

武蔵工業大学 工学部

正会員 星谷 勝

産業能率大学地域科学研究所

正会員 大野春雄

武蔵工業大学 大学院

学生員・山本欣弥

1. はじめに

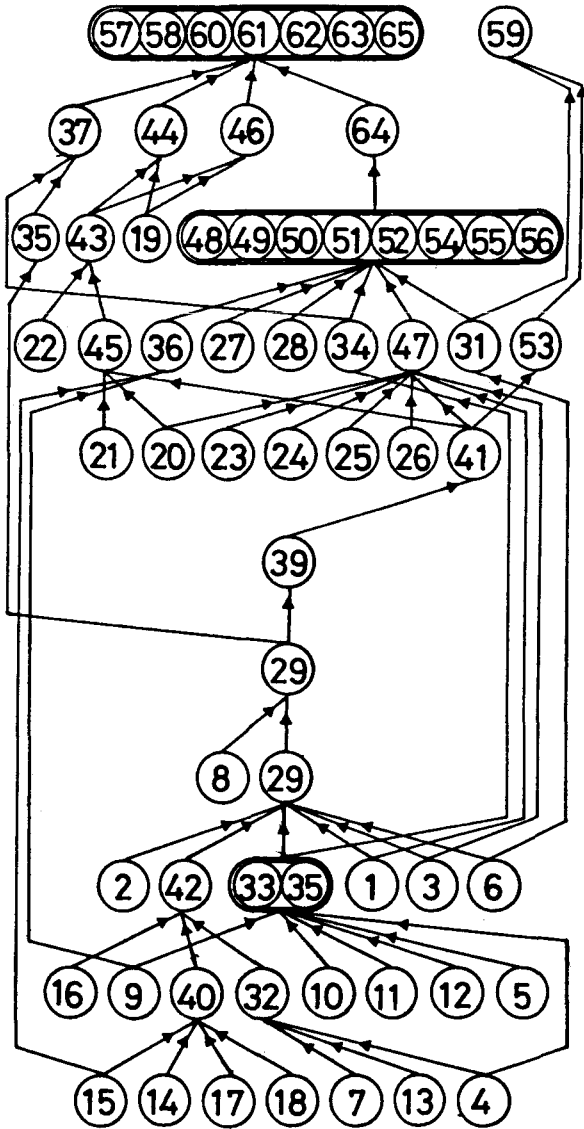
今日、上水道、都市ガス、電力、道路、通信施設等はライフラインと呼ばれ、生活用水及びエネルギーの供給、物資の輸送、情報の伝達等によって、都市生活に重要な役割をはたしている為、もし、地震によってその機能が停止するような事があれば住民に大きな影響が生じる。従って、ライフラインの耐震性、信頼性の検討は、都市防災上重要な課題となっている。各々のライフラインは機能的に相互関連性を持っていることから、ライフライン系全体を一つの巨大なシステムと考えることができる。このことから、各々のライフラインに対する防災性の検討は、システム全体における位置付けを明確にしてから研究を進めることが、自然の流れではなかろうか。

現在まで、ライフラインの防災性に関する研究としてライフライン施設の地震時挙動解析や地震時の被害予測及び復旧予測等、多数行われているが、一つのライフラインを対象にして、他から独立したものと仮定したものが大部分を占めている。わずかに、各ライフライン間の相互関連性及び重要度判断を考察したものはあるが、それらのほとんどは、システム全体の大まかな概要をとらえるにとどまっている。

そこで本研究では、網羅性に富んだ、すなわち現実面をある程度カバーしたライフライン被害の項目を抽出し、その波及過程の構造を社会システムの構造同定に用いられている手法により多階層有向グラフとしてモデル化を行う。そして、今後、この構造モデルを基盤として地震時におけるライフライン系システム全体の機能構造および相互関連性を明確に示そうとするものである。

2. 被害波及過程の構造同定

今回は波及過程を構造化するために、次に示すフローで解析した。1)地震によるライフライン系の被害項目の抽出を行う。これは、十勝沖、新潟、宮城県沖地震の実態調査報告書と各ライフラインのシステム構成を資料として、ブレンストーミングにより項目の網羅性という点に注意しながら行った。2)KJ法により類似項目の整理統合を行い項目の集約を計る。この段階において、被害波及過程が解析結果に反映されるように、ライフラインの各機能における直接的な被害項目(LEVEL 1)、直接的被害に影響されて現われる被害項目(LEVEL 2)、LEVEL 2の間接被害によって現われる被害項目、ここでは、末端需要家に支障を及ぼす項目(LEVEL 3)の三基準を設定し、これをもとに集約した。(図-1右) なお、これらの65項目は各ライフライン機能(電力、都市ガス、上水道、下水道、通信、交通)に対応できるよう整理されている。3)各項目の二項間関係を調べる。これは一対比較により項目間の連結性や直接的な影響度を求める。一般的には二値関係(0, 1)に表現するが、今回は二項間のFuzzy性を考慮し0.0~1.0の距離尺度上における関係を求めた。4)この二項間関係行列(f_{ij})をもとに構造同定手法を適用し、ライフライン被害の波及過程を多階層有向グラフとして求める。この手法には、グラフ理論を基本としたISM(Interpretive Structural Modeling)、DEMATEL法(Decision Making Testing Laboratory)、FSM(Fuzzy Structural Modeling)等がある。ここでは、基本的にはISMを用いたが、二値行列を求める段階で0, 1に変換する境界値 P ($P \geq f_{ij} \rightarrow 1$, $P < f_{ij} \rightarrow 0$; $P = 0.4, 0.5, 0.6, 0.8$)を設定し、二項間の関係のFuzzy性をある程度考慮した構造同定が可能となった。求めたライフライン機能被害の波及過程の構造モデルを図-1に示す。この構造モデルにおいて①→②は、項目①が項目②に影響を及ぼす事を表わす。二重楕円はその中の項目すべてが互いに影響を及ぼしていることを表わす。又、二重楕円内に向かう矢印はその中のすべての項目に向かっていることを表わし、二重楕円からの矢印は二重楕円内のすべての項目から出ていることを表わす。



