

既設道路橋の耐震補強優先順位に及ぼす 同時補強橋梁数の影響

成行義文¹・平尾潔²・谷元雅哉³・天野健⁴

¹徳島大学工学部建設工学科助教授
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail:nariyuki@ce.tokushima-u.ac.jp

²徳島大学工学部建設工学科教授 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail:cvsteng@ce.tokushima-u.ac.jp

³兵庫県土整備部土木局 (〒650-8567 兵庫県神戸市中央区下山手通5丁目10-1)

⁴徳島大学大学院工学研究科建設工学専攻博士前期課程 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail:c5004310016@stud.tokushima-u.ac.jp

一般に既設道路橋の耐震補強は、同時期に複数の橋梁に対して施される場合が多い。したがって、道路橋の地震防災上の重要度を評価する際には、道路橋の組合せを考慮する必要がある。本研究は、既設道路橋の耐震補強順位のより合理的な策定手法を確立するための基礎的研究として、簡単な道路網ネットワークモデルを用いた計算例をもとに、既設道路橋の耐震補強優先順位ならびに耐震補強効果等に及ぼす同時補強橋梁数の影響について比較検討したものである。その結果、同時補強橋梁数が異なれば各橋梁の耐震補強優先順位も大きく変動するが、耐震補強された橋梁数が同じであれば、それらの補強効果はほぼ等しいことが分かった。

Key Words : Urban seismic disaster prevention, number of existing road bridges retrofitted at a time, order of priority of seismic retrofit

1. はじめに

既設道路橋の耐震補強は地震防災上極めて重要な震前対策の一つであり、早期により大きな効果が期待できる橋梁から順次補強を進める必要がある。そのためには、各道路橋の地震防災上の重要度に基づいて、耐震補強優先順位を決定するのが合理的である。一般に既設道路橋の地震防災上の重要度は、各橋の震後の避難・救援・応急復旧活動等への貢献度により評価されるが、その際、耐震補強は1橋ずつ順番に実施されることが前提になっていることが多い^{1), 2)}。しかし実際には、同時期に複数の道路橋に耐震補強を施す場合が少なくない。このことは、道路橋の地震防災上の重要度を評価する際にも、道路橋の組合せを考慮する必要があることを意味している。

以上のようなことより、本研究では、既設道路橋の耐震補強順位のより合理的な策定手法を確立するための基礎的研究として、簡単な道路網ネットワークモデルを用いた計算例をもとに、既設道路橋の耐震補強優先順位ならびに耐震補強効果等に及ぼす同

時補強橋梁数の影響について比較検討した。

2. 任意の選定数に対する道路橋の組合せ パターンの自動抽出法

一般に道路橋の耐震補強に必要な費用は、対象とする橋梁により異なる。したがって、同時期に耐震補強し得る橋の数、予算だけでなく、補強される橋の組合せにも左右されることになる。本研究では、解析結果の比較を簡単にするために、道路橋の耐震補強費はすべて同一であり、同時に補強可能な橋梁数はその時に計上される予算により決まると仮定した。すなわち、未対策橋梁が n 個あり、毎回 r 個ずつ($n > r$)耐震補強するための予算が投入されるとすると、まず初めに nCr の組合せの中から最も補強効果が高い橋梁群を選定して補強し、次回($n \geq 2r$ の場合)は $n-rCr$ の組合せ中最も補強効果が高い橋梁群を選定して補強する。以下同様な繰返しにより、効果の高い橋梁群から順に補強を実施することになる。

n 個から r 個選ぶ組合せは、前述のように nCr 通りであるが、任意の n と r に対して nCr 通りの組合せパターンを自動的に算定することは容易ではない。一部の表計算ソフトにはその機能が備わっているものもあるが、ここでは著者らが使用しているネットワーク解析プログラム²⁾ (FORTRAN) への組込みを前提として、新たに組合せパターンの自動抽出プログラムを作成した。そのアルゴリズムの概要は以下の通りである。

今、 $1, 2, 3, \dots, n-1, n$ と番号付けされた n 個の橋があり、これから r 個の橋を選ぶ組合せを考える。本手法では、まず、問題を簡単化するために、図-1のようにNo.1～No. $n-r+1$ をそれぞれ最も若い番号とする $n-r+1$ 個の群を設定する。これらの一般群は図-2のようである。一般群（橋梁数 $n-i+1$ 個）から必ずNo. i の橋梁を含んで r 個選択する組合せは図-3に示すような $n-iCr-1$ 通りである。図-1に示した各群に対して、順次、図-3の操作を繰り返すことにより、効率よくすべての組合せを求めることができる。

作成したプログラムのリストは付録（付図-1）に掲載させて頂いた。また表-1に、 $n=6, r=4$ の場合の計算例を示す。これよりすべての組合せが漏れなく求まっていることが容易にわかる。

3. 同時補強橋梁数を考慮した既設道路橋の地震防災上の重要度評価手順

震後は主体的に行われる活動の種類によって、避難期（震後数時間程度）、救援期（震後概ね2～3日程度）、応急復旧期（震後1週間程度）ならびに復旧期（健全な状態に戻るまで）に大別され、それぞれの主要拠点等の相違により、各時期のネットワーク特性は大きく異なる。

(1) 避難期を対象とした重要度評価

避難期³⁾における最も重要な交通は、避難者の避難場所への移動であり、住民は主に徒歩で避難場所まで移動する。この交通は、余震や火災による二次的な被害を少なくするためにも、限られた時間内に所定の避難場所に到達することが重要となる。しかし、現実的には各地点間の交通の許容時間を設定することは困難である。そのため、本研究では、評価対象都市をいくつかのメッシュに区切り、その各中心ノードと各主要拠点との間の最短距離への貢献度により順位を求め、上位から順に大きな評点を付けるものとする。また、避難期の場合は、上述したようにトリップ長が短いと考えられるため最も近くにある避難場所に到達できることが最重要と考えた。

