

スマトラ沖地震・津波における タイのライフライン被害と復旧

高田至郎¹・鋤田泰子²・新谷正樹³

¹神戸大学工学部 教授 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台1)

E-mail: takada@kobe-u.ac.jp

²神戸大学工学部 助手 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台1)

E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

³神戸大学大学院自然科学研究科 大学院生 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台1)

E-mail: 056t121n@y05.kobe-u.ac.jp

本稿は、2004年12月26日にスマトラ島沖で発生した地震および津波による、タイ・プーケット県、パンガー県の水道、電力、通信のライフライン施設の被害と当事業体の緊急対応について、現地調査を行い、整理した結果を報告するものである。地震動による施設の被害はなかったが、海岸沿いの施設は津波波力による施設の損壊や機能損傷を被った。とくに、津波によって地盤が洗掘されて地中管路にも被害が及ぶ洗掘被害が顕著であった。また、電力ケーブルを埋設した地域では、津波の被害を受けておらず、電線の地中化は津波被害を軽減させた。

Key Words : Sumatra earthquake, tsunami, lifeline, damage, emergency response

1. はじめに

2004年12月26日午前8時(インドネシア現地時間)前にインドネシアのスマトラ半島北東沖で M9.0 の巨大地震が発生した。本地震により震源地近くのインドネシア・アンダマン諸島を起点に巨大津波が発生し、地震発生より 3~4 時間のうちに、インドネシア、スリランカ、インド、タイ、マレーシア等の周辺国の沿岸部を高さ数十メートルの津波が襲った。このため、インドネシアで約 23 万人(行方不明 13 万人含む)の犠牲者を発生した他、周辺諸国を含めて犠牲者は合計 30 万人にも達する。

本稿は、本地震・津波によるタイ国のライフライン被害とその緊急対応について報告するものである。著者らは、2005年3月8日~11日にタイのプーケット(Phuket)県、パンガー(Phang-Nga)県のライフライン被害調査を行った。調査方法は、各県の水道、電力、通信のライフライン事業者を訪問し、被害状況、緊急対応に関する資料収集を行った。また、施設被害を受けた場所を現地踏査により確認した。タイでは、午前8時(タイ現地時間)に地震が発生し、その2時間後にタイ・プーケット(Phuket)周辺の海岸域一帯を津波が来襲した。タイ政府防災局の報告¹⁾によると、タイ国内で 5,374 名が死亡、8,457 名が負傷、3,066 名が行方不明になっている。また、図-

1に示すように外国人観光客の犠牲者は 36%にも及んだ。

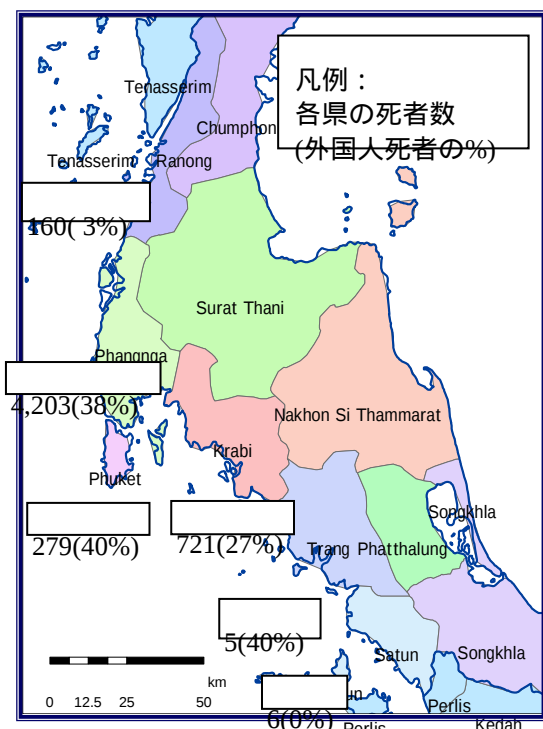


図-1 タイの各県の死者¹⁾

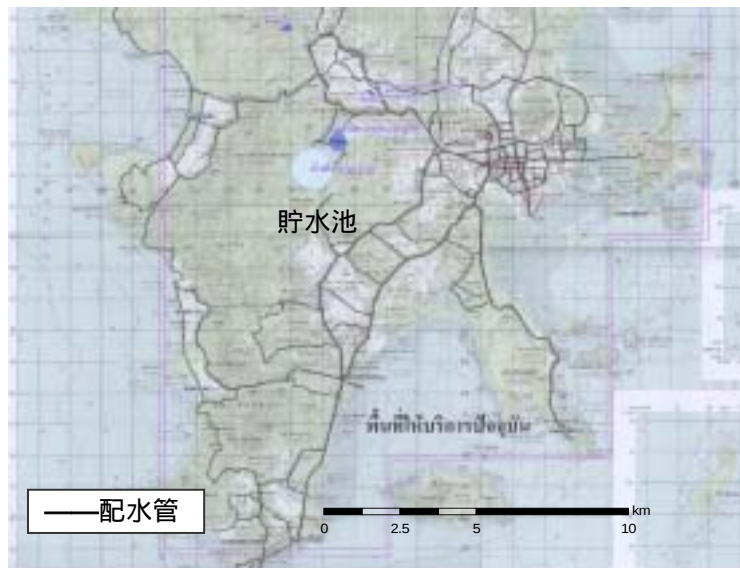


図-2 プーケット県の水道ネットワーク図

2. 水道

(1) プーケット県の水道

a) システム概要

Provincial Water Works Authority (PWWA) はプーケット県の南半分の地域に水供給を行っており、北半分は県行政が給水している。将来的には、北部にも給水する計画がある。PWWA は、島中央の貯水池から取水しており、この水以外に本貯水池近郊にある民間会社の貯水池からも送水を受けている。水道管路網を図-2 に示す。水源となる貯水池から島の西側 (Phatong Beach) と東側 (Phuket town) に分けて配水している。給水人口は 20,217 世帯である。管路総延長は約 100km で、PVC (硬質塩化ビニル) 管路は無く (以前は使用していた)、HDPC (高密度ポリエチレン管) は全体の 75%、ACP (石綿管) は 25% の比率で埋設されている。

