

2004年インド洋大津波の津波作用を受けた道路構造物に対する被災分析

庄司学¹・森山哲雄²

¹正会員 博(工) 筑波大学講師 大学院システム情報工学研究科(〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

²筑波大学工学システム学類(〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

1. はじめに

2004年12月26日(UTC 00:58:49)に発生したスマトラ島沖地震及びインド洋大津波では、インドネシア、スリランカ、インド、タイ、マレーシア等のインド洋沿岸諸国において多数の死者や行方不明者が発生した¹⁾。このような津波被害が拡大した要因としては、家屋等の被災に加え、港湾、道路、鉄道、電力施設、上下水道施設等の社会基盤構造物の被災が挙げられる。

よって、本研究では、社会基盤構造物の中でも道路構造物を分析対象として、津波によって被災した道路構造物の被災メカニズムを分析する。その際には、津波被災データに対する統計分析により、津波作用に対する道路構造物の被災率の関係を脆弱性曲線として定量的に明らかにする。津波被災データとしては、スリランカならびにインドネシアに対する被災データを利用する^{2),3),4),5)}。

2. 分析対象地域と対象データ

(1) スリランカにおける津波被災データ

本研究では、庄司、森²⁾によるスリランカにおける橋梁の津波被災データを用いた。分析対象とする橋梁は、図1に示す様にスリランカの南西部および南部の海岸線上の道路ネットワークに立地している。被災データの具体的な項目としては、橋梁の津波被害状況や経度・緯度、海岸線からの距離等の位置情報、構造形式、支承形式、橋台形式、桁長、桁高、幅員、桁下高等の構造諸元ならびに津波の浸水状況である。表1は対象とした60橋梁の被災データの一部を示す。ここでは、対象とする橋梁の津波による被災度を表2に示す様にAからDまでの4段階に分類している。

津波の浸水深さについては対象構造物の極近傍の家屋等に浸水痕が残っている場合にはその位置を測

定し、浸水深さと定義した。一方、浸水痕が残っていない場合には近辺の住民に対するヒアリングにより求めた。また、この浸水深さは調査時刻の潮位を基準とした数値であり、天文潮汐の影響が含まれて

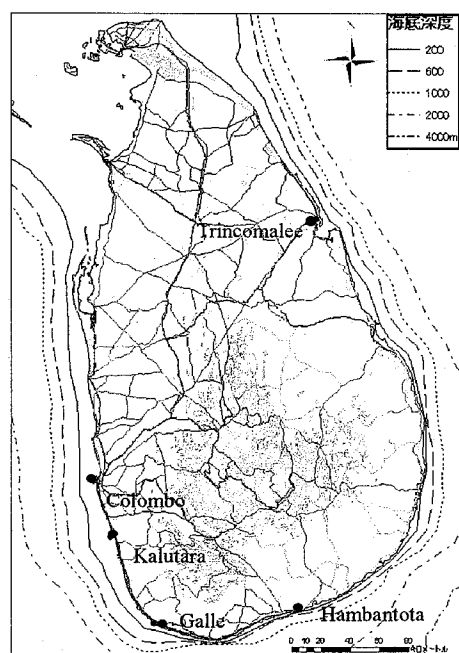


図1 スリランカにおける分析対象地域

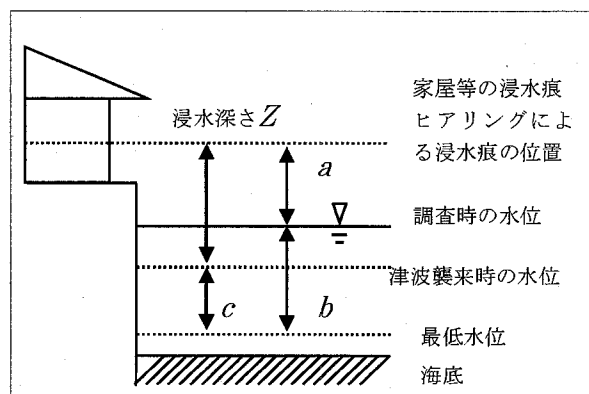


図2 浸水深さの定義

表1 スリランカの橋梁に対する津波被害の概要(60 橋梁中 30 橋梁を示す)