図-4は、避難期を対象とした道路橋の重要度評価手順を模式的に示したものである。同図で

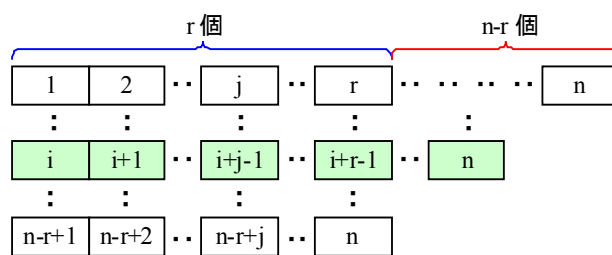


図-1 前処理としての群設定

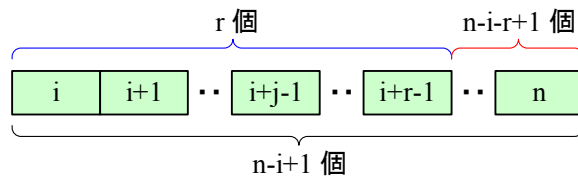


図-2 一般群

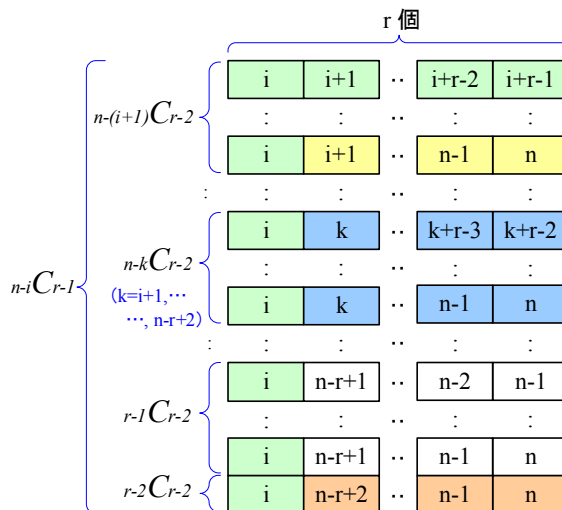


図-3 一般群($n-i+1$ 個)から r 個選ぶ場合の組合せ

表-1 組合せ算定例

No.	組合せ ${}^6C_4=15$ 通り			
1	Br1	Br2	Br3	Br4
2	Br1	Br2	Br3	Br5
3	Br1	Br2	Br3	Br6
4	Br1	Br2	Br4	Br5
5	Br1	Br2	Br4	Br6
6	Br1	Br2	Br5	Br6
7	Br1	Br3	Br4	Br5
8	Br1	Br3	Br4	Br6
9	Br1	Br3	Br5	Br6
10	Br1	Br4	Br5	Br6
11	Br2	Br3	Br4	Br5
12	Br2	Br3	Br4	Br6
13	Br2	Br3	Br5	Br6
14	Br2	Br4	Br5	Br6
15	Br3	Br4	Br5	Br6

