

III-A 155 地震による重力式港湾構造物の沈下量の簡易的な評価

運輸省第三港湾建設局 正会員 及川 研
 運輸省第三港湾建設局 正会員 松永 康男
 不 動 建 設 正会員 坪井 英夫
 不 動 建 設 正会員 仁田尾 洋

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、神戸港の港湾施設に著しい被害が発生し、重力式港湾構造物は、水平および鉛直方向とも大きな変形を生じた¹⁾。しかしながら、同一構造形式の施設においても基礎地盤の改良方法の差異、すなわち床掘置換地盤かSCP改良地盤かによって被災変形量に明確な差が生じた²⁾。ここでは、床掘置換地盤とSCP改良地盤の地震による変形挙動の差異について、神戸港の3施設（ポートアイランド2期地区護岸（防波）、ポートアイランド2期地区岸壁（-15m）、神戸港摩耶埠頭岸壁（-12m））で地震後に測定された実測沈下量に着目し²⁾、その定量的な把握を目的として2つの簡易的な方法による計算沈下量の算定を試みたので報告する。

2. 沈下量の推定方法

沈下量の推定は、図-1に示す方法(1)および方法(2)の2つの簡易手法により行った。方法(1)は、地震による砂の液状化安全率 F_L と液状化後の排水に伴う体積ひずみの関係³⁾を用いて、液状化後の砂地盤の沈下量を推定する手法である。方法(2)は、地震により発生する過剰間隙水圧比と地盤反力係数の低減率の関係⁴⁾を用いて、地震後の上載荷重 P （ケーソン+基礎捨石）による砂地盤の沈下量を推定する手法である。なお、液状化安全率 F_L の算出には港湾の方法⁵⁾を用い、相対密度 D_r の算出には、図-1の検討フローに示す式を用いた。 F_L 、 D_r を算出する場合の条件として、材料砂の細粒分含有率は周辺部で測定された平均的な値を用いることとし、床掘置換は $F_L=15\%$ 、SCP改良は $F_L=10\%$ とした。床掘置換地盤の N 値は、周辺部で測定された値より、表層部で $N=5$ 程度、改良深さ20mで $N=15$ 程度の深度分布とした。SCP改良地盤の N 値は、今回の被災事例を考慮し平均的な値よりも下限値をとり、表層部で $N=10$ 程度、改良深さ20mで $N=30$ 程度の深度分布とした。地表面最大加速度は今回の地震相当の $\alpha_{max}=500\text{Gal}$ と設計地震動相当の $\alpha_{max}=200\text{Gal}$ の2種類を考えた。また方法(2)において、上載荷重 P （ケーソン+基礎捨石）の値が必要となるが、ポートアイランド2期地区護岸（防波）は $P=15.10\sim 26.78\text{tf/m}^2$ 、ポートアイランド2期地区岸壁（-15m）は $P=22.94\sim 23.20\text{tf/m}^2$ 、神戸港摩耶埠頭

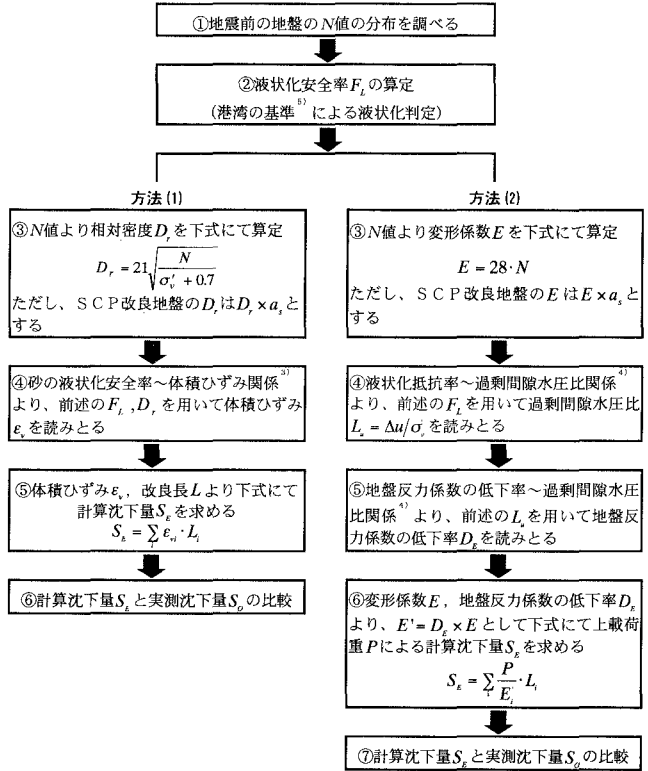


図-1 検討フロー

的な値よりも下限値をとり、表層部で $N=10$ 程度、改良深さ20mで $N=30$ 程度の深度分布とした。地表面最大加速度は今回の地震相当の $\alpha_{max}=500\text{Gal}$ と設計地震動相当の $\alpha_{max}=200\text{Gal}$ の2種類を考えた。また方法(2)において、上載荷重 P （ケーソン+基礎捨石）の値が必要となるが、ポートアイランド2期地区護岸（防波）は $P=15.10\sim 26.78\text{tf/m}^2$ 、ポートアイランド2期地区岸壁（-15m）は $P=22.94\sim 23.20\text{tf/m}^2$ 、神戸港摩耶埠頭

