地震によるボックスカルバートの段差および目地開き被害の分析

(株)エイト日本技術開発　　正会員　○呂 佩哲　，佐伯 宗大，眞野 基大
(株)高速道路総合技術研究所　正会員　　安部 哲生，日下 寛彦，中島 康介

1．はじめに

2007 年新潟県中越沖地震, 2011 年東北地方太平洋沖地震, 2016 年熊本地震において, 軟弱地盤上の盛土内に敷設されているボックスカルバート(以下 C-BOX と呼ぶ)の目地開き被害および上部道路の段差被害が多数発生した. この目地開き被害および段差被害に関しては, 被災量の簡易な推定方法がなく, かつ被災後の補修量(規模)が推定できる方法も存在しないこと等の理由から, 事前対策の要否判断基準が明確になっていない. そこで, 本論文では, 軟弱地盤上(沖積砂質土・粘性土が含まれる地盤)の盛土内に敷設され, C-BOX の被害が比較的多く発生している路線を対象として, 被害量と盛土諸元, 沖積土層厚, 地震動強度等の関係性についての分析を行い, 事前対策の要否判断基準の一例について示すとともに, 補修量の概略推定を目的とした被害量の簡易推定式を構築した.

2．分析対象と被災状況

分析対象は, 関越自動車道(新潟中越沖地震), 東北自動車道・山形自動車道・北関東自動車道・仙台自動車道(東北地方太平洋沖地震), 九州自動車道(熊本地震)の軟弱地盤上に盛土された区間とした. 同区間における, 316 基の C-BOX を対象とし, その目地開き量および上部道路の段差量の整理・分析を行った. **写真-1** には C-BOX の目地開きによる内部道路への土砂流入の状況を示し, **写真-2** には C-BOX 位置上部道路の路面の段差の状況を示すが, いずれの場合も通行止め等の道路機能への甚大な影響が見られた.

写真－1 C-BOX の目地開き・土砂流入

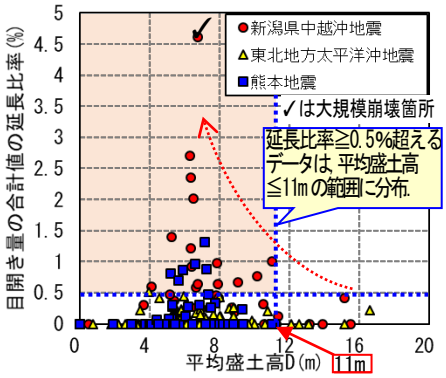
写真－2 上部道路段差 [1)]

3．目地開き被害および上部道路段差被害の分析結果

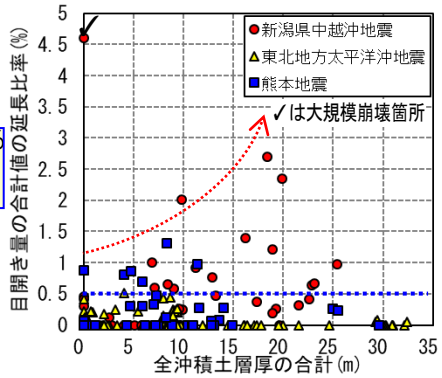
(1) 目地開き被害の分析結果

C-BOX の目地開き被害の分析に当たって, その延長, ブロック数が異なる C-BOX を同様に評価するために, 目地開き量を躯体全延長で除した, 目地開き量の延長比率(以下, 延長比率と呼ぶ)で被害量を表現した.

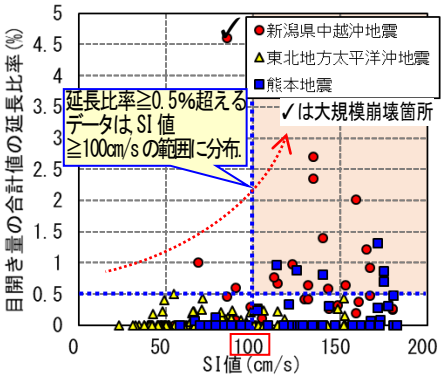
延長比率と平均盛土高 D, 沖積土層厚, SI 値に着目した分析結果を**図-1**, **図-2** および**図-3** に示す. **図-1** より平均盛土高 D が小さくなる程, **図-2** より全沖積土層厚の合計値が大きくなる程, **図-3** より地震動強度が大きくなる程, 被害量が大きくなる傾向が見られた.



