

I-205 中低圧ガス管路網の震後復旧作業における資源配分

鳥取大学大学院 学生員 平山 克己
鳥取大学工学部 正会員 野田 茂
(株)豊田自動織機製作所 小笠原 貴之

1. まえがき

都市ガスは、これまで、主に熱エネルギーとして使われてきた。しかし、最近では発電・冷房などの役割も担うようになり、社会的な重要性が増してきている。1) ガスは地中に埋設されている、2) ガスには爆発性があることなどから、都市ガス供給システムが一旦被災すると、その復旧作業は複雑になる。そこで、本研究では、震災後の復旧作業に大きな影響を及ぼす人員・資機材の配分法を考案し、それらのブロックや被災箇所への配分状況が復旧過程にどのような影響を及ぼすのかを検討する。

2. 資源配分に注目した復旧シミュレーション

本研究では、現実的な資源配分を行うために、PERT・山崩し法を適用した復旧アルゴリズムを考えた。

まず、T市の都市ガス供給システムを対象とし、中低圧管をネットワーク化した。次に、被害発生要因を考慮して各設備の被害確率を求め、モンテカルロシミュレーションにより被害を確定した。図1には、中圧管路網の被害箇所とブロックごとの低圧管の被害数を示す。細線は中圧管を、太枠は各ブロックを表わす。

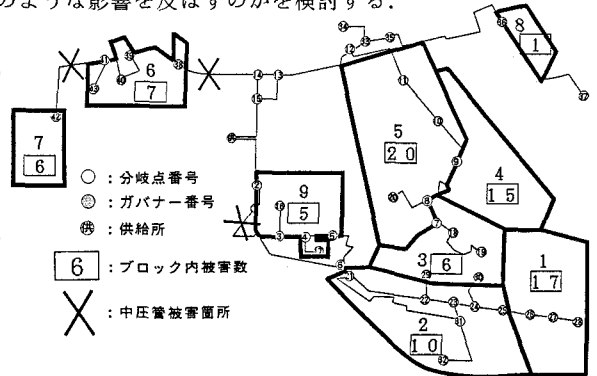
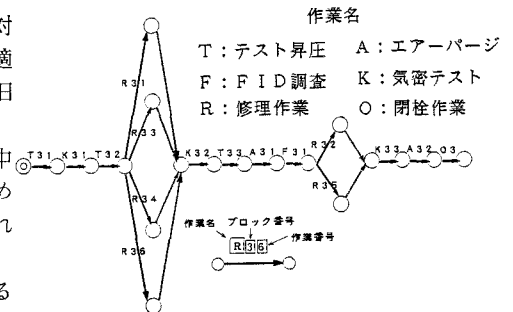


図1 対象としたガス管路網の復旧用ブロック

中低圧管の確定被害相に対して、作業効率から各復旧作業の状況を見積もり、PERTによってアローダイアグラムを作成した。図2にはブロック3のアローダイアグラムを例示する。作成したアローダイアグラムに対し、作業の優先順位や資源制約条件のもとで山崩し法を適用して、復旧作業工程を管理した。このようにして、復旧戦略が復旧過程に及ぼす影響を検討する。

本研究では、ネットワーク特性を活かすようにして、中低圧管とブロックの復旧方針を新しく提案した。そのために、供給所からガバナーまでのタイセットを列挙し、それにガバナーからの需要家数を重み付けした指標を求めた。被災ネットワークの修復に応じて、タイセットを把握することにより、効率的な復旧方針を考えることができる。図2 ブロック3の復旧作業アローダイアグラム



3. 復旧戦略と資源配分の関係

図3は、復旧方針5における4つの復旧率の時間的な変化を示したものである。ただし、復旧方針5とは、単位被害件数当たりの被害管路長の大きいブロックから復旧優先する戦略を意味する。復旧率1と2は機能的復旧率を、復旧率3と4は構造的復旧率を表わす。また、機能的復旧率とは、被災箇所を修復することにより、システム全体の機能特性の向上度を示す。構造的復旧率は単に物理的な復旧を意味している。復旧率1は供給できる導管距離を、復旧率2は修復することによって再び供給できるようになった導管距離を指標とし、復旧率3は被害数を、復旧率4は閉栓した需要家数を指標とした。図3から、両復旧率曲線の変化はかなり異なっていることがわかる。両復旧率の差は、機能支障はないが、