本管・支管・屋内管の施設の設置状況を図-3 に示す。支管と屋内管の間にはメータがあり、本メータより支管側の管路が水道局により管理されている設備である。

b) 被災状況

PWWA の供給エリアでは、Phatong Beach、Karon Beach で被害が集中した。津波被害が大きかった Kamala Beach は、PWWA の直接的な供給エリアには含まれていない。PWWA の報告によると、供給エリア内では、本管には被害が無かったが支管と屋内管に被害が生じた。施設の修繕費・作業員費用・応急給水費用は、それぞれ 384,144 BHT (タイバーツ)、22,356 BHT、114,400 BHT であった。屋内管は個人の所有であるが、今回は会社が修繕費を支払った。

著者らの現地調査では、Phatong Beach の北側で津波によって盛土地盤が洗掘されて、管路が露出し、さらに津波波力によって管路が破壊されそうになっているものが見られた (図-4)。この管路は熱癒着

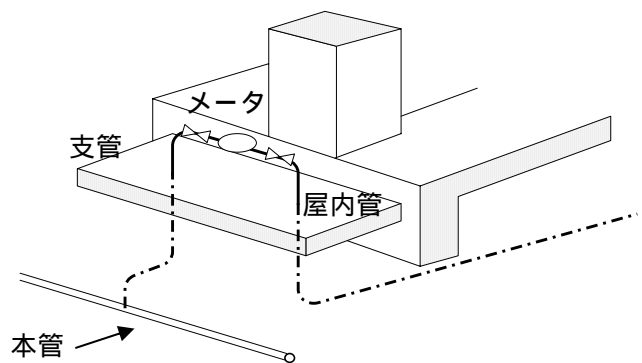


図-3 本管・支管・屋内管の設備図

された HDPC 管で継手部をフランジで固定されている。しかし、図-5 に示すようにボルトはフランジの穴の数に対してが半分しか止められていなかった。柔軟な HDPC 管であったため、このような洗掘被害にも耐えることができたと考えられる。その他、プーケット島北部の西海岸では、橋台脇の盛土が遡上してきた津波で流され、埋設されている管路も被害を受けていた (図-6,7)。図-8 は、仮復旧されている管路の様子である。PWWA の供給エリアで Phatong Beach 南側に橋梁があり、地元の人の話では高さ 10m 程度ある桁のところまで津波がきたと証言している (図-9)。この橋梁沿いに PWWA の配水管があるが、この管路が橋梁に添架されておらず、現地調査の結果からは地下に埋設されていると考えられる。

c) 緊急対応

プーケット県 PWWA のマネージャーは午前 8 時頃に地震の揺れを感じていた。その後、津波が襲来したが、津波直後の段階では電話は通じていた。マネージャーは水位メータをモニタリングして、水位が急激に低下しておらず、本管には甚大な被害がないと考え、津波発生から 2、3 分後には給水を停止



図-4 洗掘被害の様子



図-5 洗掘被害の様子



図-6 橋梁横の洗掘被害の様子



図-7 仮復旧管



図-8 水道メータ



図-9 Phatong Beach 南側の橋梁周辺

しないことを決定した．その日の昼 12 時までには現地での点検を含め，本管には異常が無いことを確認した．その後，支管の点検にかかったが，再び津

波がやってくるとの噂で被災地は混乱し，作業は進まなかった．また，警察が Phatong と Karon の両ビーチへの立入りを禁止したために作業ができなかつ

た。12月27日の朝には修繕チームを派遣してバルブの閉栓作業を行った。

また、応急給水が病院などに行われた。応急給水量は合計 880,000m³である。

d) 復旧活動

12月27日にはバンコクから修繕作業の資機材が搬入された。1チーム4,5人で3チームを構成し、14人の作業員が1ヶ月間復旧活動にあたった。また、ボランティアが作業を助けた。地震から1ヶ月後には、本管、支管の復旧を終えた。しかし、海岸周辺のホテルなどがまだ回復していないために、開栓作業を待機している段階である。

e) 今後の対応

県レベルで、電力・通信・水道の管路を一つのダクトに收容して地中に埋設する共同溝構築を申請している。今回の津波による被害の多くは、路上に露出したメータや屋内管に被害が集中した。屋内管は1979年の基準で個人の所有物と規定されているので、どんな材料の管を用いても良いことになっているが、今後はフレキシブルなPE管を使用するように指導することを考えている。

(2) パンガー県の水道

a) システム概要

Ministry of Interior(タイ内務省)の管轄下にある水道局であったが、近年法人化して Provincial Water Works Authority (PWWA) になった。パンガー県では6地区に分けて、水供給が行われており、Interviewした地区(Takua Thung 地区)では4,000世帯に供給している。水源は山地の貯水ダムである。被害に遭ったのは Ta Kua Pa 地区で、ここでは2,000世帯に供給している。そのうち、Nam Kem 村には400世帯に供給している。

b) 被災状況

津波による被害は管路とメータに集中した。用いられている管路口径はφ100mm、φ200mmのPE管である。継手は熱融着タイプで、埋設深さは1m程度である。また、屋内管は口径1/2インチの管が使用されている。供給エリアの中で Nam Kem 村(10m程度の津波高さ)は最も被害が多かった地域である。本地域では、幹線道路沿いの管路(φ200mm)には被害がなかったが、幹線道路から海岸までの地域にあるφ100mmの管に被害があった。また、メータや屋内管は、津波で倒壊して流された家屋とともに損壊している。

Nam Kem 村から離島である Koh Khak 島への海底パイプライン(敷設延長200m、φ200mm)にも被害があった。しかし、浄水施設は海岸から18km離れていたために津波による被害はなかった。

水道施設に被害が発生した地区(プーケット県も含めて)から政府へ提出された被害復旧計画報告書(表-1)によると、主な被害・復旧費用はパンガー県に集中している。前節で示したプーケットよりも被害は大きかった。

c) 緊急対応

緊急対応には表-1の項目1に挙げるように、35台の給水車で救援センターなどへ給水タンクを運搬するなどの救援活動が行われた。また、12月27日から一週間1,050m³/dayの生活用水(非飲用)と、20,000ボトル(飲用)が供給された。この他に、井戸水のくみ上げ用のポンプも供給された。地震から1週間ほど経過すると、これらの救援活動は水道局から軍隊に移行していった。さらにバンコクのPWWAから100万BHTがパンガー県に寄付された。また、Global Water System Co. Ltdからは60コンテナが無償で寄付された(30コンテナはTa Kua Pa地区へ、残り30コンテナはPhuketなどへ寄付されている)。

