

(6)

South Louisiana Comprehensive Coastal Protection and Restoration

Jeffrey A. Melby, PhD

Hurricanes Katrina and Rita devastated Southern Louisiana during the Fall of 2005. The high level of destruction was partially due to long term sediment supply constraints and related coastal erosion. Local constituencies demanded that the Federal, State, and local Governments take action in order to provide coastal protection for their communities. Immediately following Hurricane Rita, The United States Congress formally directed the U.S. Army Corps of Engineers, in partnership with the State of Louisiana, to develop a full range of flood control, coastal restoration, and hurricane protection measures for South Louisiana. This study, called the South Louisiana Comprehensive Coastal Protection and Restoration, or LACPR, included conceptual design of a levee system that would span the Louisiana coastline from the Louisiana-Texas border to Slidell. The levee system was in direct response to the congressional directive for a “comprehensive category 5 hurricane protection system”. The study was conducted and a preliminary report was drafted that is presently under review.

The study included developing a suite of Category-5 hurricanes. As part of this effort, a team of internationally renowned hurricane experts were assembled to define the criteria for developing the design storm suite. For preliminary design, a storm similar to Hurricane Camille in size, minimum central pressure, maximum wind speed, and forward speed was identified as being reasonable and representative of the “category 5” directive. The hurricane tracks were varied to follow tracks of historical hurricanes. Hurricane winds, wind-wave development, storm surge, and wave transformation numerical models were employed to determine surge and wave conditions along the 5 levee alignments. The maximum surge and coupled wave conditions and wave setup were applied along the coast using some engineering judgment in order to develop design conditions for the levee protection system.

Five levee alignments were selected from many alternatives. The differences between the alignments included planform location of the levee to provide varying strategies of protection. The minimal alignments left some communities without protection. Two of the levee alignments included large cutouts to provide open exposure for tidal wetlands.

A workshop was held in Vicksburg to define potential structural and foundation alternatives. Primary problems addressed included deep soft foundation materials and high-cost shallow-sloping levee cross sections. A number of very innovative structure cross section and foundation alternatives were proposed. Most of the alternatives will require significant engineering analysis that could not be completed for the preliminary design. Therefore, the preliminary analysis only included conventional trapezoidal earthen levees with varying armoring alternatives and simple foundation treatment, such as deep-soil mixing. The final design of the levee system will be summarized in this presentation.

南部ルイジアナの総合海岸防災と復興

米国陸軍工兵隊技術研究開発センター Jeffrey A. Melby

2005 年の秋に、ハリケーンカトリナとリタはルイジアナ州南部に被害をもたらした。その甚大な被害は、一つには長時間の強制的な土砂供給と海岸侵食によるものであった。各地域の人々は、連邦政府、州政府、地方の政府機関に対し、彼らの地域の海岸を守る施策の実行を求めた。ハリケーンリタの直後に、アメリカ合衆国議会は米国陸軍隊に対して公式に、ルイジアナ州と協力し、南部ルイジアナのできる限りの氾濫防止、海岸の復興、ハリケーン対策に努めるよう指示を出した。この調査は南部ルイジアナ総合海岸防災・復興 LACPR と呼ばれ、テキサス州との境界からスライデル市に至るルイジアナ州沿岸をまたぐ堤防システムの概略設計も含んでいる。この堤防システムは、議会の「カテゴリー5 のハリケーンに対する総合防災システム」に関する指示に応じたものである。この調査は終了し、暫定報告書が作成されて、その内容の吟味が行われているところである。

この調査ではカテゴリー5 のハリケーンの特性を明確にすることも行った。その一環として世界の著名なハリケーンの専門家による委員会が組織され、設計に用いるハリケーンの性質を明確にする基準を定めたのである。そして、概略設計では、ハリケーンカミールと同じ規模、最低気圧、最大風速、進行速度のハリケーンが、カテゴリー5 に対応する合理的で現実性のあるハリケーンとされた。ハリケーンのコースは、過去のハリケーンのコース

スの中から選んだ。そして、ハリケーンの風、風波の発達、高潮、浅海波浪変形に関する数値計算モデルを駆使して、堤防の 5 つの区間における高潮と波浪を推算した。こうして求めた各海岸における最大の高潮偏差、波浪諸元、ウェーブセットアップを、工学的な判断も踏まえながら、堤防システムの設計条件に定めた。

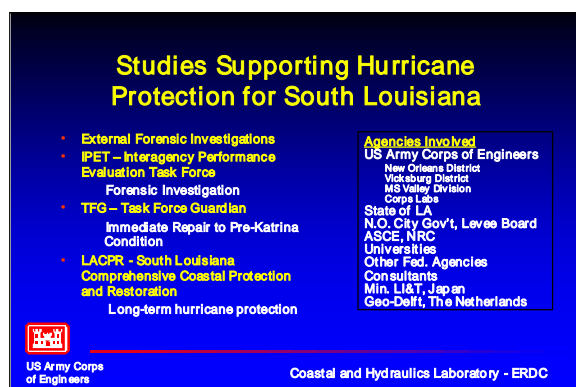
堤防の多くの区間から 5 つを選ぶことにした。これらの区間は場所によって防護の状況に違いがある。このうち最小の区間には、堤防の外側にもいくつかの集落がある。また、2 つの区間には、干潟から水が抜け出るための大きな切り欠き部がある。

