析条件

風は、図-2に示すように、X軸に平行に流入し、流入風速分布 U_z は式(4)に従うものとする。なお流入風速の分布図を図-3に示す。

$$u_z = u_0 * \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (4)$$

u_0 : 基準高さ(=50cm)

z_0 : 基準風速(=500cm/s)

α : べき乗則定数(=0.13)

z : 地上高

u_z : 地上高(z)での風速

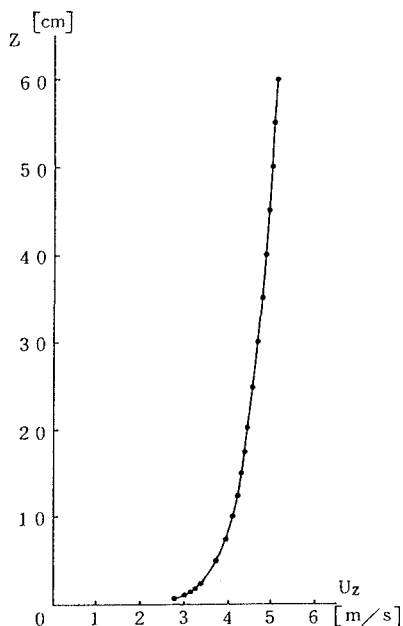


図-3 流入風速分布

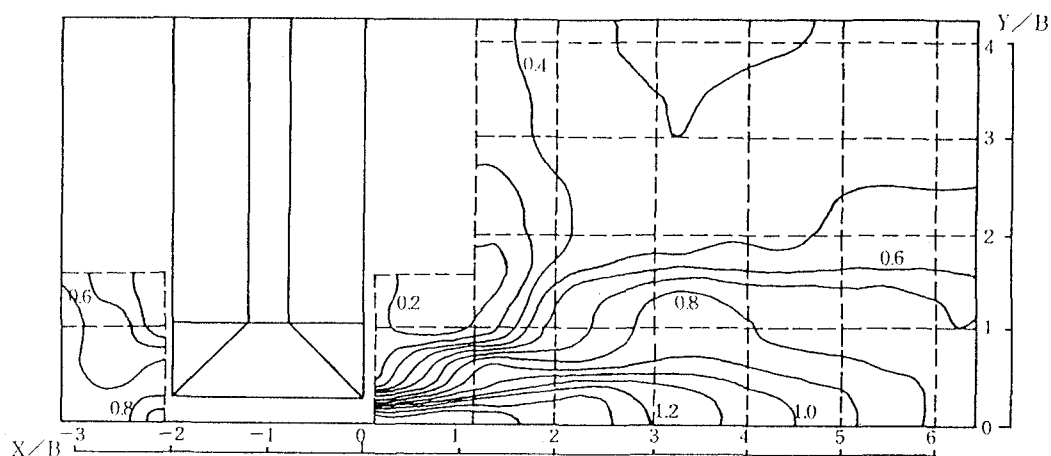
解析領域周囲の境界条件は、以下に示すとおりである。

風上側：高さごとに計算された風速（図-3）

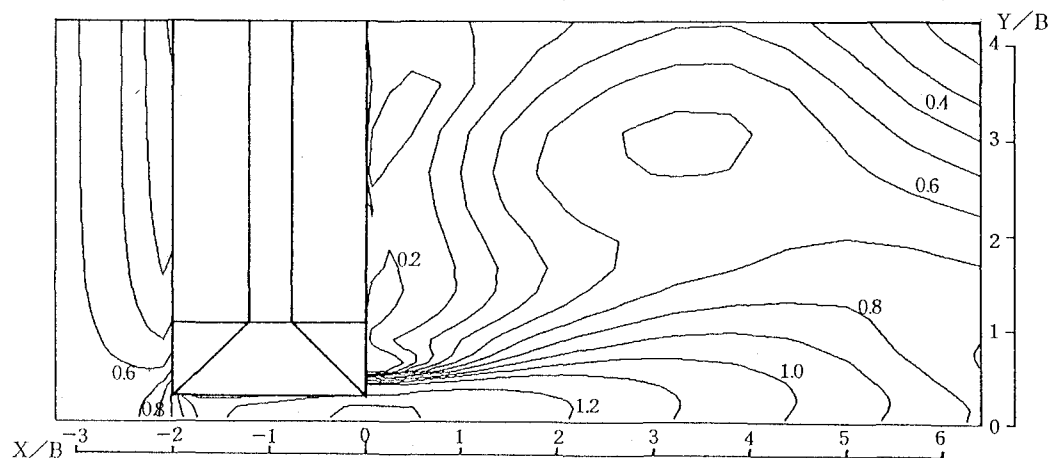
風下側：自然流出条件

対称面（断面a）：対称条件

2.4解析結果の検討



(a) 風洞実験結果



(b) 数値シミュレーション結果

図-4 風速分布図

数値シミュレーション結果と風洞実験^{2), 3)}による地表付近 ($H = 2\text{ cm}$) の風速分布図を図-4に示す。図中のコンターの値は、基準風速 ($u_0 = 500\text{ cm/s}$) で無次元化した値である。X軸、およびY軸は、障害物底部幅の $1/2$ ($B = 9.5\text{ cm}$) で無次元化してある。計算には、日本データゼネラル社製スーパーミニコンMV20000を使用した。計算時間は、約3時間程度を要した。

図-4より、風洞実験結果の風速分布と数値シミュレーション結果の風速分布は、定性的によく一致している。基準風速 ($u/u_0 = 1.0$) 以上の影響範囲は、風洞実験では $X/B = 4.5$, $Y/B = 0.5$,

数値シミュレーションでは $X/B=4.5$, $Y/B=0.7$ とよく一致している。開口部における最大風速は、風洞実験では $u/u_0=1.4$ 数値シミュレーションでは $u/u_0=1.3$ と風洞実験の方が多少速い風速を示している。

以上のように、盛土構造物周辺に及ぼす風の影響を把握するうえで、基準風速以上となる影響範囲を予測する場合には、今回のような渦粘性モデルによる数値シミュレーションでかなりよく評価し得るものと考えている。

3. まとめ

以上、盛土構造物周辺の風環境に対して風洞実験結果と数値シミュレーションの比較検討を行った例を紹介した。今回の検討によって得られた知見を以下に示す。

- (1) 盛土構造物周辺の強風影響範囲の把握において、数値シミュレーションが有効な評価手段の1つであると言える。
- (2) 今後の課題として、種々の風洞実験・観測値等との比較検討を行い、数値解析技術の向上と解析結果の信頼性の向上を計る必要がある。

最後に、今回の検討にあたって貴重なデータを御提供下さった建設省土木研究所 横山功一氏、有益な助言をいただいた成岡昌夫先生に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉川秀雄・近藤吉治：HOTFLOW II 使用手引書，構造計画研究所
- 2) 宇都宮英彦・長尾文明・平岡盾樹：局所風況の推定に関する基礎的研究，第9回風工学シンポジウム論文集，1986.
- 3) 宇都宮英彦・長尾文明・吉村哲：大規模土木工事による風環境変化の予測とその対策について，第8回風工学シンポジウム論文集，1984.