他のライフライン被害による水道への影響に関して、停電に対しては、発電機があったので水供給には問題が発生しなかった。また、通信に関して、本津波では固定電話と携帯電話のみで被災地との連絡をとった。津波直後には通信回線が輻輳したが、その後は使用でき、緊急対応には支障がでなかった。電話が通じなかったとしても、車やバイクで直接現地にいった連絡を取ることができたとマネージャーは証言している。緊急時の対策として、以前Wakie-Talkieを導入したことがあったが、供給地域は山間地が多いために繋がらず、その後は使用していなかった。

被災地での管路水道の代替策としては、Tin Mine(井戸のようなコンクリートタンク)が考えられた。このTin Mineは、スズの採取に用いられた井戸で、一般に330,000m³の容量があるが、今回の津波で海水が混入したために消毒しなければ使用できない状態であった。

d) 復興活動

復旧作業は12月26日から開始して、1ヶ月後には終了している。PWWAの話によると、Nam Kem村やその他の地域にも配水管の復旧は完了しているが、住家が回復されていないので、今後はその回復に応じて各世帯への配管工事を行っていく計画が立てられている。復興のマスタープランの中に、Phuketを含めた全被災地域の水道システムの復旧費用(新しい管、メーターの敷設等)として800万BHTを政府に申請中である。また、Kao Lakの海岸地域の復興管理に2億7,500万BHTを政府に申請している。この計画は、とくにKhuk Kak地域を対象にして、海岸沿いの幹線について80kmのパイプラインを被災後20ヶ月で復興するものである。管種、口径はPE管φ300mmの管路を使用し、軍基地との共有管理を目指している。

e) 今後の課題

住宅の回復に時間がかかるため、水道施設の完全復旧も遅れることが考えられる。その間は、井戸水の使用も考えられるが、乾季(5月まで)の間は井戸水が干上がる可能性があるために、井戸水だけに頼れず、いち早く水道復旧が行われることが期待される。

表-1 津波災害による水道施設被害復旧費用

項目	復旧内容	被害復旧予算(BHT) (括弧内は内訳)
1	緊急時の被災者救援 応急給水運搬費 (35 台の給水車で, 5 往復/台/日 (日当たり 175 回), 日当たり 1,050m ³ 供給 応急給水ボトル 20,000 本配布 Ta Kua Pa でくみ上げポンプの設置 消毒用塩化石灰 500kg 配布 配布費用 100 万 BHT 60 台の給水機械設置	855,312
2	施設修繕費 2.1 Phuket 水道局 Phatong, Kata, Karon Beach 周辺の本管・支管・メータの修繕 2.2 Krabi 水道局 Ao Nang Beach 周辺の本管・支管・メータの修繕 2.3 Ta Kua Pa 水道局 Nam Kem 村周辺の本管・支管・メータの修繕 2.4 Trang 水道局 送水管の修繕	8,600,000 (1,200,000) (1,800,000) (5,000,000) (600,000)
3	政府による復旧予定のある 5 被災村の水道システムの建設 3.1 Nam Tok Chong Faa にある Peung Pa Yam 村 52 世帯に対して, 5 m ³ /hr の移動式水道施設と 50m ³ の水タンクを設置 3.2 Pak Veep 村の学校にある仮設住宅 100 世帯に対して, 5 m ³ /hr の移動式水道施設と 50m ³ の水タンクを設置 3.3 Bo Hin にある Peung Pa Yam Yaak 村の 52 世帯に対して, 5 m ³ /hr の移動式水道施設と 50m ³ の水タンクを設置 3.4 Bang Muang の仮設住宅 500 世帯 3.5 避難村 Pru Teau 村の 500 世帯 3.1-3.3 には, 100 万 BHT, 3.4-3.5 には 300 万 BHT	4,000,000
4	Khao Lak における水道システム建設費用 容量 300m ³ /hr, 80km 敷設延長, 20 ヶ月による建設計画	226,780,000

表-2 管路の復旧計画と予算

復旧内容	地区	復旧事例	予算(BHT)	期間
仮設住宅への供給	Takua Pha 地区	P.E 管 φ 160mm 敷設長 1,000(m) P.E 管 φ 110mm 敷設長 1,200(m) P.E 管 φ 50mm 敷設長 500(m)	1,545,000	Jan-Mar. 2005
	Bang Muang 地区	P.E 管 φ 110mm 敷設長 300(m) P.E 管 φ 50mm 敷設長 420(m) P.E 管 φ 20mm 敷設長 40(m)	572,000	Jan-Mar. 2005
	Kura Buri 地区		65,000	Jan-Mar. 2005
	Ban Bang Kaya	P.E 管 φ 160mm 敷設長 1,100(m) P.E 管 φ 110mm 敷設長 2,200(m) P.E 管 φ 20mm 敷設長 40(m)	2,900,000	Jan-Mar. 2005
	KaoLak 被災地区		226,780,000	20months



図-10 Khuk Kak 周辺の配水塔（周辺の建物はなくなり塔だけが残っている）



図-11 地元住民が使用している井戸

3．電力施設

(1) プーケット県の電力システム

a) システム概要

タイ国における電力供給はProvincial Electricity Authority(PEA)（県営電力事業体）によって、国内をいくつかの供給地域に分けて運営されている。本組織は内務省に属していたが、近年法人化している。プーケット県の電力もPEAによって運営されている。プーケット県PEAは、タイ国PEAの南部地域に属し、さらにプーケット島北部のTha-lan地区と、南部のPhuket地区に分けて供給している。これらの現状組織と電力供給数を図-12および表-3に示している。

