

台風1915号による横浜港の被災について —シーバス被害を例として—

Damage in Yokohama Port due to Typhoon No.1915 -Study on Sea-Bus Damage -

平石哲也・飯干 歩⁽¹⁾・奥谷哲也⁽¹⁾

Tetsuya HIRAISHI, Ayumu IIBOSHI⁽¹⁾ and Tetsuya OKUTANI⁽¹⁾

(1) 京都大学大学院工学研究科

(1) Graduate School of Engineering, Kyoto University, Japan

Synopsis

Typhoon No.15 in 2019 was generated in the vicinity area of South Torishima Island on September 5th. It became a very strong typhoon and passed across the Tokyo Bay from south to north. Yokohama Harbor located at the north part of the bay was heavily damaged by large waves mainly due to the typhoon's strong east winds. The damages were classified to the road bridge crush by a ship collision, the seawall collapse by wave-overtopping and the combined damage of fishing pier. Especially the damage at the road bridge has caused traffic interrupt in the harbor. Small sea-bus was also damaged and sunken in the mooring pier by the typhoon waves. The field survey was conducted to investigated the mechanism of typhoon damages in Yokohama Harbor.

キーワード: 台風1915号, 係留張力, 船舶漂流, アンカー, シーバス

Keywords: Typhoon No.1915, Mooring force, Drifting ship, Anchor, Sea-bus

1. はじめに

2019 年 9 月 5 日に南鳥島近海で発生した台風 15 号は, 7 日午後に強い勢力で小笠原諸島に接近した後に 8 日午後に非常に強い勢力で伊豆諸島に近づいた。そして 9 日午前 2 時から 4 時ごろに東京湾内の横浜港域を通過し, 強い勢力を保って同日午前 5 時ごろに千葉市付近に上陸した。この台風による大雨と強風により沿岸部は甚大な被害を受け, 特に進路の東側に当たる伊豆諸島や房総半島で記録的な暴風が観測された。千葉県内では送電鉄塔の被災や電柱の倒壊により大規模な広域停電が生じている。本調査報告では, 横浜港域での港湾施設の被災状況に着目し, その特徴と今後の防災への手がかりを考察する。

2. 調査の概要

Fig.1 に調査地点の位置を示す。横浜港付近では中心気圧 960ha, 最大風速 43m/s が記録され金沢区福浦, 幸浦地区, 本牧ふ頭護岸などにおいて想定以上の高波による護岸上部構造の損壊や背後地への浸水などの被害が生じた。また, 本牧ふ頭沖に停泊していた貨物船の一部が強風によって走錨し, そのうちの一隻が南本牧はま道路の海上橋げた部分に衝突し, 橋げたの一部損壊をもたらした。

Fig.2 に例として調査時 (2019 年 11 月 18 日) のはま道路の被災・復旧状況を示す。Fig.2(1) は海上から橋げた部を観察したもので, PC 栈橋部が剥落しているのが分かる。Fig.2(2)は橋上における調査である。



Fig.1 Location for field survey in Yokohama harbor

南本牧はま道路の被災状況（1）

概要

南本牧はま道路は南本牧ふ頭と首都高を繋ぐ全長6.0kmの臨港道路である。そのうち約610mは南本牧運河上に架かっており、海上部分は110mのPC栈橋部分と500mの鋼床版箱桁橋部分からなる。台風1915号の際には、本牧ふ頭沖に停泊していた貨物船が強風によって走錯し、南本牧はま道路の橋桁に衝突した。これにより、PC栈橋部分及びPC栈橋と箱桁橋の接合部分において、船舶が下から突き上げたことによる床版のめくれ上がり、繰り返し衝突による壁高欄及びPC桁の脱落、接合部における伸縮装置の破壊といった被害が生じた。



PC栈橋部分



箱桁橋部分



PC栈橋と箱桁橋の接合部分①



PC栈橋と箱桁橋の接合部分②

Fig.2(1) Damage of “Hama bridge” due to ship-collision (survey on sea)

