

地震時における電気通信網の信頼性

金沢大学工学部 正員 北浦 勝

1. まえがき

電気通信網の災害の特徴は、その影響が災害の発生した個所に限定されず、広範囲に及び可能性が極めて強いという点にある。今日我々の生活は電気通信網に大いに依存しているので、災害時の損失にははかり知れないものがある。従って、災害の発生する前に通信網の災害時信頼性が予測できれば、災害への対策がたてやすく、災害の防止ないし軽減がはかられるであろうことは論を待たない。このような観点から本研究は、地震時における電気通信網の信頼性を求めるに当たって、通信網を *Series System in Parallel* で表現し、かつ *Latin Hypercube Sampling Technique* を用いて、強度や荷重に含まれるばらつきや、それらの分布関数の形状の有する不確実性と同時に考慮しつつ、通信網の生存確率を評価したものである。

2. 解析方法

対象とした電気通信網は Fig. 1 のようである。① から ⑰までの地中埋設管には Table 1 に示す本数の回線が1万本ごとに異なる地中埋設管に納められている。ここでは図中の7と1なる二つの中央電話局間の連絡性に注目し、図から Table 2 に示すような17個の経路を選んだ。電話局の震害には交換機の転倒などによる破壊が多く含まれていることから、交換機の破壊と電話局のそれとみなし、これは応答加速度があるレベルを越えることによって生ずるものとした。また交換機の応答加速度は地盤のそれの3倍に増幅されるものとし、地盤の良否

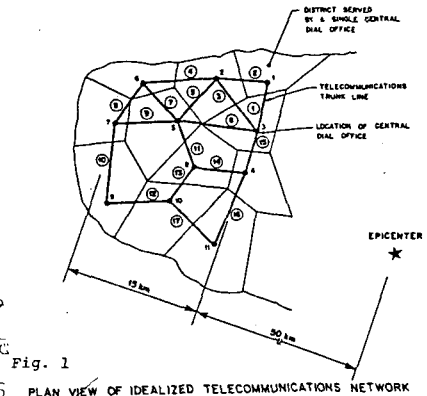


Fig. 1

PLAN VIEW OF IDEALIZED TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Table 1 # of lines

ELEMENT #	# LINES/10,000
1	4
2	4
3	3
4	3
5	2
6	4
7	2
8	6
9	4
10	5
11	3
12	3
13	2
14	3
15	3
16	6
17	5

Table 2 Tie-sets

TIE-SET #	NODAL PATHS BETWEEN 7 & 1
1	7,6,2,1
2	7,5,3,1
3	7,9,10,8,4,3,1
4	7,6,2,5,3,1
5	7,6,2,5,8,4,3,1
6	7,6,2,5,8,10,11,4,3,1
7	7,6,5,2,1
8	7,6,5,2,3,1
9	7,6,5,3,1
10	7,5,6,2,3,1
11	7,5,2,1
12	7,5,6,2,1
13	7,5,8,4,3,1
14	7,6,2,3,1
15	7,9,10,11,4,3,1
16	7,9,10,8,5,2,1
17	7,7,10,8,5,3,1

によって増幅率が若干変化した。地中埋設管の破壊には応答ひずみに関与するが、この大きさは地盤ひずみの2倍であるということと基本とした。また地震の規模や震央距離と地盤の応答加速度やひずみとの関係は Esteval の減衰則などによるものとした。地中埋設管の破壊確率 P_f の分布関数と管の応答ひずみ、交換機のそれと応答加速度との関係を Fig. 2 に示す。これら

の曲線の平均値が分布している場合を取り扱うが、代表的な平均値と4個選出す方法と Fig. 3 に示す。すなわち平均値の最小値と最大値との間を確率軸上で4個に等分割し、分割した各間隔の中