主要な高圧送電線は、国道4号線のペッカセム道路沿いに、プーケット島北部から島の中央部を通り、プーケットタウンへ通じている（図-13）。この主要幹線から、島西側の海岸へ内陸部を通して供給されている。高圧送電線は33kVの電圧で供給されており、低圧送電線は200～430Vで供給されている。プーケット県PEAでは、高圧送電線が710.31km、低圧送電線が1,599.45km敷設されている。また営業所は島内に3箇所ある。本店（従業員122人）はプーケットタウンにあり、その他にPhatong（従業員17人）、Koh yao（従業員4人）の2支店で組織化されている。

b) 被災状況

プーケット地区の高圧送電線・低圧配電線・変圧器・電柱の津波による被害状況は表-4に示すとおりである。表内の電柱の数字は電柱の高さ(8～22m)である。高圧送電線の880m、低圧線の約2kmが被害を受けた。また、プーケット地区では、378の需要家の電力メータが津波の被害を受けた。本被害概要は、表-5に示している。また、プーケット島北部のターラン地区における被害を表-6に示す。ここでは、Kamala Beachで30kVA柱上変圧器1基が津波によ

り冠水する他、低圧電線も多く切断された。これらは、電線が先に切断されるのではなく、電柱の倒壊によって切断されたものである。さらに電力会社によると、海岸から15m以内の電柱はすべて倒壊している。これらの被害は、プーケット島の西海岸に集中しており、島東側にあるプーケットタウンでは停電になることは無かった。ターラン地区では、復旧工事の他、地元住民や外国人犠牲者の共同墓地への送電ラインを349万BHTで新たに建設している。

c) 緊急対応

マネージャーは、地震発生時にはSlatan県(200km以上Phuketから離れている)で職務中であり、プーケットにはいなかった。部下が午前8時の地震発生時に携帯電話で連絡をしてきたが、とくに施設には問題が無かったので通常通りの対応をした。しかし、午前10時になって津波襲来を携帯電話で知った。その時点では、携帯電話は通じていた。

津波の被害を受けた地域では電柱の倒壊によって電線が切断したために自動的に送電がブロックされた。津波被害直後、Phatong, Kamala, Phuketの3地区に向けて緊急対応チームが編成された。復旧部隊は、それぞれ4人、5人、7人の編成であった。PEAでは、緊急時に備えて通常時から24時間体制の復旧要員がおり、センターに常駐はしていないが携帯ですぐに召集できる体制をとっている。そのため、本体制を津波の緊急対応における復旧隊として派遣することができた。

d) 復旧活動

津波の被災直後から、県政府と協力をしながら復旧活動を進めた。地震のように被災箇所を修復していくのではなく、まず瓦礫・漂流物の撤去から始めた。ついで、被災地で新たな電柱を設置し、ケーブルの接続を行った。12月28日までには、高圧・低圧電線の全てにわたって送電の準備ができた。しか

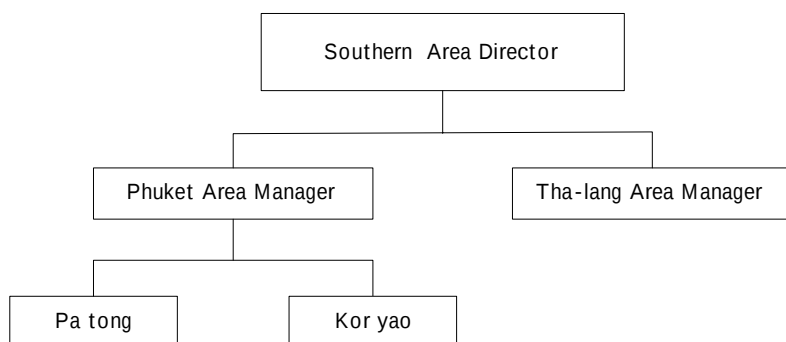


図-12 プーケット県 PEA の組織図



図-13 主要送電線

表-3 プーケット県の PEA 電力供給数

市		区		村		世帯		
		総数	供給区数	総数	供給村数	総数	供給世帯数	非供給世帯数
1	Phuket	8	8	42	40	61,698	61,492	206
2	Ta lang	7	7	52	51	25,551	23,533	28
3	Pa tong	2	2	—	—	10,882	10,849	33
4	Kor yao	2	2	18	18	3,117	3,008	109
Total		19	19	112	109	101,248	98,882	376

表-4 Phuket 地区の電力設備の被害

Line (Name)		Damage													
		Transmission line(m)			Low voltage (m)				Trans- former KVA	Pole (no.)					Cost of Damage (BHT)
		185A	185 SAC	OHGW	95AW	50AW	50A	25AW		22m	14m	12m	9m	8m	
1	Ra wai Vil.	—	—	—	—	840	280	280	—	—	—	—	—	10	37,208.00
2	Palai St.	—	—	—	—	120	40	—	—	—	—	—	1	—	4,703.60
3	Trai Trang Beach	—	360	120	180	—	50	60	—	—	—	6	3	—	107,884.20
4	Pa tong Rd.	300	—	100	120	—	60	40	—	1	2	2	2	—	66,093.60
5	387Meters in different size														687,881.00
total		300	360	220	300	960	430	380	0	1	2	8	6	10	903,770.40

Note) Number in pole column indicates height of poles.

表-5 Phuket 地区の電力メータの被害内訳

Size	Phase	Line	Voltage	Type	Numbers of damaged meters	Price (BHT)	Total (BHT)	Damaged meter price	Total (BHT)	Wage meter power	Total (BHT)
5(15)A	1	2	220	normal	77	619	47,663	550	42,350	50	3,850
10(30)A	1	2	220	normal	8	603	4,824	797	6,376	50	400
15(45)A	1	2	220	normal	107	670	71,690	690	73,830	50	5,350
20(40)A	1	2	220	normal	5		—	863	4,315	50	250
30(60)A	1	2	220	normal	7	626	4,382	1,070	7,490	50	350
30(100)A	1	2	220	normal	30	1,140	34,200	1,357	40,710	50	1,500
10(30)A	3	4	380	normal	2		—	2,029	4,058	100	200
15(45)A	3	4	380	normal	38	1,714	65,132	1,783	67,754	100	3,800
20(40)A	3	4	380	normal	8		—	2,029	16,232	100	800
30(60)A	3	4	380	normal	21		—	2,318	48,678	100	2,100
30(100)A	3	4	380	normal	57		—	2,070	117,990	100	5,700
50A	3	4	380	normal	2		—	11,673	23,346	100	200
5	3	4	380	normal	10		—	10,233	102,330	100	1,000
5	3	3	110	normal	1		—	9,360	9,360	100	100
TOU high	3	4	380	TOU	12	6,806	81,672	8,898	106,776	500	6,000
TOU high	3	3	110	TOU	2	7,582	15,164	8,143	16,286	500	1,000
Total					387	19,760	324,727	63,863	687,881	2,100	32,600

