

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1192

March 2009

ヤンゴン港における2008年高潮被害に関する現地調査

平石 哲也

独立行政法人 港湾空港技術研究所
Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan



巻頭写真-1 ヤンゴン港における浮き棧橋（連絡橋）の被災



巻頭写真-2 ヤンゴン港における船舶の打ち上げ被害



巻頭写真-3 護岸に衝突したポンツーン



巻頭写真-4 ヤンゴン港作業基地の棧橋被害と作業船の乗り上げ

目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 痕跡と高潮の規模	5
2.1 ミャンマー政府機関の調査	5
2.2 現地における痕跡調査	6
3. 港湾施設の被害	7
3.1 施設の構造	7
3.2 施設被害の分類	8
3.3 その他の被害	9
4. 復興への課題	9
4.1 大型ポンツーンの活用	9
4.2 航路の安全性の確保	9
5. あとがき	10
参考文献	11
付録-1	11
付録-2	12

Field survey on facility damage in Yangon harbor due to 2008 storm surge

Tetsuya HIRAISHI*

Synopsis

A huge disaster was induced in Myanmar by the attack of Cyclone NARGIS on May 2nd, 2008. The Yangon Port which is the largest in Myanmar was heavily damaged while the Ayeyarwady Delta in the west part was completely devastated by the storm surge with the inundation depth as much as 7m. A field survey was carried out during May in order to study on the disaster mechanism in the harbor and to obtain the information for recovery planning.

As one of the results in the survey, the storm surge deviation above the high water level was measured up and it was about 1.8m in the northern side of the Yangon river. The floating pontoons and connecting bridges parts in the jetties were also damaged by the storm surge. The number of damaged jetties was 28 out of the total number of 37. The early recovery of damaged jetties and the salvage of wreck vessels in the water were urgently needed to the total recovery plan on the devastated area in Myanmar.

Key Words: Cyclone NARGIS, Storm surge, Harbor facility damage, Recovery project for Myanmar, Yangon harbor

* Director, Maritime Environment and Engineering Department
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-8445036 Fax : +81-46-8411274 e-mail: hiraishi@pari.go.jp

ヤンゴン港における 2008 年高潮被害に関する現地調査

平石 哲也*

要 旨

2008 年 5 月にミャンマーを襲ったサイクロン NARGIS により、イラワジ河口デルタでは浸水深が 7m におよぶ大規模な高潮が生じた。ミャンマー最大の貿易港であるヤンゴン港においても、高潮により港湾施設が大きな被害を受け、救援物資の運搬にも支障が及んでいる。そこで、港湾被害の実態を明らかにし、今後の復興支援活動の基礎資料を得るための現地調査を行った。

調査の結果、ヤンゴン港北岸で概ね満潮位から測った高潮偏差は約 1.8m 以上であることが判った。また、ヤンゴン港内では、内航海運用の浮き栈橋が大きな被害を受けていた。浮き栈橋は、天端高 5.70m の陸上基礎・長さ 24m の橋脚・浮き基礎・長さ約 37m のポンツーンからなり、37 基中 28 基の栈橋が被害を受けた。浮き栈橋群の復旧や航路内の沈船撤去が緊急に必要であることが判明した。

キーワード：サイクロン NARGIS, 高潮災害調査, 港湾施設被害, ミャンマー復興支援, ヤンゴン港

* 海洋・水工部長
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所
電話：046-844-5036 Fax：046-841-1274 e-mail:hiraishi@pari.go.jp

1. まえがき

サイクロン NARGIS は、インド洋上で進路を西へ変え、2008年5月2日の夜にヤンゴン西南部イラワジ川河口デルタに上陸した。上陸時の風速は50m/s以上で2005年米国南部の高潮被災をもたらしたハリケーン(河合ら, 2006)と同規模のカテゴリー4に相当する。サイクロン接近に伴って生じた高潮により、多数の方が亡くなり、多くの家屋が破壊された。ミャンマー最大の都市ヤンゴン市内でも強風による樹木倒壊が相次ぐと共に、港湾施設が被害を受け、係留中の船舶が多数ヤンゴン川に沈没した。沈船の除去と港湾施設の復旧は、イラワジデルタへの救援物資の積み出しにも緊急に必要であり、ミャンマー政府の要請により、被害実態調査を実施した。

図-1は国連人道支援事務所(OCHA)による関連情報と地図を整理するとともに自ら行った緊急調査結果をもとに、ミャンマー気象水理庁(Department of Meteorology and Hydrology, Myanmar)がサイクロン NARGIS の中心位置経

路と測定痕跡高(地表から)地点を示した図である。

国連人道支援事務所(OCHA)の5月発表による高潮の被災者は以下の通りである(国連人道支援事務所,2008)：

上陸時(現地時間2日16:00)
 最大風速：54m/s(カテゴリー4)
 1分間最大風速：66m/s
 中心気圧：962hPa
 移動速度：19km/h
 死者：78,000名
 行方不明者：56,000名
 重軽傷者：20,000名
 被災人口：2,400,000名
 被害額：100億円

隣国バングラディッシュで生じた近年最大の1991年高潮災害における死者は140,000名であり、今回のミャンマーの高潮被災は南アジアにおける過去最大規模に匹敵する災害であった。

