

I - 33 WAN と LAN を考慮した道路橋の地震防災上の重要度評価に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○大木 淳 徳島大学工学部 正員 成行 義文
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 徳島大学大学院 学生員 天野 健

1. はじめに

以前より既設道路橋の耐震補強順位の合理的な決定法が検討されている^{1)~2)}が、対象エリアが広範囲にわたる複雑な道路網ネットワークを有する際、ネットワーク解析に要する時間的問題や、解析を行う PC の性能に左右されるといった問題点が生じる。そこで本研究では道路橋の地震防災上の重要度評価に対して、ネットワークを経済的・社会的に重要度の高い国道・県道クラスの幹線道路網 WAN (Wide Area Network) と地域規模の一般道路・生活道路網 LAN (Local Area Network) に分離することにより効率的に重要度評価を行う手法について検討した。

2. 道路橋の重要度評価のアルゴリズム

図 1 は、避難期（震後数時間程度）の道路橋の重要度評価法を模式的に示している。まず、全橋梁が通行可能でネットワークが健全な状態の時の各地域の中心から主要拠点までの最短トリップ長 X_i を求める（図中①）。次に損傷すると予測された道路橋が存在するリンクを全て切断した状態（図中②）で、最も効果的であるかを比較検討するために、切断されたリンクを順次仮復旧する。

（図中③）そしてその状態のネットワークで各地域の中心から主要拠点までの最短トリップ長 Y_i を求める。今第 1 優先として、ある橋梁を仮復旧した際に孤立する地域の中心の数が最も少なくなる橋梁を優先し（図中④）、次に第 2 優先として、ネットワークが健全な状態にどれほど近づいたかを評価指標 $\alpha = \sum (Y_i - X_i) / X_i$ というように比で表現し、 α が小さくなる橋梁を優先する。（図中⑤）

救援期（震後 2~3 日程度）、応急復旧期（震後 1 週間程度）の重要度評価は、先程の第 1 優先の考え方は考慮されず、評価指標 $\alpha = \sum (Y_i - X_i)$ で表し α が小さくなる橋梁を優先する。ただしこの時期では、ある地域の中心から主要拠点に到達できない場合でも最短トリップ長に仮想値 $Y_i = \infty$ を与え到達すると表現する。

3. WAN, LAN における人口の設定とモデルネットワークの作成

本研究では、LAN は WAN や河川によって区切られた領域とし、各 LAN は WAN に付加した形で WAN によってネットワーク的につながっているとした。また各リンクに人口値を与え LAN の場合はその人口値を、リンクを構成しているノードに均等に配分し、LAN を構成している全てのノードを地域の中心とした。一方 WAN の場合は、各 LAN に対応する地域をその中心に集約し、人口値はその LAN 内の総人口とした。以下この人口値を前述の X_i, Y_i に掛け合わせることで人口を考慮した総のべ距離として重要度評価を行った。図 2 は前述の考えを踏まえたモデルネットワークを示している。

