

広島技調技術情報誌 平成20年(2008年)9月発行

# 広島技調じゃけん！通信

## 第4号

### - Contents -

#### ●実りある学舎

「中国地方における最近の地震に関する  
話題と港湾構造物の設計用地震動について」  
株式会社ニュージェック 山田雅行氏

#### ●連載【第2回】

軟弱地盤における変形予測精度と性能設計

#### ●業務成果

- ・技術基準の性能規定化
- ・局地気象モデルを導入した台風時の  
海上風・高潮・波浪の推算(その1)

### 今号の1枚



第1回 実りある学舎の風景

### - 実りある学舎 -

平成20年度 第1回実りある学舎を8月27日に開催しました。

(社)土木学会 CPDプログラム認定番号 JSCE08-0270

「中国地方における最近の地震に関する話題と港湾構造物の設計用地震動について」

株式会社ニュージェック 山田 雅行

鳥取県西部地震(2000)や芸予地震(2001)など、各地で内陸地震が頻発し、東南海・南海地震の切迫性が危惧されている昨今、標記について、一般に理解しづらい地震に関する用語の説明を入れながら、中国地方における最近の地震活動や近年公表された地震動予測結果、緊急地震速報についての解説と、近い将来の地震に備えるべく昨年改定された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における港湾構造物の設計用地震動の考え方およびその作成手順について解説を行いました。

港湾におけるL2地震動は、震源特性・伝播経路特性・深層地盤によるサイト増幅特性を考慮して作成することとされています。この深層地盤による地震動増幅特性は、地表における地震観測に基づくスペクトルインバージョンによって求められた値を基本と考えています。

こうすることで、地下深部に至る大規模な地盤調査なしに、地震基盤～地表のサイト増幅特性を求めることが可能となります。

L2地震動は工学的基盤相当で定義しますので、地震基盤～地表のサイト増幅特性を用いて算定したL2地震動は、工学的基盤～地表間のサイトの影響を補正しなければなりません。

しかし、しばしば地震観測を行った地点の近傍で、工学的基盤までのボーリング調査が行われていない場合に出くわします。このような場合に有効なのが、表面波探査や常時微動アレー観測(探査)です。図-1のようにいずれの手法も複数の地震計を地表面に置き、波(表面波)の山(または谷)の到達時刻ずれを観測し、地震計の距離差から波の速度(位相速度)を求めます。

表面波は、図-2のように、周期が短い(細かい波)と表層の影響を受けて、速度(位相速度)が遅く、周期が長い(ゆっくりした波)と深い層の影響も受けるため、速度(位相速度)が速くなります(図-3)。