ビックスバーグでは、実現可能な堤防の構造と地盤の候補を選定するために、ワークショップが行われた。そこで提起された最初の難問には、地盤が深いところまで軟弱な材質であることや、なだらかな傾斜堤の断面では建設費が高いということがあった。様々な革新的な構造断面や地盤の候補も提案されたが、そのほとんどは概略設計だけで詰めることのできない重要な工学的な検討が必要になると思われるものだった。したがって、概略的な検討においては、一般的な台形の盛土堤を対象とするものとし、被覆材は変えるが、地盤改良は深層混合処理のような簡単な工法を採用する場合に絞った。今回の講演では、その堤防システムの最終設計の概要を紹介したい。



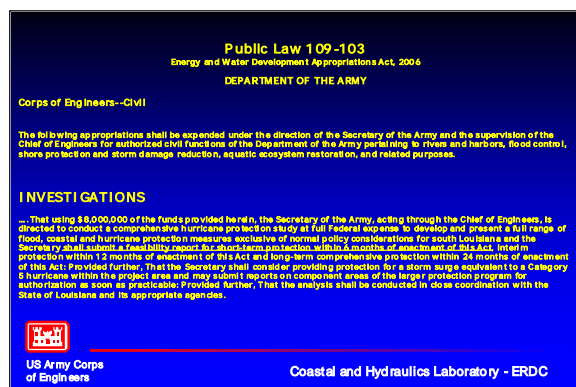
り、構造物の設計にも携わってまいりました。

そこで、今日の私の話は、南ルイジアナの堤防システムの再構築についてであります。現在まだこういったものはできておりません。ニューオーリンズ周辺には堤防システムが既にありますが、私がこれからお話しするのはこれとは別に建設することを検討しているもの、現在のものを補うものでありまして、いずれはこちらが中心となるはずのものです。その時点で、今ある堤防は第二線のシステムという位置づけになることでしょう。



最後に、LACPR と呼ばれるもので、この名前は変わってしまったのですが、このスライドでは古いままにしておきまして、現在は南ルイジアナ総合海岸防災復興調査というものであります。

右側には関係する機関を示しております。様々な学問分野から色々な組織が参加しております。日本からもいらしておられます。また、オランダも関係しております。以上のように、多岐に渡るプロジェクトに幅広い分野の方々が参加していらっしゃいます。

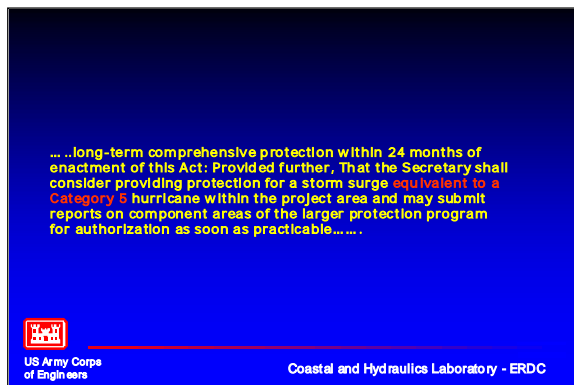


ご紹介有り難うございました。そして今回のセミナーを企画された方々、有り難うございます。私にとって今回は3回目の来日でございます。日本が大好きでございます。また来ることができて嬉しく思います。

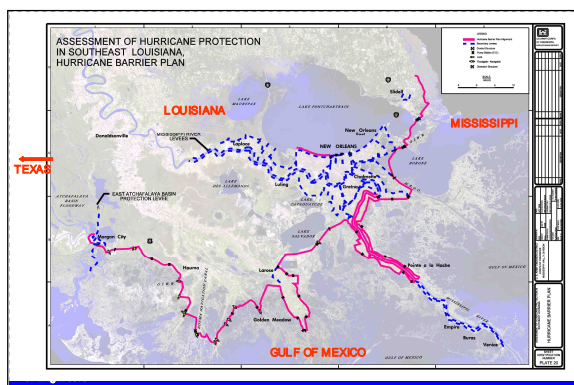
さて、IPET の調査から視点を変え、南ルイジアナに目を向けたいと思います。私は、こういった南ルイジアナの調査のほとんどに関わってお

このスライドの左の方に書いてあるのは、カトリーナに関してどういう調査が行われてきたかということです。外部の科学的な調査、IPET、これらは科学的な調査であります。それから、TFG、タスクフォースガーディアンというものもあります。これはニューオーリンズ地方局が実施しているものでありまして、カトリーナが来襲する前の状態へ修復させるためのものであります。

LACPR の調査は、沿岸水理研究所が中心となっております。工兵隊は自ら設計をしなくては行けない立場にあり、ニューオーリンズ周辺の施設は、ニューオーリンズ地方局が元々の設計をしています。例えば、設計、製図、その他様々なことに携わっておりました。この調査の実施には法律が必要であり、議会はカトリーナの直後に法律を制定し、私どももこれを了承しております。

