臨海地域における長大橋基礎工の地震時挙動に対する解析的検討

- 日本工営 正会員 小森 暢行
- 港湾空港技術研究所(前・国土交通省関東地方整備局) 正会員 高橋 英紀
 - 国土交通省関東地方整備局 非会員 多田 和正
 - 日本工営 正会員 友田 富雄
 - 同 上 非会員 中島 祐一

1.目的

昨今,臨海地域においてトラス橋形式や斜張橋形式などの長大橋の整備が計画されることがあるが,この主 橋脚および中間橋脚の基礎は,各種制約条件から護岸付近に計画されることが多い.基礎が護岸付近に建設さ れる場合,地震時に基礎が大きく変動することに加え,地盤の液状化や流動化に伴って,大きな残留変位が生 じる可能性がある.また,基礎の地震時の変動や地震後の残留変位は橋梁の上部構造の安定性・健全性に大き な影響を与えるため,地震時および地震後の基礎の挙動を詳細に検討しておくことが重要である.そこで本研 究では,モデル護岸を対象に基礎を含めた地盤に対して有限要素法による2次元動的有効応力解析を実施し, 地震時および地震後の挙動を調べるとともに,基礎の耐震性について検討した.

2. 検討内容

本研究では,図-1 に示す様に,水路を挟んだ両護岸 付近にそれぞれ主橋脚,中間橋脚,端部橋脚が2本ずつ で合計6本の橋脚が建てられることを想定した.橋梁の 基礎形式としては,主橋脚および中間橋脚にニューマチ ック・ケーソン基礎,端部橋脚に杭基礎が適用されたと 仮定し,これらの基礎を含めて有限要素法による2次元 動的有効応力解析(解析コード:FLIP¹⁾)を実施した. この動的解析によって,基礎の地震応答特性および残留 変位を調べ,基礎の耐震性について検討した.なお,解 析の都合上,橋梁中心点を境に領域を2分割して動的解 析を実施した.また,ケーソン基礎は十分に奥行きを有 するため,地盤とケーソンの相対変位を考慮せず,杭基 礎に関しては地盤と杭を別要素としてモデル化し,それ らの相対変位を考慮した.



図-2 慣性力のモデル化概念図

水中部の基礎へ入力する動水圧については,海中で基礎上部へ作用する動水圧を適切に評価するため,別途, 基礎上部の RC 橋脚に対する3次元 FEM 解析を実施した.この3次元 FEM 解析で得られた動水圧を基礎上 部への付加質量として2次元動的解析へ組み込んだ.なお,モデル護岸における主橋脚基礎の設置位置での水 深は深く,動水圧の影響が大きいため,動水圧を低減する基礎上部の RC 橋脚の形状についても工夫を行い, 検討した.基礎へ入力する慣性力については,橋梁の上部構造からの慣性力を2次元動的解析では適切に評価 できないため,図-2に示す様に,慣性力を入力しないケース1と,1質点系の梁モデルとして入力するケー ス2の2つのモデル化手法によって慣性力の感度分析を行い,その評価を試みた.入力地震動には,ある湾岸 で想定されているレベル2地震動を用いた.

キーワード 長大橋,ニューマチック・ケーソン基礎,液状化,流動化,動的有効応力解析 連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町4丁目2番地 TEL:03-3238-8347

3. 検討結果

動水圧を考慮した 3 次元 FEM 解析の結果を表 - 1 に示す .表に示 すように基礎を角切りした Case-2 で動水圧を橋軸平行方向で 3%, 橋軸直角方向で2%低減できることが分かった.この結果を受けて, 主橋脚基礎上部の RC 橋脚の形状を設計し,動水圧を付加質量とし て2次元動的解析へ入力した.

2次元動的解析の結果として,基礎天端における残留変位の一覧 表を表 - 2 に 主橋脚 B ~ 端橋脚 B 側の残留変形図を図 - 3 に示す. モデル護岸における埋立層と沖積シルト層が液状化し,基礎に大き な地震時土圧が作用することが分かった.このため,特に1質点系 の梁モデルのケースでは基礎に発生する応力が大きく、ケーソン基 礎の中間部が曲げ降伏した.しかし、その塑性率は主橋脚基礎で1.2, 中間橋脚基礎で 3.2 程度と大きくないことおよびせん断力に対して は破壊しないこと、さらに他のケースでは降伏しないことから、基 礎は地震時における耐震性を有すると判断した.





()内は、Case1に対する比率

基礎天端の残留変位は ,護岸に近接した中間橋脚 A および主橋脚 B で大きく ,最大で 30 cm 程度であった. この程度の残留変位量ならば,橋梁上部構造の主要部材を降伏しないように設計することが可能であり,支承 等の付属物の許容変位量内に収めることもできる.また,モデル1とモデル2の残留変位量が大きく変わらな いことから、上部構造のモデル化による慣性力の違いは残留変位量には大きな影響を与えないことが分かった.



表-2 基礎天端における残留変位

図-3 ケース 2, 主橋脚 B~端橋脚 B の残留変形図

4.まとめ

有限要素法による2次元動的有効応力解析により基礎の耐震性を検討した結果,基礎は所要の耐震性を有し, 務留変位量は上部構造の主要部材を降伏しないように設計することが可能な程度で収まることが確認できた. また,上部構造のモデル化による慣性力の違いは残留変位量には大きな影響を与えないことが分かった.

参考文献: 1) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. (1990): Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56