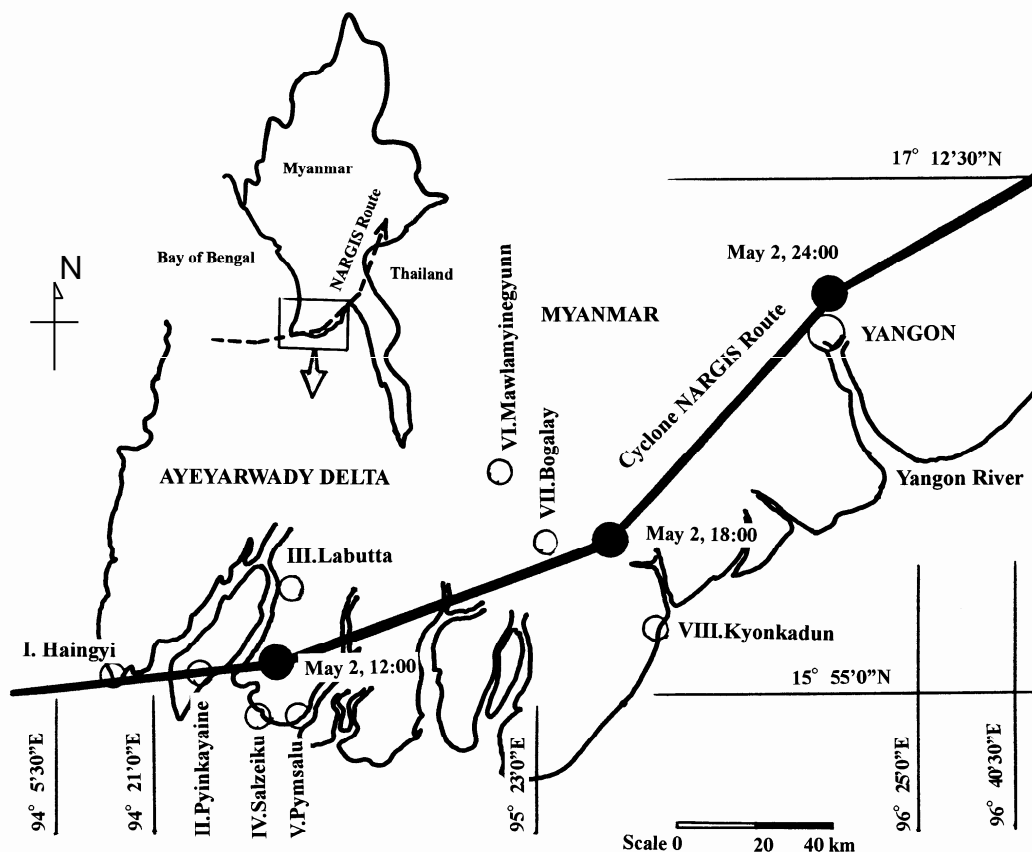


図-1 ミャンマー気象水理庁によるサイクロン NARGIS の移動経路と浸水高測点(提供資料および UNOSAT(2008)にもとづき著者作成)

現地調査は、ミャンマー政府により立ち入りが許可された人口最大のヤンゴン市内およびヤンゴン港において実施した。最大の被災地であるイラワジ流域へは入っていないので、サイクロン災害の全貌を把握したわけではないが、内航海運の要であるヤンゴン港の早期復旧は救援物資の搬入等の人道支援上も重要であり、その被害実態を整理し、今後の支援計画策定の一助となるように本資料をまとめた。

2. 痕跡と高潮の規模

2.1 ミャンマー政府機関の調査

前出の図-1 に示した痕跡調査位置 (I~VIII) はミャンマー気象水理庁により提供されたデータで、ミャンマー気象水理庁による地表を基準とした高潮浸水高が整理されている。ただし、被災地の混乱のため基準面から痕跡を測量した結果ではなく、低地帯での概略値と考えられる。図-2 に西海岸から調査位置 (I~VIII) 順にメートル表示で換算した浸水高を示す。

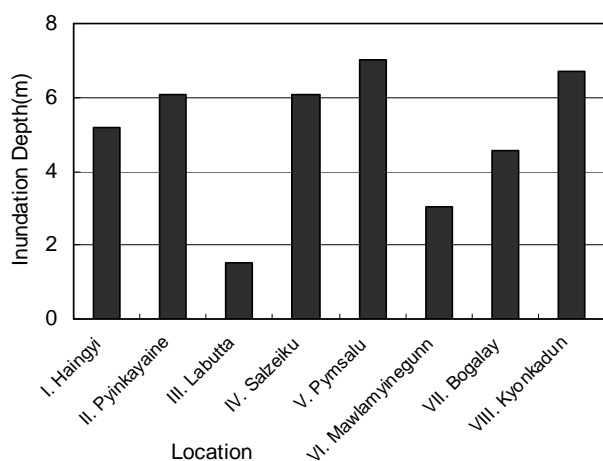


図-2 地表からの浸水高

ヤンゴン港においては、ミャンマー港湾公社 (Myanmar Port Authority, 以下 MPA と略す) によって高潮の規模が整理されている。通常、高潮の偏差は最高水位から天文潮位を引いた値として示される。しかし、ヤンゴン港の潮位差は後述するように 4m 以上と大きく変化が激しいこと、高潮による高潮位はサイクロン接近時から 1 日近く続き、最高潮位の起時が不明であること、機器による観測データがから存在しないこと等から、高潮偏差は満潮位から最高水位までの高さとして以下では整理されている。