南本牧はま道路の被災状況（２）

概要

南本牧はま道路は南本牧ふ頭と首都高を繋ぐ全長6.0kmの臨港道路である。そのうち約610mは南本牧運河上に架かっており、海上部分は110mのPC栈橋部分と500mの鋼床版箱桁橋部分からなる。台風1915号の際には、本牧ふ頭沖に停泊していた貨物船が強風によって走錨し、南本牧はま道路の橋桁に衝突した。これにより、PC栈橋部分及びPC栈橋と箱桁橋の接合部分において、船舶が下から突き上げたことによる床版のめくれ上がり、繰り返し衝突による壁高欄及びPC桁の脱落、接合部における伸縮装置の破壊といった被害が生じた。



箱桁橋部分床版のめくれ上がり①



箱桁橋部分床版のめくれ上がり②



PC栈橋と箱桁橋の接合部分



PC栈橋部分

Fig.2(2) Damage of “Hama bridge” due to ship-collision (survey on bridge)

本牧海づり施設の被災状況 **Fishing Pier (by Collision due to Vessel)**

概要

本牧海づり施設は本牧ふ頭D突堤にある海釣り用のレジャー施設であり、長さ300mの沖栈橋及び沖栈橋と護岸を繋ぐ長さ100mの渡り栈橋を有している。本牧海づり施設においては、施設管理棟1階部分の外壁が高波によって大きく破壊しており、また、栈橋についても渡り栈橋部分が海中に崩落するといった被害が発生している。栈橋は逆V字型の橋脚の上に橋桁が載った構造であり、漂流してきた船舶の衝突により崩落したものとみられている。



渡り栈橋①



渡り栈橋②



本牧海づり施設管理棟①



本牧海づり施設管理棟②

Fig3 Damage of fishing pier at Honmoku area of Yokohama harbor

金沢区幸浦・福浦地区の被災状況 (Sea Wall Hazard at Sachi-Ura and Fuku-Ura)

概要

金沢区福浦においては、高波によって護岸上部構造（パラペット）が約600mにわたって倒壊し、越波によって背後地に浸水被害が発生した。また、護岸沿いの築山の樹木が流出して越波した海水とともに背後地に押し寄せたことで、建物1階の窓ガラスやシャッター、道路沿いのフェンスなどが破損するといった被害が生じている。幸浦においても約230mにわたって上部工が倒壊し、背後地における浸水被害が発生している。台風19号による上部工倒壊後は、その後の台風による高波及び浸水への対策として、両地区において土嚢による仮復旧が行われている。



福浦の護岸復旧状況



福浦の護岸沿い築山



幸浦の護岸復旧状況①



幸浦の護岸復旧状況②

Fig.4 Seawall at Sachiura and Fukuura in Yokohama harbor

衝突船舶は船尾が繰り返し衝突したと考えられており、プレキャストの栈橋が座屈被害を受けていた。係留船舶の漂流(走錨)に伴う橋脚被害は 2018 年の台風 19 号においても大阪湾で関西空港島連絡橋の一部損壊事故等で問題となっており、今後、アンカーの重量化等による走錨対策が課題となる。

Fig.3 は本牧の釣り栈橋の被災状況である。栈橋基部の建屋は越波により窓がすべて破損し、壁も一部がなくなっている。栈橋は小型船舶の衝突によって破損したと言われているが、どの程度まで船体による破損か、明らかではない。

Fig.4 に福浦・幸浦地区の護岸被害の状況と応急復旧の状態を示す。福浦・幸浦海岸ではそれぞれ約 600m および 230m にわたって護岸上部工（パラペット）が損壊し、背後地が大規模に浸水被害を受けている。この上部工は後退パラペット型の護岸構造となっており、直立護岸タイプとは異なる。今後の復旧方法としては直立消波護岸が検討されているが、周期が長い波に対しては消波メカニズムが複雑であり模型実験による検証が必要と考える。

