

震後の孤立地区発生防止を優先した既設道路橋の時系列的重要度評価

成行義文¹・平尾潔²・谷元雅哉³・大木淳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兵庫県県土整備部土木局 (〒650-8567 兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

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:c500101006@stud.tokushima-u.ac.jp

震後の孤立地区発生は、地震防災上、最も回避すべき現象の一つである。孤立地区は主に道路橋の損傷・崩壊により発生することを勘案すると、既設道路橋の耐震補強は極めて重要な震前対策の一つと位置づけられる。また、道路橋の耐震補強優先順位は地震の偶発性を十分に考慮して策定されるべきである。本研究は、地方都市の既設道路橋の耐震補強順位の策定法確立のための基礎的研究として、孤立地区の発生防止を優先した場合のネットワーク特性に基づく既設道路橋の重要度を、震後の各時期（避難、救援、応急復旧期等）の順序を考慮して時系列的に評価する手法を構築し、徳島市中心部を対象とした適用例によりその妥当性を示したものである。

Key Words : *Isolated area, importance assessment, seismic retrofit, existing road bridge, pre-earthquake mitigation strategy*

1. はじめに

震後の孤立地区発生は、地震防災上、最も回避すべき現象の一つである。孤立地区は主に道路橋の損傷・崩壊により発生することを勘案すると、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と位置づけられる。しかしながら、実際は、予算の制約上、地震の偶発性を考慮して、早期により大きな効果が期待できる橋梁から順次耐震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。一般に各道路橋の重要度は、震後の各時期（避難、救援、応急復旧期等）における重要度に適当な重みを考慮して算定される^{1),2)}。しかしながら、このような平均的な重要度に基づく耐震補強順位は、震後の各時期、特に避難期あるいは救援期等の地震発生直後の人命に大きく係わる時期において、あまり意味をなさない可能性がある。

以上のような観点より、本研究では、地方都市における既設道路橋の耐震補強順位の策定法確立のための基礎的研究として、孤立地区の発生防止を優先した場合のネットワーク特性に基づく道路橋の重要

度を、震後の各時期の順序を考慮して時系列的に評価する手法を構築し、モデルネットワークならびに徳島市中心部を対象とした適用例によりその妥当性を示した。

2. 震後の各時期に対する耐震対策効果

一般に震後の各時期は、主体的に行われる活動の種類によって、発災直後の避難期（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）に大別される。各時期の主要拠点等が異なるため、ネットワーク特性もそれぞれ異なる。既設道路橋の耐震補強は、地震の偶発性を考慮して震後の道路網のネットワーク特性をできる限り震前のレベルに近い状態に維持するように実施されなければならない。

既設道路橋の耐震補強順位策定のための地震防災上の重要度を考える場合、無補強の橋梁は地震時にはすべて大きな損傷を被り通行不能に陥ると仮定し、その際の不健全な道路網ネットワークを健全な状態に復旧させるのにより効果の高い橋梁（無補強）か