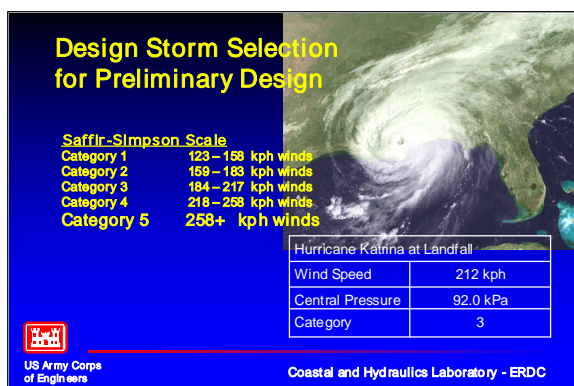


ここでは詳細は申し上げませんが、議会が私どもに求めていることは、カテゴリー5 のハリケーンに相当する高潮にも対応できる防災システムを確立することです。ここで、カテゴリー5 とは一体どういうものなのかということですが、私どもにとっては、まずそれが明確になっておらず、少なくともこの点から検討を始めるように言われたわけです。



これが最初に作成した地図です。ブルーで示したものが既存の堤防で、ピンクの線で示す堤防はまだできておりません。ピンクの線の堤防ができると、これが第一線の堤防となり、ブルーで示した既存の堤防は第二線の堤防になります。

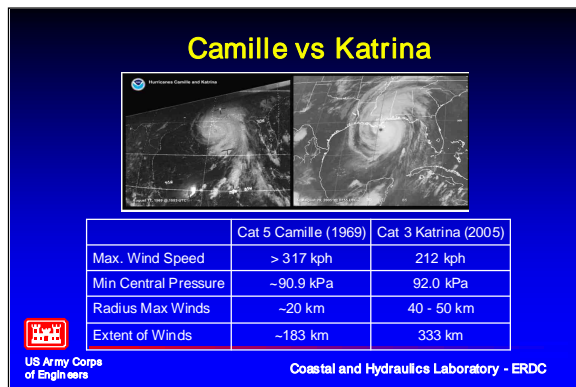
この図の南の方にメキシコ湾、東にミシシッピがあります。ライトグレーの部分は南ルイジアナで、堤防によって防護する対象地域です。左にテキサスがあります。ピンクの線で示す堤防がテキサスからミシシッピの州境に至る沿岸を全部カバーしております。その両側をどう守るかという課題は残されておりますが、まだそこまでは検討を行っておりません。



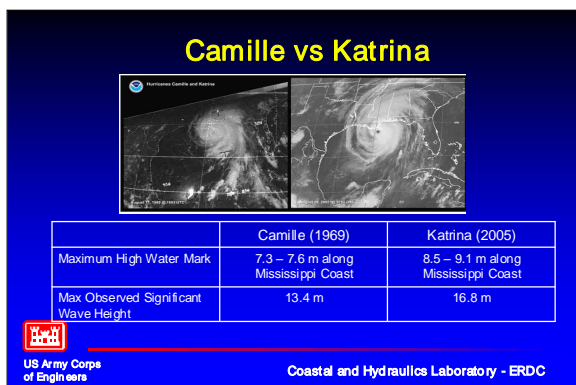
最初の問題は、設計ハリケーンをどう定義するのかということです。私どもでは通常、ハリケーンを定常的に解析し、その構造を明らかにしております。議会からはカテゴリー5 のハリケーンに対し堤防を設計するように求められたわけがあります。ところが、サファ・シンプソン・スケールは単に風力だけを規定したもので、中心気圧や進行速度について何も規定してはいません。ほと

んどのハリケーンは、上陸の前に減衰するのですが、そういった時間変化の概念もありません。

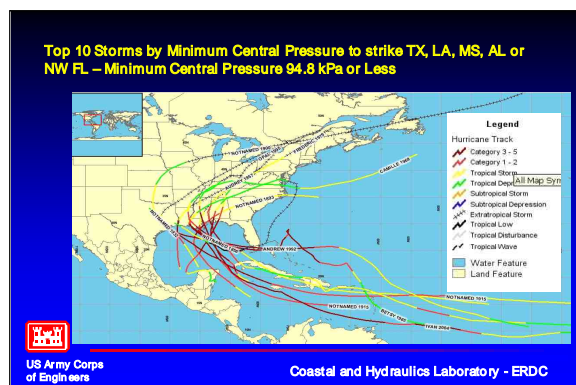
ハリケーンカトリーナは、これまでで最も破壊的なハリケーンだったわけですが、風速でみる限りはカテゴリー3 と 4 の間で、中心気圧はそれほど最悪のケースではありません。とりあえずカテゴリー3 と呼ばれてはおりますが、厳密にはカテゴリー3 と 4 の間であって、カテゴリー5 のハリケーンではありません。



そこで、1969年のカミールとカトリーナを比較してみます。カミールはカテゴリー5に達したハリケーンで、この地域だけに大きな影響を及ぼしております。当時の記録によると、風速は非常に速かったようです。カミールは、カトリーナと同じような進路をとりましたが、その規模は非常に小さく、例えば最大風速半径も非常に小さかったわけであります。