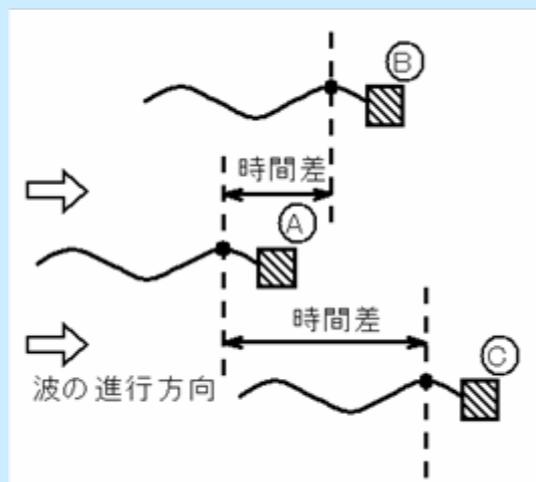


図-1 アレー観測

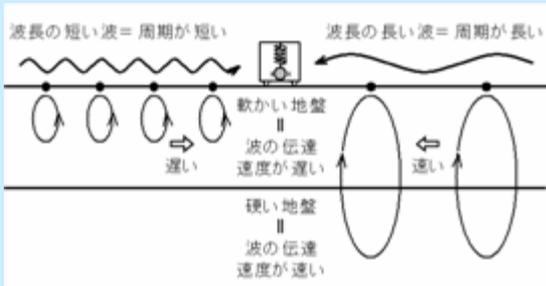


図-2 表面波の伝播の様子

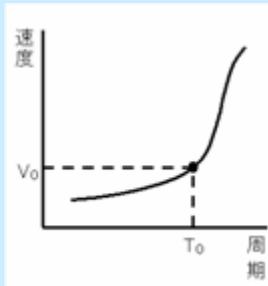
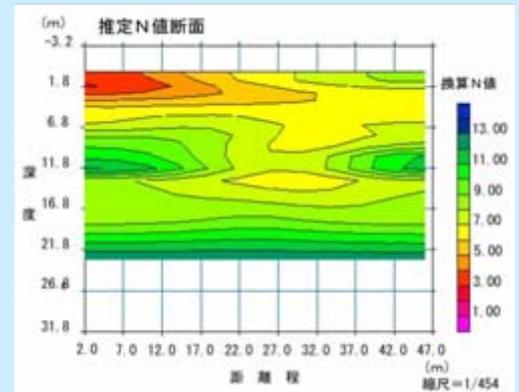


図-3 位相速度と周期の関係

図-3の形は地盤に固有の特徴ですので、この図-3の位相速度と周期の関係を、再現できるような地盤定数をシミュレーション解析によって決めることができます。面波探査では、かけやなどを用いて人工的に発生させた振動による表面波(数Hz以上)を観測します。

最近では、10~20mの深さまで簡便に地層断面図(速度の分布図)を得ることが可能です。常時微動アレー観測(探査)では、通常、数秒~数Hz程度の振動源を特定しない常時微動を観測します。アレーサイズ(地震計の間隔)を大きくとれば、深さ数kmまでの地盤構造を調べることが可能とされています。ただし、ボーリング調査と異なり、実際に地層が見えるわけではありませんので、これらの探査結果を使用する場合には、十分な吟味を要する場合があります。

図-4 表面波探査結果の例



## — 連載 —

### 【第2回】軟弱地盤における変形予測精度と性能設計

広島大学大学院 工学研究科 土田 孝 教授

近年、土木構造物の設計法において性能設計体系への移行が進められている。性能設計は、構造物に要求される性能を規定し、設計された構造物が要求性能を満足しているかどうかを照査するという設計の考え方である。平成19年度7月に発行された港湾の施設の技術上の基準・同解説においても基準の性能規定化(性能設計)が前面に打ち出されている。

従来の設計体系では、技術基準等が構造物ごとに材料や構造さらには設計計算方法を細かく規定しており、この規定どおりに設計されているかがチェックされていた(仕様規定)。

この仕様規定方式では、基準等に取り上げられていない新技術や新工法はなかなか実工事に採用されにくく、技術開発意欲の阻害や国際通商上の障壁などの問題が指摘されていた。性能規定方式(性能設計)では仕様を細かく規定しないので、照査において構造物の要求性能を満足することが示されれば、新技術や新工法を採用することができる。

設計が性能規定方式になることによるもう一つの効果は、市民にもわかりやすい「性能」によって土木構造物の機能が表現されるため、事業の意義を説明し合意を形成することが容易になることである。これまでは「設計外力〇〇に対して□□の基準どおりに作っています。」といった説明であったのが、「△△の規模の台風や地震に対して××の性能を有する構造物を作っています。」と説明できることは、幅広い合意が不可欠な公共事業の分野においては大きな改善である。しかし、軟弱地盤工学を専門としている立場からみると、設計が性能規定型になることは大きな課題をつきつけられているともいえる。軟弱地盤に構築される構造物の性能としては、想定される外力に対して破壊しせずに安定していることは当然として、構造物の変形が所定の範囲内であって機能に障害をあたえないことが要求される。このうち前者については当然満足しなければならないが、後者の変形に関してはそう簡単ではない。