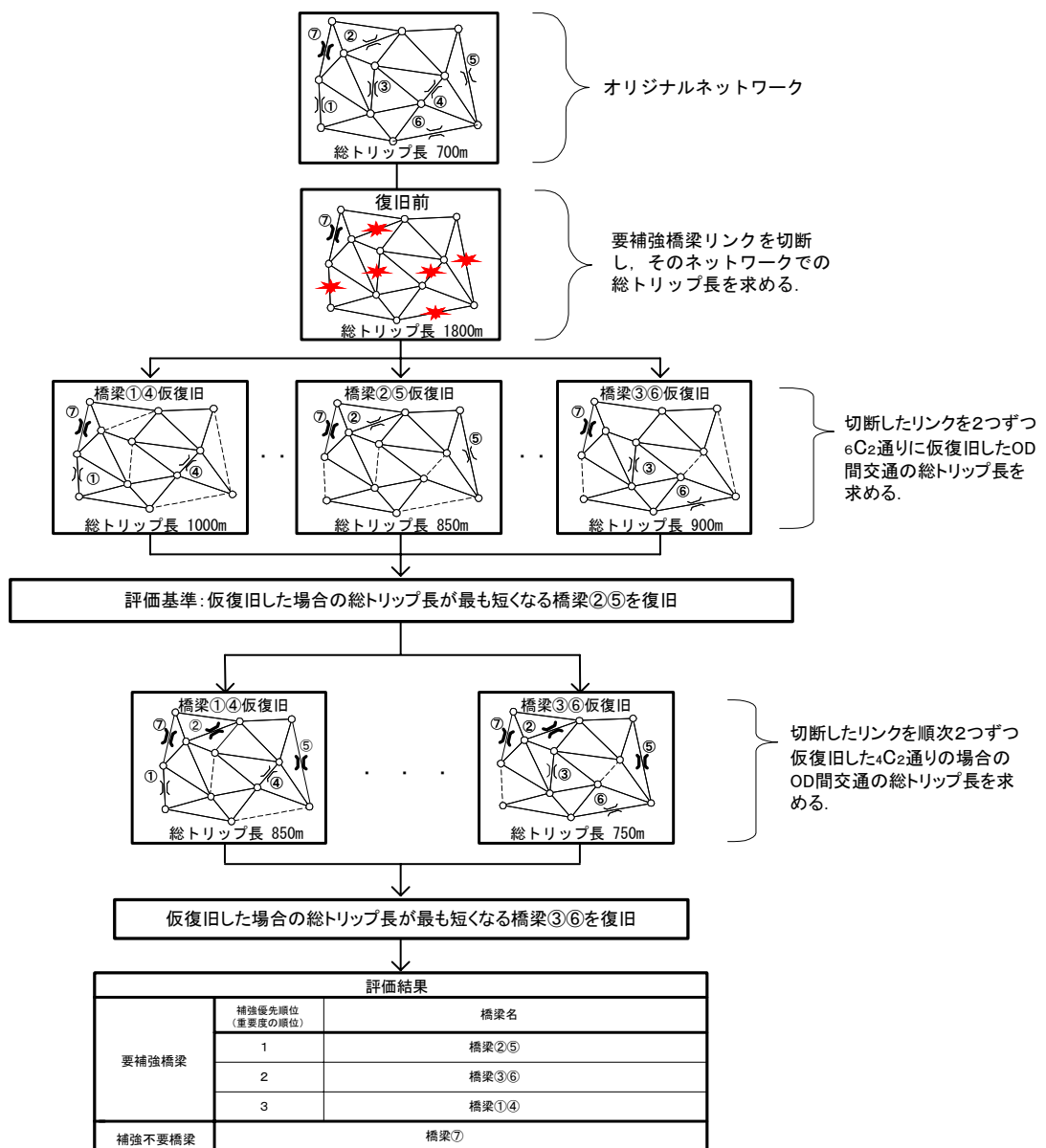


図-4 避難期を対象とした道路橋の重要度評価手順

は7個の橋梁（①～⑦）中、橋梁⑦のみ補強不要とし、また同時に2橋ずつ耐震補強する場合を想定している。まず、要補強橋梁（①～⑥）を全て切断した復旧前ネットワークを考える。ついで、前出の2で述べた方法（付図-1参照）により求めた6C2組の橋梁群を個々に仮復旧した場合の各地域の中心から最寄の避難場所までの総トリップ長をダイクストラ法⁴⁾により求める。重要度評価指標としては、橋梁に耐震補強を施すことによって短縮される総距離を用いた。すなわち、耐震補強前の全ての橋梁が通行不可能な場合の各最短経路の総距離と、耐震補強された橋梁が通行可能となった場合の各最短経路の総距離の差がそのまま評価指標となる。この例では、橋梁②と⑤を同時に仮復旧した場合の総トリップ長が最短（850m）であるため、これらの橋梁の耐震補強が最優先されることになる。同様に、残った

橋梁（①、③、④、⑥）の補強優先順位を算定する。この図のように、橋梁③と⑥を新たに仮復旧した場合の総トリップ長が最短である場合、これらの橋梁が2番目に優先され、結局図-4の橋梁①～⑥を2橋ずつ耐震補強する場合の優先順位は同図下端の表に示すようになる。

(2) 救援期を対象とした重要度評価

救援期前期³⁾における最も重要な交通は、被災者の救助を目的として活動する救援車両の移動である。この他、帰宅困難者の移動が徒歩を含めて発生すると考えられる。救援期後期³⁾においては、都市内の飲料水の家庭内備蓄が非常に少ないため、水道管の断絶によって上水道の供給が止まった地区へ、その地区内に備蓄された飲料水を供給するための交通需要が発生するものと思われる。この他、家屋倒壊の

