

IV-18 地震津波を想定した高台への避難経路の解析手法に関する研究

高知高専 正会員 竹内光生
長岡技術科学大学 学生会員 ○廣瀬 翔

1. はじめに

1946年の昭和の南海道地震時には、振動災害とその後に襲ってきた津波のために多くの人命を失っている。今世紀前半には、南海道地震が発生すると予測されており、効果的な対策が求められている¹⁾。対策すべき課題の1つとして、浸水域および境界域の人々が、高台へ緊急避難するための避難路の整備問題がある。本研究は、避難経路を探索する解析手法を用いて、閉塞する危険性のある「その他の道路」で構成される道路網に、閉塞する危険性のない「避難路」を道路網の何処に配置すれば、移動距離や到達率が効果的に改善されるのかを検討したものである。モデルを用いた解析結果を報告する。なお、道路リンクの閉塞率を、「避難路」と「その他の道路」の2ランクの与件としている。「避難経路」は、「避難路」と「その他の道路」の混合である。

2. 避難経路

道路区間の閉塞を考慮する場合、経路は、最短距離経路と迂回路も含めて複数存在する。道路網の避難経路を探索する解析方法は、到達率最大の経路を探索する方法と乱数による方法の2つを用いた。到達率最大の経路を探索する方法は、代替路の効果を考慮できないが、経路の地震事前評価の方法であると考ええる。一方、乱数により閉塞の有無を判定し、閉塞していない道路網経路の最短距離経路を選択する方法は、代替路の効果を考慮することができるが、経路の地震事後評価の方法であると考ええる。最短距離経路の探索は、ダイクストラ法を用いた。

3. 閉塞率と到達率

道路区間の閉塞率を考慮する場合、2つのノード間リンクの閉塞率を p_i とすると、複数のリンクを直列に接続した経路の到達率（通過率） P_s は、式(1)のように積の式になる。積の式の経路探索法は見あたらない。

$$P_s = \prod (1 - p_i) \quad (1)$$

この到達率 P_s の範囲は、 $0 \leq (1 - p_i) \leq 1$ であるので、到達率を到達率の常用対数の絶対値に変換し、最短距離経路の探索手法であるダイクストラ法を用いて、到達率最大の経路を探索した。

4. 解析モデル

図1として、避難路の設定の異なる case1 ~ case4 の道路網ノード数49、リンク数84の格子状モデルを示す。モデルの各ノードから、左上隅にある高台に向かって避難移動する状況を想定している。リンク長は縦 70m、横 100m である。

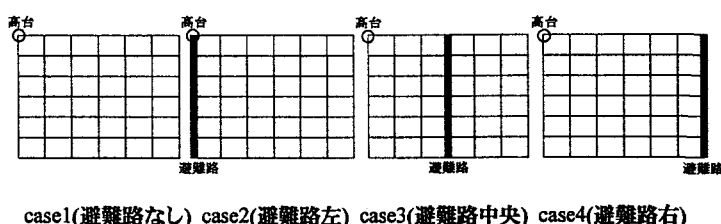


図1. 高台と道路網モデル

case1 は避難路なしである。case2 ~ case4 は、同じ長さの避難路を設定している。case2 は、避難路を左端に設定し、高台と直接接続している。

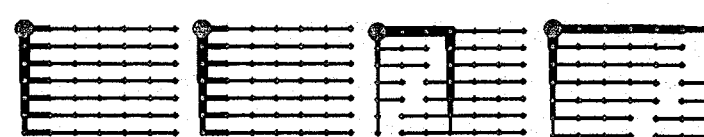


図2. 解析による避難経路網

case3 と case4 は、高台と直接接続していない。

case3 は避難路を道路網の中央に設定している。

case4 は避難路を右端に設定している。

5. 避難経路の解析

5.1 避難経路網

図2と表1に、避難経路網として、最大到達率の避難経路の

表1. 解析による避難経路網の移動距離と到達率

	総移動距離	到達率の平均	到達率の最小値
case1	24990	0.555	0.282
case2	24990	0.745	0.531
case3	26590	0.662	0.531
case4	26590	0.586	0.387

解析結果を、図1の解析モデル case1 ~ case4 のそれぞれについて示す。2つのノード間のリンクの閉塞率は、避難路を0、その他の道路を0.1とした。図2より、最大到達率の避難経路は、その他の道路のノード数が少なく

なるように選択されていることがわかる。case1 は、複数存在する最大到達率の避難経路のうちの1つが示されている。表1より、次のことがわかる。①避難路を設定する位置によって、総移動距離や到達率は変化する。②総移動距離は、case1=case2<case3=case4 である。③到達率の平均は、case2>case3>case4>case1 である。④到達率の最小値は、case2=case3>case4>case1 である。従って、⑤避難路を設定することにより、到達率は改善される。⑥解析モデルの場合、最適な避難路の配置位置は、避難路を高台と直接接続する case2 となっている。