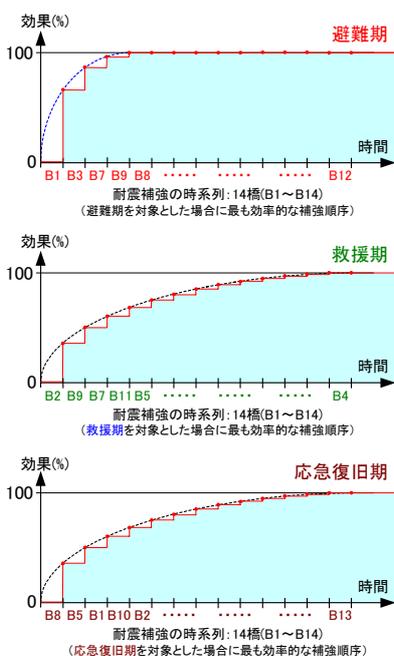


図-1 震後の各時期の耐震補強効果曲線（補強順序：時期別）

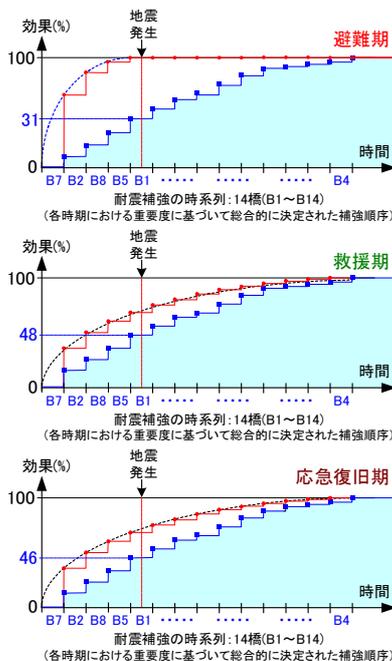


図-2 震後の各時期の耐震補強効果曲線（補強順序：統一）

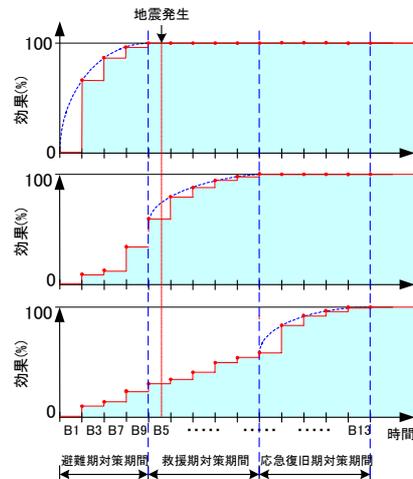


図-3 各時期の時系列を考慮した場合の耐震補強効果曲線

ら順に重要度が高いとみなせば考え易い。

(1) 震後の各時期の時系列を考慮しない場合

前述のように、無補強の橋梁は地震時にすべて通行不能に陥ると仮定し、震後の各時期ごとに、それぞれの時期における主要拠点と地域の中心とのネットワーク特性を健全な状態に戻すのにより効果的な橋梁から順に復旧することを考える。この場合の復旧順序が、耐震補強順序決定の際の重要度の序列に対応している。図-1は簡単のため、14個の要耐震補強の道路橋（B1, B2, …, B14）が存在すると仮定して、避難期、救援期ならびに応急復旧期の各時期ごとに重要度が高い順に復旧した場合の効果（健全な状態への接近度）を模式的に示したものである。各時期とも、より効果の高い橋梁から復旧するという前提であるため、復旧効果曲線は早期に高い効果を示す形状となっているが、当然、復旧される橋梁の順番は各時期ごとに異なっている。すべての時期の優先順位に厳格に従って橋梁を復旧することは不可能であるため、実際にはこれらの優先順位に基づいて評価される各道路橋の時期ごとの重要度の加重合計に基づき総合的な耐震補強優先順位が決定される。図-2は、加重合計された重要度に基づき決定された順序で復旧した場合の各時期における効果曲線を模式的に示したものである。この図より、前述のような総合的な順序で復旧した場合、いずれの時期も理想的な場合（赤線）に比べかなり効果の発現が遅くなる可能性があることがわかる。さらに、最も留意すべきは、仮に図-2中に示すような時期（B1橋梁耐震補強中）に地震が発生した場合、いずれの時期に対する対策も不十分であり、震後の避難・救援・応

急復旧等の活動に大きな支障を来す恐れが高いことである（図中の地震発生時の効果を表す31, 48, 46等の数値は単にイメージであり、厳密な意味はない）。特に避難期および救援期等の人命に直結する時期に対する対策効果はある程度保障されることが望ましい。

(2) 震後の各時期の時系列を考慮した場合

図-3は、避難期、救援期および応急復旧期の順にそれぞれの時期に対する補強効果が最も早く現れるように耐震補強順位を決めた場合の各時期に対する効果曲線を前述の14個の要補強橋梁を想定して模式的に示したものである。最初の避難期対策期間における優先順位（B1→B3→B7→B9）は、当然図-1の避難期のそれと同じである。すなわち、B9橋梁（4番目）の耐震補強で避難期に対する補強は終了し、次いで救援期を対象とした補強に移っているが、避難期に対する補強により救援期に対してもある程度の効果は発現していると考えられる。応急復旧期に対しても同様である。今仮に図に示すような時期（B5橋梁耐震補強中）に地震が発生した場合にも、避難期に対しては健全な道路網のネットワーク特性が保障されており、その他の時期に対する効果も若干期待し得る。既設道路橋の耐震補強に比較的長い年月を要すること、また地震発生時期の予測が難しいこと等を勘案すれば、震後のより早い時期に対する対策から順に進めるのが合理的であると考えられる。

図-3では、簡単のため、避難期に対する対策がB9橋梁の補強により完了するという設定となっているが、実際には距離増分等を評価指標とした場合、多数の未補強橋梁を残した状態で効果が100%となるこ