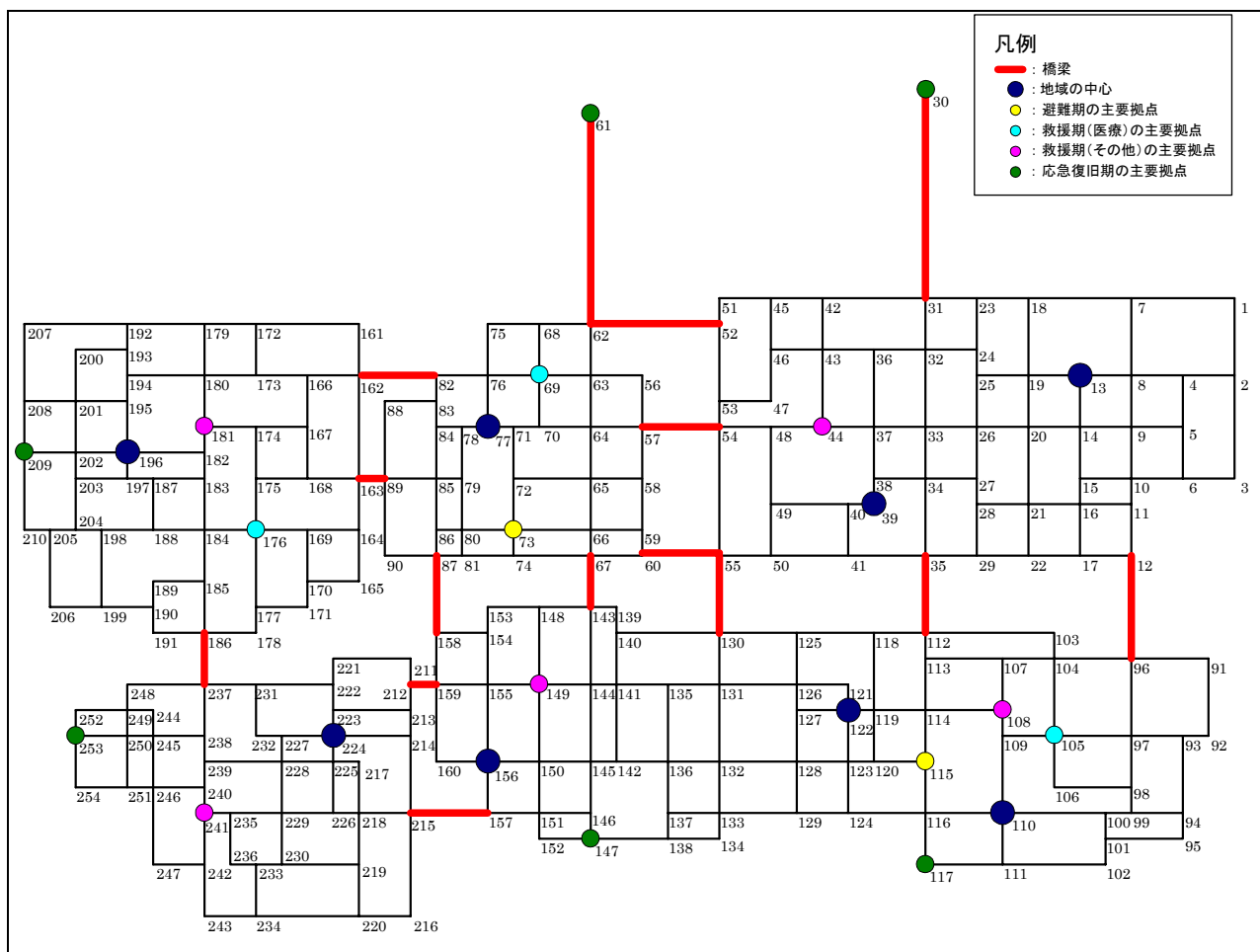


図-5 モデルネットワーク

ための避難施設に移動した人々に対する食料及び寝具の輸送も必要になる。本研究では、これらの重要交通のうち、主に救援車両の移動に注目する。これは、救援車両の移動がこの時期に最も重要であると考えられるだけでなく、給水車両など地震防災上重要であると考えられるその他の交通と比べて、圧倒的にトリップ数が多いからである。この時期の評価基準ならびに評価手順は、避難期と同様（図-4）である。ただし、救援期の主要拠点は避難期の主要拠点とは異なり、最も近い拠点1箇所だけに到達するだけでは不十分と考えられるため、対象都市内にあるすべての主要拠点までのトリップ長を求めて比較することとした。

(3) 応急復旧期を対象とした重要度評価

応急復旧期³⁾は、避難期ならびに救援期に比べて、その期間が比較的長いので、その分多くの種類の交通が発生する。特に、食料・飲料水供給のための交通需要が増大すると考えられる。この交通需要は、基本的に評価対象都市外からの輸送になるが、同様に食料と水以外の緊急物質も、応急復旧期にはその多くを評価対象都市外から供給する必要がある。

応急復旧期には、この他一般の生活物資と廃棄物の輸送とともに、道路網の復旧を含んだライフライ

ン施設の復旧による交通需要が発生し始める。道路網の作業自体も交通需要を発生させる。同様に、他のライフライン施設についても、その復旧は応急供給による交通需要を低減させるが、復旧のための交通需要が増大するというトレードオフの関係がある。このため、ライフライン施設の復旧にあたっては、その施設全体での計画と調整がきわめて重要である。

以上のようなことより、応急復旧期の主要拠点はネットワークの端点となることが多いと考えられる。評価基準ならびに評価手順等は、避難期ならびに救援期と同様（図-4）である。

4. 同時補強橋梁数が既設道路橋の耐震補強優先順位に及ぼす影響

(1) モデルネットワークへの適用

同時期に補強される橋梁数が、ネットワーク特性に基づく道路橋の重要度に与える影響を検討するために、図-5に示すような比較的小規模なモデルネットワークを作成した。作成にあたっては徳島市中心部の詳細な道路網ネットワーク²⁾を参考にした。ネットワークのノード数は254、またリンク数は397であり、道路橋数は15（赤線）である。また、

表-2 各時期の主要拠点

時期	主要拠点
避難期	広域避難場所
	避難場所
救援期	公共機関
	医療施設
	消防団
	ネットワークの端点
応急復旧期	公共機関
	輸送拠点
	消防団
	ネットワークの端点

図中の○印は凡例に示すような各時期の主要拠点を表わしており、その個数は次に示す通りである。

各地域の中心の数（紺色）：8

避難期の主要拠点数（黄色）：2

救援期（医療機関）の主要拠点数（水色）：3

救援期（その他の機関）の主要拠点数（ピンク色）：5

応急復旧期の主要拠点数（緑色）：6

なお、各時期の主要拠点としては、表-2 に示すような機関・施設等を想定している。

各道路橋の最終的な重要度は、避難期、救援期および応急復旧期の各時期に対する重要度をそれぞれ求め、それらを加重合計等することによって算定される^{1),2)}が、救援期についてはさらに医療機関への移動とその他の機関への移動に分類されるため、実質的にはまず合計4時期に対する重要度を求める必要がある。

(2) 同時補強橋梁数が各時期の耐震補強効果に及ぼす影響

避難期、救援期（医療機関）、救援期（その他の機関）ならびに応急復旧期における耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響を個別に評価した。なお、耐震補強効果（SRE）は次式により算定する。

$$SRE(\%) = \frac{LTR_A - LTR_i}{LTR_A - LTR_B} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 LTR_A ：要補強橋梁リンクをすべて切断したネットワークにおける総トリップ長、 LTR_B ：オリジナルネットワークにおける総トリップ長、 LTR_i ： i 回の補強が施されたネットワークにおける総トリップ長である。なお、ある目的地に到達し得るルートが存在しない場合には、その出発地と目的地間の最短距離を便宜上 10,000 mと設定した。式(1)よりわかるように、対策の進行とともに分子の LTR_i が小さくなり耐震補強効果（SRE）が大きくなる。全ての対策が終了した時点では $LTR_i = LTR_B$ であるので $SRE = 100\%$ となる。

図-6 は、避難期を対象として補強橋梁数を毎回同じにした場合の補強効果曲線を示している。図中の各曲線は同時補強橋梁数（1～7 橋）の相違を示

している（凡例参照）。また、図-7 および図-9 は、同様に救援期（医療機関対象）、救援期（その他の機関）ならびに応急復旧期に対する補強効果曲線を示したものである。これらの図より、いずれの時期も、同時に補強する橋梁数にかかわらず、ある時点で補強された橋梁数の合計が同じであれば、その効果はほぼ同じであることがわかる。例えば、図-6 において、1 橋ずつ補強を 2 回行った効果と 2 橋ずつ補強を 1 回行った効果はほぼ等しく（約 75%）なっている。

図-10～13 は、補強回数ごとに同時補強橋梁数を変えた場合の補強効果曲線を示したものである。各曲線は、図中に示すような同時補強橋梁数の変遷を示している。これらの図からも、補強回数ごとに同時に補強する橋梁数が変わっても、ある時点で補強された橋梁数の合計が同じであれば、その効果はほぼ同じであることがわかる。