図ー１ ライフライン機能被害の波及過程構造モデル

3. 結果および研究方針

この構造モデルからとらえた場合、電力供給機能の停電（29）が影響度が高い。また、その停電に起因する電力関係以外の項目として、上水道関係（13～17）がみられるが、これは、多量の水没による水没（42）あるいは漏水（40）によるショート（30）から停電（29）へと影響が波及するもので、この発生頻度から考えて、影響度合は低いと考えられる。最終到達項目である公共機関、製造業、住民の家庭生活など（57～65）は項目の選定、グループ化において再検討の必要がある。

今回は、ISMにより各項目間の影響を二値で表現しているため、その連結度、影響度を示すには到っていない。この点を補充する方法として、二項間の関係のあいまいさをより考慮したFSMが考えられる。

今後、求めた構造モデルを基盤として、ライフライン系システムの相互関連性を明確に示し、地震に対する都市機能の防災性の確保の問題についての検討や、ライフライン系システム全体の機能の回復を目的とした復旧計画等の検討、あるいは、システム全体の中での各々のライフラインの重要性の検討を行う予定である。

LEVEL 1

1. 変電設備破壊（変電所、トランスなど）
2. 電線切断（配電線、地中配電線、引き込み線など）
3. 配電装置破壊（柱上変圧器落下破壊、電柱転倒など）
4. 水力発電所破壊
5. 火力発電所破壊
6. 原子力発電所破壊
7. ダム崩壊
8. 指令系統・管理機能破壊（電力、ガス、上水道など）
9. ガス埋設管破壊、突出
10. ガス圧縮機破壊（ガスガバナーステーションなど）
11. 燃料供給施設破壊（貯蔵施設、パイプラインなど破壊）
12. ガスタンク破壊（ガス供給所破壊）
13. 水源破壊（河川、地下水源、ダムなど破壊）
14. 水層閉塞破壊（貯水層、受水層、高架水槽など破壊）
15. 水道管破壊（水圧損、送水管、導水管、配水管など破壊）
16. 浄水場破壊
17. 給水設備破壊
18. 消火栓破壊
19. 下水収集施設破壊（雨水ます、汚水ます、など破壊）
20. 下水管、マンホールの破壊
21. 下水処理場施設破壊（沈砂池、エアレーションタンクなど）
22. ポンプ場破壊
23. 電話線切断（海底ケーブル、放送回線、パラボランテナなど切断）
24. 電話局破壊
25. 電話回線破壊
26. 異常増減
27. 交通管制システム破壊
28. 道路構造物破壊（路体、法面、盛土、橋梁、トンネルなど破壊）

LEVEL 2

29. 停電
30. ショート
31. 放射能汚染
32. ダム崩壊による水没
33. 爆発
34. ガス中毒
35. ガス圧低下
36. 埋設管による道路、鉄道軌道破壊
37. ガス供給停止
38. ガス漏れ
39. 水圧低下
40. 漏水
41. 断水
42. 水没
43. 下水汚物の放出、流出
44. 悪臭
45. 下水処理不能、低下
46. 河川汚染
47. 通信・通話処理不能、低下
48. 情報混乱（避難、誘導情報不足、混乱など）
49. 交通機関の事故
50. 救急活動不能
51. 復旧活動不能
52. 交通障害（交通渋滞、通行規制など）
53. 火災
54. パニック
55. デマ
56. 死傷者発生（生き埋め など）

LEVEL 3

57. 公共機関（政府機関、警察署、消防署、利務所、郵便局、電話局など）
58. 製造業（工場、一般会社など）
59. 娯楽業、映画業などのサービス業
60. 教育、医療機関、銀行
61. 住民の家庭生活（暖房設備、料理不能、水洗便所使用不能、物価高騰など）
62. 卸売業、小売業（商店、食料、旅館、クリーニング屋、営業納品業など）
63. 運輸関係（道路、港、鉄道、信号、飛行機、駅、列車、船など）
64. 放送、新聞関係（テレビ、ラジオ使用不能、コマーシャル不能、通信教育不能、諸案内機能、テレホンショッピングなど）
65. 社会的影響（犯罪増加、疫病発生など）