3. シーバスの被災

横浜港内の船舶の漂流による沈船事故としては、定期航路である”シーバス“の沈船と漂流が目に見える。シーバスは、横浜の観光名所である山下公園とみなとみらい地区および横浜駅を結ぶ定期航路であり、おおよそ 20 分毎に乗客を運んでいる。台風来襲時の 9 月 4 日 3:00 頃山下公園に係留していた 2 隻の船は、波により大きく動揺し、通常より多くの係留索で係留されていたにもかかわらず、ロープが切断され、1 隻がその場で沈没、1 隻が漂流し、隣に係留されている氷川丸にぶつかるような形で止まっていた。

Fig.5 に山下公園の位置を示す。なお、事故の 2 週間後に来襲した台風 19 号については、避泊係留位置を図の左手奥の横浜駅裏手の遮蔽された水域に位置する”横浜駅栈橋“に変更して、係留索の切断をまぬかれたとのことである。なお、台風 19 号については、港湾における被害は確認されていない。

Fig.6 は沈没船事故が生じた山下公園浮き栈橋におけるシーバスの通常時の係留状況を示す。シ



Fig.5 Location of Yamashita-pier



Fig.6 Sea-bus in normal weather

ーバスの長さ、幅、高さおよび重さは、それぞれ約 20m, 5m, 2m および 45 総トンである。係留ロープは、ナイロン製の径 30 mm を使用しており、通常の荒天時係留は 8 本で係船するが、今回の台風では増し取りを行って 12 本のロープを用いた。Fig.7 に係留の模式図を示す。

台風来襲時には、2 人の当直がついていて、シーバスの制御をしようとしたが動揺が大きくなり、上部デッキが波をかぶるようになったので、浮き桟橋に同時に係船されていた大型船”マリーニャトル”に避難している。この時の波の高さは目視から約 2m と推測でき、最高波は約 3m 程度であったと思われる。

なお、観測波高は、東京湾のほぼ中央に位置する第二海保堡で得られており、9 月 9 日の最大有

義波高の速報値は、 $H_{1/3} = 3.4\text{m}$, $T_{1/3} = 7.1\text{s}$ であった。

一方、係船索は 12 本がすべて作用するわけではなく船体の位置によって力が作用するロープの位置は変化し、極端な場合には 1 本のロープで全荷重を受け持つ場合もある。

船に作用する外力は、船体が低く風の抗力を受

別図 2 係留索の状況図

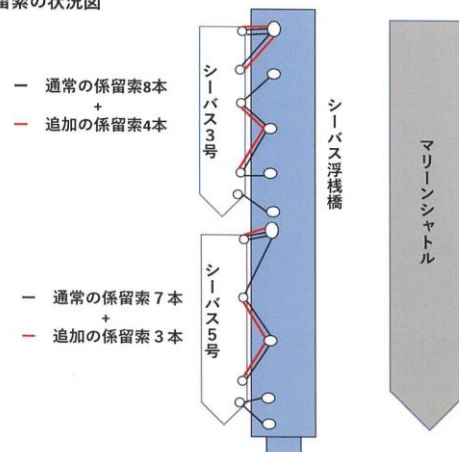


Fig.7 Diagram of mooring hawser in sea-bus

波作用時の係留状態のイメージ

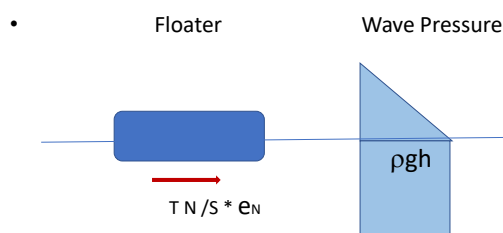


Fig.8 Acting force on floating ship

ける形ではないために波による力（水平力）を主に受けるものと考えられ、その作用及び抵抗の様子は Fig.8 のように模式化できる。ここで、 F は波力、 r は水の密度、 g は重力加速度、 h は作用波高、 h_s は船体の高さ、 B は船体の幅である。また、 T は係留索の最大張力、 eN は張力が作用する索の全体数に対する比率、 S は係留索の破断強度に対して乗する安全率である。

係留索 1 本の径 ϕ は 30 mm であり、その破断強度 W はカタログ値から、17.6 トンである²⁾。 N は索本数である。以上の値を用いると、船体に対す

