

鉄道盛土内に構築するボックスカルバートの液状化による浮き上がりの判定に関する一考察

ジェイアール東海コンサルタンツ(株)

正会員 ○鷺見 春奈 柳川 一心
石橋 孝通 今枝 潤志

1. はじめに

大規模な地震において周辺地盤が液状化することにより、鉄道を支持する構造物の沈下、傾斜、倒壊といった甚大な被害が生じる恐れがある。線路下を横断するボックスカルバート（以下、「線路下ボックスカルバート」と表記）については、液状化の発生に伴って過剰間隙水圧が上昇することで浮き上がりが生じ、軌道位置での過大な変形を引き起こす可能性があるため、液状化の範囲・程度を適切に把握することが重要といえる。線路下ボックスカルバートの構築位置は、**図-1**に示すように地中と盛土中の2種類が代表的であり、盛土中に構築する線路下ボックスカルバートについては、液状化の判定を行う際に盛土の影響を適切に考慮することが必要となる。そこで、本研究では、鉄道盛土内に構築するボックスカルバートを対象として、盛土の影響の有無に着目した液状化判定および浮き上がりに関する検討を行ったので、報告する。

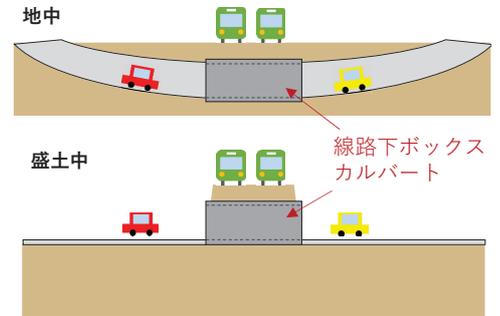


図-1 ボックスカルバートの構築位置

2. 検討条件

本検討で用いる線路下ボックスカルバートの断面形状は、**図-2**に示すような1層2径間とし、構築位置は、ボックス高さ7.6mのうち3.8mが盛土中、3.8mが地中にあるものとする。地盤条件は、**図-3**に示すとおり、2つの地質調査結果を基に想定した地層縦断図より設定する。表層地盤はG.L-6.3m付近まではN値10程度の沖積層の砂質土(A_s)が主体で、粘性土(A_c)が一部に介在し、上記の地層以深には層厚が0.5m程度の沖積層礫質土(A_g)が堆積している。G.L-6.8m以深には洪積層の第一粘性土(Tc1)と砂質土(Ts)が堆積し、第二粘性土(Tc2)を耐震設計上の基盤面と設定する。なお、第二粘性土はG.L-8.8m~11.6mと傾斜を有しているものとする。ボックスカルバートの液状化判定および浮き上がりの判定手順を**図-4**に示す。地震時においては、地盤の液状化判定を実施し、液状化指数 $P_L > 5$ となる場合には、液状化の影響を考慮したボックスカルバートの浮き上がりの検討を行う。上記の検討の結果、浮き上がりが発生する場合は、浮き上がりによる安定レベルの照査として、浮き上がり判定用の液状化指数 P_L を算定する。上記の値が20以上となる場合は、液状化に対して適切な対策を実施する必要があると判定されることとなる。

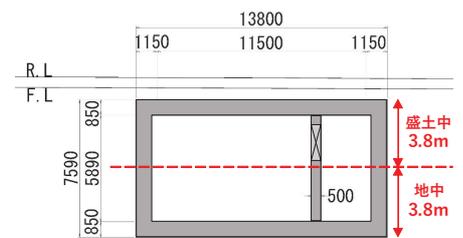


図-2 断面形状

本検討では地層構成の違い（地質調査結果の違い）および盛土の有無に着目し、**図-3**に示す4断面について液状化判定および浮き上がりの検討を行った。液状化判定における盛土部は、現地盤に載荷する上載荷重としてモデル化を行うものとした。

3. 検討結果

各断面の液状化判定の結果を**表-1**に示す。**表-1**より、すべての断面において P_L 値が5以上となり、液状化が発生す

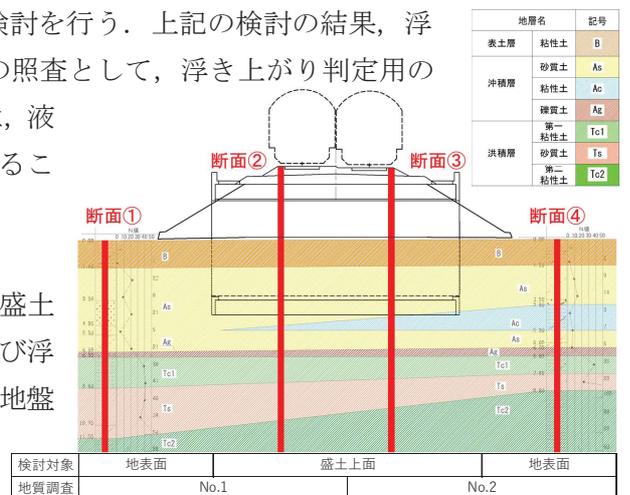


図-3 地盤条件および検討断面

キーワード ボックスカルバート, 線路下横断構造物, 液状化, 浮き上がり

連絡先 450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅五丁目33番10号 アクアタウン納屋橋 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 土木事業部 TEL:052-746-7130

る可能性が高いことがわかった。地質調査結果で比較すると、No.2はNo.1と比べて N 値が小さいため、 P_L 値が大きくなる傾向となった。盛土の有無に着目した場合(盛土高 $H=3.8\text{m}$)、盛土がある断面の方が P_L 値が約20%程度小さくなる傾向にあることがわかった。