5. 2 代替路の効果を考慮した避難経路

一様乱数により道路リンクの閉塞の有無を判定し、閉塞していない道路網経路の最短距離経路を探索する。図3に、図1の解析モデルの case1 を対象に、閉塞率を0.5として、乱数による1回目と2回目の道路網を示している。1回目と2回目の道路網は異なっている。高台まで迂回して行かなければならないノードや到達不可能なノードが発生している。反復回数は、10000回とした。

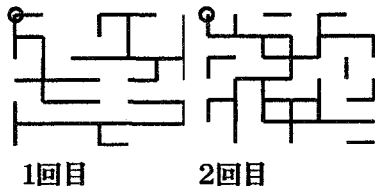


図3. 乱数による道路網

10000回反復すると、乱数はほぼ一様分布となり、各リンクの閉塞する割合もほぼ閉塞率と同じとなる。

	総移動距離	到達率の平均	到達率の最小値
case1	25939	0.987	0.976
case2	25435	0.999	0.988
case3	25913	0.987	0.976
case4	25935	0.987	0.977

表2に、閉塞率0.1の場合の、乱数による避難経路の解析結果を、代替路を含む避難経路の解析結果として示す。同じ閉塞率0.1の場合の、表1に示す最大到達率の避難経路の解析結果と比較して、到達率は大きくなり、代替路の効果が示されている。また、表2より、①避難路を設定する位置によって、総移動距離や到達率は変化する。②総移動距離は、case2<case3=case4>case1 である。③到達率の平均は、case2>case3 ≒ case4 ≒ case1 である。④到達率の最小値は、case2>case4>case3 ≒ case1 である。従って、⑤解析モデルの場合、最も望ましい避難路の配置位置は、避難路を高台と直接接続する case2 となっている。

図5～8として、代替路の効果の特性を示す。図1の解析モデルの case1 を対象に、到達率とノードの枝数の関係、および到達率とリンク数の関係を、図5と図6は閉塞率0.1の場合、図7と図8は閉塞率0.8の場合を示している。図には、対数近似曲線と相関係数の2乗値を追加している。「ノードの枝数」は、ノードと直接接続しているリンク数である。「リンク数」は、ノードから高台までの最小のリンク数である。図5と図6より、次のことがわかる。①閉塞率が小さい場合、ノードの到達率は、「リンク数」よりも「ノードの枝数」との相関が高い。図7と図8より、次のことがわかる。①閉塞率が大きい場合、ノードの到達率は、「ノードの枝数」よりも「リンク数」との相関が高い。

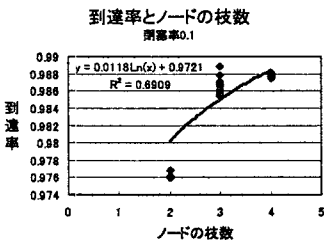


図5. 到達率とノードの枝数

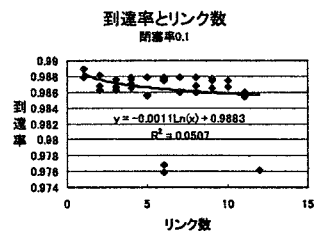


図6. 到達率とリンク数

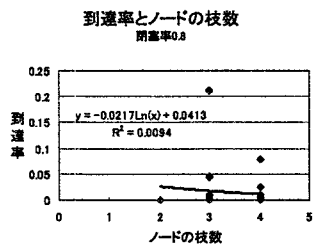


図7. 到達率とノードの枝数

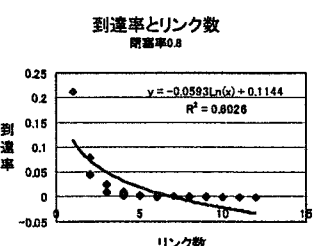


図8. 到達率とリンク数

6. まとめ

本研究の格子状道路網モデルの解析結果は次のようになる。①高台と道路網リンクの閉塞率を与件として、避難路の安全性とその他の道路の危険性を考慮した経路を探索することができる。②安全な避難路は、高台に直接接続する位置が望ましい。③到達率最大の避難経路を探索し、避難経路網として、視覚的に表現することができる。④代替路によって到達率が改善されることを示した。⑤代替路によって、総移動距離が増加する事例と減少する事例を示した。⑥代替路の効果は、リンクの閉塞率が小さい場合に大きい。代替路の効果が大きい場合に、ノードの到達率は、ノードの枝数との相関が高いことを示した。

7. 参考文献 1) 建設省都市局都市防災対策室監修：都市防災実務ハンドブッケー地震防災編一、ぎょうせい