(3) 同時補強橋梁数が各時期の耐震補強優先順位に及ぼす影響

表-3～6 は、図-6～9 の場合の同時補強橋梁数と優先順位の関係を示したものである。なお、各表中の①, ②, …は、それぞれの時期に 1 橋ずつ耐震補強する場合の各橋梁の優先順位をそのまま橋梁名と見なしたものである。表-3～6 より、同時に補強する橋梁数を変えることによって優先順位が変動している橋梁があることがわかる（変動が大きい橋梁は赤色で示している。）図-14～17 は、それぞれ表-3～6 における「1 橋ずつ耐震補強」した場合の各橋梁の耐震補強優先順位を具体的に示したものである。

表-3～6 ならびに図-14～17 より、同時補強橋梁数の相違による各橋梁の耐震補強優先順位の変動は、各出発地-目的地間を最短で結ぶルートの変更に伴ってその最短ルートへの貢献度の相対的な変化に起因しており、ネットワークの内部に目的地が多い場合に比較的優先順位の変動が大きいことがわかる。これは、目的地が内部に数多く存在する場合には、同時補強橋梁数の増加により、出発地と目的地間のルートが最短となる可能性が高くなるためであると思われる。

以上の(2), (3)より、1橋ずつ最も効率的に補強する際の補強効果がわかっていれば、同時補強橋梁数の影響で補強する橋梁が変わる場合にも、任意時点での補強効果を比較的精度よく推定し得ることがわかる。これは、同時補強橋梁数を増やすと優先順位を算定するための労力がかかなり増大するような大ネットワークを対象とした場合に特に有用な傾向であると考えられる。また、同時補強橋梁数が各橋梁の耐震補強優先順位に及ぼす影響は、主要拠点の数ならびに配置等により大きく異なるが、ネットワークの内部に比較的多くの主要拠点を有する場合に、優先順位に及ぼす同時補強橋梁数の影響が大きくなる傾向が見られる。

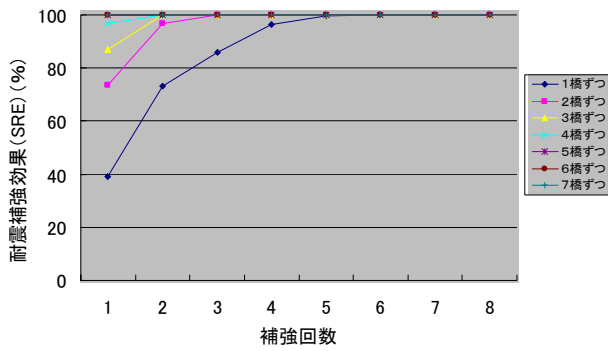


図-6 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(避難期, 補強橋梁数固定)

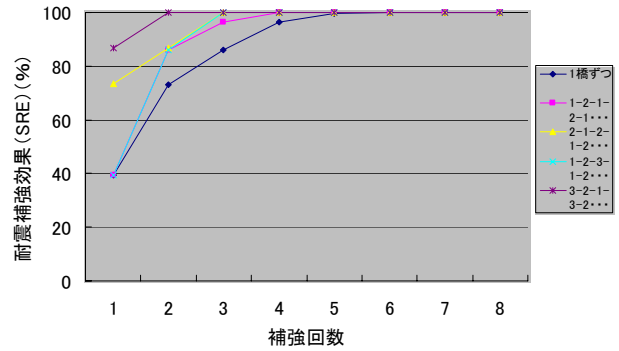


図-10 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(避難期, 補強橋梁数変動)

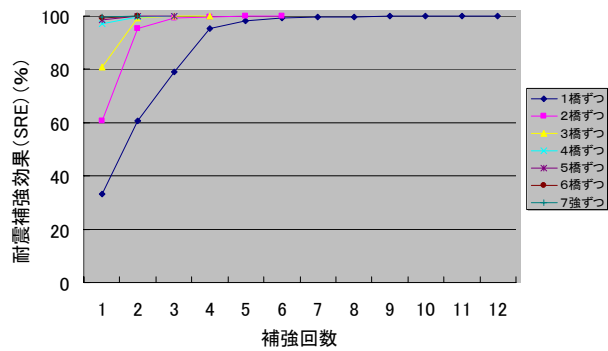


図-7 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(救援期(医療), 補強橋梁数固定)

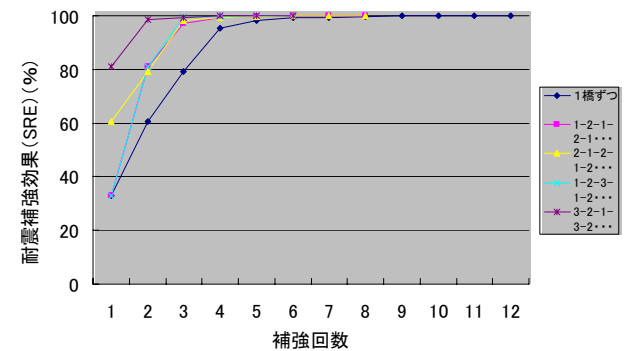


図-11 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(救援期(医療), 補強橋梁数変動)

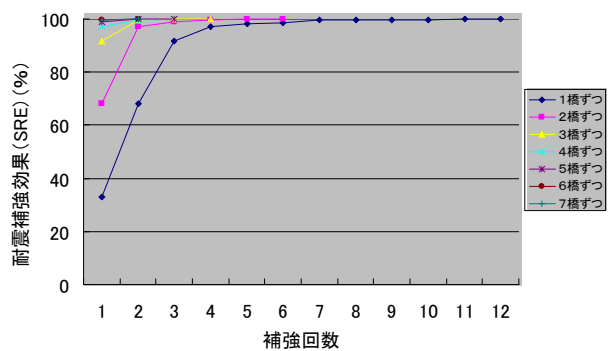


図-8 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(救援期(その他), 補強橋梁数固定)