次に、浮き上がりの判定における盛土の考え方を図-5に示す。液化化時の浮き上がりの検討では、ボックスカルバートの底面位置に発生する過剰間隙水圧による揚圧力 U_D は、開削トンネル底面位置における初期有効上載圧を考慮して算定することとなる。そのため、盛土内に構築するボックスカルバートについては盛土重量も揚圧力として作用することとなる。液化化時の浮き上がりの判定の結果を表-2に示す。表-2より、盛土を考慮する断面②・③については浮き上がりに対する安全率が1.0を超過する結果となった。断面②・③については、図-4の判定手順に準じて、表-3のように浮き上がり判定用 P_L 値を算定した。表-3より、断面③は P_L 値が20以上になったため、本検討で仮定した地盤においてはボックスカルバートの浮き上がりにおける対策が必要となる結果となった。

鉄道盛土は、線路方向には連続的に存在するものの、線路直角方向については局部的に位置する構造であるため、液化化発生時における盛土の挙動によっては、盛土の全重量を考慮した過剰間隙水圧による揚圧力が拡散し、ボックスカルバートの底面に作用する揚圧力が軽減される可能性も考えられる。そこで、本検討では、表-4に示すように過剰間隙水圧による揚圧力を算定する際の盛土重量の作用率をパラメータとして試設計を行った。盛土の高さを $H=3.8\text{m}$ と仮定し、盛土重量の作用率を100%から5%ずつ減少させて、浮き上がりの検討を実施した。その結果、本検討で仮定した条件下においては、盛土重量の作用率が60%以下となると、浮き上がりに対する安全率が1.0未満となる結果となった。上記より、盛土中に構築するボックスカルバートにおいては、過剰間隙水圧による揚圧力を算定する際における盛土の評価の仕方によって、浮き上がりに対する安全率が大きく変動するため、液化化発生時における盛土とボックスカルバートの関係性を把握することによって、よりの確な浮き上がりの検討が可能となると考えられる。

4. おわりに

本研究では、鉄道盛土内に構築する線路下ボックスカルバートを対象として、盛土の影響の有無に着目した液化化判定および浮き上がりに関する検討を行った。その結果、盛土の影響を考慮する場合のみ、ボックスカルバートに浮き上がりが発生する傾向にあることがわかった。上記は、ボックスカルバートに作用する過剰間隙水圧の揚圧力を算定する際における盛土の評価の仕方によって結果が異なるため、液化化発生時における盛土とボックスカルバートの関係性を把握することを今後の課題として取り組んでいきたい。

参考文献

1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012

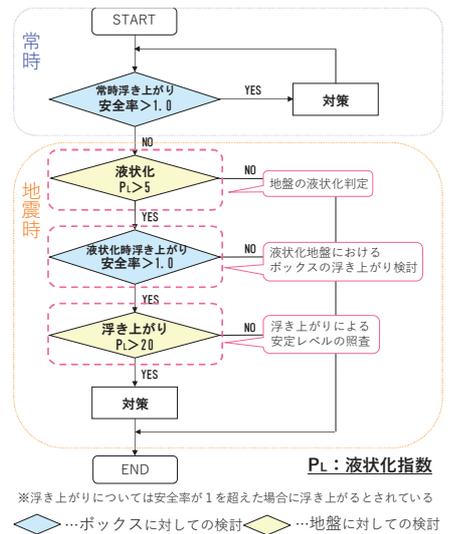


図-4 ボックスカルバートの液化化・浮き上がりの判定手順

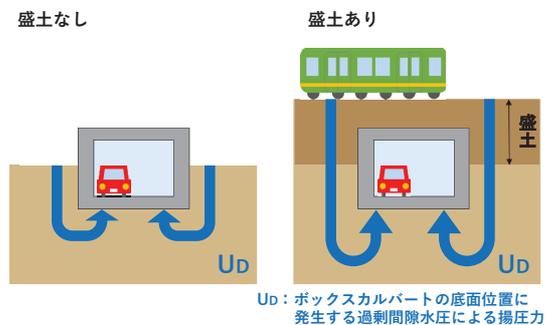


図-5 盛土の有無における揚圧力の考え方

表-1 液化化判定結果

検討対象	地表面		盛土上面				地表面	
	No.1		No.2					
名称	断面①	断面②	断面③	断面④	断面①	断面②	断面③	断面④
地震動	$P_L < 5$							
L1	3.89 ○	0.00 ○	0.00 ○	2.91 ○	17.84 ×	13.70 ×	21.07 ×	26.42 ×
L2(スペクトルⅠ)	14.70 ×	12.66 ×	16.82 ×	22.07 ×				
L2(スペクトルⅡ)								

表-2 浮き上がり判定結果(液化化時)

検討対象	地表面		盛土上面		地表面	
	No.1		No.2			
浮き上がり検討	断面①	断面②	断面③	断面④	断面①	断面②
安全率 ≥ 1	0.792 ○	1.237 ×	1.225 ×	0.790 ○		

表-3 浮き上がり用 P_L 値の算定結果

検討対象	盛土上面	
	No.1	No.2
浮き上がり検討用 $P_L \leq 20$	断面② 16.58 ○	断面③ 24.54 ×

表-4 盛土重量の作用率を変化させたときの浮き上がり判定結果

検討対象	盛土上面	
	No.2	
浮き上がり検討	断面③	
	100%	60%
安全率 ≥ 1	1.225 NG	0.996 OK