数年前の新聞記事であるが、「A港で地盤沈下80cm、6億円追加へ」という新聞の見出しが目に入った。埋立地において実際の沈下が予測よりも80cm上回り、所定の高さまで埋立に要する土を追加する工事費が増加したことを伝え事業者(役所)の予測の「甘さ」を批判する調子の内容であった。この埋立地は超軟弱な粘土地盤が30m以上堆積している海底地盤上に造成されており、総沈下量は約5mである。したがって、80cmは全体の沈下量の16%に相当する。

自然地盤の圧密沈下量の予測において16%の違いというのは、それほど大きくはずれているとはいえない(と思う)。ところが、妻にそういったところ「技術が進んだ現代で80cmもずれるのでは予測といえないのではないの？」と反論されてしまった。あわてて地盤の複雑さや予測の難しさについて説明したが納得してくれた様子ではなかった。はからずも沈下予測の精度に関して、一般の人と「専門家」とのギャップを認識することになった。

軟弱地盤上の構造物では、沈下量の予測以上に地盤の側方変形に関する予測も難しい。筆者も最近の研究成果により、ようやく信頼性のある予測ができるようになったと感じているが、それでも20%程度のずれであれば「よくあっている」という程度である。

埋立地の沈下予測といえば関西国際空港一期工事で発生した沈下が有名である。埋立工事を行った結果、設計時に想定した沈下量(約8m)を大きく上回る沈下(12~13m)が発生したとされているが、実は当初の予測沈下量は不確実性のため大きな幅をもっており、予測の幅の中でもっとも大きい沈下量が発生してしまったというのが実状であった。

粘土の圧縮性は圧縮比という指数によって表される。図-1に関西国際空港の下にある大阪湾洪積粘土と一般の粘土の圧縮比を比較して示しているが、埋立地点の深度50m~200mにある大阪湾洪積粘土は、一般の粘土の数倍の圧縮性を有している。これらの値を用いて計算上大きな沈下が計算されても、それまでの常識を大きく越える値を実測の裏付けがない段階で設計値として採用することは困難であろう。このことが関西空港一期工事において想定沈下量を小さく設定した主な原因と私は考えている。

このように、自然地盤を対象とする土木構造物の場合には、調査設計を十分に行っても不確実性が残ることは避けられない。このために、地盤工学の祖であるテルツァギは、施工中に観測をおこなって当初予測の修正と設計変更(必要であれば)を行う「観測施工」を推奨しているのである。

性能規定方式に移行することにより、土木構造物の設計において市民が参加することが容易になると予想される。土構造物やその基礎地盤については、沈下量や側方変位量についてたとえば〇〇cm以下といった性能規定がなされると考えられる。しかし、自然地盤の不確実性などにより、現段階の予測のレベルは一般の市民が抱く予測精度を十分満足していない可能性がある。専門家には地盤の変形予測の精度(予測値と実測値の差)をより高めていく責任があることはもちろんであるが、一方で、施工中の観測に基づいて時には設計変更することで建設コストと構造物の性能を最適化できるという考え方も取り入れていく必要があるのではないだろうか。

