

◆ 報 文 ◆

# New Orleansにおけるハリケーン「カトリーナ」による高潮災害

田中茂信\*

## 1. はじめに

米国のメキシコ湾沿岸は2005年8月末、ハリケーン「カトリーナ」により死者1300人に達する未曾有の災害を被った。著者は10月2日から10月9日まで米国土木学会（ASCE, American Society of Civil Engineers）の海洋海岸港湾河川委員会（COPRI, Coasts, Oceans, Ports, Rivers Institute）の調査団の一員としてメキシコ湾岸のほぼ中央部に位置するNew Orleansにおける高潮災害を調査する機会を得たのでその概要を報告する。今回の調査はASCEの調査であり、New Orleansは大規模浸水被害の復旧途上であったため海外からオランダと日本それぞれ1名の専門家の参加が許されたものである。

## 2. New Orleansの状況

COPRIのメンバーは、New Orleansがあるル

イジアナ州の州都Baton Rougeで集合し、そこでレンタカーを借り、New Orleansへ移動した。

New Orleansではまだホテルもあまり営業しておらず調査チームも分かれて宿泊することとなった。また、町中に多くの警察官が巡回しており所々で検問をしている状況であり、工兵隊の先導がなければ入れない所もあった。さらに、最初の10月2日～4日は車も街路樹の処理や破堤箇所の関係の工事車両が主で一般車両が動いているのはあまり見られなかった。樹木処理関係者や交通整理員などはマスクを装着して作業を行っていた。5日夕方にショッピングストアで買い物をすることができたが、24時間営業の店が営業時間を昼間の限られた時間に短縮し、かつ、客が一度にたくさん店内に入らないよう入り口で守衛が入場制限して営業していた。6日に初めて市内にバスが走っているのが見えた。

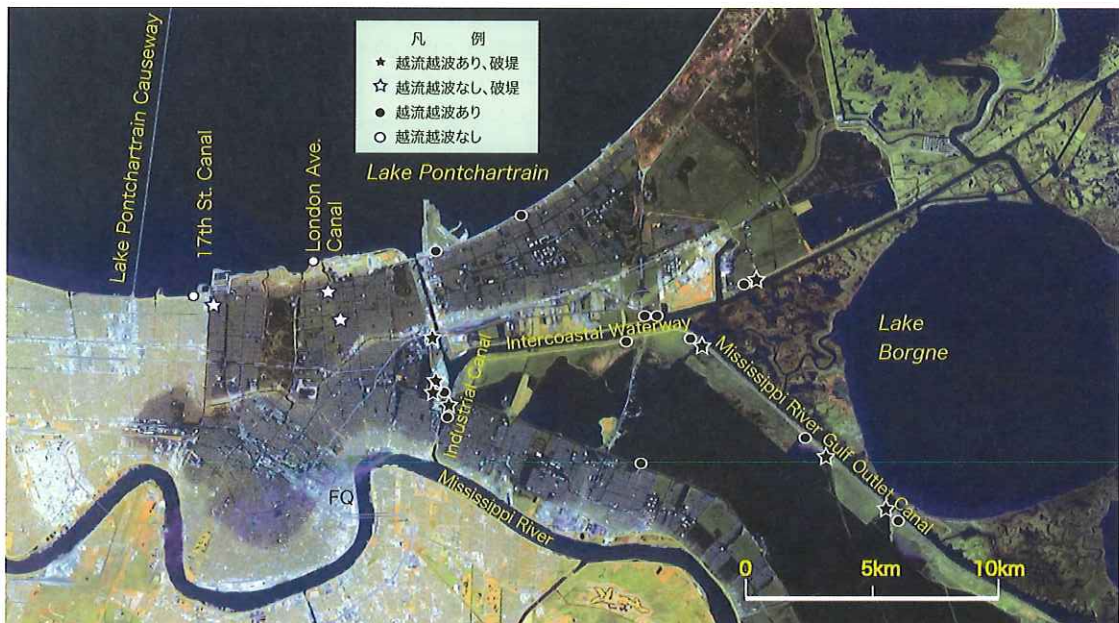


図-1 調査地点と被災概要（背景はルイジアナ州立大学提供の9月2日撮影衛星画像。黒い部分が浸水範囲）

\* Storm Surge Disaster in New Orleans due to Hurricane "Katrina"

### 3. 高潮被害の状況

日米ともにマスメディアでは住宅地の近くで破堤氾濫があった17th Street Canal, London Ave. Canal, Industrial Canalの3つに焦点が当てられているが、どのような高潮で何が起きたかの全貌を把握するため破堤していない場所も痕跡等を調査した。