橋梁番号	橋梁の名称	橋梁の所在地	緯度	経度	構造形式	支承形式	海岸線からの距離(m)	全橋長(m)	桁下高(m)	桁長(m)	幅員(m)	桁厚(m)	被害状況	潮位補正した浸水深さ(m)	Measured or Hearing	被災度
1	Boleoda Bridge	Moratuwa	6.43373	79.54120	10span PC	ゴムパッド支承	1000	190.93	1.43	19.09	15.54	1.50	橋台損傷	1.43	Hearing	B
2	Talpititiya Bridge	Panadura	6.41029	79.55122	2span PC	ゴムパッド支承	500	43.13	3.58	21.56	12.15	1.94	無被害	1.22	Hearing	D
3	Kalutara Bridge	Kalutara	6.35257	79.57341	6span PC	3点ゴム支承	計画できず	194.75	1.29	32.46	16.96	1.00	無被害	1.29	Hearing	D
4	Dumala Modara Bridge	Mageona	6.30985	79.58553	3span RC	無し	105	23.88	0.85	7.96	12.80	1.00	無被害	6.39	Hearing	D
5	Mageona Bridge	Mageona	6.29556	79.58510	1span PC	無し	97	22.00	1.31	22.00	13.31	1.40	無被害	7.91	Hearing	D
6	Be-1	Beruwala	6.27539	79.59136	1span RC	無し	計画できず	5.10	0.55	5.10	9.49	0.40	無被害	—	—	D
7	Moragolla Custom Bridge	Beruwala	6.28201	79.58460	1span RC	無し	120	16.79	1.00	16.79	8.28	1.10	橋台損傷	4.39	Measured	C
8	Kaluwamodara Bridge	North of Bentota	6.26325	79.59330	3span RC	無し	106	48.04	1.58	16.01	15.25	1.00	無被害	1.58	Hearing	D
9	Bentota Bridge	Bentota	6.25257	79.59546	2span steel トラス	ピン支承	218	91.00	3.30	45.50	7.10	0.43	無被害	3.43	Hearing	D
10	Athuruwella Bridge	Ambalangoda	6.23358	79.59546	4span RC	無し	86	52.97	3.20	13.24	11.87	0.93	無被害	5.44	Hearing	D
11	Doowa modara Bridge	Induruwa	6.20370	80.01321	1span RC	無し	201	16.19	1.12	16.19	14.44	1.10	無被害	4.19	Hearing	D
12	Induruwa Bridge	Induruwa	6.20291	80.01356	1span RC	無し	168	9.82	1.33	9.82	13.94	0.75	無被害	2.94	Measured	D
13	Balpititiya main Bridge	Balpititiya	6.16231	80.02214	3span RC	無し	177	54.51	1.91	18.17	16.15	1.16	橋台損傷	3.59	Hearing	B
14	Uruwatte Bridge	Ambalangoda	6.13436	80.03156	2span RC	無し	58	32.50	3.89	16.25	16.15	1.10	無被害	6.04	Hearing	D
15	Akurala Bridge	Paraliya	6.11501	80.03483	1span RC	無し	20	23.91	2.31	23.91	10.65	0.92	橋台・橋台損傷	8.06	Hearing	A
16	Totagamawa Bridge	Hikkaduwa	6.08515	80.05573	3span RC	無し	97	29.38	1.61	9.79	16.17	0.75	無被害	6.97	Hearing	D
17	Hi-2	Hikkaduwa	6.08197	80.05586	1span RC	無し	25	7.02	1.59	7.02	11.08	0.20	橋台損傷・橋台損傷	6.37	Hearing	B
18	Hi-1	Hikkaduwa	6.07592	80.06024	1span RC 橋台石積み	無し	37	5.50	1.91	5.50	11.09	0.37	橋移動・橋台損傷	7.11	Hearing	B
19	Do-2	Donduva	6.04482	80.09024	1span カルバート	無し	20	2.28	0.90	2.28	12.33	0.33	橋台損傷	3.02	Measured	B
20	Do-1	Donduva	6.04599	80.08537	1span RC	無し	83	2.40	1.50	2.40	9.80	0.40	無被害	1.31	Measured	D
21	Dodanduwa Bridge	Dodanduwa	6.06169	80.07320	5span RC	無し	126	52.98	2.29	10.60	17.81	0.77	橋台損傷	3.54	Measured	B
22	Do-2	Boosa	6.04409	80.09078	1span レンガアーチ	無し	87	2.30	0.76	2.30	9.20	0.30	橋台損傷	4.98	Hearing	B
23	Do-1	Boosa	6.04360	80.09159	1span レンガ積み	無し	33	1.73	0.80	1.73	9.20	0.90	橋台損傷	4.14	Hearing	B
24	Gintota main Bridge	Gintota	6.03483	80.10297	5span PC	コンクリート支承	162	122.28	2.24	24.46	15.64	1.76	無被害	2.37	Hearing	D
25	Gintota Small Bridge	Gintota	6.03396	80.10366	1span RC	ゴムパッド支承	148	12.88	1.91	12.88	15.44	0.85	橋移動・橋台損傷	4.04	Measured	B
26	Mahamodara Bridge	Galle	6.02257	80.11591	3span RC	無し	170	69.74	3.23	23.25	15.79	1.25	橋台損傷	6.62	Hearing	C
27	Ga-1	Galle	6.01582	80.12530	2span アーチRC	無し	118	16.26	2.60	16.26	17.08	0.70	橋台損傷	6.71	Hearing	C
28	Magalle Bridge	Galle	6.02071	80.13550	1span RC	無し	188	19.12	1.93	19.12	15.82	1.10	橋移動	6.01	Hearing	B
29	Wakgalmodara Bridge	Galle	6.01384	80.14376	3span RC	無し	148	37.20	1.83	12.40	11.45	0.95	橋台損傷	5.13	Hearing	C
30	Mih-3	Mihiripanna	6.00022	80.15489	1span RC	無し	66	5.02	1.05	5.02	5.40	0.80	橋台・橋台損傷	3.79	Hearing	A