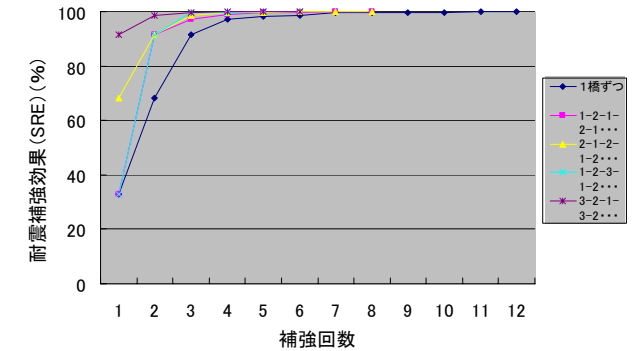


図-12 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(救援期(その他), 補強橋梁数変動)

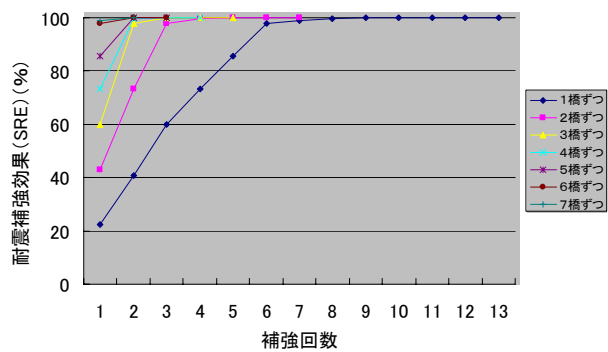


図-9 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(応急復旧期, 補強橋梁数固定)

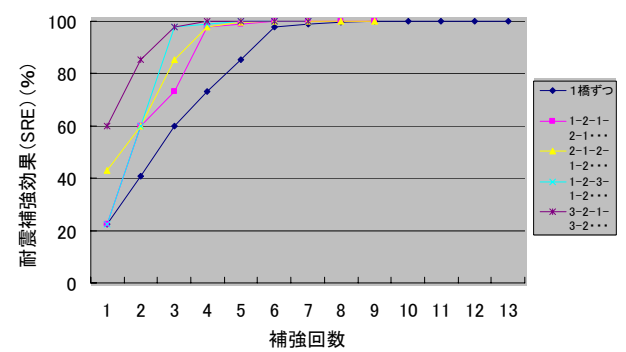


図-13 耐震補強効果に及ぼす同時補強橋梁数の影響
(応急復旧期, 補強橋梁数変動)

表-3 同時耐震補強橋梁数と補強優先順位（避難期，図-14 参照）

避難期	同時補強橋梁数						
補強回数	1橋ずつ	2橋ずつ	3橋ずつ	4橋ずつ	5橋ずつ	6橋ずつ	7橋ずつ
1	①	②⑤	②③⑤	②③⑤⑦	②③④⑤⑥	②③④⑤⑥⑦	②③④⑤⑥⑦⑧
2	②	③⑦	④⑥⑦	①④⑥⑧	①⑦⑧	①⑧	①
3	③	④⑥	①⑧				
4	④	①⑧					
5	⑤						
6	⑥						
7	⑦						
8	⑧						
...	...						

※1 ①: 1橋ずつの優先順位1位
 ※2 ⑨以下は補強しても効果なし
 ※3 赤字は優先順位の変動が大きい

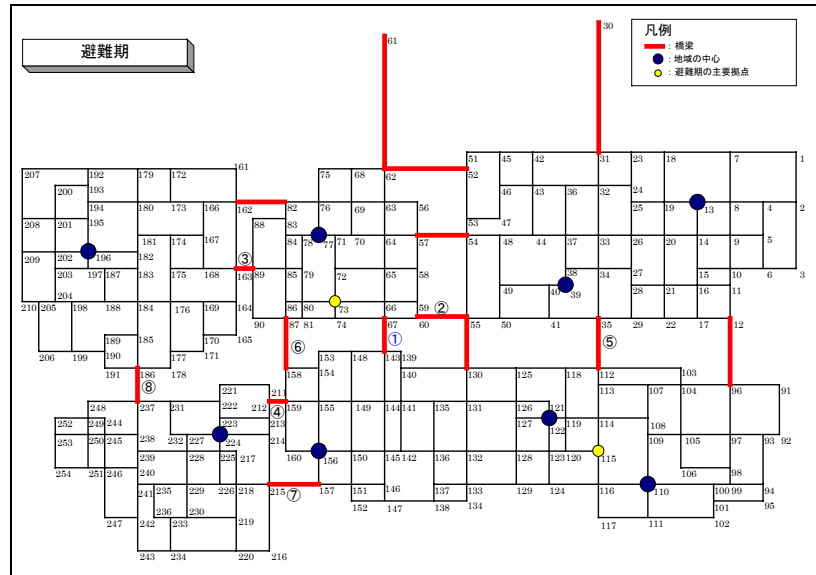


図-14 1橋ずつ耐震補強する場合の優先順位（避難期，表-3 参照）

表-4 同時耐震補強橋梁数と補強優先順位（救援期(医療)，図-15 参照）

救援期(医療)	同時補強橋梁数						
補強回数	1橋ずつ	2橋ずつ	3橋ずつ	4橋ずつ	5橋ずつ	6橋ずつ	7橋ずつ
1	①	①②	①③⑤	①③⑤⑥	①③④⑤⑥⑦	③⑥⑧⑨⑩⑪⑫	③⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫
2	②	③④	⑥⑨⑫	⑦⑧⑨⑫	⑥⑦⑧⑨⑩	①②④⑤⑦⑩	①②④⑤⑩
3	③	⑤⑥	④⑦⑧	②④⑩⑪	②⑪		
4	④	⑦⑧	②⑩⑪				
5	⑤	⑨⑩					
6	⑥	⑩⑫					
7	⑦						
8	⑧						
...	...						