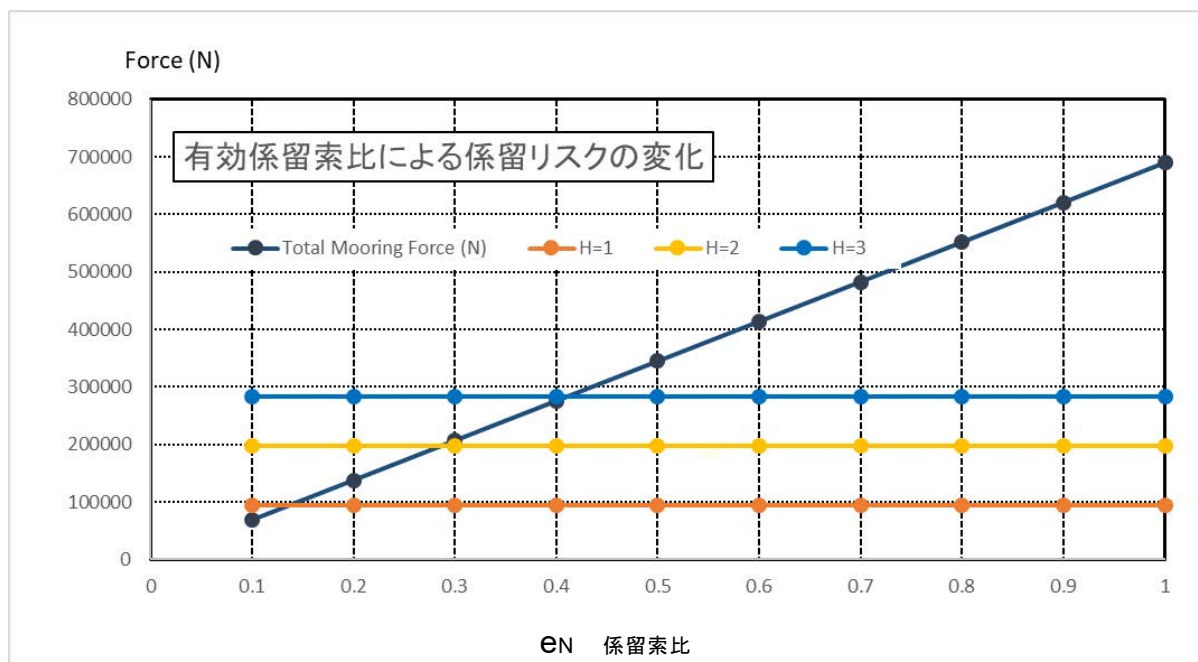


Fig.9 Variation of mooring force and drift force

る波による水平力は次式で示される．

$$F = \rho g h B h_s \quad (1)$$

係留索による係留力は，次式で示される．

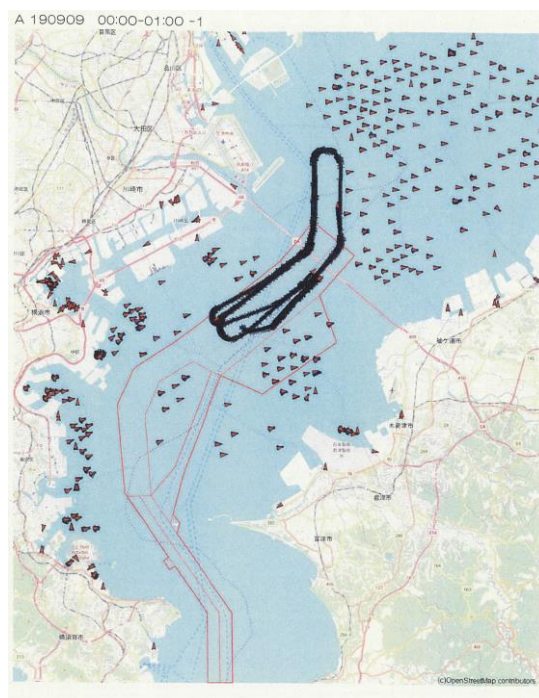
$$T_{all} = \frac{T}{S} N e_N B \quad (2)$$

