

CA による橋梁路面排水シミュレーションモデルの構築

香川大学工学部 正会員
 関西大学工学部 正会員

白木 渡 (株)ニュージェック 正会員 保田敬一
 堂垣正博 芦屋市役所 島村洋平

1. はじめに

路面の排水は非常に重要であり、ゴミなどによる排水管のつまりや排水しきれなかった水による路面の水たまりにより、安全で円滑な道路交通の確保が困難になることが多い。近年は集中豪雨が多くなったりと環境条件も変化していく中で、交通量の増大に対して路面の排水をいかに確保していくかが課題となっている。本研究では、路面の水の流れをモデル化し、橋梁路面の排水シミュレーションモデルを構築することを目的としている。

2. 路面排水について

道路橋示方書¹⁾には、「橋面には排水をすみやかに行うために必要な横断こう配をつけ、路肩には必要な間隔に十分な大きさの排水ますを設けるものとする。」と記されている。排水樹の最大間隔は 20m とし、縦断勾配が凹となる区間や伸縮装置付近には必ず排水樹を設けることが明記されている。排水樹の間隔を決定する場合、降雨強度と集水幅、流出計数から道路単位長さ当たりの流出量を算出し、通水可能幅と縦横断勾配から決定された側溝流量、および排水樹の形式から決まる落下率を用いて計算される²⁾。ただし、現状の排水樹の設置方法に関しては以下の問題点がある。

- (1) 特定の排水管や樹などの詰まりにより排水機能が低下した場合、路面排水状態がどのようになるかが不明である。
- (2) 設置した排水樹が全て有効に機能しているのかが不明である。すなわち、樹の配置が最適であるのかがわからない。

これらの問題点を解決するためには、CA を用いて路面排水をシミュレートする方法が有効と考える。

3. Cellular Automaton

CA(Cellular Automaton)は、生態組織を基礎にした力学システムである。組織の各部分で力学状態が感知され、それに応じてその部分の力学特性が変化するというモデリングが発生することで状態を変化させていく。各要

素の状態は、自分自身と隣接する要素の状態によるのみ決定される。CA を構成する要素としては、そのセルの状態 (0,1 または実数など)、着目しているセルの近傍にあるセルの集合、着目セルの状態を周辺の状態に応じて変化させるための局所近傍則 (ローカルルール) の 3 つがあげられる。

4. 空間のモデル化

本研究で対象としたのは、橋長 60.0m、片側幅員 8.0m (3.50m × 2+0.50m) の 2 車線道路である。横断勾配は 1.50% の一定勾配で、縦断勾配を 1.0%、3.0%、5.0% の 3 種類で解析を行った。また、橋梁の路面をモデル化するにあたり、橋面を 0.50m メッシュで分割した。

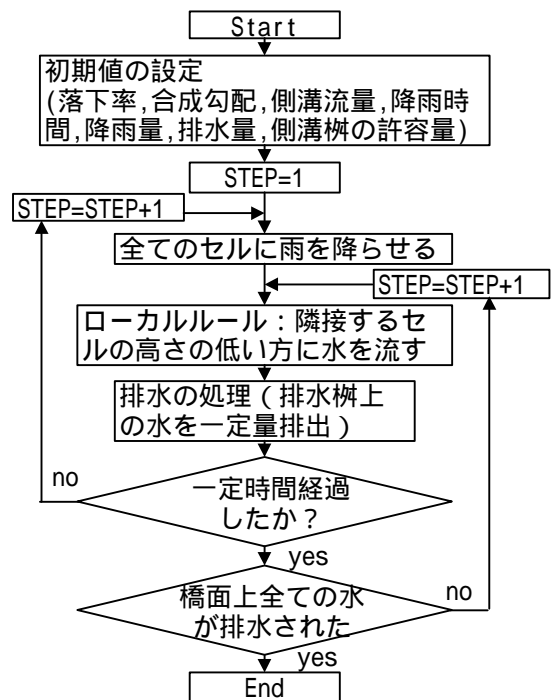


図-1 解析のフローチャート

解析上の仮定は以下のとおりである。

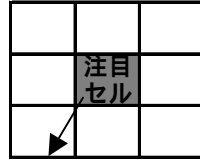
- 1) 解析対象から流出していく水は、その反対側の解析対象物から流入する。
- 2) 降雨は常に同じ降雨強度を保つ。
- 3) 排水樹の落下率は変化しない。
- 4) 水の流速は一定とする。

キーワード：Cellular Automaton, 路面排水, 橋梁

連絡先：(株)ニュージェック 〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 TEL.06-6245-4901 FAX.06-6241-8426

本研究では、まず、多数のセルに分割した路面に傾き方向を与える。次に、1ステップごとに計算で得られた雨量を降らせ、路面の傾き方向で設定したローカルルールに基づいて水を流す。以上の手順を路面上の水が全て排水されるまで繰り返した。ただし、降雨時間は1時間としている。解析手順のフローを図-1に示す。

