

2000年鳥取県西部地震における境港の被害に見る地震動の極性の影響

震害, 地震応答, 断層

港湾空港技術研究所 正会員 野津 厚

1. はじめに

2000年鳥取県西部地震の際に境港で比較的大きな被害を受けた施設に注目すると, その被害形態から, 当該港湾に作用した地震動は構造物に東北東向きの残留変位を生じさせる性質があったものと推定される. このことを検証するため, 境港周辺で取得された強震記録に対する剛体活動モデルの応答を調べた. その結果, 被害形態と整合する結果が得られた. このような地震動の性質を, 右横ずれ左横ずれといった震源断層のメカニズムと結びつけて一般的に論じることができそうかどうか検討するため, 他の代表的な横ずれ断層による地震の強震記録についても検討した.

2. 境港の被害と地震動の特徴

2000年鳥取県西部地震で被害を受けた境港の施設のうち, 被害の程度が特に著しかった施設に注目すると, その残留変位の向きに一定の傾向があるように見える¹⁾. 図-1は竹内南地区マリーナ桟橋の被災状況を示す. この桟橋は300のPC杭によるものであったが, 杭が折れて床版が落下する被害が生じた. 図-2は桟橋の平面図である. 西南西東北東方向の法線を有する護岸から, 南南東の方向に延びる桟橋であるが, 落下した桟橋床版はすべて最初の位置よりも東北東側に水没している. 図-3は境漁港の平面図であるが, 北に向かって延びる突堤の東側に位置する前面水深-6.0mの鋼矢板式岸壁で, 岸壁法線が湾曲しながら最大1.3m程度はらみだす被害が生じた(写真-1). 一方突堤の西側に位置する同じく前面水深-6.0mの鋼矢板式岸壁の被害は軽微であった. これらの被害形態から, 当該港湾に作用した地震動は構造物に東北東向きの残留変位を生じさせる性質があったものと推定される.

なお, 境漁港の突堤の西側に位置する岸壁は1990年代に増深のため改良されており, 東側に位置する岸壁とは構造が異なっていた¹⁾. このことも, 東西の被災程度が異なっていたことの要因であるかも知れない. しかし, ここではむしろ, 被災施設の残留変位の向きに共通の特徴が見られることに注目したい.

境港に作用した地震動の性質が被災施設の残留変位の向きに影響を及ぼしたという仮説を検証するため, ここでは境港周辺で取得された強震記録を剛体滑動モデルに入力して, 残留変位の向きを調べた. ここでは境港-G(境港工事事務所)と気象庁観測点の二ヶ所で得られた加速度波形を入力した. 入力した波形を図-4に示す. 成分は断層直交成分(N60E成分)である. ここで考える剛体滑動モデルの剛体は正負いずれの向きにも滑動できるものとした. 静止摩擦係数(ここでは設計震度と呼ぶ)を0.01~0.4の範囲で変化させた. 動摩擦係数は静止摩擦係数に等しいとした. 計算される相対変位は, 剛体の基盤に対する相対変位である.

図-5は設計震度と残留変位の関係をプロットしたものである. 同図によれば, 境港-Gと気象庁のいずれの波形に対しても, 設計震度0.05~0.25の広い範囲で正の残留変位が生じている. すなわち, 残留変位は東北東の方向である. このことと, 上述した被害の特徴を考えあわせると, 境港に作用した地震動は構造物に東北東向きの残留変位を生じさせる性質があったと結論づけて良いように思われる. なお, 図-5において設計震度が0.05以下の場合の残留変位はあまり信頼性がない. 一般に剛体滑動モデルで設計震度が非常に小さい場合, 剛体の残留相対変位は基盤の残留絶対変位を直接反映するので, 観測波のごく低い振動数成分の観測精度に左右されるからである.

3. 他の横ずれ断層の地震

構造物に一定方向の残留変位を生じさせるような地震動の性質は, 断層の種類(右横ずれ左横ずれ)と関連づけて一般的に説明できる可能性があるものと期待される. なぜなら, 構造物への影響が大きいFar-field S波のパルスに着目すると, 例えば左横ずれ断層の地震では, 仮にサイトの影響を無視するとすれば, 震央からサイトに向かって, 地盤はいったん右向に動き, もとの位置に戻る. このとき構造物には右向きの残留変位が生じる可能性が高い. 右横ずれ断層の地震ではその逆が成り立つ. このようなことが一般的に言えるのであれば, 構造物への設計用入力地震動を決める際の参考にもなる. このような考えから, ここでは, 他の代表的な横ずれ断層による地震の震源近傍の強震記録を剛体滑動モデルに入力し, このときに生じる残留変位の正負について検討した.

結果を図-6に示す. これらの図において, 残留変位の正負については, いずれも残留変位が生じることが期待される向きを正としている. 図-6の地震は右横ずれ断層の地震であるから, 震央からサイトに向かって左向きを正としている. 図-6によれば, 期待された通り正の残留変位が生じている場合が多いことが注目される. しかし, 1979年Imperial Valley地震のEl Centro Array#7と1995年兵庫県南部地震のJR鷹取駅は例外となっている.

