液状化地盤におけるボックスカルバートの横断方向の耐震設計に関する考察

パシフィックコンサルタンツ株式会社　正会員○橋本　知尚

１．はじめに

一般に、構造物の周辺地盤が液状化した場合、地盤の剛性が著しく低下し、地震時の地盤変位が構造物に伝達されにくくなり、構造物の部材には変形や断面力が生じにくいと考えられている。そのため、ボックスカルバートの耐震設計においては、液状化の可能性がある地盤であっても、「横断方向の耐震設計」は液状化しないことを前提とした全応力解析、「周辺地盤の安定」は液状化を考慮した有効応力解析とそれぞれ切り分けた検討が行われている。本報告では、周辺地盤が液状化に至る過程での部材の変形や断面力について着目し、全応力解析による横断方向の耐震設計が安全側の設計となっているか検証を行った。また、液状化対策としてボックスカルバートの直下に地盤改良を実施する場合、「横断方向の耐震設計」において地盤改良体の剛性を考慮しないことが一般的であるが、これについても考察を行った。

２．検討手法

2-1 検討条件

検討対象構造物は、一般的な 1 層 2 径間の道路トンネルを想定した。地盤条件は、ボックスカルバート周辺を砂質土（N 値=3）とし、全く液状化しない場合、ボックスカルバート側壁中央部以浅が液状化する場合、全て液状化する場合を想定した。地盤改良体はボックスカルバート直下の砂質土 3 を対象とし、改良体強度（一軸圧縮強度）は 1.0MN/m2 とした。

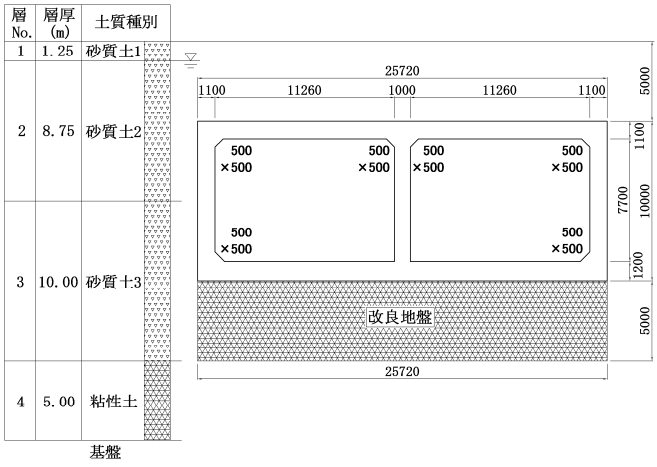

図１　構造物形状と地盤条件

2-2 解析手法と変数

解析手法は、2 次元有効応力解析を用いた。ボックスカルバートを線形梁要素でモデル化し、地震時増分の変形および断面力を算出した。解析の変数は、1)周辺地盤の液状化の有無、2)地盤改良体の考慮の有無とし、表 1 に示す 5 ケースについて解析を行った。なお、液状化の発生と地盤改良体の剛性を考慮しない CASE 1 を基本ケースとする。

表１　解析ケース

No.	液状化の考慮	液状化層	地盤改良
CASE 1	しない	なし	なし
CASE 2	しない	なし	あり
CASE 3	する	砂質土 2、3	なし
CASE 4	する	砂質土 2	なし
CASE 5	する	砂質土 2、3	あり

３．解析結果

3-1 発生曲げモーメント

地盤改良体を考慮しないケースの比較では、全部材（頂版、底版、側壁、中壁）において最も曲げモーメントが厳しいのは CASE 1、ついで CASE 4、CASE 3 となっている。

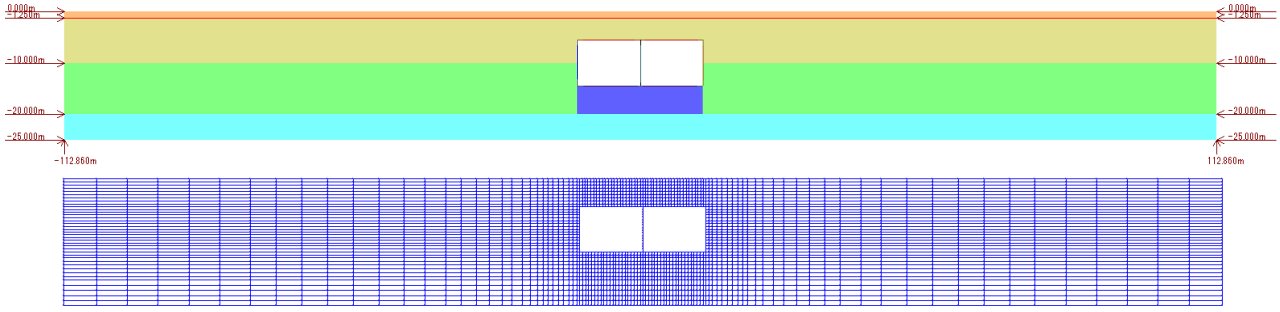

図２　２次元有効応力解析　全体モデル図

キーワード：ボックスカルバート　液状化　耐震設計　地盤改良
連絡先：〒101-8462　東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地テラススクエア　TEL 03-6777-4748

地盤改良体を考慮した CASE 2 の曲げモーメントは、地盤改良体を考慮しない CASE 1 と比較して数パーセント大きいところがあるものの、同程度の値を示している。

また、地盤改良体を考慮した CASE 5 の曲げモーメントは、地盤改良体を考慮しない CASE 3 と比較すると大きく、特に中壁では 8 倍程度と差が大きいが、全部材において CASE 1 よりも小さい値を示している。

