

(I - 22) 地震被害における復旧資機材の最適配置方法

攻玉社工科短期大学 学員 ○中西 徹 豊村秀樹 成田武人
攻玉社工科短期大学 正員 山本欣弥 大野春雄

1. はじめに

地震時における被災者の避難、救援物資の運搬、復旧作業の実施では運搬車両の確保とともに車両が通行可能な道路、つまり道路ネットワークの確保が重要である。道路ネットワークに代表される交通輸送施設は、被災後の物資輸送や復旧活動に大きく関わっているのみならず、平時の我々の生活を支えているため、1974年伊豆半島沖地震に見られたように道路が遮断され、一部の地区が数日間孤立する様な事態が発生すれば社会的に大きな影響を与える可能性がある。現在、多くの自治体では、道路の中でも震災後の人員・資機材の輸送路の確保のために緊急時に優先的に通れるようにする「緊急啓開道路」を抽出している。被害箇所での復旧作業を早急に行うためには、必要な「人員集結場所」と「資機材集積場所」の確保が重要であるが、復旧資機材等の確保の方法としては、被災後にどこから調達を行うかを検討しているに留まっており、調達作業及び被害箇所までの運搬に時間を必要とする。そこで、「緊急啓開道路」の復旧作業に必要な資機材をあらかじめ備蓄しておくことにより、復旧作業開始までの時間が短縮でき、より迅速な復旧が可能になるものとする。

ここでは、復旧作業を効率的に実施するために、復旧に必要な資機材の備蓄場所（ストックヤード）をどの地点に設ければ最適であるか（復旧資機材の最適配置問題）について、「ボロノイ図」を用いた「ボロノイ法」を用いることとし、そのための基礎的な検討を行った。

2. ボロノイ法の適用

平面上に n 個の点 $P_i (x_i, y_i)$ ($i=1, \dots, n$) が与えられたとき、点 P_i の勢力圏 $V_n (P_i)$ を $V_n (P_i) = \{P \mid d(P, P_i) < d(P, P_j), i \neq j, j=1, \dots, n\}$ (ただし、 $d(P, P_i)$ は、点 P と点 P_i とのEuclid距離とする) で定義し、これを点 P_i に対するボロノイ多角形（ボロノイ図）をという。つまり、点 $P_i (x_i, y_i)$ の位置を変化させることにより、距離 $d(P, P_i)$ の検討を行うことができる。ボロノイ法は数理的方法の一つであり、問題を数学的関係式で定式化を行うが、そのためには対象とする問題の重要な要因関係を取り出すことが必要である。

復旧資機材の最適配置問題は、ストックヤードから「人員集結場所」、「作業用の重機械等の保管場所」、「市町村役場」及び「復旧を行う被害箇所」までの距離の問題として考えることができる。復旧資機材の最適配置の条件が、単純に $n-1$ 個の施設と被害箇所から最も近い場所であるとすれば、この問題は、ストックヤードの位置 $P(x, y)$ と n 個の各施設（被害箇所を含む）との距離 $d(P, P_i)$ を最小にすることで解くことができる（図-1）。ただし、距離には直線距離、

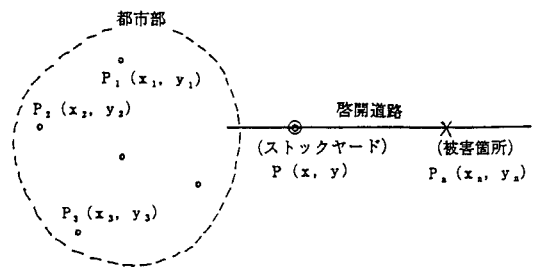


図-1 資機材の最適配置モデル

道路距離及び時間的な距離等があり、さらに、備蓄した資機材の維持管理の問題や経済的な問題も存在するが、それぞれ「距離」として換算して考慮する必要がある。更に、復旧資機材の最適配置問題の定式化に必要な要因及び制約条件の検討が必要である。

3. 復旧資機材の最適配置問題における諸条件

都市が大規模な地震によって、その機能が麻痺するような事態は、100年に1～2回程度の確率であろう。その時のために、復旧にかかる全ての資機材について十分な量備蓄することは、ストックヤードの用地の問題やメンテナンスも含めて経済的に問題がある。復旧資機材の最適配置問題は、基本的には、ストックヤードを「何