図-1に今回調査を行った場所とその場所で高潮による越流越波の有無および破堤の状況を示す。背景画像の黒っぽい部分が浸水範囲である。ハリケーン「カトリーナ」はNew Orleansの約50km東方をほぼ南から北に進行した。カトリーナがNew Orleansの南方に位置していたときにハリケーンの反時計回りの風で引き起こされた高潮の影響を受け、東のBorgne湖で北のPontchartrain湖より大きな高潮が発生しており、これに接続するMississippi River Gulf Outlet Canal、Intercoastal Waterway、Industrial Canalの堤防で洗掘等のかんりの越流越波が発生した形跡が認められた。一方、Pontchartrain湖につながる17th Street CanalとLondon Ave. Canalでは破堤氾濫はあったものの越流した形跡は認められなかった。



写真-1 破堤地点南側のI型 floodwall



写真-2 水平に移動した堤防の一部と仮締め切り

17th Street CanalとLondon Ave. Canalは排水の用に供されており、橋の桁下高が低く、船舶の航行はできない。以下に箇所別に堤防を中心に被災状況を紹介する。

#### 3.1 17th Street Canal

Pontchartrain湖に向かって右側（以下、右岸と呼ぶ）が破堤している。写真-1は破堤地点に隣接して残存しているI型 floodwallである。矢板を floodwall の下部が包み込むようになっており、土堤天端の堤外側に設置されている。

破堤地点は法勾配も急で土堤の背後地盤からの高さも小さくなく、低湿地であるなどの条件が重なっている。越流越波で破堤したとの報道があったが、周辺の踏査結果では越流越波の痕跡は見られなかった。

これに加えて、写真-2に示すように堤防裏法肩にあったフェンスが10m余堤内側にみられることや破堤後に撮影された衛星画像から判断すると、越流越波による洗掘でI型 floodwallを支える断面が欠損して破堤したのではなく、堤体の一部がほぼ水平に滑って破壊したものと推定される。なお、低湿地の表層はピートが約1mあってその下に弱い粘土が存在していることおよび堤外水位が非常に高いことも堤防の安定上は厳しい条件となっている。写真-3に示すように破堤地点の堤内側は住宅が基礎だけになっている等被害が甚大である。

#### 3.2 London Ave. Canal

London Ave. CanalにはPontchartrain湖に近い北側左岸と南側右岸の2カ所の破堤地点がある。堤防の構造は17th Street Canalとほぼ同じである。ここでも越流の根拠となるものは確認されていない。

写真-4は8月31日に撮影された北側の破堤地点の衛星画像である。Floodwallが堤内側に移動または傾倒しているのがわかる。破堤地点の堤内



写真-3 破堤部堤内側の被災状況

側には写真-5に示すように多量の砂の堆積が見られた。破堤地点対岸の堤防にはI型コンクリート壁から堤内側に30cm～50cm離れた所を中心に陥没が生じており、I型floodwallが堤内側に約5°傾いていた(写真-6)。外水位が高いので陥没孔の土堤天端下40cm程度の所に水面があった。法尻付近にガマが2カ所あり、1カ所は砂の噴出があり、もう一カ所の堤防から少し離れているものは膨らんでいるだけだった。陥没孔の見られた場

所の堤外側にはfloodwallが傾いたことが一因と考えられる幅50cm程度の水面が壁面に沿って連続して現れていた。

London Ave. Canalの南側の破堤地点は北側より被災規模が大きく(写真-7)、かなり大量の砂の流入をもたらしており、広い範囲に砂の堆積が見られた(写真-8)。また、破堤地点直近の家が押し流され道路の途中に位置していた。なお、仮締め切りは下部に大型土嚢と大きな礫を用いているため相当量の漏水が見られる。

### 3.3 Industrial Canal

Industrial CanalはInner Harbor Navigation Canalとも呼ばれている。この運河は図-1に示すようにIntercoastal WaterwayとMississippi River Gulf Outlet Canalを通して大きな高潮の発生したBorgne湖と接続している。このため、この運河沿いでは広い範囲で越流越波しており、破堤は東西両側で発生している。

西側は港湾施設の背後にある二線堤で3カ所破堤している。ここから侵入した水は17th Street CanalやLondon Ave. Canalからの氾濫水と区別できず一体の浸水域となっている。矢板の上にI型のfloodwallが載る構造の二線堤は盛土部分が小規