※1 ①: 1橋ずつの優先順位1位
 ※2 ⑬以下は補強しても効果なし
 ※3 赤字は優先順位の変動が大きい

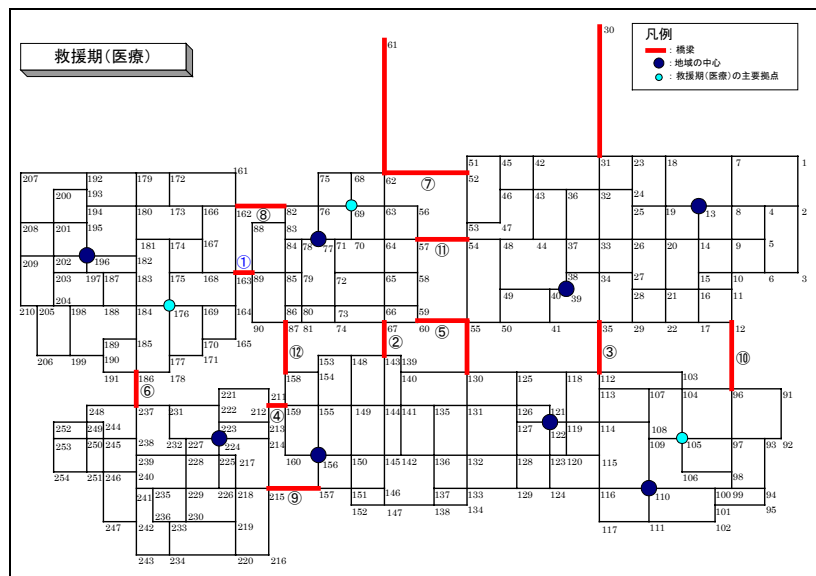


図-15 1橋ずつ耐震補強する場合の優先順位（救援期(医療)，表-4 参照）

表-5 同時耐震補強橋梁数と補強優先順位（救援期（その他），図-16 参照）

救援期（その他）	同時補強橋梁数						
補強回数	1橋ずつ	2橋ずつ	3橋ずつ	4橋ずつ	5橋ずつ	6橋ずつ	7橋ずつ
1	①	①②	①②③	①②③④	①②③⑩⑪	①②③⑩⑪⑫	①②③⑥⑦⑩⑪
2	②	③④	⑩⑪⑫	⑥⑦⑩⑪	⑥⑦⑧⑨⑫	④⑤⑥⑦⑧⑨	④⑤⑧⑨⑫
3	③	⑥⑦	⑥⑦⑨	⑤⑧⑨⑫	④⑤		
4	④	⑩⑪	④⑤⑧				
5	⑤	⑧⑨					
6	⑥	⑤⑫					
7	⑦						
8	⑧						
...	...						

※1 ①: 1橋ずつの優先順位1位
 ※2 ⑬以下は補強しても効果なし
 ※3 赤字は優先順位の変動が大きい

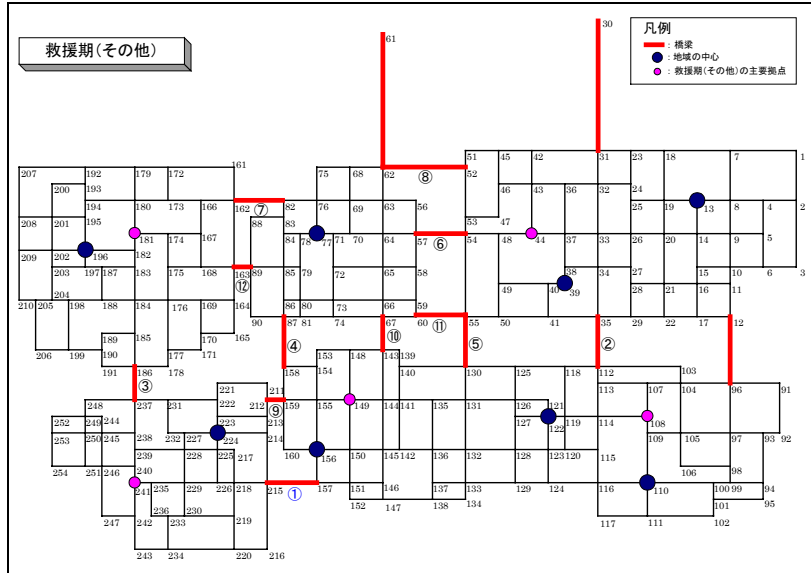


図-16 1橋ずつ耐震補強する場合の優先順位（救援期（その他），表-5 参照）

表-6 同時耐震補強橋梁数と補強優先順位（応急復旧期，図-17 参照）

応急復旧期	同時補強橋梁数						
補強回数	1橋ずつ	2橋ずつ	3橋ずつ	4橋ずつ	5橋ずつ	6橋ずつ	7橋ずつ
1	①	②③	①②③	①②③④	①②③④⑤or⑤'	①②③④⑤⑤'	①②④⑤⑤'⑦⑩⑪
2	②	①④	④⑤⑤'	⑤⑤'⑦⑧	⑦⑧⑨⑩⑤or⑤'	⑦⑧⑨⑩⑪⑫	③⑧⑨⑩⑪⑫⑬
3	③	⑤⑤'	⑦⑧⑨	⑨⑩⑪⑫	⑪⑫⑬⑭⑮	⑬	
4	④	⑦⑧	⑩⑪⑫	⑬			
5	⑤	⑨⑩	⑬				
6	⑤'	⑪⑫					
7	⑦	⑬					
8	⑧						
9	⑨						
10	⑩						
...	...						