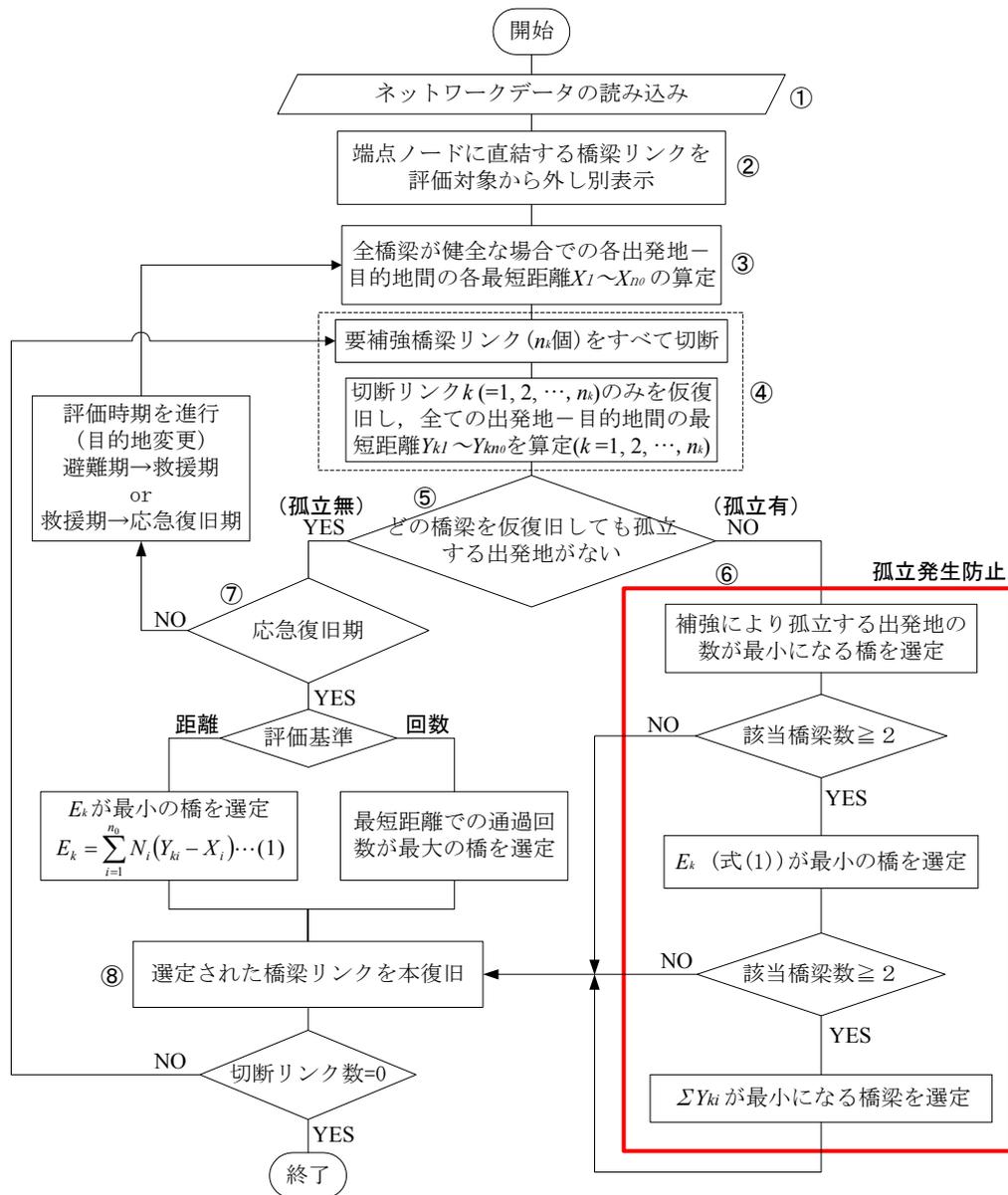


図-4 孤立地区発生防止を優先した道路橋の耐震補強順位決定手順

とは少ないと考えられる。しかしながら、避難期あるいは救援期対策期間において孤立地区発生防止のみ着目した場合には比較的限られた橋梁が関与することになるため、図-3のようなシンプルな効果曲線形状を呈するものと思われる。

3. 孤立地区発生防止を優先した既設道路橋の重要度評価手順

道路橋は、道路の連続性を確保するために存在している。したがって、地震時に落橋等の大きな損傷により不通になった場合、その道路橋によって連結されていた地区がその地域の道路網ネットワークから孤立する恐れがある。そのような孤立地区の発生は、その地区内外の震後の諸活動に多大な悪影響を及ぼすとともに、住民の生活に大きな支障を来す。

人命重視の防災対策の観点からは、このような孤立地区の発生は最も避けるべきであり、震後の各時期における孤立地区の発生防止を優先させた道路橋の耐震補強対策が重要であると考えられる。

(1) 耐震補強順位の算定手順

図-4 は、震後の孤立地区発生防止を優先した道路橋の耐震補強順位の決定手順を示したものである。前述のように、震後の各時期の順序が考慮されている。ネットワーク解析には最短経路探索のためのダイクストラ法³⁾を用い、健全なネットワークにおける各地域の中心と主要拠点間の最短距離の総和と、着目する道路橋以外の未対策橋梁をすべて除外したネットワークにおけるそれらの最短距離の総和を求めた。

以下に、本評価手順について図-4 に沿って簡単

表-1 リンク抵抗

幅員(m)	制限速度(km/h)	リンク抵抗
0~2	10	5.0
2~3	10	5.0
3~4	20	2.5
4~5	30	1.7
5~6	30	1.7
6~7	30	1.7
7~8	40	1.3
8~9	40	1.3
9~10	40	1.3
10~15	40	1.3
15~	50	1.0