JR鷹取駅の地震動の性質が例外的であることは元木・瀬尾²⁾がすでに指摘している. 彼らはこのことを説明するため, JR鷹取駅の近傍にアスペリティーを配した新しい震源モデルを提案している. 確かにこれは例外を説明するため

の一つの方法ではあるが、1979年 Imperial Valley 地震の場合、対象とした ElCentro Array #5 ~ #7 は震央からほぼ等距離にあるので、同じような説明は難しそうである。むしろ、構造物の残留変位の向きに及ぼす要因が断層の種類（右横ずれ左横ずれ）以外にも存在する可能性も残されており、様々な可能性を検討することが必要であると考えられる。

4. まとめ

以上の結果を要約すれば次の通りである。2000年鳥取県西部地震の際に境港に作用した地震動は、構造物に東北東向きの残留変位を生じさせるような性質を有していた。このことは、施設の被害状況と、剛体滑動モデルによる検討結果から、確実と思われる。この性質は、横ずれ断層の種類（右横ずれ左横ずれ）と関連づけて説明できる場合が多いが、例外的な事例も存在する。

謝辞

JR 鷹取駅の波形は JR 警報地震計 (FD シリアル番号 R-087) ³⁾ によります。

参考文献

- 1) 井合進, 菅野高弘, 山崎浩之, 長尾毅, 野津厚, 一井康二, 森川嘉之, 小濱英司, 西守男雄, 佐藤陽子, 田中剛, 海老原健介, 大村武史, 大槇正紀: 平成 12 年 (2000 年) 鳥取県西部地震による港湾施設等の被害報告, 港湾空港技術研究所資料, No.1015, 2001 年 12 月。
- 2) 元木健太郎, 瀬尾和夫: 1995 年兵庫県南部地震の震源近傍での構造物被害方向の規則性の成因となる震源過程の解釈, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001 年 9 月, pp.15-16。
- 3) 中村豊, 上半文昭, 井上英司: 1995 年兵庫県南部地震の地震動記録波形と分析 (), JR 地震情報 No.23d, (財) 鉄道総合技術研究所ユレダス開発推進部, 1996 年。



図-1 竹内南地区マリーナ棧橋の被災状況



写真-1 境漁港-6.0m 岸壁の被害状況

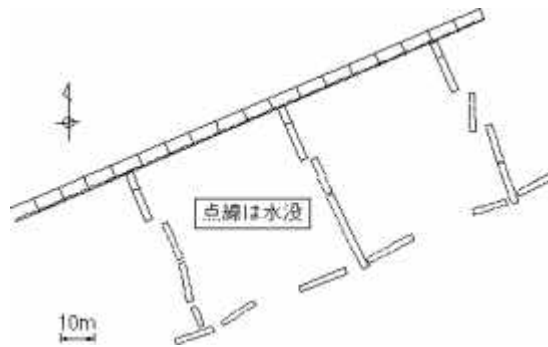


図-2 マリーナ棧橋の床版の落下位置

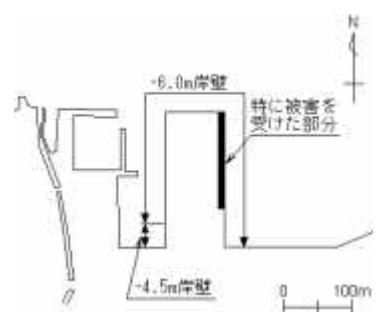


図-3 境漁港平面図

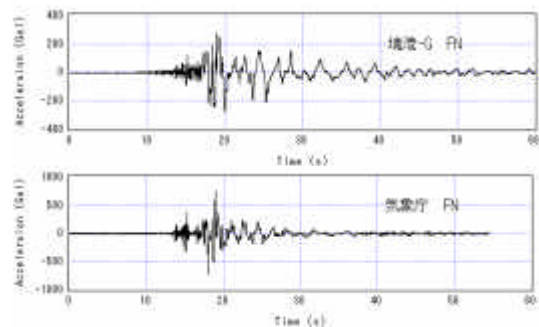


図-4 剛体滑動モデルに入力した波形
境港-G (上) と気象庁観測点 (下)

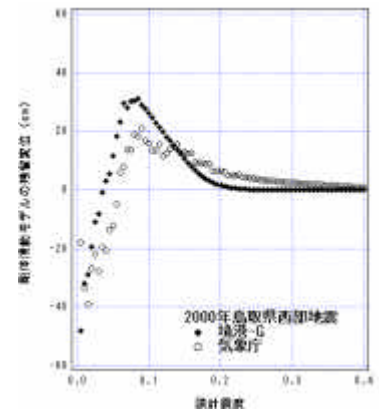


図-5 剛体滑動モデルの残留変位 (境港周辺の地震動)

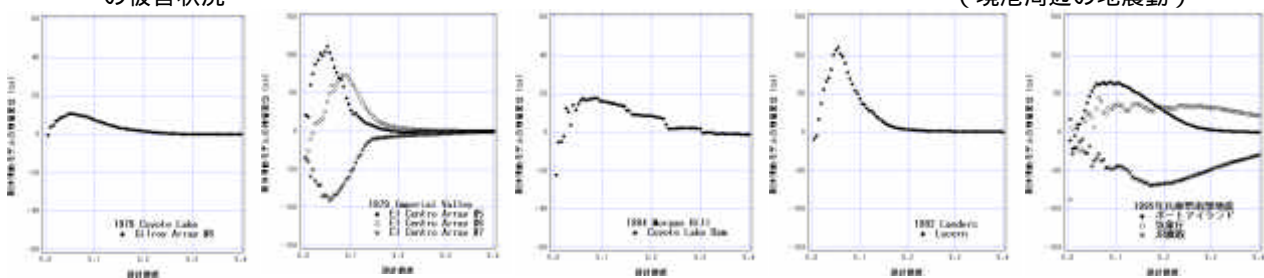


図-6 剛体滑動モデルの残留変位 (左から順に 1979 年 Coyote Lake 地震, 1979 年 Imperial Valley 地震, 1984 年 Morgan Hill 地震, 1992 年 Landers 地震, 1995 年兵庫県南部地震)