表-6 Tha-lang 地区の電力設備の被害

Line (Name)		Loss										
		Transmission Line	Low voltage (m)					Trans- former KVA	Pole (no.)			Cost of Damage (BHT)
			120A	95AW	50AW	50A	25AW		14	12	9	
1	Kamala St.	150	1,030	200	1,030	650	30	1	3	36	519,817	
2	Java St.	—	102	-	102	102	—	—	—	5	52,137	
3	Bang Tao Beach	—	160	50	170	170	—	—	-	6	65,627	
4	414 Meters in different size										506,698	
total		150	300	960	430	380	0	1	3	47	1,144,279	

し、各地域では家屋・施設が破壊されていたために配電ができない状態にあり、2 ヶ月後の調査時でもその状況は続いている。

e) 今後の課題

津波復旧工事において、設備そのものにはとくに新しい津波対策は採られていない。しかし、Phatong Beach, Kamala Beach で、それぞれ 3km、

1km の地中ケーブルを敷設することを計画している。そのため、Phatong Beach で 3 億 6,000 万 BHT、Kamala Beach で 8,000 万 BHT の予算を政府に申請中である。現在、プーケットでは地中ケーブルが埋設されている。海岸沿いでは、Karon Beach で 4 年前に地中ケーブルが 500m 敷設されている。今回の津波で海岸は被害を受けたが、地中ケーブルには被



図-14 地中ケーブル敷設地域



図-15 電柱敷設地域

害が無かった。現地の様子を図-14, 15 に示している。地中ケーブルが埋設されている地域は、リゾートホテルが海岸線沿いに建設されており、一方、ある交差点より南側の商店、住宅地域では以前の電柱が残っている状態である。本地域は、リゾート開発にともない景観に配慮して無電柱化が図られたといえる。しかし、この無電柱化対策が津波被害を軽減した。

(2) パンガー県の電力システム

a) システム概要

パンガー県の電力供給はプーケット県と同様で、Provincial Electricity Authority (PEA) (県営電力事業体) によって運営されている。パンガー県全体で、40,000 世帯の顧客を有している。また、パンガー県 PEA では、パンガー県の内陸部以外に、西海岸側にある Koh Khak 島への海底ケーブルによって離島に送電している。

b) 被災概要

津波の被害は、パンガー県の 8 行政区の内、Khura Buri, Ta Kua Pa, Thai Mueang 市で発生したが、電力設備の被害は Ta Kua Pa 市と、Thai Mueang 市で発生している。送電線では、高圧線 36.013km、低圧線 27.687km が切断された。被害報告書によると、これらの被害総額は 1 億 1,402 万 BHT となる。パンガー県の予算ではなく、政府からの支援金でこの復旧費用の全てが賄われる。また、復旧期間は 2 ヶ月間である。表-7 は、Ta Kua Pa, Thai Mueang 市内の被害延長および被害額を示している。被害の多くは、主要幹線道路である Petch Kasem Road (表中の TA KUA PA 市 No.16, TAI MUANG 市 No.1) で発生していることがわかる。また、表-8 は、変圧器の被害を示している。プーケット県では柱上トランスが 1 基冠水しただけであったが、パンガー県では多くの変圧器に被害が生じている。

次に、電力メータやその他の機器の被害を表-9 に示す。合計 2,693 台のメータが被害を受けた。これらは、他の機器も合わせて、約 800 万 BHT の被害総額になる。

Nam Kem から離島の Kho Khao 島へは海底ケーブル(400m)を使って送電している。ケーブルは津波の被害を受けなかったが、陸地の電柱が損傷したために、島への送電が停止した。図-17 は、Nam Kem の海岸に立つ電柱である。津波で流され、新しく再建されたものである。島へは小型ボートしか移動手段がない。

c) 緊急対応

マネージャーは津波発生時、バンコクにいた。パンガー県での津波被害はテレビのニュースで知った。午前 11 時過ぎにスタッフに電話をして、Ta Kua Pa に行くように指令を出した。また、以下の項目に従って対応するように指示を出している。

主要幹線道路の被害状況を見る。

被害の概要を把握して、全体の被害程度を推定する。

被害報告書を用意する。

彼は、すぐにパンガー県に戻り、12 月 26 日の夕方には緊急対応会議を開いた。津波の被災直後には、被害箇所の復旧が優先されるのではなく、まず負傷者を病院へ運ぶなどの活動が中心となった。

d) 復旧活動

近隣の PEA から 12 月 27 日にパンガー県に復旧応援隊が到着した。復旧応援隊は周辺の 5 県から 44 部隊、総計 450 人にもなった。その内訳は、作業員が 300 人、技術者が 150 人である。彼らとともに、44 台のクレーン車も派遣されてきた。これらの復旧応援隊は、パンガー県が地震後に応援要請をしたのではなく、テレビやラジオなどのメディアから被災情報を知り、自主的に派遣されたものであった。パンガー県の PEA は復旧応援隊との打ち合わせをもち、復旧場所の割り当てを決めた。大人数で編成されている部隊は主要幹線や被害が甚大な所を中心に分担し、小部隊は被害が比較的小さい地域にあたるように組織化された。とくに、Ta Kua Pa と Thai Mueang には変電所 (115kV → 33kV) があり、その区間を中継する道路幹線沿いの送電線の復旧は、大部隊の復旧応援隊が中心となって緊急で行われた。また、病院への送電線も優先復旧された。