両者の e_N に対する変化を計算したものが Fig.9 である．

この図より，波高を 3m 程度と考えると， $e_N=0.4$ 程度で係船索は保持できなくなり，沈船あるいは漂流現象が生ずる可能性が高くなることが分かる．逆に， e_N が 1.0 に近づくほど船舶の安全性は高くなる．このためには，AI 等を活用した係留張力を測りながら係船索長を調整する新しいシステムの開発等の技術革新が必要になってくる．

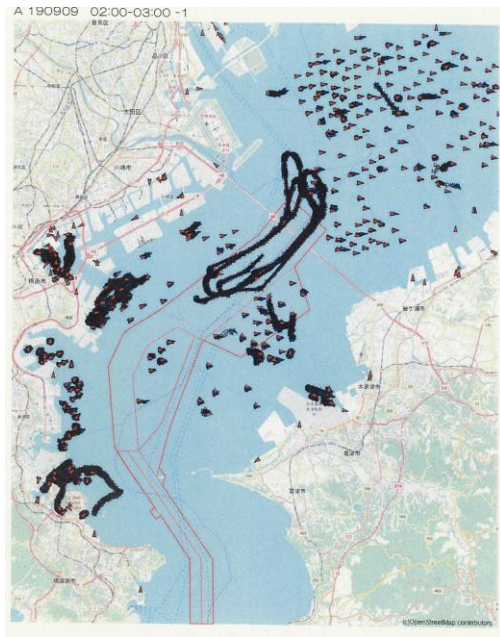
4. 係留船舶の被害対策に向けて

Fig.10 に国土交通省調査による AIS の船舶位置調査結果を示す．台風 15 号の来襲にあたって，係船避難していた船舶は一斉に振れ回り運動を開始し，その軌跡が AIS データに表れている．本牧沖で走錨を始めた船があり，その 1 隻が，前述の“横浜はま道路”にぶつかり交通障害を与えた“ぶんどぷりんせす” (Fig.11) である．



(1) 9/9 0:00-1:00

Fig.10 Location of AIS vessel



(2) 9/9 2:00-3:00

Fig.10 Location of AIS vessel



Fig.11 Drifted ship

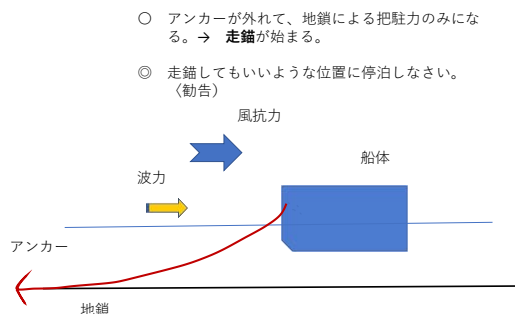


Fig.12 Image of moored vessel

Fig.12 は船舶係留の模式図で、船体はアンカーを打った後に地鎖を垂らして所定の泊地に係留されている。一般には中型船以上は風が吹くと風抗力により押し流されて、さらに強い風が吹くとアンカーの把駐力よりも大きくなり、アンカー(錨)が外れる。これを“走錨”といい、地鎖の有する摩擦力のみで抵抗をしているのみの状態となる。

現在の対策は、走錨をたとえても、何にも当たらないような場所に錨を打つことというもので、急激な風の変化等を考慮したものではない。今後は、高把駐力アンカーの開発等の技術開発が必要と考えられる。

5. まとめ

本調査では、横浜港を対象に係留船舶の漂流・沈船被害を調べた。その結果、有義値で 2m 程度の波の作用によりシーバスの沈船が生じたことや漂流船舶による”はま道路“の被害が生じたことが明らかになった。対策としては、係留位置の再考、高把駐力アンカーの採用等が上げられる。

参考文献

平石哲也・本城智・古川正美(1991): 避泊フェリーの係留張力と振れ回り運動, 海岸工学論文集, Vol.38, pp.731-735.

東京製綱繊維ロープ(株)ホームページ
<http://www.fiber-tokyorope.jp/rope/8strand.html#Stan>
d01 (参照日 2020/3/4)

(論文受理日: 2020年5月7日)