写真-4 北側左岸破堤地点のfloodwallの状況  
(8月31日撮影のNOAAの衛星画像)



写真-5 北側破堤地点の被災状況と砂の堆積状況



写真-7 南側破堤地点の被災状況



写真-6 傾いたfloodwallの堤内側に生じた陥没



写真-8 南側破堤地点堤内側の砂の堆積状況

模で、越流越波による洗掘が写真-9のようにfloodwallの背後に溝状に見られるが、この構造で破堤しているのは1カ所である。他は土堤部分および写真-10に示す道路とコンクリートのfloodwallの接続部で破堤している。この写真で筆者が指し示している高さが二線堤を越える道路の路肩の接していた部分であり、コンクリートのfloodwallより低くなっている。今回はfloodwallをも越流越波するような高潮であったのでこの部分の越流越波は長時間に及びかつ単位幅流量もfloodwall部分より大きかったと考えられる。なお、この付近では

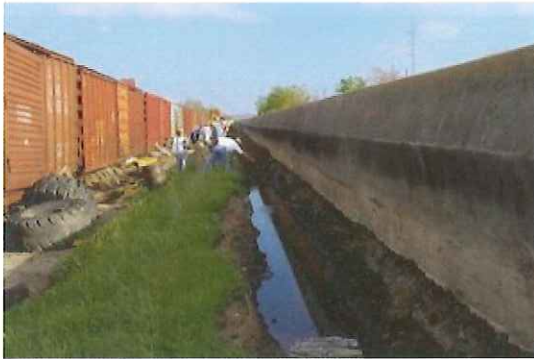


写真-9 越流越波により溝状の洗掘が生じた二線堤



写真-10 コンクリートのfloodwallとそれより低かった道路との接続部の破堤状況



写真-11 コンクリートのfloodwall背後の洗掘状況

二線堤の内外にかかわらず浸水区域では大量のコンテナが漂流している。

東側の破堤箇所は延長約270mで今回の調査の中で最も長く背後の住居への影響も深刻なところである。写真-11は破堤地点の南側のfloodwall背後が越流越波により洗掘されている状況を示している。洗掘深は1m余であり、越流越波によりフェンスが破壊され、支柱が等間隔で残っているがネット部分は法尻まで流されている。また、右手奥に破堤地点から堤内地に流入漂着したバージが見える。写真-12は破壊したfloodwallの鋼製矢板が破堤部分を中心に円弧状に広がっている様子を示している。写真-13は破堤地点背後の住居があった部分であり、他の破堤地点よりも住居の被害が大きい。

### 3.4 Intercoastal Waterway

写真-14はIntercoastal Waterway北岸の堤防近くに立地している企業Entergy Corporationの発電プラントから撮影された高潮の越流状況であり、左手奥と右手前は橋脚である。この企業の社員によると高潮の越流は5時間程度継続したとのことであったが、堤防天端はほとんど影響を受けておらず写真-15に示すように裏法の下部が侵食されている程度であり破堤は免れている。

写真-16は上記地点から5km余東の地点で矢板部分が破壊されている事例である。この部分は左



写真-12 円弧状に破壊変形したfloodwall



写真-13 破堤部分背後の住居跡



写真-14 Intercoastal Waterway aterway北岸堤防を越流する高潮(Enter Energy gy Corporation提供)



写真-17 堤防上に漂着したバージ



写真-15 越流により侵食された堤防裏法下部



写真-18 Bayou Dupree Gateの損傷



写真-16 構造物の高さが異なる部分での破堤

floodwallの高さが異なっている。左側のfloodwallの一部が破壊されているが、破堤には至っていない。このGateのすぐ南側で矢板が破壊し堤防の機能を全く失っているが、土堤は相当の越流越波を受けているにもかかわらず断面の部分的な欠損で済んでいるものが多い。

写真-18は今回の調査の中で最も南東に位置するBayou Dupree Gateであり、奥にMRGOが左右に延び、その奥にBorgne湖とつづいている。写真中央の操作小屋の中に設置してあった発動発電機がドアを開けた所まで移動している。この部分のゲートの天端が海拔約5mであり、小屋の中の痕跡が1.6m程度であったので高潮が海拔6.6mまで達したことになる。わが国で戦後最大の被害をもたらした伊勢湾台風時の名古屋での最高潮位がT.P.3.9mであるので、今回の高潮がいかに大きいかかわかる。しかし、これはハリケーンの進行方向の左側であったのでこの程度で済んでいる状況であり、進路東のBiloxiではもっと大きな高潮に襲われている。