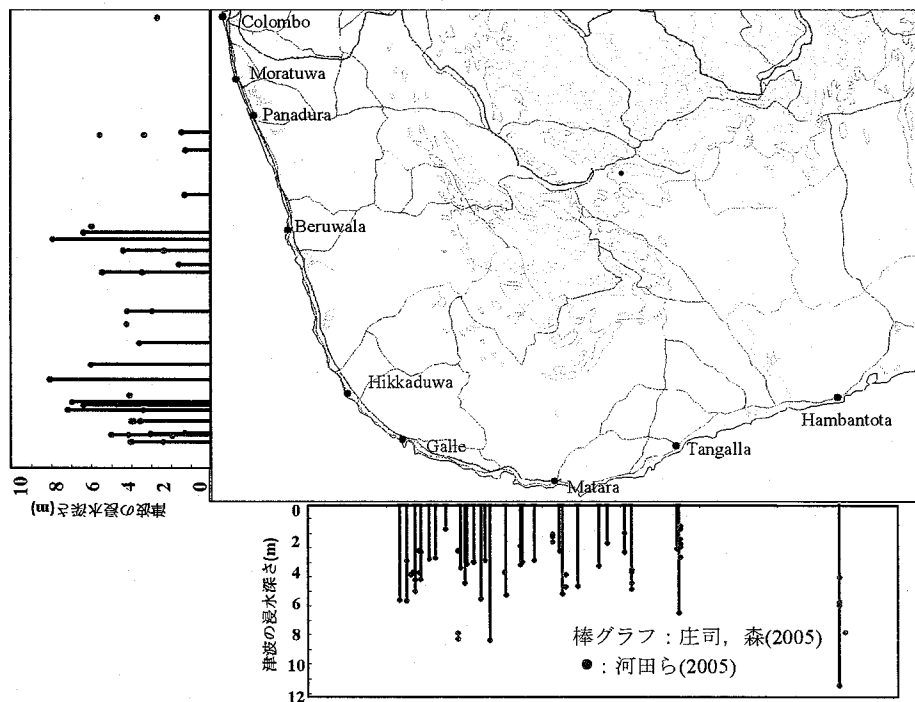


図3 スリランカの分析対象橋梁の立地地点における浸水深さ

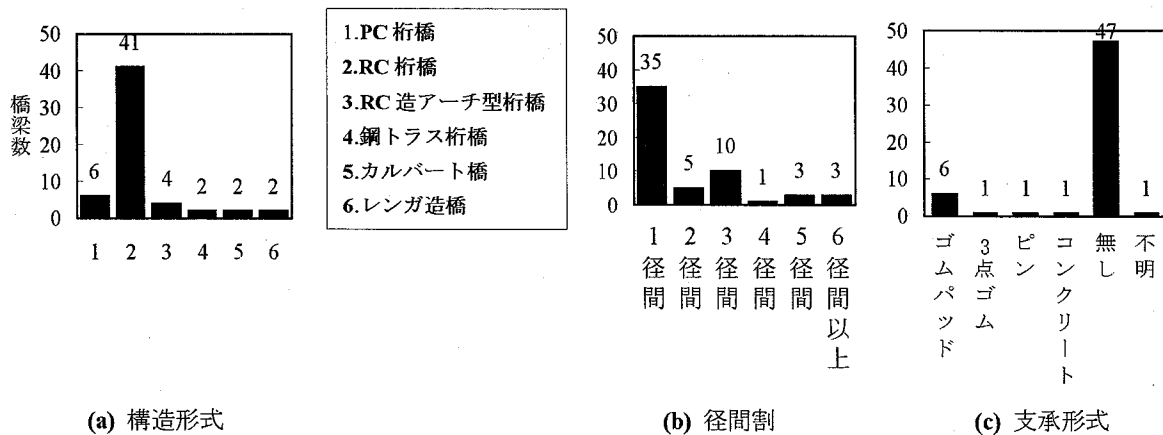


図4 スリランカの分析対象橋梁の特徴

表2 被災度の定義

被災度	被災状況
A	桁が流出して桁掛かりから完全に落下した橋梁
B	桁が津波作用によって移動した橋梁 桁は被害を被っていないが橋台が被災した橋梁 橋台裏込め土に洗掘が生じた橋梁
C	桁と橋台は被害を被っていないが欄干が破壊、もしくは流出した橋梁
D	無被害の橋梁