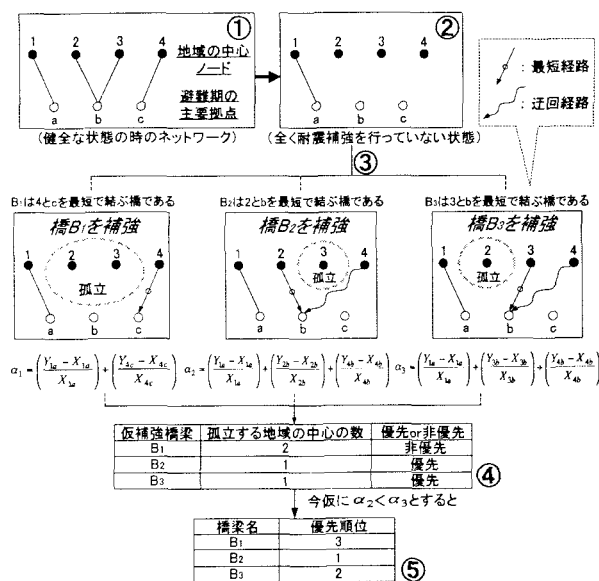


図 1：避難期の道路橋の重要度評価法

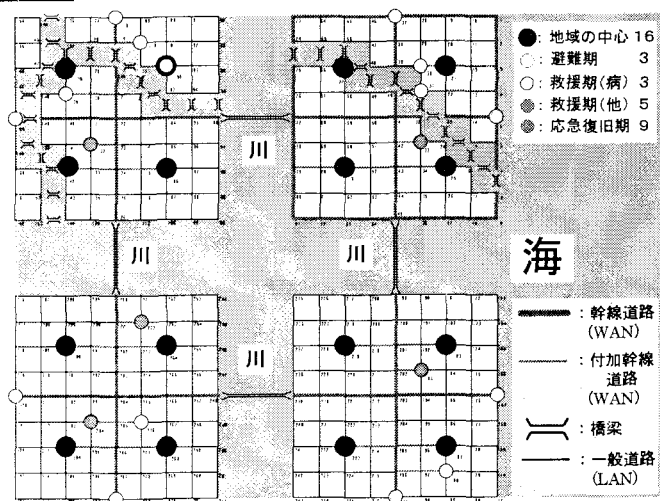


図 2：モデルネットワーク

4. WAN と LAN に簡略化した時の道路橋の重要度評価

本研究では、最も現実的な簡略化しないネットワークを ALL-LAN とした。今、図 3 に ALL-LAN の時の優先順位上位 11 位の橋梁を示した。この時の地域の中心は全てのノードとなる。また、LAN 内の橋梁の重要度評価は WAN 上の橋梁を全て補強した時点のネットワークで行うため WAN と LAN を統合したネットワーク WAN+LAN での上位に選定される橋梁は、必然的に WAN 上の橋梁となる。そのため今、図 4 に ALL-LAN を WAN に簡略化した時の優先順位上位 8 位の橋梁を示した。両図から、簡略化された WAN で上位 8 位以内に選定された橋梁が最も現実的なネットワーク ALL-LAN で考えた時は、上位 11 位内に含まれていることが分かる。このことより、道路橋の重要度評価において上位に選定される橋梁の種類がほとんど変わらないということから、複雑なネットワークを WAN と LAN に簡略化して評価しても大きな支障がないと言える。

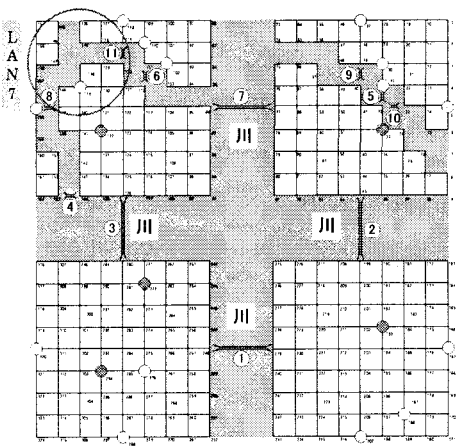


図 3：ALL-LAN の時の上位 11 位の橋梁

5. 人口密度と重要度評価の関係

本研究では、人口密度が道路橋の重要度評価に及ぼす影響を検討するために、図 3 で示した LAN7 のリンクの人口値を他の 10 倍にして人口密度を意図的に高め評価を行った。また、その結果を表 2 に、各リンク人口統一の時の評価結果を表 1 に示し比較検討した。なお評価には ALL-LAN と WAN+LAN を用いたが、後者においては順位の変動がほとんど見られなかったため前者の結果だけを記載した。表中の網掛けされている橋梁は LAN7 内の橋梁を示しているが、今両表より人口密度が他の LAN より高い LAN7 内の橋梁 7 橋のうち 5 橋の優先順位が上がっていることが分かる。このことより人口密度の高い LAN 内の橋梁は重要度が高いことが分かる。また、同表より優先順位上位の橋梁の種類にほとんど変動が見られないことから、人口密度が道路橋の重要度評価に及ぼす影響はその本質的な部分には、ほとんど関与してこないということが分かった。