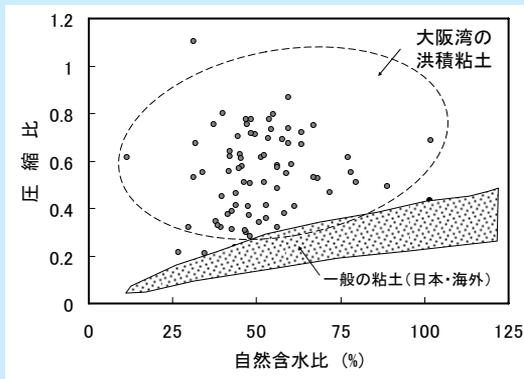


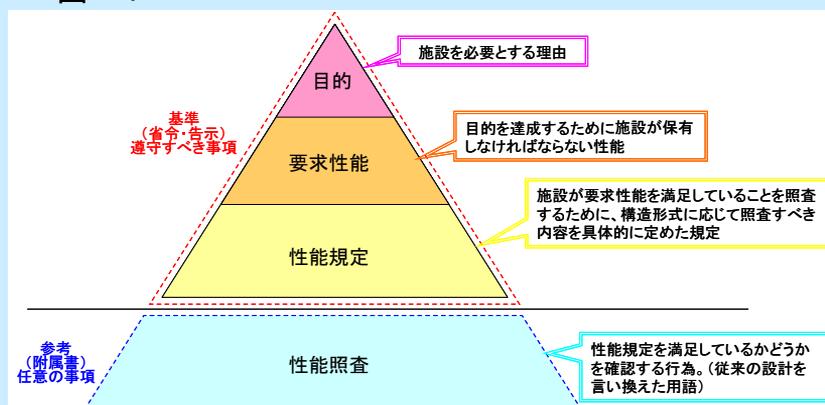
図-1

## - 技術基準の性能規定化 -

### 【設計グループ】

平成18年5月17日に港湾法が改正され、平成19年4月1日から新基準(港湾の施設の技術上の基準)が新しく施行されました。今回施行された技術基準は旧基準(従来の基準)の内容から大幅に変更されており、主な改正点としては、技術基準の性能規定化されたことや、基準適合性の確認体制の整備、地震動の考え方の変更などがあります。今回は、技術基準の性能規定化について述べたいと思います。

図-1



ここで、性能設計体系の概念を図-1に示します。この図でいう目的とは当該施設を必要とする理由、要求性能とは目的を達成するために施設が保有しなければならない性能を説明責任の観点から平易に表現したものであり、性能規定とは要求性能が満たされるために必要な照査に関する規定を技術的観点から表現したものです。なお、今回の基準の改正では性能規定までが拘束力のある基準となります。また、性能照査は性能規定が満足されることを照査する行為であり、その手法には特定の手法が義務づけられているものではありません。つまり、具体的な性能照査手法や許容される限界値の設定は設計者の判断に委ねられます。以上のことから今後は、設計者の創意工夫を活かした設計が行われることで、より低コストで高品質な施設の整備が期待されています。

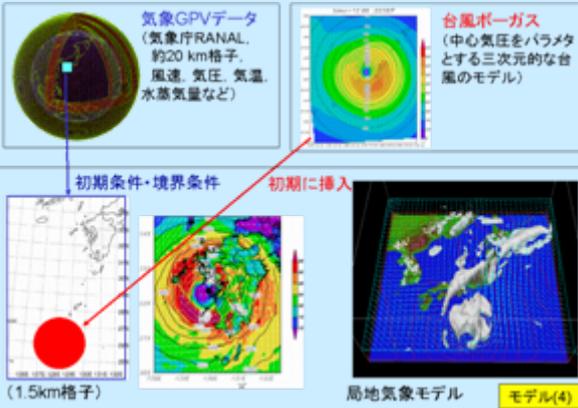
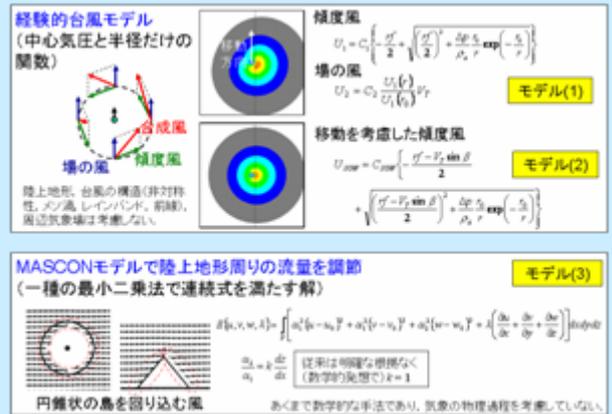
世界貿易機関(WTO)に加盟している我が国は、貿易の技術的障壁に関する(TBT)協定により、国際標準化機構(ISO)等において策定される国際規格を遵守することが義務づけられており、技術基準の国際整合化が必要です。これらのことから、構造物の材料、寸法、工法などの仕様の細部を規定し、結果に至る過程を規定していた旧基準から、施設に要求される性能のみを規定し、詳細な仕様を定めていない新基準が施行されました。