箇所」，「どの位置」へ設け，「どのような種類の資機材」を「どの程度の量」備蓄しておけば良いかという問題として捕えることが可能である。そこで，過去の地震被害の特徴等をふまえて本問題にかかる諸条件の整理を行う。

1) 道路被害の復旧作業の特徴

復旧作業は，応急的に輸送機能を確保するための応急復旧と，道路の本来持つ機能を回復するための本復旧に分けられる（表-1）。さらに応急復旧は，緊急輸送路として2車線を確保する第1段階と，本復旧までの間一般交通のための復旧である第2段階に分けられる。応急復旧の第1段階では，入手しやすい機材及び労力が主体となり，第2段階では，仮舗装を行う等ある程度走行性，大量性の確保が必要となる。応急復旧により孤立地区の解消，復旧物資の輸送，給水活動等への対応が可能になる。応急復旧の第2段階は，震災後の混乱が一先ず落ち着いた後，住民の生活路として開放するためのものと考えられるため，必要な資機材の確保には比較的時間的及び確保の方法に余裕があるものと思われる。そこで，ここでは，応急復旧の第1段階に必要な資機材の最適配置問題を対象とする。

2) 道路被害の特徴

道路被害からみると，地震には平地形地震と山地型地震がある。前者は，日本海中部地震等の海洋性の中遠距離地震，後者は，伊豆大島近海地震等の山地部の直下で発生した地震である。平地形地震の被害の特徴は，小規模な落石，崩土，路面陥没，亀裂が多く通行止めの原因の約50％となっている。山地型地震では，大規模な斜面及びのり面の崩壊が発生し，通行止めの原因の80％になっており，平地形地震に比べて通行止めの解除までの長い期間がかかっている。（図-2）

地区により地震による被害の形態も範囲も異なれば，必要とする資機材の種類もそれに伴って異なると予想される。更に，被害発生箇所が山地であるような場合，ストックヤードを設けるスペースの確保に制限がかかる。したがって，被害の状況，被害箇所の地理的条件等が制約条件として考えられる。また，復旧資機材を被害箇所まで運搬する手間を最小にすることを最適配置とするならば，ストックヤードは被害箇所に近ければ近いほど良いということになる。しかし，被害発生箇所はあらかじめ決まっているわけではないため，被害発生箇所の予測が必要となる。また，都市部では道路の地下に他のライフラインの施設（地下埋設管）が設置されており，それらが被害を受けた場合の道路の復旧作業への影響も考慮しなければならないと考えられる。

4. おわりに

緊急啓開道路の早期復旧を目的とした復旧資機材の最適配置問題について，定式化に必要な諸問題の検討を行った。今後，検討地域の限定及び被害箇所及び種類が特定できたものとして定式化及び解析を行う予定である。この最適配置問題が地震被害の復旧問題に対する有効な手法となれば幸いと考える。

参考文献

- 1) 岡部篤行，鈴木淳夫：最適配置の数理，朝倉書店
- 2) 伊理正夫監修，腰塚武志編集：計算幾何学と地理情報処理 第2版，共立出版株式会社
- 3) 社団法人日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編），昭和 63年2月
- 4) 社団法人日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），昭和 63年2月

表-1 道路の復旧作業

応 急 復 旧		本 復 旧
第一段階	第二段階	
緊急輸送路として2車線を確保する。	本復旧までの間，一般交通に対応するための復旧。	道路の本来の機能を回復するために行う工事。

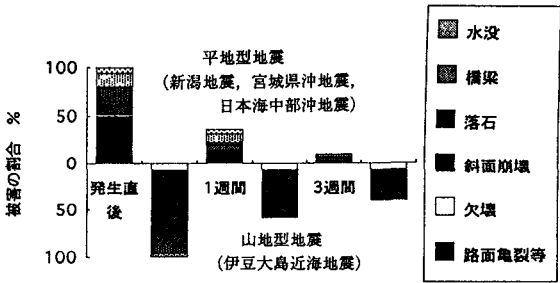


図-2 地震別道路被害の特徴