表-7 パンガー県 PEA の送電線の被害

	Damaged area	High voltage		Low voltage		Total
		Length (km)	Loss (Million BHT)	Length (km)	Loss (Million BHT)	Loss (Million BHT)
TA KUA PA 市						
1	Baan Nam Kem	1.452	2.178	3.883	1.165	3.343
2	Bang Sak	0.770	1.155	1.650	0.495	1.650
3	Kun Nipon Shrimp Farm	0.143	0.215	0.000	0.000	0.215
4	Baan Bang Mad Dang Shrimp Farm	0.382	0.573	0.000	0.000	0.573
5	Baan Pak Veep Shrimp Farm	0.143	0.215	0.000	0.000	0.215
6	Simi Lana	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
7	Laerm Pakarang	3.630	5.445	2.420	0.726	6.171
8	Sophitel	0.638	0.957	0.000	0.000	0.957
9	Air Investigation staion	2.145	3.218	0.000	0.000	3.218
10	Phaket For Site	0.602	0.903	1.408	0.422	1.325
11	Bang Neuang Temple	0.275	0.413	0.088	0.026	0.439
12	Baan Bang Neuang	3.190	4.785	5.72	1.716	6.501
13	Tropicana Resort	0.132	0.198	0.000	0.000	0.198
14	Nai Tawan Resort	0.748	1.122	0.000	0.000	1.122
15	Nang Tang Beach	1.243	1.865	0.220	0.066	1.931
16	Petch Kasem Rd	13.750	20.625	7.304	2.191	22.816
17	Koh kor kao	3.999	5.998	4.994	1.498	7.496
18	Baan Nam Kem		1.000	0.000		1.000
TAI MUANG 市						
1	Pecth Kasem Rd	0.990	1.485	0.000	0.000	1.485
2	Kao Lack Merlin	1.430	2.145	0.000	0.000	2.145
3	Bor Daan	0.352	0.528	0.000	0.000	0.528
合計		36.013	55.019	27.687	8.306	63.325

表-8 変圧器の被害

	Size	No	Price/unit	Loss (BHT)
TA KUA PA 市				
1	20	1	76,580	76,580
2	30	9	72,429	651,861
3	50	1	186,264	186,264
4	100	1	207,948	207,948
5	160	2	235,379	470,758
6	250	3	314,478	943,434
7	315	1	392,969	392,969
8	500	2	429,995	859,990
Subtotal				3,789,804
TAI MUANG 市				
1	100	1	207,948	207,948
2	250	1	314,478	314,478
Subtotal				522,426
Total				4,312,230

表-9 パンガー県の電気メータの被害

Size(Amp)	Phase	Line	No.	Loss(BHT)
TA KUA PA 市				
5(5)	1	2	1,775	2,176,150
15(45)	1	2	620	845,060
30(100)	1	2	92	194,396
15(45)	3	4	53	162,233
30(100)	3	4	56	175,168
CT low			63	807,030
CT high			30	3,584,610
Subtotal			2,689	7,944,647
TAI MUANG 市				
5(15)	1	2	88	50,538
10(30)	1	2	3	3,265
15(45)	1	2	2	2,726
15(45)	3	4	1	3,061
30(60)	3	4	3	9,384
CT low	3	4	3	38,430
CT high	3	3	7	836,409
Subtotal			107	943,813
Total			2,796	8,888,460

Note) CT: Current Transformer



図-16 パンガー県の行政区



図-17 Kho Khao 島への送電側の電柱（再建後）



図-18 Ko Khao 島

復旧作業は、12月26日から開始され、被害のあるケーブルの切断作業から入った。12月27日からは13台の電源車が災害対策本部や避難所、テントなどを回って配電し、12月31日まではピーク時で34台の電源車が使用された。12月31日には主要幹線の復旧が完了した。また、1月5日には枝線の復旧が完了した。今回の災害では電源車のほかに、捜索救助時の支援として、照明灯などもPEAで用

意された。

e) 今後の課題

電力設備において、津波災害を経験したが新たな対策をとくにとっておらず、これまでと同じ設備を用いて復旧するようにタイ政府に申請している。また、パンガー県PEAが、被災後に早く復旧できたのは、16年前の台風で同じような被害を受けた時の経験が今回の復旧活動に生かされていた、とマネージャーは証言している。



図-19 柱状変圧器の倒壊



図-20 柱状変圧器の倒壊



図-21 柱状変圧器の倒壊



図-22 柱状変圧器の倒壊



図-23 柱状変圧器の倒壊



図-24 電柱の倒壊

(3) 電力施設の津波被害状況事例

津波による電力施設の被害状況事例を以下に示す。海岸沿いの柱状変圧器は、電柱が倒壊することによって、転落した。一般に 2 本の電柱に横柱を組み、その間に柱状変圧器を設置している。倒壊のモードとして、津波によって変圧器が荷重の作用点になり、横柱と電柱との交差点で曲げ破壊を起こすもの（図-19 参照）がある。2 つ目に、電柱の埋設地盤

の締め固めがゆるく、図-20, 21 のように電柱の根元から転倒、傾斜するものがある。また、電柱も同様に、根元から傾斜するものと電柱の真ん中で切断するものに分けられる。津波は、海水だけでなく、泥や倒壊した住家、自動車などを含むため（図-25 から図-28 参照）、それらの衝突によって倒壊したものと考えられる。



図-25 電柱の倒壊



図-26 電柱の倒壊



図-27 電柱の倒壊



図-28 電柱の倒壊

4. 通信

(1) プーケット県の通信

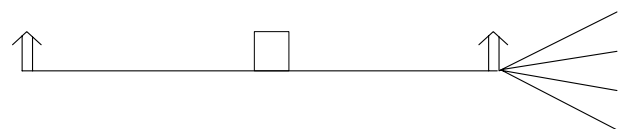
a) システム概要

プーケット県の通信システムはいくつかの電話会社によって運営されているが、Telephone Organization in Thailand (TOT) は最大の電話会社である。TOT の状況について説明する。全部で 43,116 回線、顧客数 37,936 世帯である。