いると考えられるため、Tsuji, et al.⁶⁾の方法に従い、図2に示す様に Galle と Colombo の 60 分刻みの計算天文潮位データにより 2004 年 12 月 26 日の津波襲来時の浸水深さに補正した。補正に当たっては次式に基づくものとした。

$$Z = a + b - c \quad (1)$$

ここで、 Z は補正した津波襲来時の浸水深さ(m)、 a は調査時における水面から津波の浸水痕までの高さ(m)、 b は調査時における水位と最低水位の差(m)、 c は津波襲来時における水位と最低水位の差(m)である。庄司、森²⁾による津波被災データにおいては、式(1)の a を先述した現地調査によって求め、式(1)の b 、 c を Colombo および Galle の計算天文潮位データとした。スリランカにおいては、Colombo および Galle のみしか計算天文潮位データが得られていないので、位置的に Colombo に近い橋梁については Colombo のデータを、Galle に近い橋梁については Galle のデータをそれぞれ用いた。

図3は、表1で示した対象橋梁の立地点における浸水深さを示した結果である。なお、図3には河田ら⁷⁾による調査結果を合わせて示している。

また、図4は対象とした 60 橋梁の構造形式、径間割ならびに支承形式をまとめた結果である。

(2) 北スマトラ西海岸における津波被災データ

さらに、本研究では、道路構造物の津波被災データとして、土木学会・日本地震工学会合同スマトラ島沖地震津波詳細現地調査団(以下、合同調査団)による津波被災データを用いた³⁾。なお、分析対象は、スマトラ島最北端に位置する Banda Ache と、ここを起点として同島の西側に続く海岸線約 180km に立地する橋梁である。データの各項目はスリランカのデータと同様であり、それらをまとめると表3のようになる。ただし、スリランカのデータと異なり、支承形式および海岸線からの距離のデータは得られていない。また、津波の浸水状況を表す指標としては、スリランカのデータと異なり、浸水高さの数値を用いることとした。これらのデータに関しては、都司らによる調査結果⁴⁾ならびに、2006 年合同調査団による調査結果⁵⁾を用いた。なお、図5には分析対象

エリアの津波の遡上高さと津波の浸水高さを示す。

また、図6は、対象とした 27 橋梁の構造形式ならびに径間割をまとめた結果である。

3. フラジリティー曲線の提案

(1) フラジリティー評価の手法

一般に、構造物は津波作用に依存した津波応答を示す。津波作用と津波応答の関係性については、津波作用のばらつきと構造物の耐力のばらつきの両面から不確実性を伴うものである。このような観点から、本研究では橋梁に対する津波作用と津波応答の関係性を津波の浸水深さ、あるいは浸水高さに対する橋梁の被災率の関係によってモデル化する。ここでは、それらの関係性をフラジリティー曲線で表し、次式の対数正規分布で表す。

$$P_f = \int_0^{r_m} \frac{1}{\xi\sqrt{2\pi}} \frac{1}{z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln z - \ln c_m}{\xi}\right)^2\right] dz \quad (2)$$

ここで、津波作用を表す指標としては、スリランカの津波被災データを処理する場合には浸水深さとし、北スマトラ西海岸の津波被災データを処理する場合には浸水高さとする。その上で、 P_f は津波作用に対する橋梁の被災率を表し、 z は津波作用の大きさを表す。 c_m は津波作用の対数をとった数値の中央値であり、 r_m はその時の被災率の中央値を表す。また、 ξ は津波作用に対する対数標準偏差を表す。

