

地震により被災した交通網の最適な復旧過程に関する研究

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和 野田茂 ○伊津野和行

1. はじめに 地震後、被災したライフライン系、特に交通網の機能を効率よく復旧することは、^{1)2)他}避難・救援・復旧活動を円滑に行なうためにも重要である。ライフライン系でも、水道管路網などと比べると交通網は①両方向に物が流れる②連続条件式をたてにくい③人の意志が関係し厳密な予測が困難、等の特徴がある。本研究では交通網の復旧過程に関して、ある時点の復旧状況に応じて次の最適な復旧手順を決定する手法を提案する。

2. 復旧度の定義 まず、被災した道路（以下リンクと呼ぶ）が完全に復旧するまでにどれ位の作業量が必要かを作業のステップ数で評価する。復旧に従って各リンクの走行可能時間が短くなることに着目し、平常時の所要走行時間 T に対して、復旧までにあと S ステップ作業が必要な場合の走行時間を $T \cdot (1 + \alpha S) / (1 + S)$ で表わす。 α は、どれだけ被害が大きくても走行時間は平常の α 倍にしかならないことを意味する係数である。（道路の通行止は考えていない）交通量 Q と走行時間 T の間には線形関係を仮定する。これを Fig. 1 に示すが、 $S = n$ から $S = 0$ へと復旧が進むにつれて、関数を表す直線の差が大きくなっているのがわかる。これは、復旧初期における所要走行時間の改善があまり望めないことを考慮した結果である。なお本研究では、被害をうけても交通需要に変化はないと仮定し、緊急時の OD 分布というものは考慮していない。また、交通量の配分は、最短ルートに少しずつ配分していく分割配分法³⁾を用いた。ある地点から出発して目的地に到達するまでに要した時間を、ネットワーク上の全車について平均したものの MT は、復旧に従って短くなる。この平均走行時間 MT を用いてネットワーク全体としての復旧の進み具合を表すのは妥当だと考えられる。時刻 $t = t$ におけるネットワークの復旧度 $RR(t)$ を次のように定義する。

$$RR(t) = (MT(t_0) - MT(t)) / (MT(t_0) - MT(t_E))$$

但、 t_0 ; 復旧開始時点 t_E ; 復旧終了時点

3. 復旧度に関する指標に基づいた最適復旧 全リンクの復旧が終わる時間は同じでも、途中の復旧過程にはかなり違いがあると予想できる。なるべく早い時期に 100% に近づく復旧が最適だといえよう。そこで、はじめから復旧順序を全部決めてしまうのではなく、ステップ毎に最も復旧効果の高いリンクを選んで復旧するという方針を考える。なぜなら、復旧に従って各リンクの交通量が増減することにより、リンク

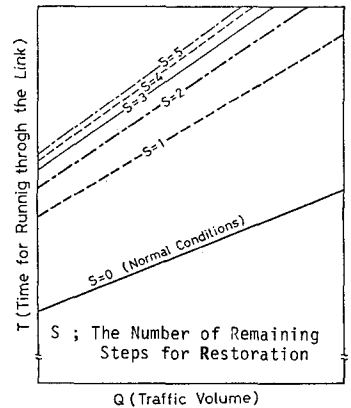
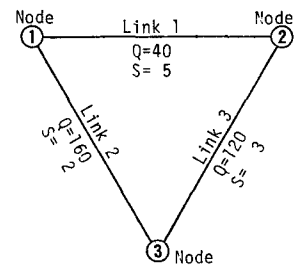


Fig.1 Running Time Function



Q; Traffic Volume
S; The Number of Remaining Steps for Restoration
Fig.2 Model Network System for Transportation

の復旧効果もステップ毎に変化するからである。復旧効果は、そのリンクを復旧することによる平均走行時間の変化量を、復旧に要するステップ数で割ったもの（単位時間あたりの復旧度の増分）で表し、これを復旧する際の指標とした。例として、Fig. 2のネットワークを考える。復旧順序のすべての組合せを考え、復旧度の変化を計算するとFig. 3となる。復旧順序によってその復旧過程にかなり差のあることがわかる。前述の指標に基づいて、ステップ毎に最も効果の高いリンクを選んでいくと2→3→1となり、最適な復旧順序を選ぶことができた。しかし、このように一本ずつ復旧するのは現実的とはいえない。そこで次に、指標を用いて求めた最適な復旧順序を現実の復旧に活かす方法として、最初に復旧すべきリンク（この例ではリンク2）の作業に重点をおいた復旧を考えた。まず、各ステップ毎にネットワーク全体で使える作業量は一定だと仮定する。ある段階で復旧の終わっていないリンクが複数存在したとき、労力を各リンクに均等に分ける方針と、リンク2の作業に他の2倍程度の労力を振り分ける方針と2通り考え（前者をUNIFORM後者をPRIORITYと呼ぶ）それぞれの方針による復旧度曲線を比べたのがFig. 4である。復旧の初期で差のあることがわかる。復旧初期というのは特に重要な時期であり、実際の工事ではそのあとの作業に大きな影響を及ぼす。この時期に効果が高いというのは、かなり有効な復旧戦略といえよう。復旧度が50%に達する時期を比べると、リンク2の復旧に重点をおいたPRIORITYは、均等に労力を配分したUNIFORMの約7割となっている。このように指標に基づいた最適復旧の手法を重点をおくリンクの選定に活かすことは、複雑なネットワークの場合に特に有効な手段になると期待できる。本研究の手法を、実際の被災道路網に適用した例については、当日発表する予定である。

4. 結論
- ① 復旧度がある水準に達する早さは、復旧戦略によってかなり違いがある。
 - ② 復旧段階のある時点において、最も効果が高い（単位時間あたりの復旧度の増分が大きい）リンクを次のステップで復旧することによって、最適な復旧順序が得られた。
 - ③ 優先度の高いリンクに重点をおいた復旧によって、復旧が50%終了する時期を、均等に労力を配分した場合に比べて約7割に短縮することができた。

5. 参考文献

- 1) 研究代表者 志賀敏男：大地震時における都市生活機能の被害予測とその保全システムに関する研究，1981年および1982年。
- 2) 川上英二：道路交通システムの機能性の一評価方法，土木学会論文報告集，第327号，1982年11月，p.1-12。
- 3) 越正毅・明神証：土木学会編 新体系土木工学61 道路（I），技報堂出版，1983年4月。

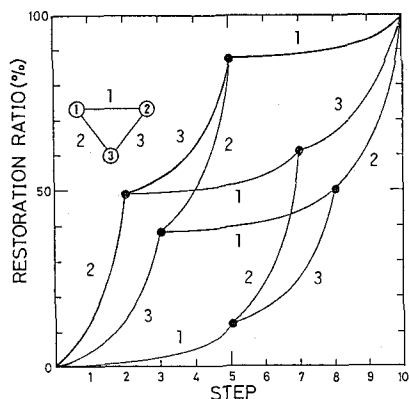


Fig. 3 Restoration Ratio at Each Step

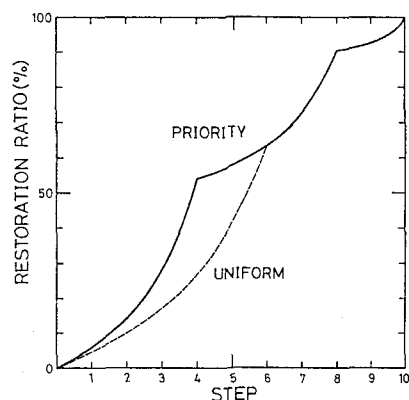


Fig. 4 The Restoration considering the Priority