に説明する。

- ①ネットワークデータの読み込みを行う。この際、閉塞すると予測されたリンクには切断を表現するため、またそれ以外のリンクには幅員による制限速度（リンク抵抗：後出(2)参照）を考慮するために、各リンク長に重みを乗じる。
- ②ネットワークの端点ノードは川などの存在のため道路橋によって最寄のノードと接続されている場合が多い。そのような橋梁は、ネットワーク内の他の橋梁と同等に重要度評価すべきではないと考えられるため、評価対象の橋梁リンクから除外する。
- ③健全なネットワーク（震前）を対象として、各地域の中心と各主要拠点間の最短距離 X_1, X_2, \dots, X_{n_0} を求める。ここで、 n_0 は移動可能な各地域の中心と各主要拠点の組合せ数を表している。なお対象時期の初期設定は「避難期」である。
- ④まず想定地震によって被害を受けると思われる n_k 個の橋梁リンク（②で述べたような端点に直結するリンクは除く）をすべて切断（消去）する。次いで、それらの内1つのリンク $k (=1, 2, \dots, n_k)$ のみを仮復旧した場合のネットワークにおける各地域の中心と各主要拠点間の最短距離 $Y_{k1}, Y_{k2}, \dots, Y_{kn_0}$ を順次求める。リンクが切断されているため目的地に達することができない場合は最短距離を ∞ とする。
- ⑤④で実施した n_k 通りの仮復旧後の全ネットワーク中、到達不可能な目的地を有する出発地が1つでもあれば、「孤立地区発生の可能性有」と判断し、右側の孤立地区発生防止ルーチンに移る。
- ⑥まず、補強により孤立する出発地の数が最小となる橋を選定する。該当する橋が2橋以上ある場合には、式(1)により算定される距離増分指標 $E_k (k=1, 2, \dots, n_k)$ が小さい方を優先する。

$$E_k = \sum_{i=1}^{n_0} N_i (Y_{ki} - X_i) \quad (1)$$

ここに、 N_i は各ルート ($i=1, 2, \dots, n_0$) の交通量を表している。なお、 $Y_{ki} = \infty$ の場合、ルート i は E_k の算定時には無視している。また、さらに E_k

が等しくかつ最小となる橋が2橋以上ある場合には、 $\sum_{i=1}^{n_0} N_i \cdot Y_{ki}$ が最小となる橋梁を選定するものとする。

- ⑦孤立地区解消後のルーチンであり、孤立地区発生防止を目的とする避難期あるいは救援期の場合は、評価対象時期をそれぞれ救援期あるいは応急復旧期に進め、新たな主要拠点等に対して③を実行する。評価対象時期が応急復旧期の場合は、「距離」あるいは「回数」のいずれかを評価基準として、補強優先順位を決定する。「距離」を評価基準とする場合は前出の E_k (式(1))を用い、また「回数」の場合は全て最短経路で走行した場合の着目橋梁の「のべ通過回数」を評価基準とした。
- ⑧選定された橋梁をこの時点での最優先補強橋梁とし、該当する橋梁リンクを元の健全なリンクに戻す。以下切断リンク数=0となるまで順次④→⑧を繰り返す。

(2) リンク抵抗

前述したリンク抵抗 (3. (1)①) について以下に説明する。このリンク抵抗としては幅員を考慮したリンク抵抗を考えた。高速道路調査会⁴⁾によると、都市内高速道路においては車道幅員が小さくなるにつれて平均速度が低下する傾向が見受けられるとある。したがって、幅員の変化によって各リンクの抵抗は変わるものと考えられるので、各リンクごとに幅員の違いによるリンク抵抗を設定してネットワーク解析を行った。このとき、徒歩での移動が主であると考えられる避難期については、車両を対象としているリンク抵抗は無視するものとする。このリンク抵抗については、表-1 に示すように各幅員ごとに車両の速度の目安として、現地調査により複数の法定速度を調べ、最も頻度の高い速度を各幅員における制限速度として考え、50km/h を基準としてこのような値を設定した。また、道路閉塞するリンクには無限大のリンク抵抗を乗じるものとした。

4. モデル道路網ネットワークを対象とした道路橋の重要度評価

ここでは、図-5 に示すような小規模なモデルネットワークを用いて、通行不可能になった場合に孤立地区を発生させる橋梁に耐震補強の優先順位を与えることが、ネットワーク特性に基づく道路橋の重要度評価（耐震補強順位）に及ぼす影響について検討する。なお、このモデルネットワークは後出の徳島市中心部の道路網ネットワークを参考にして作成したものであり、若干ラフではあるが各時期の主要拠点等が比較的忠実に反映されている。