カミールは大きな高潮を発生させましたが、有義波高は13 mしかありませんでした。カトリーナの場合には17 mの有義波高が発生したので、これら2つのハリケーンには大きな差があります。ところが、このようなハリケーンの発生確率はよく分かっておりません。



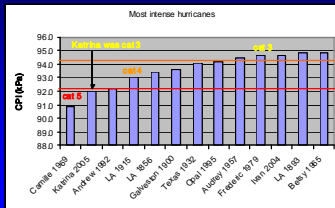
それでは歴史的な熱帯性低気圧、特にハリケーンについて見てまいりましょう。過去にどういうハリケーンがあったのかということです。ここにプロットしているのは、最低中心気圧によって10位までの強いハリケーンです。

大体のハリケーンは海上で発生した後、ユカタン半島のフロリダとキューバの間を通過します。その他に共通している特徴としては、エッジ先生

がおっしゃったメキシコ湾の循環流、すなわち、カリブ海から流れ込み、ルイジアナの沿岸の大体この辺りに到達する暖流の影響を受けていることです。このように共通点があるのです。

低気圧の定義もはっきりしません。対象外として解析されていない低気圧もあります。

Intense hurricanes decay before making landfall



US Army Corps of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

カトリナに比べれば、何れも弱いハリケーンとなっております。

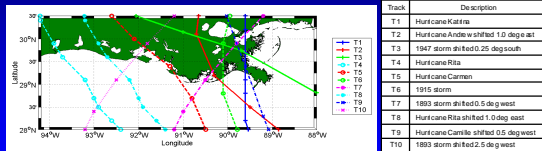
ほとんどのハリケーンは上陸してからも強力であります。メキシコ湾から上陸して、ほとんどがカテゴリー5 でありました。しかし、カトリナは上陸する前に衰退しております。大気と海洋との間には複雑な相互作用があるわけで、メキシコ湾ではそれが顕著なようです。以上のような事情があって、設計ハリケーンの設定はなかなか簡単にはできません。

議会から6 カ月間の猶予が与えられ、堤防システムの設計をしなければならませんでした。しかも、波浪や高潮の追算をした結果を用いて行うわけであります。これは可能最強ハリケーンと呼ばれるもので、中心気圧は非常に低く、ハリケーンカミールに相当するものであります。この設計ハリケーンは、最大風速半径も非常に小さく、風力も大きく、そんなに大きな問題にはなりません。

Preliminary Investigation

Single Storm - Probable Maximum Hurricane

- 89.0 kPa central pressure
- Radius to maximum winds 18 km (Camille)
- Average forward speed of 17 kph and used historical speeds
- Ten unique tracks corresponding to historical and shifted historical



US Army Corps of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

ここに10 個の代表的なハリケーンのコースをまとめたものがあります。カトリナもこの中に含まれています。これらのハリケーンによって、この地域に來襲した代表的なコースは網羅されていると思っています。ここではサファ・シンプソン・スケールで選んだハリケーンを対象にしておりますが、これがワーストケースになるかどうか分かりません。

Hurricane Winds

- Planetary Boundary Layer Model (Thompson and Cardone 1998)
- Basin scale grid = 0.1 deg (~10 km). Fine scale grid = 0.025 deg (~2km)
- Filling Model by Vickery
- Holland's B-parameter describes pressure peakedness
- Modeled wind fields calibrated with Hurricanes Ivan and Katrina
- 30-minute average wind speed was 225 kph
- 1 minute average wind speed was 277 kph

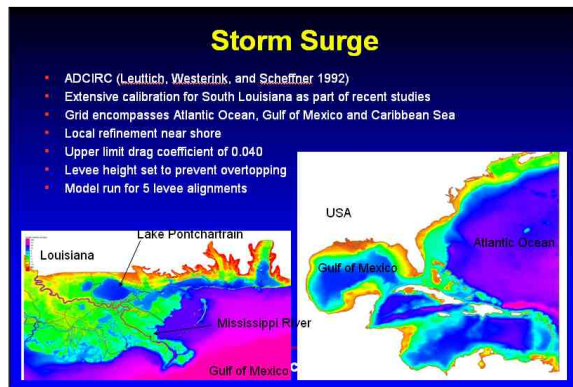


US Army Corps of Engineers

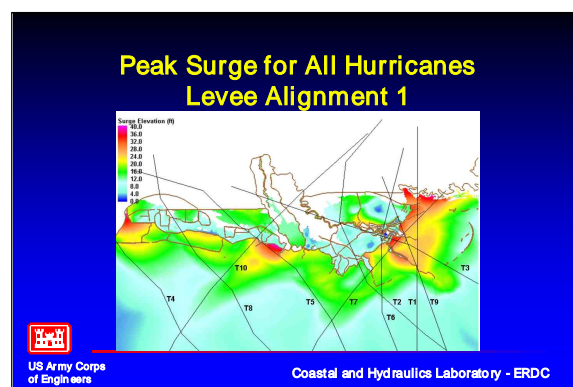
Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