3-2 発生せん断力

地盤改良体を考慮しないケースの比較では、全部材において最もせん断力が厳しいのは、曲げモーメントと同様に CASE 1、ついで CASE 4、CASE 3 となっている。

地盤改良体を考慮した CASE 2 のせん断力は、地盤改良体を考慮しない CASE 1 と比較して側壁下端で 15%、底版端部で 15%、底版中央で 8%程度大きい値を示している。また、地盤改良体を考慮した CASE 5 のせん断力は、地盤改良体を考慮しない CASE 1 と比較して側壁下端で 18%、底版端部で 5%程度大きい値を示している。

3-3 層間変形角

躯体の層間変形角は、地盤改良体を考慮することにより大きくなる傾向が見られたが、躯体の回転分を控除して評価するとその差は非常に小さくなった。

表 2　層間変形角のまとめ

No.	躯体回転含む	回転控除
CASE 1	1/367	1/1330
CASE 2	1/343	1/1451
CASE 3	1/422	1/4164
CASE 4	1/479	1/1587
CASE 5	1/312	1/1209

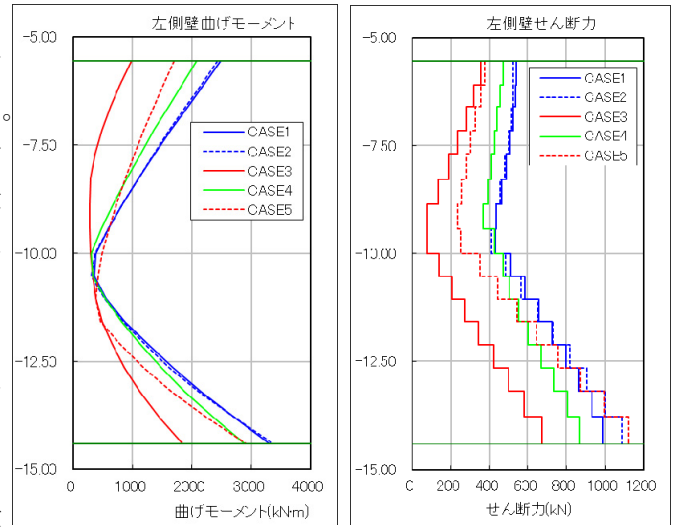

図 3　左側壁の曲げモーメントとせん断力

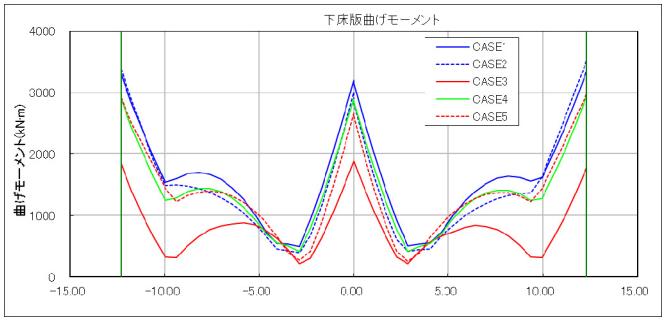

図 4　底版の曲げモーメント

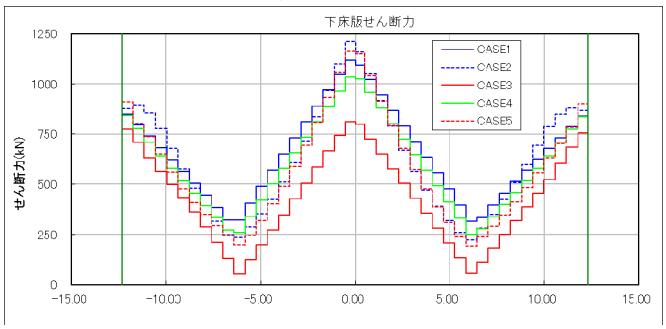

図 5　底版のせん断力

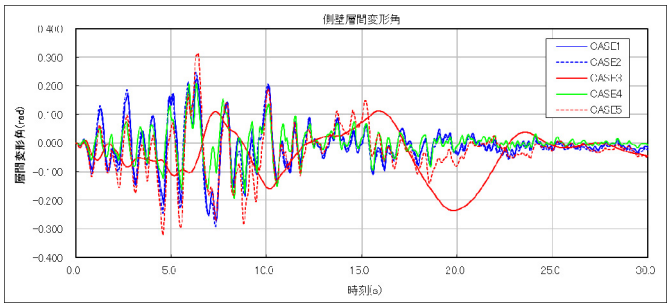

図 6　層間変形角（躯体回転含む）

4．まとめ

1) 横断方向の耐震設計において、液状化しないことを前提とした全応力解析を用いることで、安全側の設計となっていることが確認できた。

2) 曲げモーメントに対しては、液状化の発生と地盤改良体の剛性を考慮しない CASE 1 で設計しておけば概ね問題ない。

3) せん断に対しては、地盤改良を実施しない場合は CASE 1 で設計しておけば概ね問題ないが、地盤改良を実施する場合は、CASE 1 で設計するとせん断に対して危険側となる可能性がある。ただし、解析上は地盤改良体の強度を上げると発生せん断力が大きくなるが、実構造では改良体の強度がある程度以上になると発生せん断力は頭打ちになると予想されるため、改良体を考慮した設計を行う場合には不経済とならないよう注意が必要である。

5．謝辞

最後に、本報告の作成に協力いただいた姜柱工学博士に謝意を表する。