表-1 は MPA 提供資料および潮位表 (ミャンマー港湾公社, 2008) によるヤンゴン港潮位記録である。

表-1 MPA 資料によるヤンゴン港潮位

既往最高潮位(1992)	H.H.W.L	6.74m
朔望平均満潮位	H.W.L.	5.80m
平均地表面	G.L.	5.70m
平均潮位	M.S.L.	3.23m
朔望平均低潮位	L.W.L.	0.70m
ヤンゴン港基準面	D.L.	0.00m

サイクロン NARGIS については、表-2 のような整理がなされている (5 月 26 日 MPA 提供)。表に示すように、最大の高潮偏差は 2.13m で港内では 2m の波高が目視で観測されていた。ただし、ヤンゴン港には潮位変化を読み取る表示塔が設置されているだけで、潮位や波高の観測はなされていない。これまでの潮位表等は、表示塔の数値を職員が読み取ることによって、記録を整理して作成されている。今回のサイクロンでは、高潮や風雨のため表示塔の目視記録はできず、潮位表示塔も高潮により破損してしまった。したがって、高さの数値は目視によるものであり、ここでは概略値として使用する。なお、目視で観測できる範囲では、渦を巻くような強い流れは現れなかったようである。写真-1 に高潮によって破損してしまった潮位表示塔を示す。写真左手の傾いた三角型の表示板が潮位表示塔である。

表-2 MPA 資料による高潮規模と船舶被害

NARGIS	偏差	2.13m
	波高	約2m
沈船	航路内	29隻
	河川内	39隻
	乗り上げ	70隻
	合計	138隻
外航船吃水	通常	9m
	被災後	7.5m



写真-1 国際貨物棧橋に設置された潮位表示塔 (○印)

2.2 現地における痕跡調査

図-3 に潮位定数から推算したヤンゴン港の潮位変化を示す。天文潮位はサイクロン中心が最も接近した5月3日早朝に満潮になり、このときに大きな浸水被害が生じたと考えられる。なお、MPAの潮位表によると満潮水位は5.2mであり、測定した痕跡高と最高水位(5.2m)の差を高潮偏差とした。

現地痕跡調査は、図-4 に示したヤンゴン港平面図中の北岸2箇所(栈橋13および19)と南岸1箇所(栈橋25)で測定した。図中の[U]は、船舶が多く打ち上げられた中州である。