ハリケーンの風場は境界層モデルを使って計算しております。0.1 度間隔の格子で構成された計算領域の中に、0.25 度間隔の格子による領域も設けてあります。ファイリングモデルは新しくできたビッコリーによるもので、気圧のピークについて検討いたしました。このモデルを用いて、アイヴァンとカトリナの風場が正しく得られているか調べました。30 分平均風速は 225 km/h、1

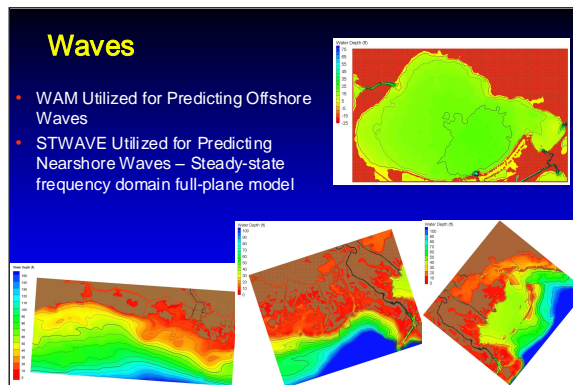
分間平均風速は 277 km/h と、非常に強力なハリケーンです。



抵抗係数については、まだ検討の余地があるでしょう。堤防の高さは越流を防止できる高さにしてあります。そして、この数値計算モデルを5つの堤防計画に対して実行させました。



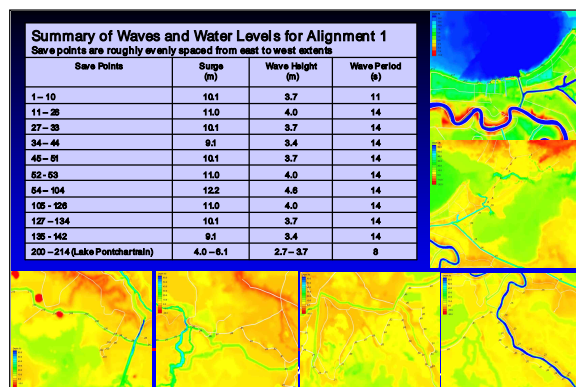
ここで見せしているのは、ルイジアナ南部における最大高潮偏差の分布です。ニューオーリンズはこちら、ポンチャートレイン湖はこちらです。赤の部分は高潮偏差が非常に大きなところ、緑色の部分はハリケーンの進路にあたっていないために高潮偏差がそれほど大きくならなかったところであります。赤の部分は、ハリケーンが真上を通ったわけではないのですが、近くを通ったために高潮が顕著になったところであります。さらに、堤防がこちらにありますので、堤防を挟んで反対側では赤と違う色になっているわけです。



それから、高潮についてですが、IPET の調査と同じモデルを使って、モデルの精度を確認いたしました。また、計算格子も、エッジ先生が紹介されたように、非常に細かなものであります。計算領域は大西洋、太平洋の一部、カリブ海、メキシコ湾と非常に広範囲を網羅しております。また、南ルイジアナの周辺については、計算格子を非常に細かくしております。流れの計算に用いる海面

抵抗係数については、まだ検討の余地があるでしょう。堤防の高さは越流を防止できる高さにしてあります。そして、この数値計算モデルを5つの堤防計画に対して実行させました。

ハリケーンによる沖合波浪の計算には WAM モデルを使いました。そして、沿岸部については STWAVE モデルを使いました。沖合と沿岸部の間では、WAM モデルから STWAVE モデルに波浪の計算値が引き継がれるわけであります。



この図がその結果であります。堤防の工区ごとに、様々なハリケーンによる高潮偏差の中で最大の値を地図上に整理していき、堤防のどの工区で最も高潮が厳しくなるのかということについて推測したわけであります。この推測では、様々な進路や上陸箇所を持つハリケーンが仮定されました。

この値が波高の最大値です。これら波高も高潮もメートル単位で記されております。この黒い数字は小さ過ぎて残念ながら読みにくいのですが、ポンチャートレイン湖の西から東に向かっての数値が 200 ~ 214 という意味で、相当細かく値を整理しております。135 ~ 142 はミシシッピの近くです。1 ~ 10 の区間では高潮が 10 m 程度、高波が 3.7 m です。

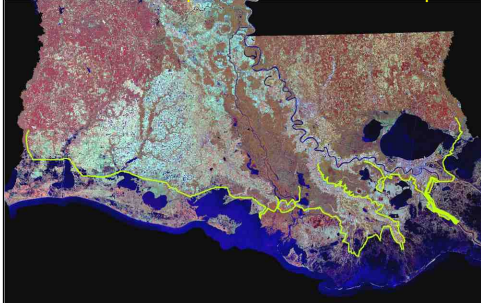
Model Alignment 1
Follows GIWW and Encloses all Communities



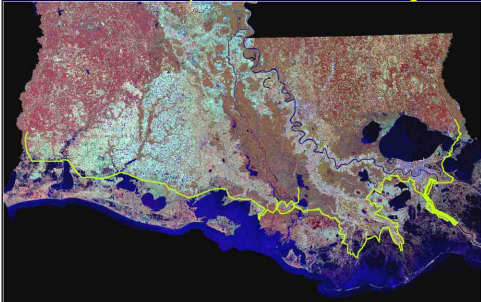
Model Alignment 2
Same as 1 Except Passes Open