(1) モデルネットワークの属性

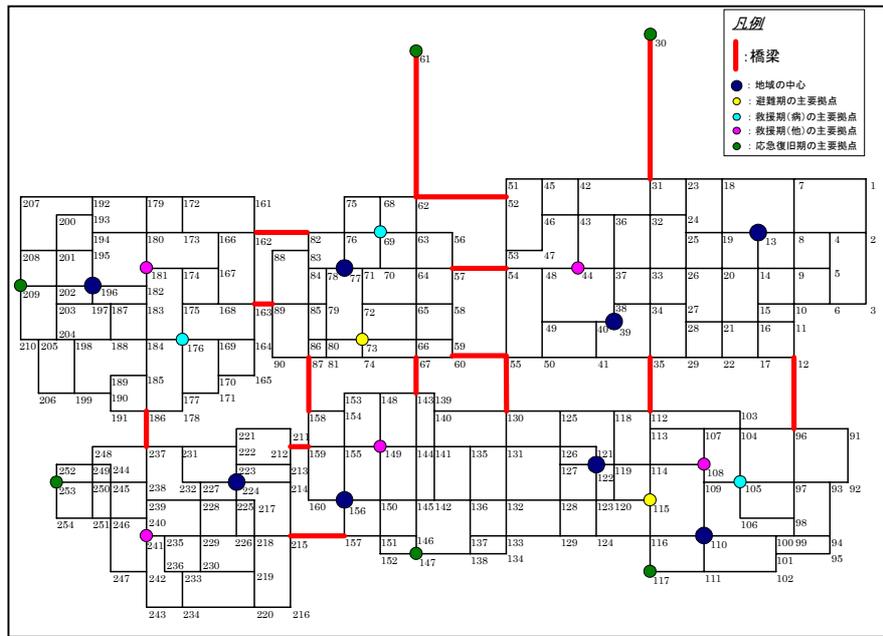


図-5 モデルネットワーク

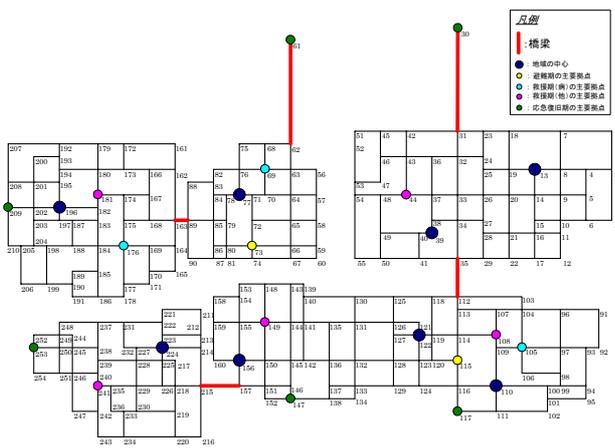


図-6 孤立地区発生防止を優先した場合の補強優先順位3位以内の橋梁

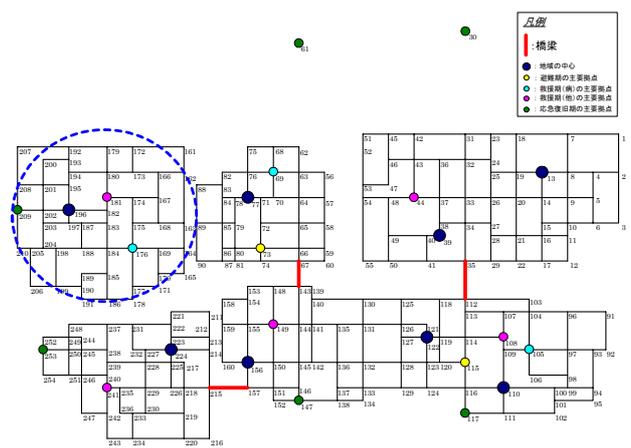


図-7 孤立地区発生防止を優先しない場合の補強優先順位3位以内の橋梁

図-5に示すように、各地域の中心および各時期（避難期，救援期（医療機関），救援期（その他の機関），応急復旧期）の主要拠点を設定した。またノード数ならびにリンク数等は次の通りである。

- ・ノード数：254，リンク数：397，橋梁数：15
- ・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

また、各ノードから発生する交通量（式(1)中の N_i ）は簡単のため全て1とした。

(2) 孤立地区発生防止優先が耐震補強順位に及ぼす影響

図-6と図-7は、それぞれ孤立地区発生防止を優先した場合（本法）と孤立地区を無視した場合の補強順位上位3位までの橋梁（赤線）を示したものである。表-2に各場合の順位の相違を、また表-3には本法による優先順位決定のプロセスの一部を示している。

孤立地区を無視する場合（図-7）には各時期において補強が必要な橋梁（孤立地区を発生させる橋梁）を区別することができないため、文献2)と同様に各時期のネットワーク特性に基づく重要度を加重計算する手法で評価している。この場合の各道路橋の総合評点 M_{N_i} の算定式は式(2)のようである。

表-2 孤立地区の考慮の有無が優先順位に及ぼす影響

橋梁リンク	孤立考慮		孤立無視
	距離	回数	距離
12-96	7	13	15
30-31	別表示		13
35-112	1	1	1
52-62	10	5	8
54-57	13	5	11
55-60	12	12	7
55-130	5	9	11
61-62	別表示		13
67-143	8	10	2
82-162	6	11	9
87-158	11	5	10
89-163	2	2	5
157-215	3	3	3
159-212	3	3	5
186-237	9	5	4