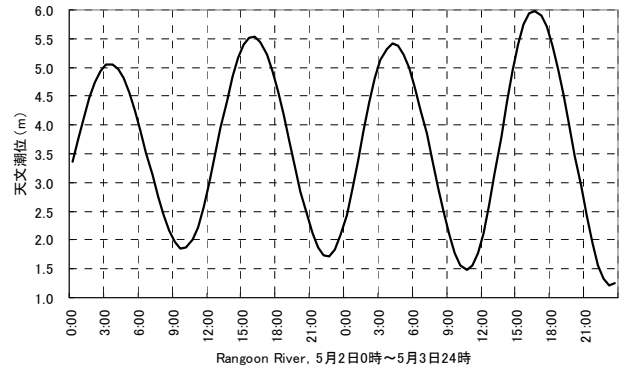


図-3 ヤンゴン港の潮位変化

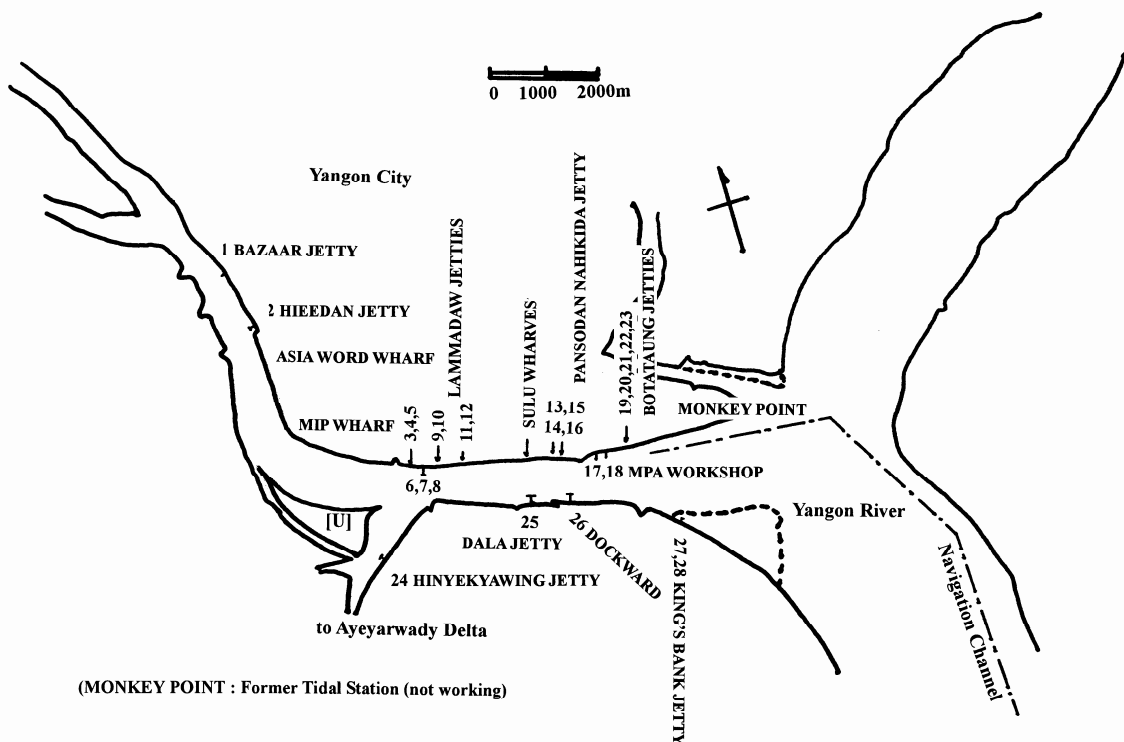


図-4 ヤンゴン港内における調査地点と栈橋の位置

痕跡調査は、ヒアリングに基づき、室内や家屋壁面での最高水位を求めて、調査時の水面からの高さを計り、D.L.上の高さに換算した。そして、被災時の満潮位5.2mを引いて高潮偏差とした。その結果、ヤンゴン港北岸での高潮偏差は、最高で1.86m、南岸で0.90mであった。痕跡調査の方法を付録-1に示す。南岸は田園および湿地帯が広がっており、河川を溢れた水が広く流れてしまうため、痕跡高が北岸よりも小さくなったと考えられる。ヤンゴン港の高潮については柴山ら(2008)が痕跡高を測定しており、約3mと大きな数値が示されている。ただし、護岸越流時の様子を地元住民にヒアリングして最高水位としたものであり、

偏差の基準値を満潮位と決めていないので、本調査結果とやや異なる値となっている。したがって、ヤンゴン港内における高潮による最高水位は、満潮位より約2m高かったものと推測することが妥当であろう。

図-5 は現地調査で測定した高潮最高潮位+7.06mをNARGISによる高潮として潮位を整理したものである。地表面GLは現地調査で護岸上の道路面を測定して求めた数値で、朔望満潮時の水面より低い場合があり、ヤンゴン港では大潮の際には、局所的に市街地の一部が浸水することもあり得る。写真-2に参考としてヤンゴン港北岸の栈橋と護岸の高さの関係を示した。栈橋取り付け部のピアの天端

高（表面）は地表道路と同一面となっており、この高さは全栈橋で同一である。NARGIS 来襲時には、高潮潮位は護岸より高くなり、背後の市街地に浸水している。

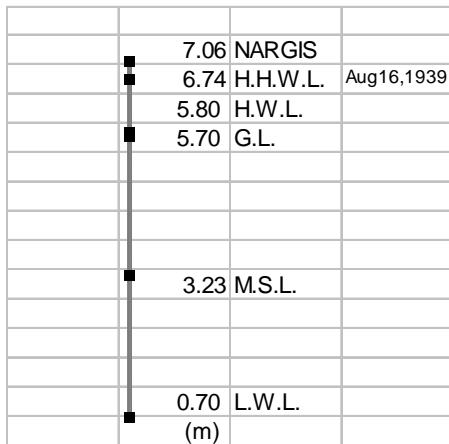


図-5 ヤンゴン港における潮位と高潮偏差の関係



写真-2 栈橋天端と護岸・道路面の関係

3. 港湾施設の被害

3.1 施設の構造

ヤンゴン港はミャンマー唯一の外貿埠頭を有すると共に、国内水運の拠点である。外貿埠頭は、吃水 9m 対応の杭式固定岸壁であり、今回の高潮で土砂が流入し航路が埋没したために、吃水が 7.5m に制限されているほかは施設被害が見られなかった。内航海運は、その多くが港奥から西へ延びる運河を活用したイラワジ河口部の貨物輸送に使われているので、その被害は救援物資の運搬にも支障が生じている。表-3 に MPA による高潮被災前後の貨物動態の比較を示す。従来は 22 航路が運行されていたものが、5 月 26 日現在 4 航路しか復旧されておらず、貨物量は 1/4 に、乗客数は 1/3 に減少している。

内航海運は、すべてヤンゴン港内の浮き栈橋によって運用されており、浮き栈橋の総数は 37 基である。そのうち 28 基が何らかの被災を受けている。浮き栈橋の構造は共通しており、ほぼ同規模である。図-6 に標準的な構造を示す。

表-3 高潮被災による内航海運の減少

	サイクロン以前	サイクロン後
航路 (Route)	22	4
貨物 (Cargo)	1600 ton/day	400 ton/day
旅客 (Passenger)	4000 person/day	1400 person/day

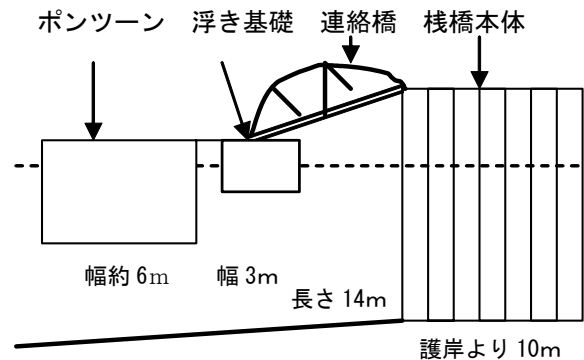


図-6 内航用の栈橋構造

図中の栈橋本体 (Pier) は鉄筋コンクリート製の杭により製作された杭式岸壁構造で、天端高は 5.70m で設計され、一部を除き大きな被害を受けていない。連絡橋 (Bridge) は長さ 24.4m のトラス橋で、潮位の変化に応じて上下方向に移動可能である。浮き基礎 (Sponsor) は、連絡橋を支える小型ポンツーン (Pontoon, 矩形浮体) である。ポンツーンは船舶の接岸場所であり、ポンツーンに平行に貨物船ならびに旅客船が接岸する。