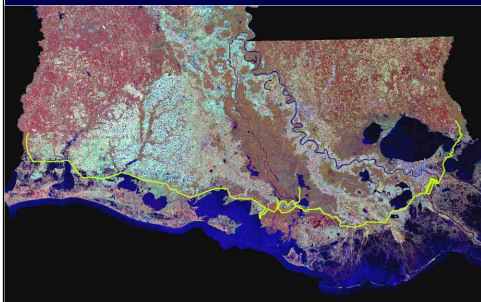
Model Alignment 3
Same as 1 Except Barataria Wetland is Open



Model Alignment 4
Same as 3 Except Shorter Barataria Region



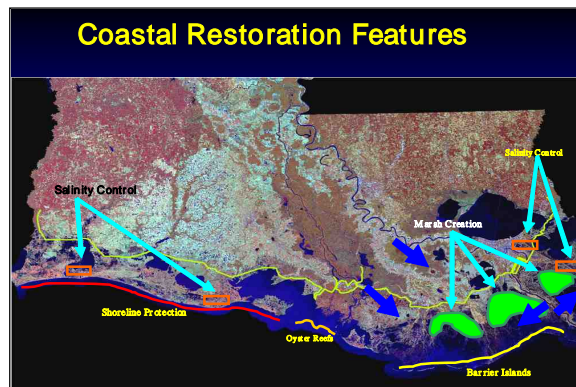
Model Alignment 5
Follows GIWW and Leaves Communities Out



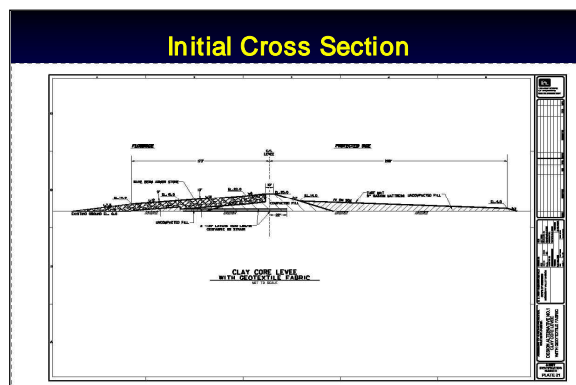
これから 5 枚のスライドで 5 つの堤防計画をご紹介します
たいと思います。

これは堤防で囲んでしまう方法で、ポンプ場を何カ所
か造り、洪水した場合に陸側から水を汲み上げて外に排
水するものです。堤内地にあらゆる村々、町々を含める
必要があるため、堤防の法線はこのようなギザギザな線
になってしまうわけです。単純に直線を描くわけにはい
きません。その結果、第一線と第二線の堤防の法線はこ
のようになるわけです。これらはポンチャートレイン湖、
ボーン湖で、その湖水はこの堤防の間を流れることにな
ります。

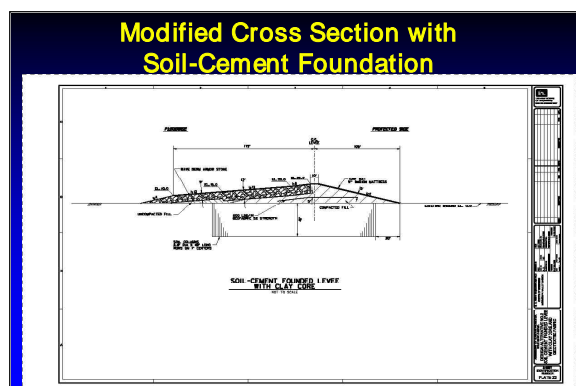
1 の場合にはバラタリアの湿原に高潮が流れ込みます。
これが 4 の場合になると、バラタリア地域はそれほど洪
水にさらされないことになるわけであります。そして、5
では、堤防より海側にある村々が堤外地になります。



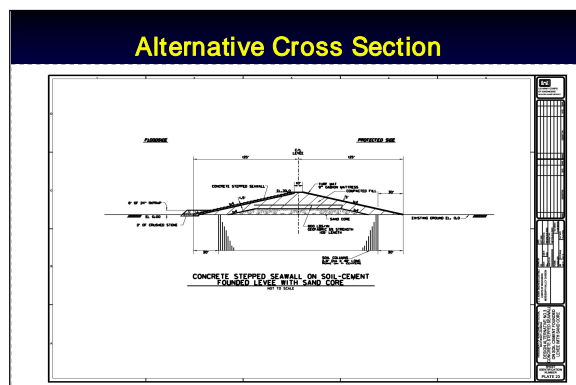
ということです。これによって、防御レベルが高められるということです。



です。堤防の材料としては極めて弱いものでしかありません。このような構造の堤防を造るといふことになると、断面を相当巨大にしない限り安定性を保つことはできません。



また、次の断面は、セメントを使って基礎を造るというものであります。



3 番目は、堤防全体にセメントを用いて階段型にするものであります。通常の堤防と比べて急傾斜な堤防です。これ以外の形式の堤防も提案されているところであります。

Structure Cross Section Design

- Wave runup (Hughes, Coastal Eng. 2004)
- Wave overtopping (TAW manual based on van der Meer and Janssen, 1995)
- Stone armor size (Melby and Hughes, Coastal Structures 2003)
Median Armor Mass for stone armor $M_{50} = 2 - 6 \text{ t}$
- Investigated armoring alternatives
- Stone armor layer thickness
- Non-overtopping crest elevation
- Crest elevation corresponding to varying levels of wave overtopping