から右に向かって、矢板にコンクリートキャップを施したもの、矢板のみ、土堤となっているが矢板のみの部分が一番低く、土堤が一番高くなっている。高潮はコンクリートキャップをほんの少し越えた程度であったが、これより60cm程度低い矢板のみの部分では相当量の越流越波が発生し、背後の侵食によって矢板部分が不安定となり決壊したものと思われる。

### 3.5 Mississippi River Gulf Outlet Canal (MRGO)

写真-17はMRGOに沿うBayou Bienvenue Gateすぐ北側の堤防に乗り上げたバージである。ここでもバージの左側と右側でコンクリート

### 4. おわりに

今回の調査で気づいたことをまとめると以下の

とおりである。

- ・17th Street CanalとLondon Ave. Canalは越流越波無しで破堤している。
- ・原因は特定できないが、土塊が横移動している。
- ・東のBorgne湖に接続するIndustrial Canal, Intercoastal Waterway, Mississippi River Gulf Outlet Canalでは施設規模を超える高潮に遭遇している。
- ・高潮防御の最終防御線となる一連の構造物の高さがまちまちであり、越流越波している場合は天端が低い部分の背後の洗掘が大きく、破堤に至っているものもある。特に土堤が最も低い場合はコンクリートや矢板との接続部付近の土堤が弱点となりやすい。
- ・どこから水が入っても広範囲に浸水する一連の市街地となっている。

さて、今回の調査で見聞きしたことをわが国に照らして津波高潮対策の教訓となるべき事項を挙げるとつぎのとおりである。

- ・計画規模を超える高潮が発生する可能性がないわけではない。
- ・基礎が十分でない津波高潮防護施設において、潮位が高くなったときに不安定となる可能性の検証が必要である。
- ・万が一、越流が起きる場合には堤防高の不整合により特定の場所に集中し、のり面破壊や洗掘等を起こすことがあり得る。また、計画堤防高が一致しているにもかかわらず現況堤防高が異なる場合、低い部分は古い施設の可能性がある。
- ・高潮堤防を特殊堤や天端幅の狭い堤防で守っている場合、何らかの原因で破堤、浸水すると復旧や救援用の車両が進入できず、復旧に長期間を要する。
- ・海や大河川に面した所以外でも水門や樋管等が完全に機能しなければ同様の外力を受けることになるので注意が必要である。
- ・漂流物が大規模化している。
- ・一箇所からの水の侵入で大規模に浸水しない工夫が必要である。
- ・日常の維持管理と訓練の充実が必要である。

計画を超える外力や思いもしないことが発生してゼロメートル地帯が大規模に浸水し、大都市が壊滅的な被害を受けることだけは避ける必要がある。万が一の場合に大規模かつ壊滅的な被害が予想されるゼロメートル地帯について、今一度、早急に危機管理上問題はないか点検・検証が必要であろう。

今回の調査は災害後1ヶ月余経った時点での調査であるが、現地の状況はあまりにも悲惨であり、ライフラインもまだ復旧しておらず、災害前の状況への回復には相当な努力と時間が必要であると思われた。

寺田寅彦が昭和9年の室戸台風後に著した「天災と国防」には、災害が忘れた頃にやってくることをあわせて災害が進化することも指摘されている。また、その進化によって、一部の損害が系全体に対してはなほだしく有害な影響を及ぼすようになることも指摘している。これまで一国の中枢機能であったものが今や世界の中枢機能になっているケースも多い。世界経済社会に重要な役割を果たしている都市が、災害のために数ヶ月経っても元の機能を発揮しないとするとその都市機能の回復が困難になるだけでなく世界的にも大きな損失がもたらされることになる。

土木研究所ユネスコセンター設立推進本部ではセンター設立準備活動の一環として水災害のリスクマネジメントをテーマに洪水ハザードマップ作成研修等の国際研修を実施しているが、今回米国で起った大水害を教訓に他の地域で同じようなことを繰り返さないよう関係者の皆様方の協力を得ながらハード、ソフト両面の備えを強化していきたい。

最後に、今回の調査に関してご支援ご協力をいただいた方々に心より感謝いたします。なお、ASCE調査団の中間報告が下記のサイトでダウンロードできます。また、この調査に基づき調査団のメンバーが連邦議会で証言した内容もASCEのホームページからダウンロードできます。

<http://www.asce.org/files/pdf/katrina/teamdatareport1121.pdf>

田中茂信\*



独立行政法人土木研究所ユネスコセンター設立推進本部上席研究員  
Shigenobu TANAKA