図-7 は、MPA 資料を基にしたポンツーンの係留状態を示している。ポンツーンの長さは約 37m で 4 本のチェーンによって係留されている。チェーンの呼径は 3.175cm であ

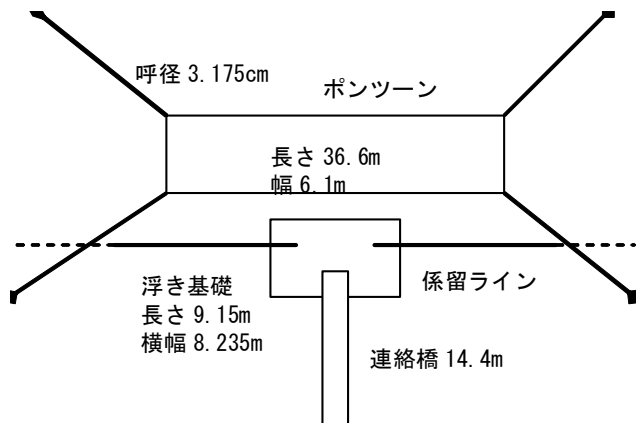


図-7 ポンツーン型栈橋の係留状況



写真-3 連絡橋と浮き基礎の接続部

る。栈橋本体と連絡橋は、本体に設けた穴に直立のピンを差し込んだ構造となっている。連絡橋と浮き基礎は、写真-3に示すようなローラーを介して接続されており、軸回りの回転と浮体運動で定義されるスウェイ方向（ポンツーン短軸方向（たとえば、平石ら，1991）の運動に対しては追従できるようになっており、大きな潮位差を有する水域の係留施設としては適している。ただし、サージ方向（ポンツーン長軸方向）運動に対しては自由度が無く、係留チェーンの張力だけでポンツーンの水平運動を支えなければならない構造となっている。

3.2 施設被害の分類

ここでは、内航海運用栈橋の被災形態を整理した。前節で示したように、栈橋全体は、本体，連絡橋，浮き基礎，ポンツーンから構成されているので、それぞれについて被災形態を示す。前述したように被災栈橋総数は28基である。

① 栈橋本体

鉄筋コンクリート製で、ほとんど被害はなかったが、一部は表層面が崩落したり、杭が一部で切断されているものがあった。この原因は、写真-4に示すように、従来から歩行者用連絡橋の水平運動を抑止するために、連絡橋と栈橋本体をチェーンで固縛していたことが主なものと考えられる。すなわち、連絡橋やポンツーンが大きな運動をして、チェーンを通じて局所的に剪断力が栈橋本体の杭に作用したものと考えられる。今後の対策として、固縛が必要であれば、繊維索を用いることが考えられる。繊維索であれば、索自体が連絡橋の動きに追従して伸びるので、大きな力は栈橋本体に作用しないと予想される。

② 連絡橋（巻頭写真-1 参照）

連絡橋の大部分は、大きな水平運動によって接続点が破壊され水中に落下していた。このとき、単純に落下したの



写真-4 栈橋本体に巻き付けられたチェーン

ではなく、ねじれ方向の力が作用したために、連絡橋自体も一部折れているものがあった。被災連絡橋は27基であり、1基を除いてすべて被災したが、形状が大きく変形していないものは一部引き上げられて、再使用が可能であった。写真-5は、南岸で復旧された連絡橋の使用状況である。



写真-5 復旧された連絡橋・浮き基礎・ポンツーンの使用状況

③ 浮き基礎

浮き基礎は、大部分は連絡橋とともに沈没していたが、連絡橋先端に留まらず、離れた浅瀬に半ば埋まってしまっているものもあった。上部に点検用の開放口が設置されていたと見られ、浸水対策が今後必要と考えられる。流出して位置が確認できない物も含めて、被災数は17基である。

④ ポンツーン（巻頭写真-2 参照）

ポンツーンの被災状況を見ると、係留チェーンが付随しているものではなく、ほとんど係留チェーンが切断されたことによって流出し、沈没したか陸岸に打ち上げられたものと考えられる。ポンツーンは大型の浮体構造物であり、漂流すると衝突によって陸上構造物へも危険を及ぼすので、流出対策等が今後必要と考えられる。被災総数は12基である。

以上の栈橋施設の被災については、調査結果をMPAに

報告している。付録-2 に調査結果の一覧を示す。付録-2 には MPA との協議による復旧の優先順位も付けており、作業工程を作成する場合の参考にできる。

3.3 その他の被害

① 船舶（巻頭写真-3 参照）

前述の表-2 に示された沈船は、海中に没しているものが多く、干潮時にしか視認できない。ただし、ヤンゴン川護岸に打ち上げられた船舶は確認でき、調査中 32 隻が視認できた。多くはヤンゴン港奥の水路が分岐している箇所に集中しており、分岐によって高潮の流速が弱まり、漂流してきた船舶が漂着したと考えられる。航路中や河川中に水没している船舶については、別途水中調査が必要と考えられる。現在は確認できた箇所に小型の浮標（浮きドラム缶）を設置して、航行船舶に注意を促している。