TOTではヨーロッパ方式と米国方式を用いて主要回線から需要家へ回線を接続している。ヨーロッパ方式はCross Cable Cabinet Systemといわれるもので、地中主要回線は交換盤に入ってそれから各需要家と接続している。米国方式は主要回線から直接需要家と接続する方式である。各システムの概略を図-29 に示す。通信ケーブルは鉛線あるいは光ファイバーである。本会社は固定電話を主としており、携帯電話は別会社が運営している。

b) 被災状況

Phatong Beach は Cainenet 方式、Kamala Beach は直接方式の通信システムを採用している。両 Beach での被災の詳細を図-30 に示す。Kamala Beach では 2km の光回線が被災した。電力ケーブルの電柱に併用して通信ケーブルを這わせていた。電柱が倒壊したために海岸沿いのケーブルが切断された。



(a) ヨーロッパ方式(Cross Cable Cabinet System)



(b) 米国方式

図-29 通信システムの違い

また、Phatong Beach では 16,000 回線が被災した。ここでは、海岸沿いの道路に交換盤を設置していたが、津波とともに、自動車などが交換盤にあたり、転倒した。これらの被害状況は、図-31～34 に示すとおりである。また、海岸から 500m 先にあった交換盤（図-34）は、波によって傾斜したが、倒壊するまでには至らなかった。しかし、機器の中に海水が浸水したために、システムにエラーが生じて使用できなくなった。

表-10 は、プーケット県の通信施設の被害と被害総額を示している。

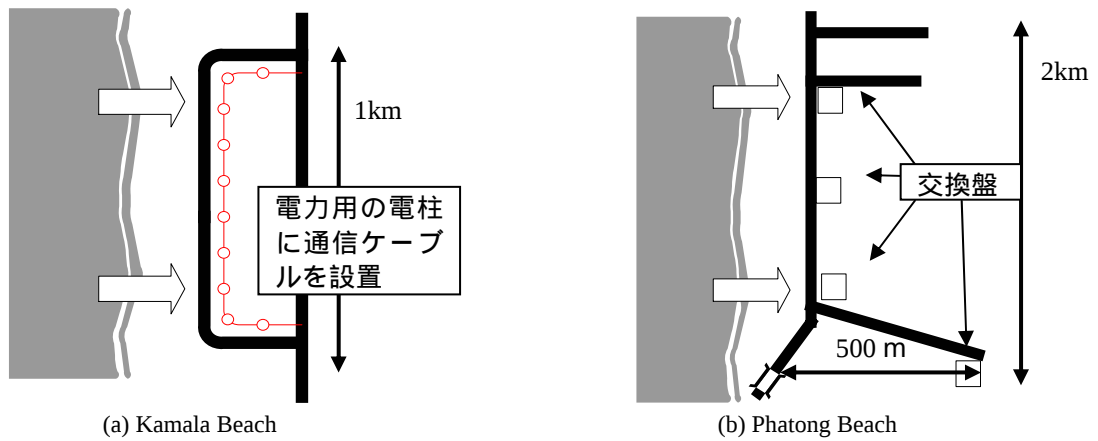


図-30 Kamala Beach と Phatong Beach のシステムと被害状況



図-31 電柱の倒壊



図-32 電柱の倒壊



図-33 電柱の倒壊



図-34 電柱の倒壊

表-10 プーケット県の通信施設の被害

被災地域	被害状況	予算 (BHT)	復旧 日数	復旧過程
Kata, Karon, Phatong, Kamala, Cheng ta-le, Airport	41 個の公衆電話ボックスと 47 個の公衆電話の修繕, 取替	1,927,600	15 days	92% (8%は需要家までの 回線が使用可)
Phatong, Kamala	通信ケーブルの取替	882,495	15 days	100%
Kata, Karon, Phatong, Kamala, Cheng ta-le	交換盤の取替	2,869,600	15 days	100%
	信号システム	2,942,180	15 days	100%
Total		8,621,875		



図-35 交換盤の被害



図-36 通信ケーブルの被害

c)緊急対応

TOT 会社のマネージャーは、地震発生時、プーケットから 400km 離れた Soudar 県に滞在していた。彼は 8 時ごろに発生した地震を Soudar 県で感じた。その後、テレビで津波の襲来を知り、会社のスタッフに緊急対応をするように指示をした。まず、電力会社電柱が倒壊して停電となったため、移動電源車を依頼した。県の中心であるプーケット市役所に 50 回線を特別に設置して、国内外回線を無料で使用できるようにした。電話会社は、通常は Ministry of Information and Computer Technology の管轄下にあるが、津波対応の際には防災担当である内務省の管轄下で対応した。また、病院などに無料の公衆電話を設置した。無料電話は調査時まで設置されていた。12 月 29 日には 4 年前から稼動しているビデオ会議システムを内務省とプーケット市役所に設置した。

災害時に備えて優先電話回線などは設定していなかった。

d)復旧活動

移動電源車の設置、無料電話の設置を行うとともに、被害状況を確認して復旧部隊を派遣した。また、SAMART 会社の協力を得て、衛星通信 IPSTAR を使用できるようにした。Kamala Beach と Phatong Beach 以外は電話の不通は生じなかった。津波直後には、携帯電話は輻輳が生じたが、固定電話には影響が無かった。

津波発生後すぐに復旧活動に入りたかったが、警察や軍隊によって 2005 年 1 月 1 日までは海岸は現場に立ち入ることはできなかった。そのため、現場の立ち入りを許された 1 日に、資材を発注し、3 日までに資機材の準備を進めた。1 月 3 日から 10 日までの 7 日間で復旧工事を終えた。

e)今後の課題

津波によって架空ケーブルの切断が問題であったので、電力会社・水道会社と連携して、県政府に施設の地中化を申請中である。

(2) パンガー県の通信システム

a)システム概要

本県の通信事業者は TOT (Telecommunication Organization of Thailand) であり、Ministry of Information and Communication Technology (ICT) の管轄下にある。パンガー県の供給エリアは 8 行政地区でシステム構成されている。固定回線顧客数は 13,000 (Nam Kem で 250 顧客)、モバイル顧客数は 2,000 世帯である。モバイルのシステムは NMT (Noric Mobile Telephone 470MHz) を使用している。TOT の他に、モバイルの会社は AIS や Orange などがあるが、固定回線は TOT のみである。