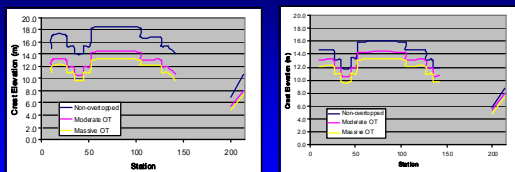
US Army Corps
of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

所属する研究所のホームページにさらに詳しいことが記されておりますのでご覧下さい。もちろん被覆が厚いほど建設コストがかかるということでもあります。

さらに、堤防の高さをどのくらいにすると、どれくらいの越流や越波が生じるのかということを検討し、それに対応するような高さに設計しなければならないわけでもあります。それから、越波がない場合にも高さをどうするかということでもあります。

Final Design is Expensive!



US Army Corps
of Engineers

Alignment 1, 1:4 structure slope

Alignment 1, 1:8 structure slope

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

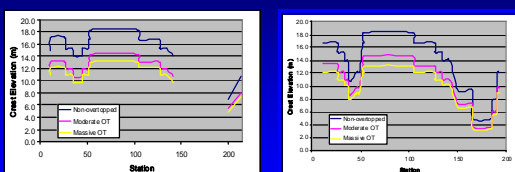
という天端高は 10 ~ 13 m という値になります。

このような構造物の断面設計が、通常の海岸土木工学基準に基づいて行われたわけでもあります。2004 年にヒューズが「海岸工学」に書いた波の打ち上げ式を始め、幾つかの方法を用いており、私とヒューズの被覆石の必要重量に関する式も使っています。そして、海側の被覆石の重量は 2 ~ 6 t で良いことが分かりました。これについてご関心のある方は、私のホームページ、あるいは私の

こちらは最終的に求めた天端高を示したものです。横軸のゼロはミシシッピ州境のすぐそばで、東から西に向かうようにとっています。42 がテキサスの州境のすぐそば、ポンチャートレーン湖は 200 ~ 214 であります。

青の線は越流がないだろうと考えられる天端高で、18 m ぐらいの高さになるかと思います。そして、越流はしないが越波はあるかも知れない

Final Design is Expensive!



US Army Corps
of Engineers

Alignment 1, 1:4 structure slope

Alignment 3, 1:4 structure slope

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

堤防計画 1 の越流がない場合ですと、少し天端高は下がります。堤防計画 3 では、バラタリアに対して開放されていることになりませんが、堤防の高さということになりますと、それほど大きな差はありません。

Conclusions

- Preliminary design of southern LA Levee system completed
- Design storm selection required Cat 5 storm based on Hurricane Camille on historical tracks
- Levee design followed traditional coastal engineering methods
- Extreme storm simulation requires further study before risk analysis can be done
- Designs with 10-18 m crest heights are too expensive



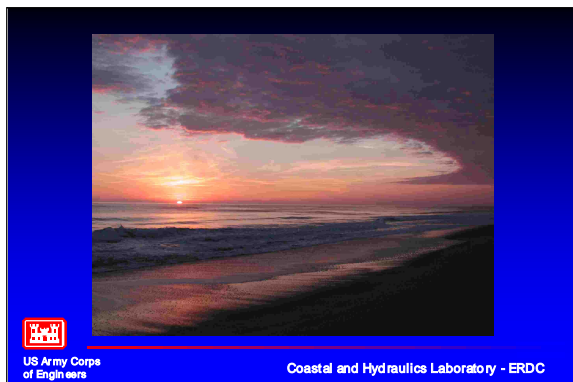
US Army Corps
of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

ことについて、議会で決めてもらう必要があるのです。報告書を6月1日に提出したばかりでありますので、それに対する回答はまだいただいております。

さらに、カミールというハリケーンに対して堤防を建設していくということであれば、リスク分析もしなければいけないわけであります。まだこれは研究をし始めたばかりの段階での結果ではありますけれども、10 mとか18 mの天端高であれば高過ぎるということになると思います。極限に強いハリケーンや台風のシミュレーションについてはさらに研究を進める必要があり、リスク分析ができるところまでは進んでいないのが実情だと思います。

我々が行いました調査研究に基づきますと、例えば10～18 mの天端高というような設計値に到達するわけでありまして、これでは予算はつかない、あまりにもコストが高過ぎるということになってしまうわけであります。



US Army Corps
of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

結論としては、とりあえず設計案は完成いたしました。ただ、今回は相当急いだ検討しかできなかったわけでありまして。議会に対しては、堤防の建設日が1マイル(1.6 km)につき5,000万ドルはかかると報告しました。これは到底予算のつくような金額ではありません。したがって、どういう地域を保護しなければいけないのか、あるいはどういう地域は保護しなくてもいいのかという