② 作業基地（巻頭写真-4 参照）

ヤンゴン港には、港湾機能維持のために MPA 等の政府機関が所有する作業基地が北岸と南岸に 1 箇所ずつ設置されている。作業基地の栈橋も一部の基礎を除いて破損している。また、作業基地は斜路を有しているため、高潮による海水遡上とともに大量の土砂が流入し、施設の多くが土砂に埋まってしまった。作業基地は港湾機能の復旧のための基幹となるべきであり、早急な機能回復が必要である。

4. 復興への課題

ここでは、短期間の調査で得られた限定的な情報に基づくものではあるが、港湾施設の復興において留意すべき事柄を示す。

4.1 大型ポンツーンの活用

写真-6 にヤンゴン港内で唯一被災箇所が無く、残存した栈橋を示す。これは主に政府機関の船舶が使用する専用岸壁で大型のポンツーンが使用されている。図-8 にポンツーンの係留状況を示す。

前述の図-7 で示した通常のポンツーンに比べると、ポンツーンの水平運動を抑止できる浮き基礎および連絡橋が 2 基となっており、安定性が増している。チェーン呼径は約 2 倍になっているので、破断荷重は 4 倍に増加する。地形的な影響もあったと思われるが近隣の通常型ポンツーンが被災している（付録-2 参照）状況を考慮すると、ポンツーンの大規模化とそれに伴う係留チェーンの強度増強が高潮時の対策としては有効であろう。チェーンの破断を防止するには、衝撃力を吸収できる弾性チェーン（平石ら、1995）の使用も検討できる。ポンツーンの流出が防止できれば船



写真-6 残存した浮き栈橋の外観

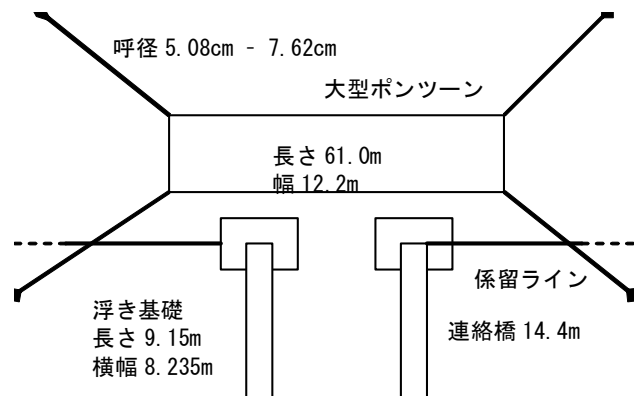


図-8 大型ポンツーンの係留状況

舶を強固に係留することで、船舶漂流も防止することが可能になる。したがって、今後の詳細な現地調査や情報収集の過程において、係留チェーンの長さやアンカー形状などが明らかになれば、詳細なポンツーンの動揺計算も可能になると考える（上田ら、1994）。

栈橋の連絡橋も含めて、流出したポンツーンなどは引き上げることによって再使用が可能なものもある。ただし、現在ヤンゴン港にはクレーン船が存在しないので、水中から引き上げることができない。現在わずかな連絡橋が引き上げられているが、干満差を利用して台船で移動させており、作業が可能な水深や形状が限定されているため、港内全域で活用することは不可能である。したがって、作業基地の復旧とともに、適切な作業船の充当が必要と思われる。

4.2 航路の安全性の確保

沈船の存在は、安全な航行にとって支障となるために、沈船撤去が必要であるが、場所によっては緊急性を有しない場合もある。ただし、写真-7 は外貿岸壁前面の沈船（漂

流した台船か浮き基礎と思われる)であり、このような場合には早急に引き上げるか水中で解体すべきである。そこで、まず沈船の位置と当該箇所の水深を正確に把握して、障害物を明瞭に示すマーカの設置が緊急に必要である。写真-8 は、ヤンゴン港港口部に位置する航路標識であり、これに準じた構造の浮標が必要と考えられる。なお、本資料は、2008年5月調査時の状況を示しており、沈船位置の確認はJICA(国際協力機構)の援助で早急に実施される予定である。



写真-7 外貿岸壁前面の沈没障害物



写真-8 ヤンゴン港港口部の航路標識

5. あとがき

2008年5月にミャンマーを襲ったサイクロン NARGIS により、イラワジ河口デルタでは浸水深が7mにおよぶ大規模な高潮が生じた。ミャンマー最大の貿易港であるヤンゴン港においても、高潮により港湾施設が大きな被害を受け、人道支援物資の運搬にも支障が及んでいる。そこで、港湾被害の実態を明らかにし、今後の復興支援活動の基礎資料を得るための現地調査を行った。

調査と考察の結果を以下に示す。

1) 高潮偏差

市街地の浸水痕跡をヒアリングで確認した。ヤンゴン港北岸で概ね満潮位から測った高潮偏差は約1.8mで、MPAの調査結果ともほぼ同様であった。ただし、ヤンゴン港には潮位観測施設がなく、簡単な装置でも可能な限り設置をするべきであろう。