表-3 耐震補強優先順位の決定プロセス

橋梁リンク	1回目		2回目		3回目		4回目		5回目		6回目		...
	順位	効果	順位	効果	順位	効果	順位	効果	順位	効果	順位	効果	
12-96	5	1000	7	孤立なし	6	孤立なし	3	900	2	300	1	100	...
30-31	別表示												
35-112	1	0											
52-62	4	900	7	孤立なし	6	孤立なし	9	22000	7	14400	6	12200	...
54-57	3	200	7	孤立なし	6	孤立なし	6	174000	4	9800	3	9600	...
55-60	2	100	7	孤立なし	6	孤立なし	7	178000	6	10200	5	10000	...
55-130	6	1300	7	孤立なし	6	孤立なし	1	300					
61-62	別表示												
67-143	8	孤立なし	6	孤立なし	5	孤立なし	4	9200	3	8000	2	7800	...
82-162	11	孤立なし	4	200	6	孤立なし	2	700	1	100			
87-158	7	孤立なし	5	孤立なし	4	孤立なし	5	11000	4	9800	3	9600	...
89-163	10	孤立なし	1	0									
157-215	12	孤立なし	2	0	1	0							
159-212	12	孤立なし	2	0	1	0							
186-237	9	孤立なし	7	孤立なし	3	800	8	19900	8	18700	7	18500	...

※効果の数値(m) が示されている橋梁が優先

$$M_{N_i} = \sum_{j=1}^3 W_{NM_j} \cdot X_{ij} \quad (2)$$

ここに、 $j=1, 2, 3$ はそれぞれ避難期、救援期、応急復旧期を表しており、 W_{NM_j} は各時期の重みである。また、 X_{ij} は橋梁 i の時期 j における評点であり、総トリップ長短縮への貢献度により決定された補強優先順位の高い順に 3 等分し、それぞれ 3 点、2 点、1 点を与えた。なお各時期の重み W_{NM_j} は、人命に大きく関わる時期をより重要と考え、 $W_{NM1} = W_{NM2} = 3$ および $W_{NM3} = 1$ とした。

図-6 より、3 橋補強した時点で孤立地区がなくなっており、孤立地区発生防止を優先した補強順位決定が正確に行われていることがわかる。ここでは、川などを挟んで他のネットワークにつながっていると思われる橋梁は順位を付けずに別表示している（上部 2 橋）。一方、孤立地区を考慮しない従来の方法で評価した場合には、図-7 より分かるように、3 橋補強した時点でも図中の円（破線）で囲まれた地区の中心から黄色で示す避難期の主要拠点まで到達できず、この地区はネットワークから孤立している。

表-2 より、距離を指標とした場合の孤立地区考慮の有無による順位の変動は、一部でなく全体に及んでいることがわかる。これは、評価基準が若干異なるため一概には言えないが、橋梁の補強順序の変更が、残る橋梁の優先順位に大きな影響を及ぼすことを示唆しているものと思われる。また表-2 には、3. (1)⑤で述べたように応急復旧期に関する評価を通過回数により行った結果も併記している（「回数」欄参照）。すべての時期において「距離」を指標とした場合と、応急復旧期のみ「回数」を指標とした場合とで優先順位にもかなり相違があった。実際にはこれら 2 パターンの結果に基づきより現実的な順位を設定するのが合理的であると思われる。

表-3 は、前出の表-2 の孤立地区考慮（評価指

標：距離）の場合の優先順位 7 位（橋梁リンク 12-96）までの決定プロセスを示したものである。表中の「孤立なし」という表現は、「その時点では該当する橋梁の耐震補強が孤立地区発生防止に貢献しない」ことを表している。また、表中の「効果」は前出の式(1)より算出される距離増分指標値 E_k を示している。表-3 より、各回における各橋梁の補強効果の序列とともに補強優先順位の決定過程を詳しく見ることができる。例えば 1 回目（優先順位 1 位を決定）では、橋梁[35-112]の効果は 0 となっているが、これはこの橋を復旧することにより、各地域の中心から避難期における各主要拠点までの総トリップ長が、健全なネットワークのそれと等しいことを示している。すなわち効果が高いほどその数値は小さくなる。したがって、優先順位 1 位には橋梁[35-112]が選定されることになる。またこの例の場合、避難期に対する孤立地区発生防止対策は 3 回目の選定で終了しているが、この時点で救援期（目的地：医療機関あるいはその他の機関）に対する対策も完了（この時点で救援期における孤立地区も解消済）しており、4 回目以降は応急復旧期に対する優先順位決定プロセスに移っている。