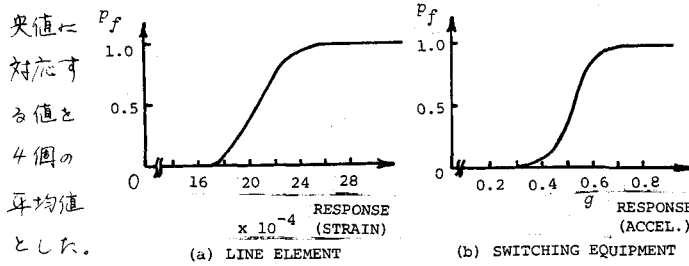


Fig. 2 Fragility Curves

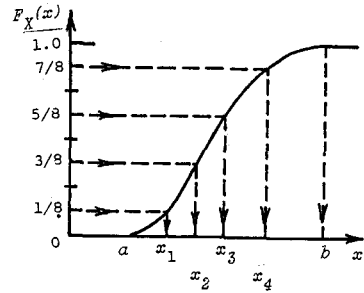


Fig. 3 Conceptual Diagram for Picking up Representative Values from Distribution Curve of Expectation of Fragility Curve

これは、
平均値が多分布している場合に通信網の信頼性を求めるに当たって、通常のシミュレーション法を実施したのでは演算時間がかかりすぎるといふ欠点を改善するためにとられた過程の1ステップである。次のステップでは Latin Hypercube Sampling Technique を用いて各交換機と地中埋設管に先に選ばれた平均値を有する破壊確率の曲線と割り当てる。

3. 解析結果

選出した17個の経路は互いに完全に独立ではなく、従って通信網全体の信頼性を求めるに当たってはこのことを考慮する必要がある。このために17個の経路のすべてを対象に信頼性演算を施すと、経路数に応じて指数関数的に計算時間が急増する。そこで数個の経路のみを対象にして、通信網全体の信頼性を精度よく、しかも比較的短時間で求めることを考える。(A)法は生存確率 p_f の大きい経路の順に並べ直し、最初の1個、最初の2個というように順に対象とする経路を増していくという方法である。一方(B)法は(A)法の前半を実施したあと、互いに独立性の比較的強い経路にも注目して対象経路を選ぶというものである。Table 3に取り扱った経路数 N_t とそれに対応する p_f との関係を示す。(B)法の方が N_t が5までの範囲で小さい p_f を与える。一方(A)法は N_t が6から10までの範囲において小さい p_f を与えている。計算時間との兼ね合いから、結局ここでは(A)法を用いて $N_t = 6$ とした。結果の一例を Fig. 4 に示す。地震の規模の増加とともに信頼性は低下すること、通信網全体の信頼性は各経路のそれよりは大きいこと、などの我々の常識と合致する傾向を読み取ることができる。ある交換機やある地中埋設管の強度の増加が通信網全体の信頼性に及ぼす影響をさう

に明らかにすれば、ある条件のもとで網全体の信頼性を高めていく戦略を考えていくに必要情報を得られることが、本研究から知れた。

本研究実施に当たって御指導賜わったコロンビア大学篠塚正宣教授に感謝の意を表します。

Table 3 Relationship between N_t , p_s & p_f

N_t	p_f ($\times 10^{-2}$) by A method	p_f ($\times 10^{-2}$) by B method
1	2.1961	2.1961
2	2.1684	1.9785
3	"	1.9783
4	"	"
5	"	"
6	1.9780	"
7	"	"
8	"	"
9	"	"
10	"	"
11	"	1.9778
12	"	"
13	"	"
14	1.9778	"

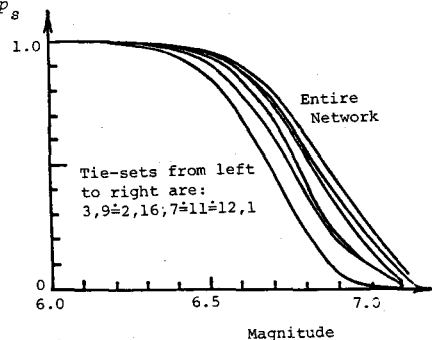


Fig. 4 Probability of Survival vs. Magnitude