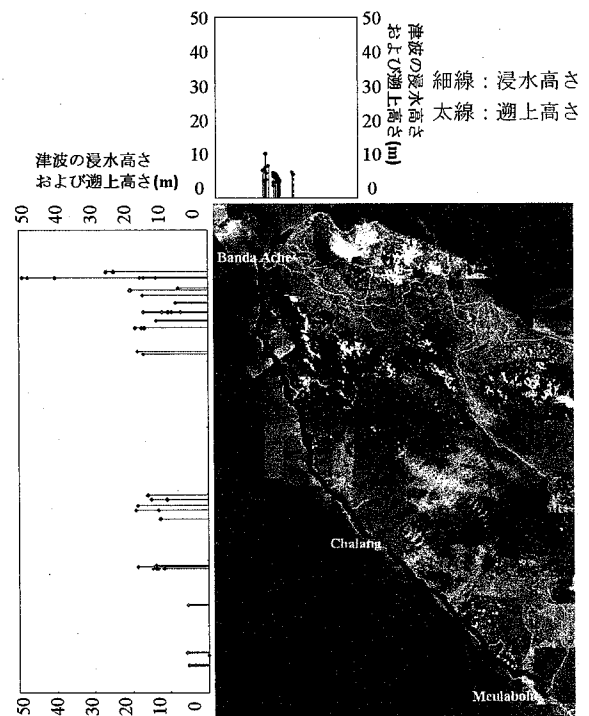
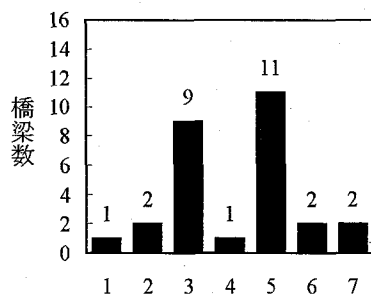


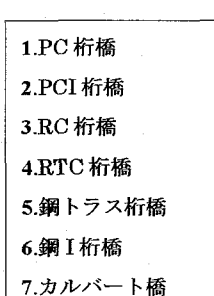
図5 北スマトラ西海岸の分析対象地域における津波の浸水高さと遡上高さ

表3 北スマトラ西海岸沿いの橋梁に対する津波被害の概要

橋梁番号	橋梁の名称	橋梁の所在地	緯度	経度	構造形式	全桁長(m)	桁下高(m)	桁長(m)	橋幅(m)	橋厚(m)	被害状況	Inundation(I) or Runup(R)	潮位補正した浸水深さ(m)	被災度	津波高さの出典場所
1	Ulee Lheue 橋	Banda Aceh	5.33272	95.17027	3span PC	68.55	5.00	22.85	7.90	0.33	桁移動	I	12.20	B	都司ら
2	不明	Banda Aceh	不明	不明	2span RC	—	—	—	—	—	欄干損傷	I	7.12	C	都司ら
3	Cut川橋	Banda Aceh	不明	不明	10span RC	304.52	2.40	30.68	7.90	0.90	桁流出, 柱流出, 橋台損傷	I	7.12	A	都司ら
4	Kr.Raba 橋	Lho-Nga	5.28122	95.14359	2span steel トラス	6.93	3.00	34.68	7.00	—	桁流出	I	18.38	A	都司ら
5	Kr.Rüttig 橋	Leupung	5.25278	95.14359	2span RC フォロー	26.20	1.00	13.10	7.73	0.40	欄干損傷	I	20.50	C	都司ら
6	不明	Leupung	5.25178	95.144	1span RC	10.04	—	—	7.50	—	橋台損傷, 橋干流出, 橋台裏流掘	I	28.61	B	都司ら
7	不明	Leupung	5.25256	95.14473	1span RC	—	1.00	3.00	7.50	—	無被害	R	21.57	D	都司ら
8	不明	Leupung	5.24544	95.14552	1span RC	—	1.00	3.00	7.50	—	無被害	I	17.04	D	都司ら
9	不明	Leupung	5.24083	95.15167	1span RC	—	1.00	3.00	7.50	—	無被害	I	14.83	D	都司ら
10	Gantang Pirak 橋	Leupung	5.23131	95.15193	1span steel トラス	—	2.00	25.00	8.83	—	桁流出, 橋台損傷	I	22.45	A	都司ら
11	Kr.Hok Kaca 橋	Leupung	5.2229	95.15188	steel トラス	—	2.00	62.00	9.73	—	桁流出	I	13.08	A	都司ら
12	Kr.Peulot 橋	Leupung	5.21539	95.14571	RC床版鋼I	—	2.00	20.00	9.73	—	桁流出	I	13.08	A	都司ら
13	Alue Tingaeen 橋	Leupung	5.18559	95.14378	3span ボックスカルバート	—	2.00	20.00	7.00	—	桁流出	R	20.54	A	Fujima, et al.
14	Lam Iie 橋	Leupung	5.17105	95.14372	1span steel トラス	—	2.00	—	6.00	—	欄干損傷	—	—	C	—
15	Kr.Lhong I 橋	Gieeburk	5.17011	95.14492	2span steel トラス	80.00	7.00	40.00	7.00	—	桁流出	I	8.45	A	Fujima, et al.
16	Kr.Mop 橋	Gieeburk	5.15504	95.15008	3span ボックスカルバート	12.00	—	—	—	—	無被害	I	9.52	D	Fujima, et al.
17	Lueng Je 橋	Gieeburk	5.15023	95.15104	1span RC	18.00	4.00	18.00	7.00	0.40	桁移動	I	9.52	B	Fujima, et al.
18	Lam Ara 橋	Gieeburk	5.14114	95.15292	1span RTC	19.13	4.00	18.00	7.00	0.40	桁移動	I	9.52	B	Fujima, et al.
19	Kr.Cuntum 橋	Gieeburk	5.12304	95.16181	1span 鋼I	20.00	0.80	20.80	9.00	0.52	桁移動	I	13.55	B	Fujima, et al.
20	Kr.Peudung 橋	Gieeburk	5.11561	95.17021	2span steel トラス	83.00	5.00	41.50	7.00	—	桁流出	I	13.55	A	Fujima, et al.
21	Kr.Lhong Kareubg 橋	Ujung Muloh	5.10067	95.18332	1span steel トラス	35.00	1.10	30.35	7.00	—	桁流出, 橋台裏側洗掘	R	17.53	A	Fujima, et al.
22	Kr.Sapek 橋	Ujung Muloh	5.07456	95.20263	1span steel トラス	82.33	5.00	35.00	8.62	—	損傷なし	—	—	D	—
23	Kr.Lam Beusoo 橋	Lho kluet	5.0304	95.20204	6span PCI	192.00	1.68	32.00	7.20	—	桁流出, 橋台損傷, 周辺地盤洗掘	R	18.47	A	Fujima, et al.
24	Kuala Unga 橋	Lho kluet	5.0044	95.21565	3span PCI	95.90	6.00	32.00	6.00	—	桁流出	R	15.88	A	Fujima, et al.
25	Alue Genetuhet 橋	Lho kluet	4.56553	95.22164	1span RC スラブ	6.50	2.00	6.50	6.80	—	桁流出	R	18.54	A	Fujima, et al.
26	Kr.No 橋	Lho kluet	4.55174	95.23141	1span steel トラス	61.00	3.00	61.00	6.00	—	桁流出	R	19.08	A	Fujima, et al.
27	Kr.Krak Mong 橋	Lho kluet	4.52547	95.24128	1span steel トラス	45.00	2.00	45.00	6.00	—	桁流出	R	12.47	A	Fujima, et al.



