港湾における地震被害と耐震設計の高度化の取組み

2023年 関東大震災100年

港湾における過去の地震被害と耐震設計の変遷

【港湾の耐震設計基準の変遷】

■1976年 港湾構造物設計基準
- 震度法による設計震度について、新たな算出方法の導入
  設計震度=地域別震度×地盤種別係数×重要度係数
- 砂地盤の液状化に関する規定の導入

■1989年港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 液状化判定・予測手法の本格的な導入（粒度・等価加速度・等価N値）

■1999年港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 耐震強化岸壁の設計にレベル2地震動を導入
- 上記とあわせた有効応力解析の導入
- 桟橋設計への修正震度法と保有水平耐力法の導入
- 液状化判定・予測手法の改良（細粒分含有率の影響を考慮）

■2007年 港湾の施設の技術上の基準・同解説
- サイト増幅特性を考慮した時刻歴波形による設計入力地震動の導入
  レベル1地震動：確率論に基づいて作られた地震動（50年で、約50%の確率で遭遇する程度の地震動）
  レベル2地震動：対象港湾で想定される最大級の強さの地震動
- レベル1地震地震動に対する変形を考慮した照査用震度（フィルター処理）の導入
- 有効応力解析の全面的な導入

■2018年 港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 耐津波設計の高度化
  （最大クラスの津波、津波に先行して来襲する地震動、粘り強い構造）
- 桟橋の鋼管杭の耐力評価手法の見直し（レベル2地震動）
- 液状化判定・予測手法の改良（継続時間の長い地震動、余震への対応）

過去

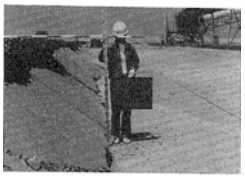
現在

【港湾における過去の地震被害】

■1923年 関東大震災、■1964年 新潟地震
■1968年 十勝沖地震、■1978年 宮城県沖地震、■1982年 浦河沖地震

■1983年 日本海中部地震
- 秋田港などの岸壁や埋立地で、液状化による著しい被害が発生した。

日本海中部地震によるエプロンの沈下（秋田港）



■1993年 釧路沖地震
■1993年 北海道南西沖地震
■1994年 北海道東方沖地震
■1994年 三陸はるか沖地震

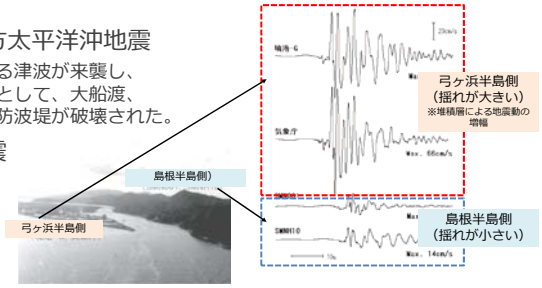
■1995年 兵庫県南部地震
- 地盤の液状化や設計震度を超えた地震動による慣性力等により、港湾構造物が被災した。

兵庫県南部地震（神戸港）

■2000年 鳥取県西部地震
- 弓ヶ浜半島の地下にある堆積層が、地震動を大きく増幅させたことが確認された。
  （サイト増幅特性の影響）

■2005年 福岡県西方沖地震
■2007年 能登半島沖地震

鳥取県西部地震の際に境港周辺で観測された速度波形
（堆積層による地震動の増幅）



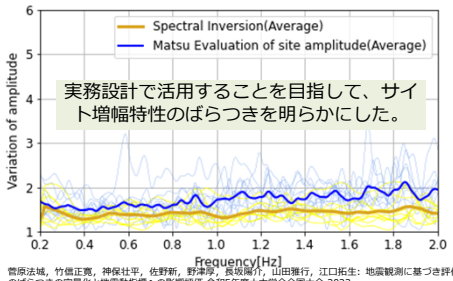
■2011年 東北地方太平洋沖地震
- 設計をはるかに上回る津波が来襲し、釜石湾港防波堤を肇として、大船渡、八戸、相馬など巨大防波堤が破壊された。

■2016年 熊本地震

港湾・沿岸海洋研究部で取り組んでいる研究（サイト増幅特性の評価）

- 地震基盤上に存在する堆積層は、地震波の振幅等に大きく影響することが港湾分野における過去の地震被害を通じた経験（1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震等）からも明らかにされてきた。
- このような影響は、サイト特性（サイト増幅特性、サイト位相特性）と呼ばれ、サイト特性を事前に精度高く評価をしておくことは、港湾構造物の合理的な耐震設計行ったり、将来的に発生しうる地震被害を想定したりするために重要なことである。
- 国総研では、 地方整備局等とも連携しながら、サイト特性やそのばらつきを観測を通して精度高く評価し、ゾーニングを行う取組みを継続して実施している。

周波数毎のサイト増幅特性のばらつきの評価結果

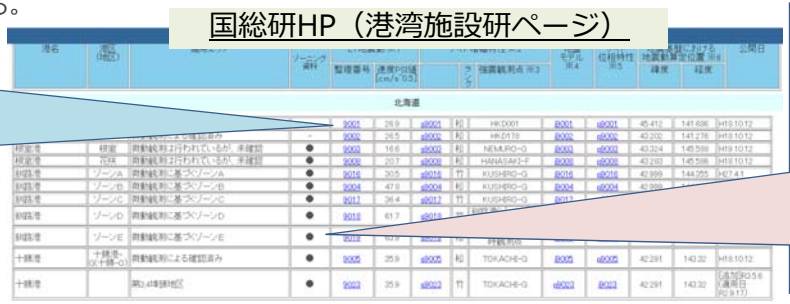


曽原法城，竹盛正寛，神保壮平，佐野新，野津厚，長坂陽介，山田雅行，江口拓生：地震観測に基づき評価されたサイト増幅特性のばらつきの定量化と地震動指標への影響評価，令和5年度土木学会全国大会,2023.

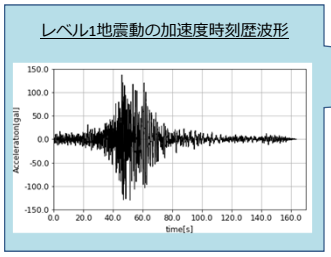
港湾・沿岸海洋研究部で公表しているサイト特性を考慮した設計入力地震動

- 国総研（港湾・沿岸海洋研究部）では、全国の実務設計で使用できるように、サイト特性を考慮したレベル1地震動とその適用範囲を示したゾーニングマップを公表している。

国総研HP（港湾施設研ページ）



レベル1地震動の加速度時刻歴波形



レベル1地震動の適用範囲を示すゾーニングマップ