路面の傾き方向は、図-2に示すように、着目しているセルとその周辺のセルが縦断勾配と横断勾配により、どの方向に傾いているかを算出し、



各セルに傾き方向を設定し、複数の方向に水が流れるようにした。このときの流量配分は、路面の縦断勾配と横断勾配の合成勾配から決定した。また、地覆部分には水が流れないように設定した。

まず、現状の排水柵間隔で正常に排水柵が機能しているかどうかを確認した。降雨強度は大阪における標準降雨強度(3年確率の10分間降雨強度全国図²⁾より)である90mm/h、落下率は0.7、流出計数は0.90、通水幅は路肩幅と同じ0.50mとした。計算した排水柵間隔(L)は、縦断勾配1.0%でL=11m、縦断勾配3.0%でL=18m、縦断勾配5.0%でL=20m(計算上は23m)である。また、1ステップに要する時間は、各セルの長さの0.50mを流速で除することから算出した。分割されたセルには、1ステップごとに各セルに降らせた雨量を与えるため、実数値の状態をとる。

5. シミュレーション結果

図-3から図-5に縦断勾配が1.0%の場合の路面の滞水状態の時間経過を示す。図の右上の60m方向に排水柵が6箇所設置されている。図-4および図-5の赤色部分は、通水幅の50cmで路肩部分の水深が3cm(50cm×6%)を越える場合で、3cmを越えた場合は表示をカットしている。図には示していないが、降雨開始後2分に至るまでに路肩幅より水があふれ出した。また、流出量と排水量の関係を見た場合、排水量はある時点で許容量に達するので一定になっているが、それ以上の水が路面上に流れていることになる。したがって、この排水柵間隔では設定した降雨を良好に排水できていないことがわかる。そして、図-4や図-5に示すように、降雨時間が60分を越えると降雨が中止されるので、橋面から水が徐々になくなっていく。

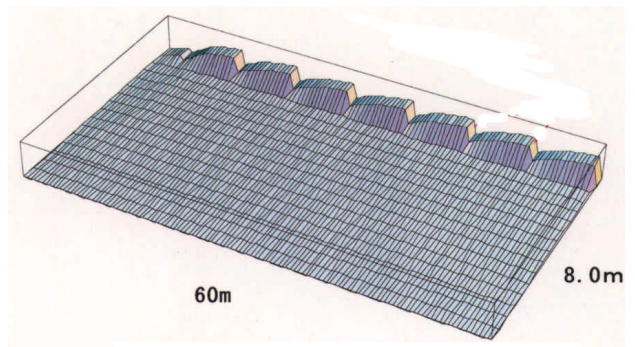


図-3 路面の状態 STEP 15 (1min)

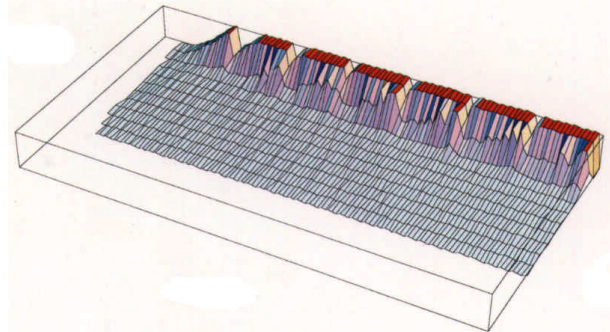


図-4 路面の状態 STEP 909 (60min36sec)

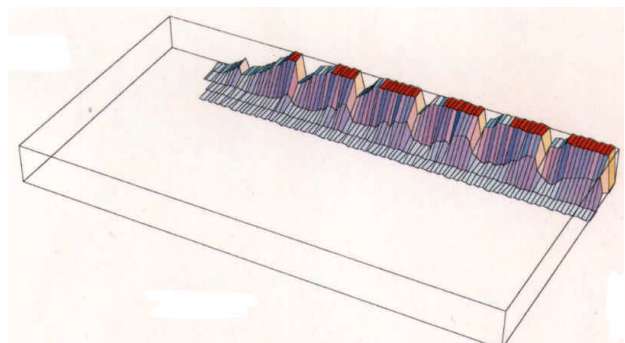


図-5 路面の状態 STEP 921 (61min24sec)

6. おわりに

本研究では、CAを用いることにより、橋梁路面排水シミュレーションモデルの構築を試みた。高さが低い方に水が流れるという単純なルールにより路面排水がうまくCAで表現できることが示せた。

今回は縦横断勾配が一定の単純なモデルであったが、今後は曲線区間で縦横断勾配が複雑に変化するようなケースや、特定の排水柵が管などの詰まりなどにより機能しなくなった場合、また、降雨強度が変化した場合、さらには排水柵の自動生成などにも対応できるように改良を加えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説， 共通編， 1996.12.
- 2) (社)日本道路協会：道路土工 排水工指針，1987.6.