

河川堤体に近接する地中構造物の地震時挙動に関する比較検討

阪神高速道路公団 正会員 浜田 信彦 *
 京都大学大学院 正会員 清野 純史 **
 (株)建設技術研究所 正会員 李 圭太 ***

1 検討目的

河川堤防に近接した地中道路構造物(RC ボックス構造物)に対して、地盤の沈下・液状化対策を行った場合の地震時挙動を確認するため、河川堤体地盤～構造物系の非線形時刻歴応答解析を行った。

2 検討手法

検討にあたっては、道路構造物、基礎地盤を鉛直2次元にモデル化した。使用プログラムは、京都大学防災研究所で作成された 7S- を用いた。本プログラムは、有限要素法による非線形地震応答解析プログラムであり、材料非線形性(地盤の降伏)、構造非線形性(地盤-構造物間の剥離、滑動)の両非線形性を考慮したものである。

2.1 時刻歴応答解析に用いる地震外力条件

入力地震動の設定にあたっては、阪神高速道路公団「開削トンネル耐震設計指針」において規定されている2つのレベル(L1, L2)の地震外力を用いた(図 2-1)。

L1 地震動は、道路橋示方書の規定する1種地盤スペクトルの適合地震波形、L2 地震動は、兵庫県南部地震におけるポートアイランド基盤記録を標準加速度応答スペクトルに適合するように振幅調整した波形である。

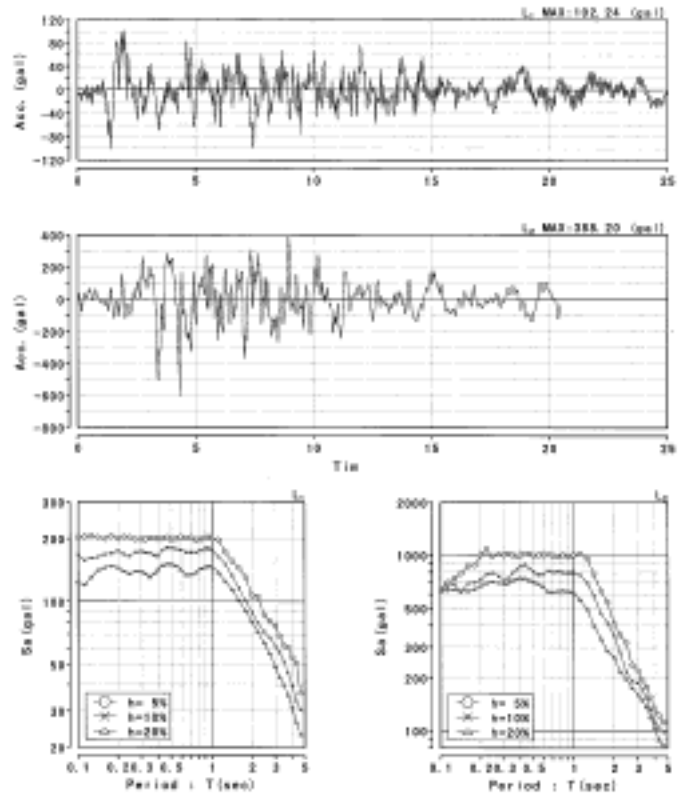


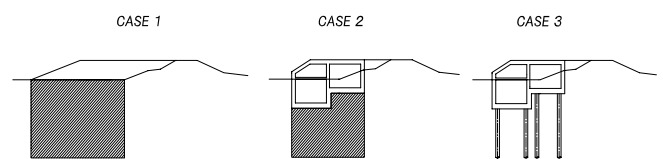
図 2-1 入力地震波形と応答スペクトル

2.2 解析ケースの設定

対象区間の地盤は上層より、盛土層、沖積砂層(As)、沖積粘土層(Ac)、洪積粘土層(Tc)、洪積砂礫層(Tg)の層序を成している。構造物下面の As, Ac 層には、深層混合処理を施した複合地盤を設定した。本検討では、図2-2 に示す3ケースを比較検討の対象とする。

2.3 解析に適用する非線形特性

本検討で用いる材料非線形特性は完全弾塑性モデルを用い、RC 構造物、地盤改良部は線形材料として扱う。また、地盤-構造物間は、Goodman のジョイント要素を用いるとともに、地盤 - 構造物間の剥離(軸方向)、滑動(せん断方向)の両非線形特性とする。



CASE1: 盛土形式 + 地盤改良(盛土下方の基礎地盤を地盤改良)
 CASE2: 地中構造形式 + 地盤改良(構造物の下方地盤を地盤改良)
 CASE3: 地中構造形式 + 杭基礎(構造物基礎を杭支持)

図2-2 解析ケース

3 動的応答特性の把握

全ケースにおいて卓越する 1 次の固有周期は、0.60 秒程度となっており、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編による地盤種別では 1 種地盤に相当した。

キーワード：動的応答解析、時刻歴応答解析、非線形、河川堤体、地中構造物
 連絡先：*) 541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 大阪センタービル 阪神高速道路公団工務部設計課 Tel:06-6252-8151, Fax:06-6252-4583
 **) 606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院 Tel: 075-753-5132, Fax:075-762-2005
 ***) 540-0008 大阪市中央区大手前 1-2-15 住友生命大手前ビル (株)建設技術研究所大阪支社 Tel: 06-6944-7872, Fax:06-6944-7761