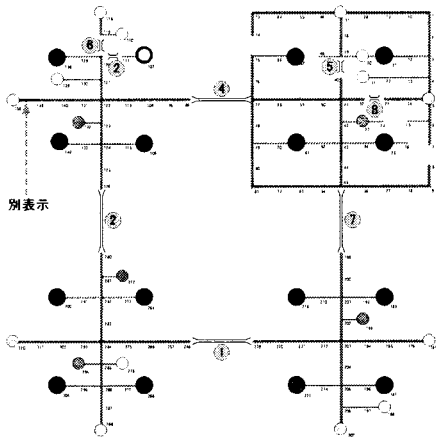


図 4：WAN の時の上位 8 位の橋梁

6. おわりに

各時期の評価基準を見直し変更することで、耐震補強優先順位の決定をより正確に、より現実的に評価できるようにネットワーク解析法を拡張することができた。また、複雑なネットワークを WAN と LAN に簡略化して評価することに意義があることが分かった。また、人口密度が道路橋の重要度評価に及ぼす影響は優先順位下位の部分でしか見られず、本質的に重要な上位の部分には関与してこないことが分かった。

参考文献

1) 佐藤次郎・篠崎之雄・佐伯光昭・磯山龍二：大都市における既設道路橋の地震防災上の重要度評価手順，土木学会論文集 No.513/I-31, pp213-223, 1995.4
2) 成行義文・平尾潔・小林耕司・川村武慶：地方中核都市における既設道路橋の地震防災上の一重要度評価手法，土木学会構造工学論文集 vol.45A, pp925-934, 1999.3

ALL-LAN(全ノード出集)			ALL-LAN(全ノード出集)		
順位	橋梁	1位選出時の評価値	順位	橋梁	1位選出時の評価値
1	239-248	0	1	239-248	0
2	45-199	2,038	2	45-199	2,038
3	126-280	2,038	3	126-280	2,038
4	144-153	2,355(道路断絶終了)	4	144-153	2,355(道路断絶終了)
5	31-32	∞	5	119-120	∞
6	111-112	139620(道路断絶終了)	6	31-32	264340(道路断絶終了)
7	77-86	119060	7	77-86	234480
8	149-158	74340	8	149-158	114340
9	39-40	50240	9	39-40	81240
10	23-32	28540	10	23-32	50540
11	119-120	17200	11	138-147	29940
12	85-86	10840	12	85-86	17780
13	74-75	5500	13	137-138	12180
14	138-147	3440	13	137-146	12180
15	15-16	2220	15	74-75	4840
16	137-138	1660	16	103-112	3480
16	137-146	1660	17	15-16	2260
18	103-112	1020	18	138-145	1460
19	142-151	620	19	142-151	1060
19	150-151	620	19	148-157	1060
21	48-57	320	19	150-151	1060
22	7-8	160	22	48-57	360
23	136-145	80	23	7-8	200
24	15-24	40	23	111-112	200
24	23-24	40	23	111-120	200
24	148-157	40	26	15-24	0
27	7-16	0	26	23-24	0
27	31-40	0	28	31-40	0
27	48-49	0	28	48-49	0
27	56-57	0	28	56-57	0
27	65-66	0	28	65-66	0
27	94-95	0	28	94-95	0
27	103-104	0	28	103-104	0
27	111-120	0	28	111-120	0
27	128-129	0	28	128-129	0
27	143-152	0	28	143-152	0
27	147-148	0	28	147-148	0
27	150-159	0	28	150-159	0

表 1：優先順位

(各リンク人口統一)

表 2：優先順位

(LAN7 人口集中)