2) 港湾施設の被害

ヤンゴン港内では、内航海運用の浮き栈橋が大きな被害を受けた。浮き栈橋は、天端高5.70mの陸上基礎・長さ24mの連絡橋・浮き基礎・長さ約37mのポンツーンからなり、37基中28基の栈橋が何らかの被災を受けた。

被災形態の主要なものは、連絡橋の落下、浮き基礎・ポンツーンの漂流と沈没であった。

連絡橋と陸上杭式基礎部を固縛したチェーンは杭の切断に関係を有していた。

3) その他の被害

航路内および河川内に沈船が存在し、30数隻が河川護岸に打ち上げられている状態が確認できた。

港湾を復興させるべき作業基地も被災を受けていた。

4) 復興への提言

浮き栈橋の引き上げは早急な課題であるとともに、ポンツーンの大形化や係留チェーンの破断強度の増強等が対策として考えられる。

沈船位置を確認し、明瞭な浮標を設置することが航行の安全確保に緊急に必要である。

作業基地の復興とともに資材の更新も必要である。

本調査は、2008年5月26日から1週間にわたって実施したものであり、ミャンマー政府の許可取得や現地での活動支援に関しては、国土交通省港湾局国際・環境課ならびにJICAミャンマー事務所の関係の皆様にも多大な支援をいただいた。在ミャンマー日本大使館の吉村藤謙二等書記官には渡航前の情報整理と現地でのミャンマー政府との交渉に尽力していただいた。現地調査にあたっては、調査の手法や目的の整理について、JICA国際協力専門員勝田穂積氏の懇切な指導をいただいた。(社)日本海上起重技術協会服部洋明氏には、調査に同行していただくとともに、復興の考え方についてご教示を賜った。港湾空港技術研究所津波防災センター辰巳大介研究官には推算潮位の計算を、海洋・水工部波浪研究チーム加島寛章研究官には海図の整理を手伝っていただいた。

さらに、現地ではミャンマー港湾公社(MPA)から資料を提供していただくとともに、現地調査船を手配していただいた。ミャンマー気象水理庁長官 Tun Lwin 博士からは、国

連へ提出した資料を提供していただくとともに、発表の許可をいただきました。関係の皆様には深く感謝するとともに、ミャンマー被災地の迅速な復興を願っています。

(2008.12.12 受付)

参考文献

上田茂・永井紀彦・平石哲也・白石悟・木内里美・小林昭男(1994)：港内の波浪及び係留船舶の動揺のリアルタイム予測システムの開発（第1報）—システムの開発及び現地への設置—，港湾技術研究所報告，第33巻，第1号，pp.67-96.

河合弘泰・平石哲也(2006)：ハリケーン・カトリーナによる米国メキシコ湾岸の高潮災害の現地調査，港湾空港技術研究所資料，No.1121, 27p.

国連人道支援事務所（OCHA）(2008)：OCHA 17May Home Page, <http://www.reliefweb.net.int/rw/rwb.nsf/>

柴山知也・高木泰士・ムンヌウ（2008）：ミャンマー・サイクロン高潮災害緊急報告(速報)，土木学会誌，Vol.93, No.7, pp.41-43.

平石哲也・本城智(1991)：避泊フェリーの係留張力と振り回り運動に関する検討，港湾技術研究所報告，第30巻，第2号，pp.59-153.

平石哲也・富田康大(1995)：係船ブイに作用する衝撃張力の低減法に関する模型実験，港湾技研資料，No.816, 18p.

ミャンマー港湾公社(2008)：潮位表（Tide Table 2008 for the Yangon River and Elephant Point）, 61p.

UNOSAT(2008)：UNOSAT Myanmar Cyclone Nargis overview (homepage <http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/default.asp>).

付録-1 痕跡調査の方法

高潮による水跡や泥跡は明瞭ではなく、ヒアリングによって痕跡を確認した。例として北岸 No. 1 点における作業過程を示す。写真-付 1(a)にヒアリングで浸水を確認した護岸の監視家屋を示す。室内の浸水水位は目撃者に指示を受けた(b)。監視小屋は栈橋の陸上部との取り付け点に位置しており、周辺の状況は本文中の写真-1を参照にできる。

浸水した水位を調査時（2008年5月28日11:00）の海水面からの高さとして測量する。この場合は、3.06mである。潮位表から基準面上の潮位面を計算すると、調査時は4.00mであった。したがって、基準面上の高潮潮位は7.06mになる。高潮来襲時の潮位は潮位観測データが無いために

不明であり、潮位表で高潮発生期間の満潮位を仮に来襲時潮位とする（5月3日02:40, 5.20m）。満潮位を基準とした高潮偏差は1.86mである（7.06m-5.20m）。表-付1に調査結果をまとめた。

表-付1 痕跡調査の一覧

番号	No.1	No.2	No.3
概況	北岸監視家屋	北岸倉庫	南岸土手
緯度	N16° 46'23.3"	N16° 46'23.3"	N16° 45'50.0"
経度	E96° 08'26.5"	E96° 08'24.4"	E96° 07'44.4"
調査時	5.27,11:00	5.27,11:00	5.28,10:15
海面上	3.06m	2.50m	0.90m
高潮位	7.06m	6.44m	5.81m
偏差	1.86m	1.24m	0.90m