5. 徳島市中心部への適用例

ここでは、図-8 に示す徳島市中心部（赤枠内：5km×8km）を対象とした評価例を示す。対象範囲は図に示すように南北は吉野川から勝浦川付近まで、東西は鮎喰川付近から海岸線までの間である。被害地震としては、今世紀前半に発生する可能性が高いといわれているマグニチュード 8.4 の南海地震を想定した。文部科学省の地震調査研究推進本部⁵⁾は、南海地震の震源域として図-9 に示すような非常に広い範囲を想定している。本適用例では、その内でも特に徳島市に最も大きな被害を与えられ



図-8 評価対象地域（赤枠内）

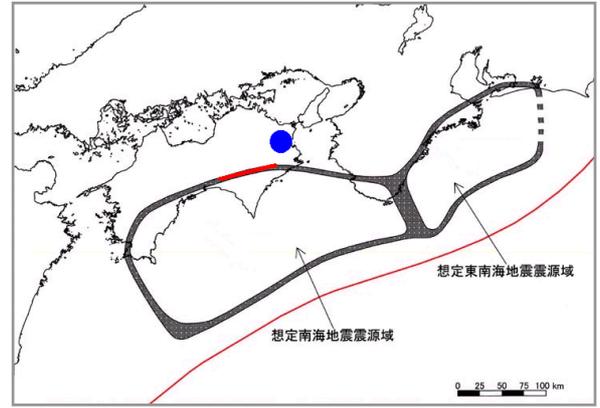


図-9 南海地震の震源域と徳島市の位置⁵⁾

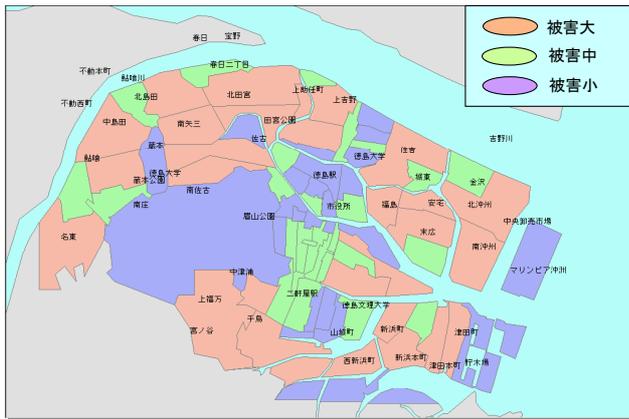


図-10 徳島市の被害予測結果（建物全壊数）

表-4 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

る想定範囲の北端（太赤線）に震源を設定した。ちなみに評価対象地域は同図青丸（●）の部分である。

(1) 評価橋梁の選定

対象範囲の道路網を約 1000 のノードと約 1700 のリンクに分け、ネットワーク解析用の道路網ネットワークを作成した²⁾。ボックスカルバート構造の橋梁や樋門など特殊な橋梁を除いた 72 橋について、古川らの方法⁶⁾により評価橋梁の選定を行った結果、62 橋が今回のシナリオ地震により大きな損傷を受けると判断された。

(2) 徳島市中心部の被害予測

被害予測は内閣府防災部門で作成されている「新地震被害想定支援マニュアル」⁷⁾を用いて行った。震源データと発災時の条件の詳細は以下のようである。

「震源データ」

北緯 33 度 41 分，東経 134 度 20 分，マグニチュード 8.4，震源の深さ 10km，長さ 50km，幅 10km，走行 260 度，傾斜角 270 度

「発災時の条件」

地震被害が最大となる条件を設定した。季節は，空気が乾燥し延焼被害の最も大きいと思われる冬とし，時

刻は平日の 20 時とした。

前出のマニュアルにより得られた徳島市全体の被害予測データを，評価対象の同市中心部（約 40km²）の 78 地区の夜間人口比率⁸⁾に応じて配分することにより対象地域の 78 地区の被害予測結果を得た。図-10 は以上のようにして得られた建物全壊数を「大被害」，「中被害」および「小被害」の 3 段階に分類して GIS 表示したものである。負傷者数あるいは死者数等の結果もほぼ同様な傾向を示している。

(3) 各時期の主要拠点

前述のように約 1000 のノードと約 1700 のリンクよりなる道路網ネットワークを作成した。これらのノードの中から防災上重要な施設⁹⁾を選定するとともに，78 地区の中心にもノードを設定し，その地区の被害をそのノードから発生する交通量として表現した。表-4 に各時期の主要拠点を示す。

(4) ネットワーク解析に基づく橋梁の重要度評価

表-5 は，孤立地区発生防止を優先した場合と孤立地区を無視した場合の各道路橋の重要度評価結果を示している。表-5 より，勝浦浜橋のみが孤立解消に寄与しており，孤立地区発生防止を考慮した場合，当然最優先となっているのがわかる。したがってこの場合は，避難期および救援期に対する対策は

表-5 道路橋の重要度評価結果
(優先順位)