私の発表は以上でございます。何かご質問がございましたら喜んでお答えさせていただきます。

[質疑応答]

(質問) 間瀬(京都大学防災研究所)と申します。2つの質問がございます。まず、沖合の波の予測にWAMを使ったそうですが、WAMを使って17mというカトリーナの高波を予測できたのでしょうか。それとも、メキシコ湾にはブイが数多く設置されておりますので、高波の予測にはそのデータを使ったのでしょうか。

(回答) 今まで来襲したハリケーンに対して計算した数値を用いています。それから、IPETだけでなくFEMAでも100年間に来襲したあらゆる大型ハリケーンのデータを収集して解析を行いました。このような研究は、大体同じような顔ぶれの研究者が担当しました。その結果、グループの間の連携が相当進んだところもあります。アイヴァンとカトリーナに対するIPETの調査もこのような方法で進められました。

(質問) もう一つの質問です。堤防の断面の設計についてですが、ファンデルメアやヤンセンによる TAW の越波量公式を使うときには、波形のパラメタが必要になってくると思います。堤防のマウンドのところでは、どのように与えれば良いのでしょうか。

(回答) 堤防の周辺では 50m 格子を使って波の計算を行い、堤防のマウンドの端に一番近い格子点の値を用いて越波量の計算をしました。堤防のすぐそばと言うよりは、近くと言った方が良いでしょう。ただし、この付近の地形は堤防のあるところまでほとんど平坦です。沖合 250m あるいは 100 ~ 120m の波と堤防に入射する波はほとんど同じだと考えております。それから、STWAVE にはローラーモデルも含まれており、波の減衰も STWAVE で考慮されます。

(質問) 中村(国土技術政策総合研究所)と申します。2 つの質問があります。将来の防災計画にあたって、リスクの信頼性解析、ハリケーンの出現確率の解析などをされたのでしょうか。

(回答) 工兵隊では全ての実施計画に対してリスク分析をしなければならないことになっていますが、正直なところ、これまではそれを行う時間が十分にありませんでした。まだ調査研究の段階でありまして、ドン・レシオのグループが確率などを計算した結果を我々の方に提供していただいています。このように、並行して研究を進めているところです。どのくらいのリスクがあり、どれくらいの信頼性があるのかについては、色々な施設の老朽化ということも含めて、研究を進めているところであります。

(質問) 第二の質問ですが、沿岸部の都市、特にメキシコ湾沿岸の都市には、ハリケーンに対する防災システムがあまりないと思います。カトリーナの災害を契機に、この辺りの対策は変わってきたのでしょうか。

(回答) 大変素晴らしい点を指摘されたと思います。この点については何時間でも議論できそうです。アメリカはとても奇妙な国なのかも知れません。連邦政府は沿岸防災について責任や管轄を持たず、州政府や各都市が持っています。工兵隊にも沿岸防災の任務は与えられていません。ところが今回に関しては、ニューオーリンズから特別な命を受けて防災に携わっているのです。繰り返しますが、アメリカでは州あるいは都市が、運河や海岸線の防災を行うことになっているのです。これで今のご質問に対する答えになったでしょうか。このような背景があるため、沿岸部の防災システムに対して連邦政府は予算を持っておらず、都市や村々などが自衛しなければいけないのです。でも、小さな村にそんな予算はないでしょう。

このような状況にありますので、アメリカ議会の議員、代議士の中には、このような堤防の建設に予算をつけたい者もいるわけです。一方、大統領としては、このような個別の地域のための建設プロジェクトを予算から排除しようと、いつも必死になるわけです。そこでいつも綱引きになります。ただ、カトリーナというハリケーンが来襲して、沿岸部も内陸部もおびただしい箇所ですべて堤防が決壊したことで、堤防についてもう一回見直しをしなければいけないという機運は高まったと思います。

最初に申し上げませんでしたでしたが、工兵隊の研究所ではプロジェクトサイエンスはやっておらず、地方部局が担当しています。

(質問) 廣田と申します。一つ質問がございます。波浪予測では波の伝播速度を考慮してい

るのでしょうか。また、ハリケーンが移動している場合には、その移動速度も考慮しているのでしょうか。

(回答) 考慮しています。この波浪推算モデルを実行させるときには、確か3時間間隔の値を与えていたと思います。このモデルについては、エッジさんの方が詳しいかも知れません。

(質問) 風速の変化や風向、ハリケーンがどれくらいの速度で移動するのは、重要なことだと思います。もう一つの質問ですが、ハリケーンが停滞している場合に、水位が上がることになりましたが、その影響は考慮していますね。

(回答) この点については私どももリスク解析において非常に重要なことであり、様々な感度分析を行う必要があると思っています。リスク解析ではあらゆる台風の進行速度を網羅しなければいけないと思っております。波浪推算をどのようにやったのかについては、エッジ先生からお話ししていただきたいと思いますので、マイクを振りたいと思います。

水位は一定ですね。ハリケーンは経路に沿って動かしています。つまり、時々刻々と波浪が変化する状況を計算しています。