(a) 構造形式



(b) 径間割

図6 北スマトラ西海岸沿いの分析対象橋梁の特徴

(2) フラジリティ評価の結果

スリランカおよび北スマトラ西海岸における津波被災データを基に、津波の浸水深さ、あるいは浸水高さに対する被災度の分布を表4、表5のように求めた。ここで、スリランカのデータに関しては、浸水深さの区間を1mとし、北スマトラ西海岸のデータに関しては浸水高さの区間を5mとした。

得られた被災率の数値を対数正規確率に変換し、これらの数値に対し、最小2乗法により線形回帰直線を求めると図7、図8のようになる。図7、図8によって得られた線形回帰直線の傾きと切片より、 c_m を求め、これらの数値を表6、表7に示した。よって、式(2)で必要なパラメータが得られたので、図9、図10に示すように津波作用に対する橋梁の被災率を表すフラジリティ曲線を作成した。なお、北

スマトラ西海岸の橋梁に関しては、データの不足により、被災度Aのみとなった。

フラジリティ曲線は、被災度A、被災度B以上(図中、A+Bに相当)、被災度C以上(図中、A+B+Cに相当)の3つの損傷状態を表す確率を表している。従って、被災度Bの損傷確率を求めるためには、被災度B以上の損傷確率から被災度Aの損傷確率を引けばよい。同様に、被災度Cの損傷確率を求めるには、被災度C以上の損傷確率から被災度B以上の損傷確率を引いた数値となる。また、被災度D、つまり、無被害の確率を求めるためには、被災度C以上の損傷が発生する事象に対する排反事象であるから、全事象より被災度C以上の損傷確率を引けばよい。

図9によれば、スリランカの津波被災データに基づくと、浸水深さが4m程度の場合には、被災度A

表4 スリランカの被災橋梁を対象とした場合の浸水深さと被災率の関係

浸水深さ(m)	被災度分布(橋梁数)				累積分布(橋梁数)				被災率(%)			
	A	B	C	D	A	A+B	A+B+C	A+B+C+D	A	A+B	A+B+C	A+B+C+D
0~1	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
1~2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
2~3	0	1	0	6	0	1	1	7	0.00	14.29	14.29	100.00
3~4	0	0	0	4	0	0	0	4	0.00	0.00	0.00	100.00
4~5	2	4	0	7	2	6	6	13	15.38	46.15	46.15	100.00
5~6	1	3	1	5	1	4	5	10	10.00	40.00	50.00	100.00
6~7	0	3	2	1	0	3	5	6	0.00	50.00	83.33	100.00
7~8	2	2	2	4	2	4	6	10	20.00	40.00	60.00	100.00
8~9	2	2	0	1	2	4	4	5	40.00	80.00	80.00	100.00
9~10	1	0	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	100.00	100.00
10~11	0	0	0	1	0	0	0	1	0.00	0.00	0.00	100.00
11~12	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
12~13	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
13~14	1	0	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	100.00	100.00
計	9	15	5	29	9	24	29	58				