(a) 護岸上の監視家屋（本文 写真-1の右端家屋）



(b) 室内のヒアリングによる浸水水位の把握

写真-付1 測点 No.1におけるヒアリングによる痕跡調査の状況

付録-2 棧橋の被災状況表

表-付 2 は、MPA に提出した棧橋被災状況調査の結果一覧表である。表中の番号は、本文中の図-4 に示した棧橋

位置に相当する。被害程度の○は被害が無いか軽微、△は水中に没しているが、引き上げて使用可能、×は破損して修理が不可能な状態を示している。優先度 (Priority) は早急に復旧すべきものを A とし、それ以外を B としている。

表-付 2 棧橋の被害状況一覧

No.	Name of Jetty	Facility Damage				Cargo Volume t/month	Passenger Person/day,mon.	Main Route (Comuting Port)	Remarks	priority
		Pontoon	Bridge	Pier	Other					
1	Bazar Road(Kyeemyindine)	○	△re-use	○	Sponsor x	Rice 3500t/month	N/A	Bogale		A
2	Htee Dan(Rice Berth, Int.)	N/A	N/A	○limited aveilable		Rice Export	N/A	International	a vessel sunk in front of berth	B
3	Wadan jetty 6	xCompletely damaged	△re-use front part	○	xSponsor sunk	General cargo 2000t/month	N/A	Myeik, Daw ei (Southern Myanmar)		A
4	Kaingdan jetty 1	xsunk	△serious	○	xSponsor	General cargo 2200t/month	N/A	ditto		A
5	Kaingdan jetty 2	x missing	△	△partially damaged	○Sponsor	General cargo 1800t/month	120000p/month	Laputta		A
6	Lan thit	x missing	xcompletely	△no pin	xSponsor			Pathein		A
7	Hledan 1	Already fixed	○	○	○Sponsor	***	30000/month	River side ferry		
8	Hledan 2	xmissing	xmissing	○	xSponsor missing	35000galon/mo nth	N/A	Bunkering ferry	Fuel supply	A
9	Shw e taung dan 1	xmissing	△partially sunk	○	xSponsor m.	General cargo 2250t/M	6000/M	Chira (Delta)		A
10	Shw e taung dan 2	○	△partially sunk	○	xSponsor s.	GC850t/M	8000/M	Pyapon(Delta)		A-
11	Sin oh dang 1	x tank p. missing	x	△x	xSponsor m.	GC1500t/M	8000/M	Wakerna(Delta)		A
12	Sin oh dang 2	x	x	△x	N/A	N/A	river cruse			B
13	Port Heath Jetty 2	x	△○	○	○Sponsor	GC1600t/M	N/A	Sittw e((West)	Combined	A
14	Port Heath Jetty 3	x	△x	△	xSponsor s.		N/A	Sittw e(w est)		
15	Nan Thi Da 1	x	○removed	○	○removed					A
16	Nan Thi Da 2		○	○	○Sponsor			Cucruise vessel International	Bredge and Sponsor removed to Dala	
17	Thein Byu jetty	x 2pontoon sunk	x	○	xSponsor sunk	MPA vessel				A
18	Workshop pontoon jetty	no pontoon	x	△	△Sponsor sunk	Work shop		6 slipway repaired		B
19	Botatoung 2	N/A	x	○	xspnsor s.	Workshop	N/A		shallow area	B
20	Botatoung 3(upper and lower)	xtank p	○ x	x △	○ x sunk	Rice	N/A	Delta area		B
21	Botatoung 4(upper and lower)	xtank p	○ x	○ ○	○ △	Rice 6000t/M	N/A	Delta area		A
22	Botatoung 5(u & lo)	xtank p	x △	○ ○	x ○	Rice 7000t/M	N/A	Delta area		A
23	Botatoung 6(u & lo)	xtank p	x x	○ △	△ x	Limited	I/VTDepart Vessel	Upper Myanmar		A-
24	Min Ye Kyaw Thu jetty	○	○	○	mooring chain damaged		10000p/day	passenger ferry	10 times/day	A
25	Dala Port Jetty	shifted shore○	xreplaced from Nanthida	○	X sponsor (replaced)	limited in local community	25000p/dy after cyclone 15000p/day	ferry to Yangon, 1/3 ship sunk	mooring chain damaged *	recovered
26	Ant gyi jetty	○	x	○	○		MPA use		1/4 slipper damaged	B
27	King's Bank Jetty	N/A	xshifted shore	○	△sponsor		MPA ferry	for dockyard workers		B
28	Crane jetty in King's Bank	N/A	N/A	○	N/A	Mooring accessory			No damage on crane	
Legend		○ : No Damaged △ : Partially Damaged x : Completely Damaged N/A : Not applicable				others : mainly spnsor re-use : available with minor repair △ x : partially but heavily damaged △ ○ : partially but slightly damaged		* original 23 after 16 lines Priority A : to Delta, ferry, to Coastal, Official use B : International, Workshop, Crusing		

港湾空港技術研究所資料 No.1192

2009・3

編集兼発行人 独立行政法人 港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人 港湾空港技術研究所

横須賀市長瀬 3 丁目 1 番 1 号

TEL.046(844)5040 URL.<http://www.pari.go.jp/>

印刷所 横浜ハイテクプリンティング株式会社

Copyright© (2009) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾航空技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。