岸壁（-12 m）は $P=21.14 \text{ tf/m}^2$ の値をそれぞれ用いた。

3. 検討結果

床掘置換地盤およびSCP改良地盤の沈下量について、方法(1)の検討結果を図-2に、方法(2)の検討結果を図-3に示す。両図とも床掘置換地盤およびSCP改良地盤の実測沈下量 S_o と計算沈下量 S_e の関係を示している。方法(1)の場合は、図-2に示すように、床掘置換地盤については $S_o > S_e$ 、SCP改良地盤については $S_o \approx S_e$ となり、床掘置換地盤の場合には地盤の体積ひずみだけでは説明できないという結果になった。方法(2)の場合は、図-3に示すように、両者ともに $S_o \approx S_e$ となり、沈下量は比較的良好に評価された。このように、岸壁等の沈下量を評価する場合には、上載荷重および地盤の変形係数からアプローチする方が両地盤とも良好に評価された。また、それぞれ設計地震動相当 ($\alpha_{max}=200\text{Gal}$) の場合も図中に示してあるが、床掘置換地盤、SCP改良地盤とも $S_e \approx 0$ となった。なお、図中の実測沈下量 S_o は、それぞれの改良長における平均値を示しており、併せて最大値と最小値も示している。ポートアイランド2期地区護岸（防波）のSCP改良地盤の50%改良部については、ケーソン設置完了後の測量から2ヶ月程度経過していたため、ケーソンおよび基礎捨石による圧密沈下量も考慮している。

4. まとめと今後の課題

本検討は、1995年兵庫県南部地震によって被災した重力式港湾構造物の沈下量を定量的に把握することを目的として行った。これらの検討により、今回対象とした神戸港の3施設については、改良長の短い摩耶埠頭岸壁（-12 m）を除いて、床掘置換地盤の場合は方法(2)による計算沈下量が、SCP改良地盤の場合は方法(1)および(2)による計算沈下量が実測沈下量と比較的良好な精度で一致するという結果が得られた。また、設計地震動相当 ($\alpha_{max}=200\text{Gal}$) では、両者とも沈下量はほとんど発生せず、今回の地震による大阪港での被災事例と整合する結果となった¹⁾。

今回の地震による変形挙動の差異は、床掘置換地盤の場合は過剰間隙水圧の上昇に伴うせん断抵抗の低下により変形を生じ¹⁾、SCP改良地盤の場合は砂杭の密度が高かったために地震後の変形は床掘置換地盤に比べて小さかったものと考えられる。なお、今回の検討は、沈下量だけに着目した一次元的なものであり、実際にはケーソンのはらみ出しや部分的な沈下等のせん断変形を生じており、今後は水平変位を含めた全体変形との対応についても検討が必要であると考えられる。

参考文献 1) 港湾施設耐震構造検討委員会の中間報告、地震対策に関する港湾技術セミナーテキスト、財団法人 沿岸開発技術研究センター、平成7年10月。2) 及川研・松永康男・藤嶋克慶・加茂一郎；1995年兵庫県南部地震による重力式港湾構造物の被災状況と基礎地盤改良工法の関係、土木学会第51回年次学術講演会、平成8年9月。3) K. Ishihara.; Liquefaction and flow failure during earthquakes, GEOTECHNIQUE VOLUM E XLIII NUMBER 3, pp.351-415, 1993.9. 4) 常田賢一・木全俊雄・吉田精一；地盤の流動化特性およびその影響に関する実験的検討、第16回土工質工学研究発表会、pp.629-632, 1981. 5) 埋立地の液状化対策ハンドブック、財団法人 沿岸開発技術研究センター、平成5年3月。

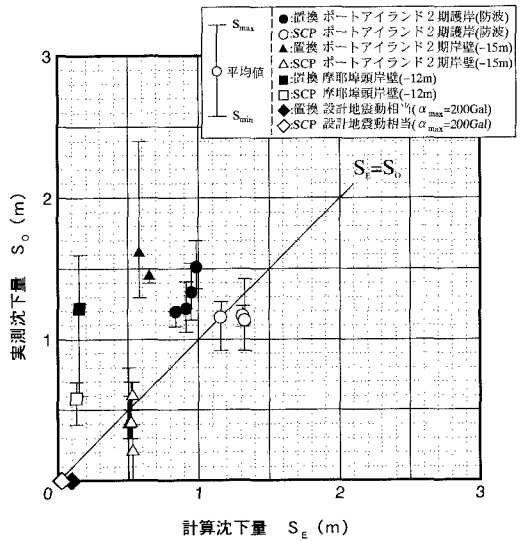


図-2 方法(1)による検討結果

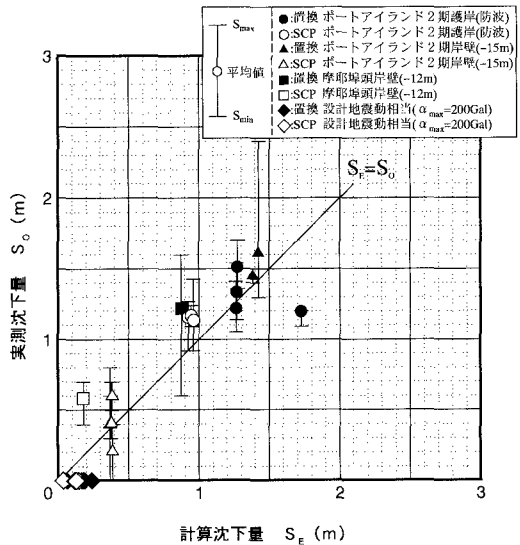


図-3 方法(2)による検討結果