表5 北スマトラ西海岸沿いの被災橋梁を対象とした場合の浸水高さと被災率の関係

浸水高さ(m)	被災度分布(橋梁数)				累積分布(橋梁数)				被災率(%)			
	A	B	C	D	A	A+B	A+B+C	A+B+C+D	A	A+B	A+B+C	A+B+C+D
~5	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
5~8	1	0	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	100.00	100.00
8~11	2	2	1	1	2	4	5	6	33.33	66.67	83.33	100.00
11~14	1	1	1	0	1	2	3	3	33.33	66.67	100.00	100.00
14~17	2	1	0	0	2	3	3	3	66.67	100.00	100.00	100.00
17~20	4	1	1	0	4	5	6	6	66.67	83.33	100.00	100.00
20~23	1	0	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	100.00	100.00
23~26	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
26~29	1	0	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	100.00	100.00
29~	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
計	12	5	3	1	12	17	20	21				

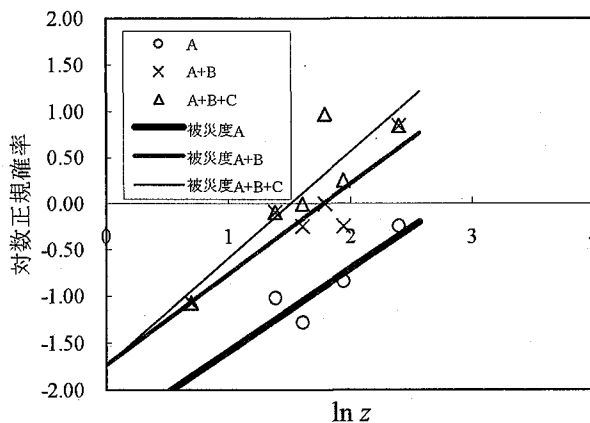


図7 スリランカの橋梁を対象とした場合の被災率に関する対数正規確率と $\ln z$ の関係

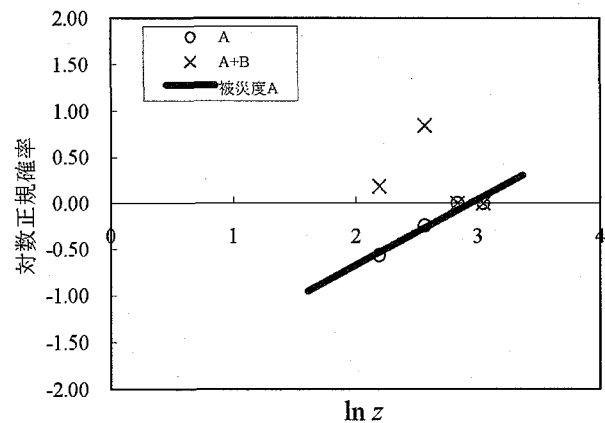


図8 北スマトラ西海岸沿いの橋梁を対象とした場合の被災率に関する対数正規確率と $\ln z$ の関係

表6 スリランカの橋梁を対象とした場合の式(2)におけるパラメータの推定結果

被災度	A	A+B	A+B+C
傾き	0.88	0.97	1.15
切片	-2.46	-1.73	-1.74
決定係数	0.79	0.83	0.80
平均値	2.80	1.78	1.51
標準偏差 ξ	1.14	1.03	0.87
中央値 c_m	16.39	5.93	4.52

表7 北スマトラ西海岸沿いの橋梁を対象とした場合の式(2)におけるパラメータの推定結果

被災度	A
傾き	0.7169
切片	-2.112
決定係数	0.94
平均値	2.95
標準偏差 ξ	1.39
中央値 c_m	19.03

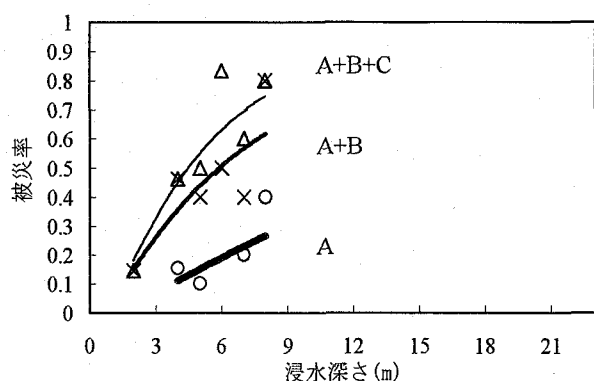


図9 スリランカの橋梁を対象とした場合の浸水深さに対するフラジリティー曲線

の被災率は0.1程度であるが、浸水深さが6~8mまで除々に高くなると、それらは0.2~0.3まで高くなることがわかる。また、被災度Bの被災率は、浸水深さが4m程度の場合には0.2程度であるが、6~8mまで高くなるとそれらの被災率は、各々0.3~0.4まで高くなることがわかる。