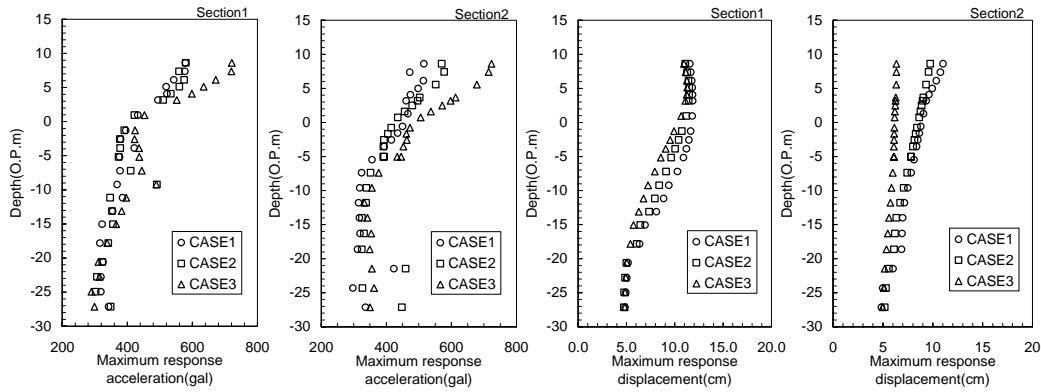


図 3-1 最大応答値の深度分布（LEVEL2）

道路構造物の形式に着目すると、Case1, Case2, Case3 の順に固有周期は小さくなっている。1~5 次までの振動数(F), 周期(T), 有効質量(XDRN)の算定結果から各ケースで1次の有効質量が70%を超えていることから、1次の固有周期が支配的であることがわかった。

解析結果の整理にあたり、堤防中心部 (Section 1) と道路構造物中心部 (Section 2) に着目した。

3.1 時刻歴応答の深度分布の把握

LEVEL2地震動では、CASE1, CASE2で最大応答加速度、最大応答変位ともほぼ同様な応答分布の様相となっているが、CASE3では両SECTIONで最大加速度応答は大きな値となっている。最大応答変位の分布はSECTION1では各CASEとも同様な分布となっているものの、SECTION2ではCASE3はほぼ線形的な分布で他のCASEと比較して小さな値となっている。これらの結果より、CASE3の杭基礎構造形式ではLEVEL2地震動において堤体部の最大加速度応答が顕著に増幅することから、慣性力作用による堤体の破壊に留意する必要があると考えられる。

3.2 地盤と構造物の剥離

図 3-2 に地盤と構造物の剥離状況を示す。剥離の発生箇所は、LEVEL1では構造物側壁部において発生し、LEVEL2では中間壁部においても発生している。この結果から、CASE2では軟弱粘土層の地盤改良、CASE3では杭基礎支持により、非対称構造物・非対称土圧となっているものの、地震により道路構造物に大きなローテーションが発生していないことが確認できる。

ジョイント要素の相対変位に着目すると、LEVEL1では剥離・滑動ともかなり軽微な結果となっており、水みち発生要因は発生しないと判断できる。LEVEL2においても、LEVEL1と比較した場合、剥離のピークで約

1cm、滑動で約3cmとなっているが、地震と洪水との同時生起がかなり確率的に低いと考えられることから、このピーク値が水みち発生の要因にはならないと考えられる。

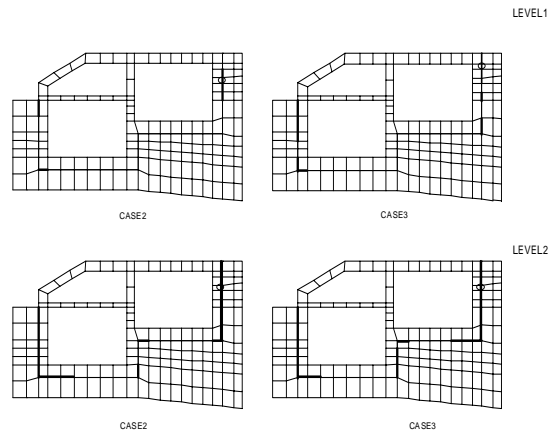


図3-2 地盤と構造物の剥離

4 まとめ

本検討から、CASE3の杭基礎形式では、LEVEL2地震動により顕著な加速度応答の増幅が確認できた。RC構造物と地盤との剥離・滑動はいずれの構造形式においても軽微な結果となっており、水みちの発生要因とならないと判断した。本検討を踏まえ、この道路プロジェクトでは、CASE2の地下構造形式を基本として計画することとした。

本検討において地震レベルの違いによる河川堤防の治水安全性に対するリスク評価を明確にするには至らなかったが、今後、本検討で得られた知見をもとに河川堤防の破壊を解析的、実験的に解明することとしたい。

参考文献：

開削トンネル設計指針:平成9年10月,阪神高速道路公団
開削トンネル耐震設計指針:平成11年2月,阪神高速道路公団