【調査課】

1. はじめに

高潮・波浪の推算精度向上には、高潮又は波浪を計算する数値モデル(波浪推算モデル等)の高精度化に加え、その与条件である気象場(風場)をいかに精度良く与えるかが重要であります。

これまで海上風推算で広く実務で用いられてきた経験的台風モデルや、マスコンモデルは気象の物理過程を全く考慮されていない、数学的な手法の推算モデルで、島嶼域である瀬戸内海の海上風の再現性が課題とされました。



そこで、気象物理過程が考慮された数値解析モデル『局地気象モデルMM5』を導入し、海上風の精度と、この推算値を用いた高潮・波浪推算の精度を、現地にて得られた観測値(第2号掲載)と従来モデルの推算結果とを比較、検証を行い、高潮・波浪推算の高精度化について検討を行いました。

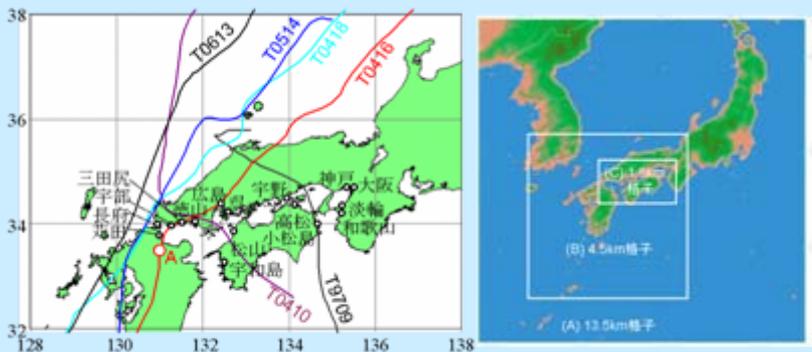
2. 海上風推算

局地気象モデルへは、気象客観解析データ(GPVデータ)を入力値として、海上風の推算を行います。しかし、そのままでのデータではデータ格子が粗いために、台風が過小に評価されてしまうため、台風ポーガスを投入し、現実に近い条件となるよう、入力値を工夫し、推算を行いました。

推算精度の検証に用いた台風は、気象庁GPVが提供されている1996年以降で、周防灘、広島湾などに顕著な高潮をもたらしたと考えられる台風を選びました。計算領域は図のとおりとしました。広領域は台風の発達又は減衰しながら移動する現象の再現を目的とし、中領域は台風の内部構造を計算、小領域は瀬戸内海の複雑な陸上地形や土地利用状況を考慮した気象の計算を目的としています。

海上風推算結果については、次号以降に報告いたします。

GPVデータ(Grid Point Value)とは三次元の計算格子点(約20km格子)における風速、気圧、気温等が含まれたデータで、気象庁やアメリカ環境予測センターなどから提供されています。台風ポーガスとは、過小評価されている台風を現実に近いものに修正するための、中心気圧をパラメタとする三次元的な台風モデルです。



- 雑記帳 -

季節もすっかりと秋になりましたね。秋といえば紅葉の季節。広島なら宮島の景色が一段と綺麗になる季節です。ここで某お饅頭のCMでもお馴染みの百人一首の句ですが、

「このたびは ぬさもとりあへず手向山 紅葉の錦 神のまにまに」

これは、急な出発だったので、手向山の神様へ御供えする”ぬさ”の用意もできてなかったので、代わりにこの美しい紅葉を供えさせて頂きます、という句です。

とてもオシャレな句だと思いませんか?? 四季をたしなむ日本ならではの句だと思います。

是非この秋は宮島へ紅葉狩りへと向かい、厳島神社の神様と一緒に紅葉を満喫したいですね。

発行:国土交通省 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所  
〒730-0029 広島市中区三川町2-10 愛媛ビル6F  
【TEL】082-545-7015 【FAX】082-545-7019  
【URL】<http://www.pa.cgr.mlit.go.jp/gicyo/>  
【e-mail】[info-hg87s3@pa.cgr.mlit.go.jp](mailto:info-hg87s3@pa.cgr.mlit.go.jp)



ご意見、ご感想をお待ちしております。