一方、図10によると、北スマトラ西海岸の津波被災データに基づく、津波作用を浸水高さで表現しているため、スリランカのフラジリティー曲線と比較して、浸水高さが9m以上による被災度が明らかになっており、被災度Aの確率は浸水高さが12m程度の場合には0.4程度であるが、浸水高さが20mまで高くなると0.6程度まで高くなることがわかる。

4. まとめ

2004年スマトラ島沖地震およびインド洋大津波によって生じたスリランカならびにインドネシアの道路構造物の津波被災分析を行った。その際には、津波作用に対する道路構造物の被災率の関係をフラジリティー曲線を作成することで定量的に明らかにした。

- 1) スリランカの津波被災データから作成したフラジリティー曲線に基づく、津波の浸水深さが6mまで達すると、20%の橋梁の橋桁が流出する可能性があり、一方、橋梁が無被害である確率は約30%にとどまることが明らかとなった。
- 2) 北スマトラ西海岸の津波被災データから作成したフラジリティー曲線に基づく、全橋梁の50%が落橋の被害を受ける浸水高さは約18mであることが明らかとなった。

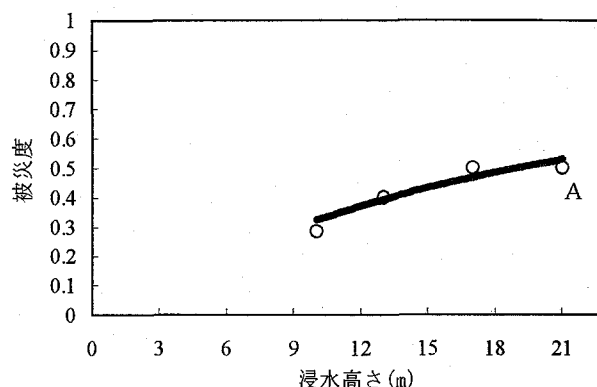


図10 北スマトラ西海岸沿いの橋梁を対象とした場合の浸水高さに対するフラジリティー曲線

謝辞：本研究にあたっては平成16~18年度科学技術振興調整費(代表者、家村浩和京都大学教授、村尾修筑波大学助教授)の助成を得て実施したものである。また、スリランカの調査においては、目黒公郎先生、Srikantha Herath先生、中埜良昭先生、高島正典先生に多大なご協力を頂いた。一方、北スマトラ西海岸の調査においては、土木学会・日本地震工学会合同スマトラ島沖地震津波詳細現地調査団の一員として参加し、宮島昌克先生、藤間功司先生、松富英夫先生、幸左賢二先生をはじめとした団員の方々には多大なご協力を頂いた。ここに記して関係者各位に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) USGS Earthquake Center: <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2004/usslav/>, 2006.12.25.
- 2) 庄司学, 森洋一郎: 2004年インド洋大津波におけるスリランカの道路構造物の被害, 第9回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.41-45, 2006.
- 3) 土木学会・日本地震工学会合同スマトラ島沖地震津波詳細現地調査団: スマトラ島沖地震・インド洋津波によるスマトラ島北西海岸での被害(速報), 土木学会誌, Vol.91 No.10, pp.50-53, 2006.10.
- 4) 都司嘉宣, 松富英夫, 谷岡勇市郎, 西村裕一, 榊山勉, 鎌滝孝信, 村上嘉謙: インドネシア調査団の津波測定結果ならびに定時報告, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/surveylog/eriindex.htm>, 2006.12.23.
- 5) Fujima, K., et al.: Tsunami Measurement Data, <http://www.nda.ac.jp/~fujima/TMD/>, 2006.12.23.
- 6) Tsuji, Y., Namegaya, Y., and Ito, J.: Aronomical Tide Levels along the Coasts of the Indian Ocean, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/tide/index.htm>, 2006.12.23.
- 7) 河田恵昭, 今村文彦, 富田孝史, 有川太郎, 安田誠宏: 2004年スマトラ沖地震津波 Sri Lanka 現地調査, http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/srilanka/galle_survey.html, 2006.12.23.