橋梁名	孤立考慮	孤立無視
吉野川大橋	別エリア	33
吉野川橋	別エリア	31
勝浦浜橋	1(孤立)	13
南沖洲橋	2	51
川南北橋	3	2
沖須賀橋	4	16
佐古橋	5	1
下大野橋	6	56
新川橋	7	9
冷田橋	8	41
煙硝蔵橋	9	19
佐蔵矢橋	10	10
富田橋	11	19
福住橋	12	36
津田橋	13	5
沖洲橋	14	8
末広大橋	15	3
沢橋	16	12
助任橋	17	6
安宅新橋	18	10
沖洲大橋	19	42
新町橋	20	21
福島橋	21	15
三ッ合橋	22	46
かちどき橋	23	4
千松橋	24	24
渭北橋	25	35
城東大橋	26	25
春日橋	27	38
袋井橋	28	32
佐古大橋	29	49
朝日橋	30	52
安宅大橋	31	26
興源寺川橋	32	40
寺島国道跨道橋	33	48
田宮川橋	34	27
神明橋	35	55
両国橋	36	45
助任新橋	37	53
西の丸橋	38	43
徳住橋	39	56
大岡新橋	39	30
住吉島橋	39	56
宮古橋	39	7
天神橋	39	28
矢蔵橋	39	50
藪ノ下橋	39	22
諏訪橋	39	39
清水橋	39	56
佐古新橋	39	47
大野橋	39	17
三軒屋橋	39	18
上大野橋	39	34
山城屋橋	39	14
庄西2号橋	39	56
庄東橋	39	56
庄本橋	39	56
不動橋	56	23
弁天橋Ⅰ(東)	57	29
上鮎喰橋	58	43
弁天橋Ⅱ(西)	59	37
中鮎喰橋	60	54

勝浦浜橋の補強で終了し、それ以降はすべて応急復旧期対策となっている。また、孤立地区を考慮した場合と無視した場合とで、半数以上の橋梁の優先順位が大きく変動していることがわかる。その中でも、特に注目すべき橋梁は、孤立地区を無視した場合は優先順位が極めて低かったにもかかわらず、孤立地区を考慮すると優先順位が極めて高くなっている下大野橋である。この橋は不通になっても孤立地区を生じさせるような橋梁ではないにもかかわらず、

優先順位が大きくアップしている原因として、先に孤立地区の解消を優先した橋梁を補強したことによりネットワーク特性が大きく変化したことが考えられる。すなわち、先行補強される橋梁に、残る橋梁の優先順位は大きな影響を受けるといえる。さらに、最短経路の総距離が健全なネットワークのそれに少しでも近づくことを目標としたことで、完全に孤立はしていなくても、主要拠点まで極めて時間がかかるような地区(半孤立地区)に関係する橋梁も優先的に選定されており、結果的に半孤立地区の影響が反映されているとも考えられる。

6. おわりに

本研究は、地方中核都市における道路橋の耐震補強順位決定システムを構築するための基礎的研究として、震後の各時期における孤立地区発生の防止を優先させた既設道路橋の地震防災上の重要度評価手法について検討したものである。簡単なモデルネットワークならびに徳島市中心部を対象とした適用例により、孤立地区発生に関係する橋梁の重要度が比較的高く評価されること、また孤立地区発生を無視した従来の重要度評価結果とは大きく異なる傾向があること等がわかった。

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重要度評価手法, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.925-934, 1999.
- 3) 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.
- 4) 高速道路調査会: 交通現象に影響を及ぼす諸要因について(1964), 旅行時間の設定法に関する研究(1978)
- 5) 文部科学省地震調査研究推進本部
< <http://www.jishin.go.jp/main/>>
- 6) 古川幸信, 沢田勉, 平尾潔, 成行義文: 道路橋の地震被害調査と被害予測への応用, 第24回地震工学研究発表会講演論文集, pp.1109-1112, 1997.
- 7) 内閣府防災部門: 地震被害想定支援マニュアル,
< <http://www.nla.go.jp>>
- 8) 徳島市統計調査推進協議会: 統計徳島 徳島市の町丁別人口 '97 秋季増刊号.
- 9) 徳島市: 徳島市地域防災計画(地震災害応急復旧編).

(2005. 3. 15 受付)

IMPORTANCE ASSESSMENT OF EXISTING ROAD BRIDGES WITH PRIORITY ON PREVENTION OF AREAS BEING CUT-OFF DUE TO EARTQUAKES

Yoshifumi NARIYUKI, Kiyoshi HIRAO and Jun OHKI

Prevention of areas becoming cut-off by earthquakes is one of the most important countermeasures against urban seismic disasters. Isolated areas are caused primarily by damage to road bridges due to earthquake. Urgent seismic retrofit of existing road bridges is, therefore, necessary for us to prevent such bridges from seismic damage. For determinating the order of priority of seismic retrofit of bridges, this isolated area problem must not be neglected. From the above view, we developed a method for importance assessment of existing road bridges which places priority upon the prevention of areas becoming isolated and applied this method to Tokushima city.