※1 ①: 1橋ずつの優先順位1位
 ※2 ⑭以下は補強しても効果なし
 ※3 赤字は優先順位の変動が大きい
 ※4 ⑤'は5位と同順位

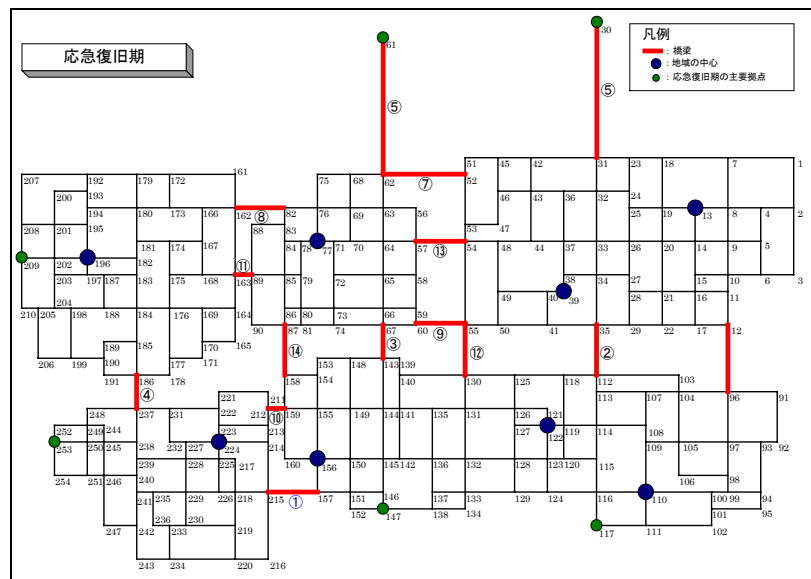


図-17 1橋ずつ耐震補強する場合の優先順位（応急復旧期，表-6 参照）

5. おわりに

本研究では、防災の観点から既設道路橋の耐震補強順位を策定するより合理的な手法を確立するための基礎的研究として、簡単な道路網ネットワークモデルを用いた計算例をもとに、震後の各時期（避難期、救援期ならびに応急復旧期）に対する耐震補強効果ならびに補強順位重要度等に及ぼす同時補強橋梁数の影響をそれぞれ評価した。その結果、いずれの時期においても同時補強橋梁数が異なれば各橋梁の耐震補強優先順位に少なからぬ影響を及ぼすが、耐震補強された橋梁数が同じであれば、同時補強橋梁数ならびにその変動パターンにかかわらずそれらの補強効果はほぼ等しいことが分かった。

今回は、震後の各時期ごとの評価に留まったが、今後、各時期に対する結果を総合して決定される最終的な耐震補強順位に及ぼす同時補強橋梁数の影響に関しても検討する必要があるものと思われる。

謝辞：本研究の一部は、平成16年度科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)、課題番号15560405）の助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表します。

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, pp.213-223, 1995.
- 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，構造工学論文集, Vol.45A, pp.925-934, 1999.
- 3) 小川好，笹岡弘治，岡本順：震災予測のための道路網データベースの開発，都土木技研年報，pp.269-280, 1997
- 4) 茨木俊秀・福島雅夫共著：FORTRAN77 最適化プログラミング，岩波書店，pp.237-264.

付録

```

C
C   PROGRAM TO OBTAIN COMBINATION OF BRIDGES
C
C   ** INPUT DATA **
C
C       N : Total number of bridges
C       R : Number of selected bridges
C
C   ** OUTPUT DATA **
C
C       NB(I,J) : jth bridge number of Group i
C                   (i=1~nCr, j=1~r)
C
C   PARAMETER(LX=1000,LY=1000,MY=1000)
C
C   INTEGER NXY(LY,LX),NB(MY,LY),MZ(LX),N,R
C   REAL*8 NC,MC
C-----
C   OPEN(6,FILE='YKumi.dat',STATUS='OLD')
C   OPEN(5,FILE='YResult.dat',STATUS='UNKNOWN')
C   READ(6,*) N,R
C-----
C   NC=1
C   DO 100 KC=1,N-R
C       NR=N-KC+1
C       NC=NC*NR
C 100 CONTINUE
C   MC=1
C   DO 110 KC=1,N-R
C       MC=MC*KC
C 110 CONTINUE
C   ICMAX=NC/MC
C   ICMAX=KALJO(N)/(KALJO(R)*KALJO(N-R))
C   WRITE(5,620)N,R,ICMAX
C 620 FORMAT('N=',I3,'R=',I2,'====>',I5)
C-----
C   NP=N-R+1
C   DO 20 JY=1,NP
C       JXD=JY-1
C       DO 10 JX=1,R
C           NXY(JY,JX)=JX+JXD
C 10 CONTINUE
C 20 CONTINUE
C   DO 30 L=1,R
C       MZ(L)=1
C 30 CONTINUE
C   I=0
C 200 I=I+1
C   DO 40 J=1,R
C       NB(I,J)=NXY(MZ(J),J)
C 40 CONTINUE
C   K=R
C   IF(MZ(K).EQ.NP) THEN
C 300 K=K-1
C   IF(K.EQ.0) GOTO 400
C   IF(MZ(K).EQ.NP) GOTO 300
C   MZ(K)=MZ(K)+1
C   DO 50 KK=K+1,R
C       MZ(KK)=MZ(K)
C 50 CONTINUE
C   ELSE
C       MZ(K)=MZ(K)+1
C   ENDIF
C   GOTO 200
C 400 CONTINUE
C   DO 60 I=1,ICMAX
C       DO 70 J=1,R
C           WRITE(5,600) I,J,NB(I,J)
C 600 FORMAT('NB',I6,',',I2,',',I2,',',I3)
C 70 CONTINUE
C 60 CONTINUE
C   STOP
C   END

```

(2005. 3. 15 受付)

付図-1 組合せ算定プログラム

EFFECT OF NUMBER OF ROAD BRIDGES RETROFITTED AT A TIME ON THEIR ORDER OF RETROFIT PRIORITY

Yoshifumi NARIYUKI, Kiyoshi HIRAO and Takeshi AMANO

Seismic retrofit of existing road bridges is extremely important as a countermeasure against urban seismic disasters and is performed in order of priority determined in advance. Though a plural number of bridges are generally retrofitted at a time, their priorities are not always determined taking the number of bridges retrofitted at almost the same time into account. In this study, we developed a determination method for the priority of seismic retrofit of bridges in which number of bridges retrofitted at a time is included. As the result of application of this method to a model road network, it was found that the number of bridges retrofitted at a time considerably affects their retrofit priority.