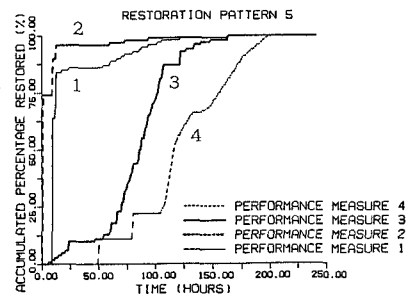


図3 復旧方針5における各種復旧率

供給が停止したことによる受給不能の割合を意味する。

各種復旧方針の累積非復旧率の時間累積値を示したのが図4である。この値が小さいほど、供給停止による機会的損失は最小になる。図4からわかるように、復旧方針5は復旧完了時間が最短、復旧方針6は最長となっている。ここで考えた8つの復旧方針の中では、方針5が最良である。なお、復旧方針6は復旧方針5の逆方針となっている。

図5は、復旧方針5と6における復旧作業の総人員の経時変化を示したものである。震災後40時間目において、両復旧方針による人員の差はあまり見られない。方針6の作業がかなり遅れかつ多くの人員を要したのは、40～60時間内に効率的な人員配分が行われなかったからである。中圧管から低圧管の復旧作業に移行するまでに、路線調査や閉栓作業は完了していなければならない。作業の優先順位によって、これらの作業が復旧方針6では後回しにされ、遅延したことが、方針5と6の違いとなっている。このように、復旧戦略に応じて人員配分は決定されるので、復旧戦略を合理的に策定する必要がある。

図6には、復旧方針5における各ブロック(1, 3, 4, 8, 9)の人員配分の経時変化を示す。山崩し法では人員効率の要因を考慮しなかった。従って、人員は時々刻々かなり変動して配分されている。人員効率を考えれば、少人数で復旧作業が実現できるかもしれない。しかし、その場合、復旧方針を時々刻々意的に決定できなくなる可能性があり、そのアルゴリズムは複雑になる。

図7は、復旧方針5における各ブロックの復旧率を示したものである。多くのブロックは48～100時間の間に復旧されていることがわかる。その結果、図3のような復旧率になるのである。また、ブロック内被害数の差により、各ブロックにおける復旧率の伸び方が変化する。例えば、ブロック8は約50時間目に急激に変化しているが、ブロック5では段階的に復旧している。つまり、被害数が少ないブロックの復旧を早期に開始すれば、復旧率が急上昇するために、累積非復旧率を最小にすることができる。

4. あとがき

- (1) 都市ガス供給システムに確定被害相を与え、PERT・山崩し法を活用した中低圧管の復旧作業アルゴリズムを構築した。
- (2) ネットワーク特性を活かした復旧戦略を新しく提案した。単位被害件数当たりの被害管路長の長いブロックから優先復旧すると、ガスの供給停止による機会的損失は少なくなる。
- (3) 復旧戦略に応じた人員配分をした結果、中圧管から低圧管への復旧作業の移行の円滑さが復旧完了時間に多大な影響を及ぼすことがわかった。

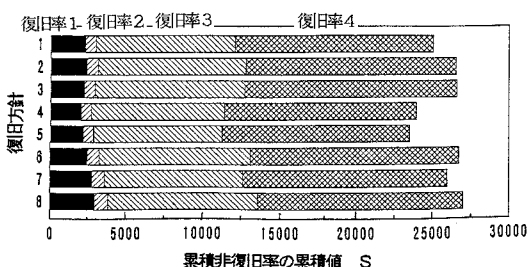


図4 累積非復旧率の時間累積値

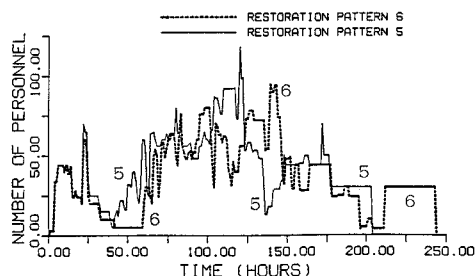


図5 復旧方針5と6における人員配分の状況

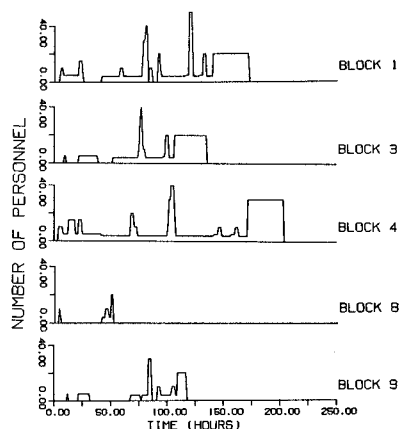


図6 各ブロックごとの人員配分状況 (復旧方針5)

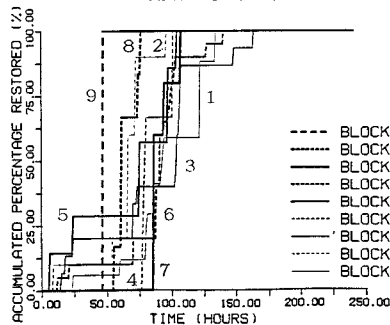


図7 復旧方針5における各ブロックごとの復旧率