b)被災概要

Khuk Kak 地区に被害が集中した。通信電柱やケーブルは津波で流された。被害範囲は海岸沿いの 20km の範囲で、この地域には停電も発生した。固定回線の 1,700 顧客が使用停止となり、被害損失は復旧費用など合わせて 4,500 万 BHT である。図-35 ~ 37 はパンガー県 TOT の被害状況である。図-36 は、電力用の電柱に通信ケーブルを添架したものである。電力ケーブルは電柱の頂部をつないでいるが、通信ケーブルは電柱の中心部を通していている。そのため、電柱には被害がないが、通信ケーブルだけが切断されることも多かった。

c)緊急対応

津波来襲時、お客様係のマネージャーは他の県で会議中であつた。午前 8 時の地震時、彼は揺れを感じている。そして、午前 10 時ごろに津波に襲われた。

被災直後、通信回線は輻輳していたが、TOT は通信規制を行わなかった。また、優先回線も持っていなかった。そして、12 月 26 日の深夜には復旧隊が被災地に入り、早朝までにモバイルの一時システムを 4 回線設置した。

緊急対応として以下の方法をとった。

12 月 27 日に稼動用の 30 回線 (UMUX) を引いた。

12 月 30, 31 日には を取り外し、120 回線を引いた。本回線は翌年 1 月 31 日まで無料にした。通信ユニットを設置・交換した (復旧過程に入る)。



図-37 通信施設の被害



図-38 復旧工事の様子

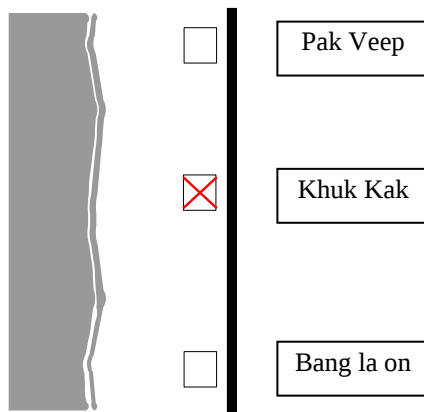


図-39 交換盤の設置（主要道路 Phet ka sem 道路沿い）

表-11 交換盤の回線数

地名	津波前	現在	将来計画
Pak Veep	無	480	600
Khuk Kak	1,700	復旧待ち	1,000
Bang la on	無	600	1,000



図-40 Pak Veep での交換盤の設置状況



図-41 Pak Veep での交換盤設置後の様子

緊急対応の間，12 月 27 日には通電していなかったが，28 日には電気の復旧が完了した．

(d) 復旧活動

1 月 15 日で仮システムの復旧を完了し，2 月 1 日には完全復旧した．

TOT では，図-39，表-11 に示すように，元々 1,700 回線であったものを津波被害の復旧に合わせて交換盤の設置方法を変え，回線数を増やす計画を

現在立てている．Khuk Kak の交換盤を修繕する間，北側の Pak Veep と南側の Ban la on に新たな交換盤を設置した．新しい交換盤は調査時に現地で確認しており，稼動中であった．

e) 今後の課題

Wireless System (WIMAX)の導入を政府に申請中であるが未だ承認されていない．小型の無線機は 300 万 BHT で設置した．



図-42 Bang la on での交換盤の設置状況



図-43 Bang la on での交換盤設置後の様子

5. まとめ

タイ・プーケット県、パンガー県のライフライン施設の被害と緊急対応は、以下のようにまとめられる。

- 海岸付近の電柱が津波波力によって倒壊し、電力・通信の機能停止を引き起こすとともに、水道施設の稼動にも大きな影響を与えることが知られた。
- 離島への電力海底ラインや海岸付近の地中ケーブルでは津波の被害を受けておらず、地中敷設は津波には強い敷設方法といえる。
- 通信システムでは、津波対策として無線中継局を置く計画が進められている。
- 地中管路類は津波による土砂の洗掘によって、地上に露出し、さらに津波波力によって洗掘破壊をうけることが新たに知られた。
- 水道メータから屋内施設までの配管は、1979年以上の基準で個人の所有物のため脆弱な管が使用されているところが多い。水道局では、今後フレキシブルなポリエチレン管の使用を指導していくように進められている。
- 病院への応急給水が水道事業者によって優先的に行われたこともわかった。
- 観光歓楽街では、津波後に即時復旧をするのではなく、セキュリティの配慮から被災地の立入禁止が図られた地区もあった。

- 供給系の幹線は極力内陸側に敷設し、海岸域で津波被害を受ける地域にはブロック化して切り離すようなシステム化が期待される。
- 海岸付近の電線・通信線・管路類を共同溝に埋設して津波被災を避ける対策が採られようとしている。日本の津波が危惧される地域におけるライフライン対策としても有効と考えられる。

謝辞：現地調査にあたり、タイ政府防災局（Disaster Prevention and Mitigation Policy Bureau, Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior）の Arun Pieta 氏の協力を得た。また、プーケット県、パンガー県の水道、電力、通信事業者には、貴重な資料を頂いた。本調査研究は、文部科学省科学技術振興調整費（緊急研究）の「スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究」の一貫として遂行されたものである。図-21～28の写真はパンガー県の PEA から頂いた。また、図-35～38, 40, 42 の写真はパンガー県の TOT から頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior, Thailand: Earthquake/Tsunami Victims Relief Efforts, p.1, 2005.

(2005. 6. 15 受付)

DAMAGE AND RESTORATION OF LIFELINES IN THAILAND DURING THE SUMATRA EARTHQUAKE AND TSUNAMI DISASTER

Shiro TAKADA, Yasuko KUWATA and Masaki SHINTANI

Present paper reports lifeline damage and its restoration in Thailand due to the 2004 Sumatra earthquake and tsunami disaster. We had interviews to lifeline companies of water, electricity power, and communication in Phuket and Phang-nga Provinces, Thailand, and also field survey in the coastal area of these provinces. As a summary of the research report, lifeline facilities had no damage due to the ground motion of earthquake, but facilities in the coastal area had severe damage due to tsunami wave. Especially, scouring damage of pipeline due to tsunami wave was remarkable. Buried electric power cable had no damage due to tsunami wave, and would be good tsunami measures to mitigate lifeline damage from tsunami.