図－1　平均盛土高～延長比率の関係



図－2　沖積土層厚～延長比率の関係



図－3　SI 値～延長比率の関係

キーワード　ボックスカルバート, 目地開き, 路面, 土砂流入, 段差
連絡先　〒1164-8601　東京都中野区本町 5-33-11　株式会社 エイト日本技術開発 東京支社 防災保全部
TEL：03-5341-5161　FAX 03-5385-8530

© Japan Society of Civil Engineers

熊本地震では，目地開き量が 15cm～20cm 程度を超過した場合に，C-BOX 内部への土砂流入が確認されている．C-BOX の延長を 30m（＝15m×2 ブロック）とすると，目地開き量の延長比率 0.5%が目地開き量 15cm に相当し，土砂が流入し始める程度の被害に相当することとなる．つまり，延長比率が 0.5%以上となる範囲おいて，道路機能が大きく低下する可能性があると考えられ，その範囲は，平均盛土高 D では 11 m 以下，SI 値では 100 cm/s 以上の箇所に該当し，事前対策の要否判断の目安値の 1 つに成り得ると考えられる．

(2) 上部道路段差被害の分析結果

上部道路段差量と平均土被り Z，沖積土層厚，SI 値に着目して分析した結果を**図-4**，**図-5** および**図-6** に示す．ここでは，上部道路の段差量を被害量として示している．**図-4** より平均土被り Z が小さくなる程，**図-5** より全沖積土層厚の合計値が大きくなる程，**図-6** より地震動強度が大きくなる程，被害量が大きくなる傾向が確認された．また，常田ら [2] の論文によれば，小型緊急車両の通行可能な段差量は 20 cm以下とされており，段差量が 20 cmを上回る箇所では道路機能が大きく低下する可能性が考えられる．このため，段差量が 20 cmを上回るデータに着目して整理すると，平均土被りでは 6m 以下，SI 値では 50cm/s 以上の箇所がこれに該当し，道路通行機能に大きな影響が生じ始める閾値と考えられ，事前対策の要否判断の目安の 1 つに成り得ると考えられる．

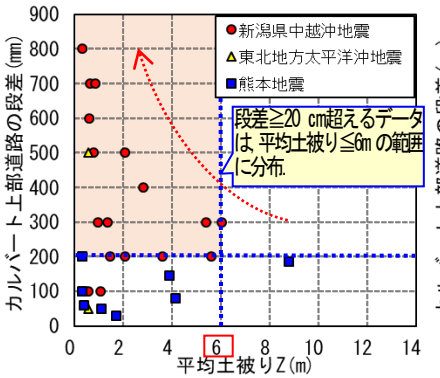


図-4 平均土被り～上部道路段差の関係

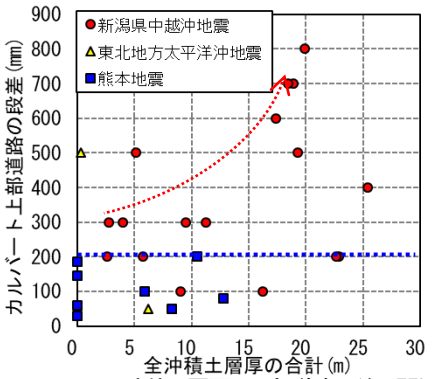


図-5 沖積土層厚～上部道路段差の関係

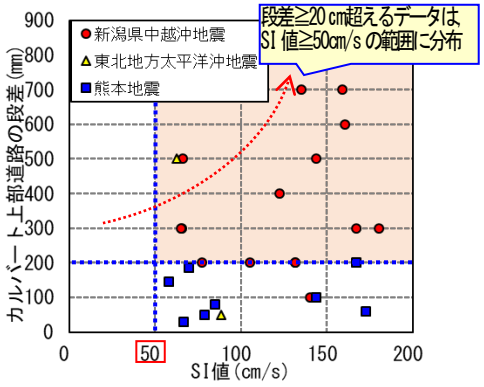


図-6 SI 値～上部道路段差の関係

4．被害量の簡易推定式の構築

被害分析において被害量との相関があったパラメータ，（盛土高 D，土被り Z，沖積土層厚 Ha，SI 値）を組み合わせて，被害量との相関図を再整理し，簡易推定式を構築した．相関図および推定式を**図-7**，**図-8** および**(式-1)**，**(式-2)** に示す．同式を用いることで，被害量の概略値が推定可能となる．なお，同式は被害の最大発生量を想定できるよう，データ分布の上限値付近を通るものとしている。

$$\text{目地開き量の延長比率} = -1.384 \log_e [D/(Ha \times SI)] - 5.5597 \quad \text{(式-1)}$$

$$\text{上部道路段差量} = -105.3 \log_e [Z/(Ha \times SI)] - 169.39 \quad \text{(式-2)}$$

D ： 平均盛土高(m)　　Z ： 平均土被り(m)

Ha ： 沖積土層厚(m)　　SI ： SI 値(cm/s)

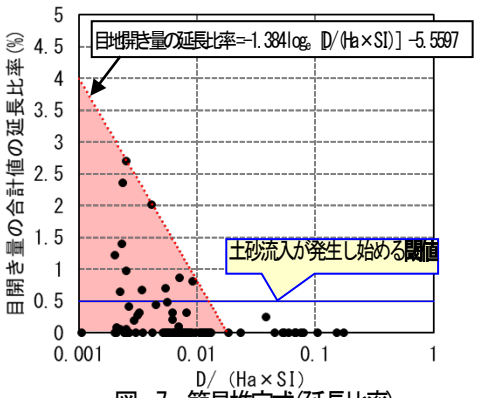


図-7 簡易推定式(延長比率)

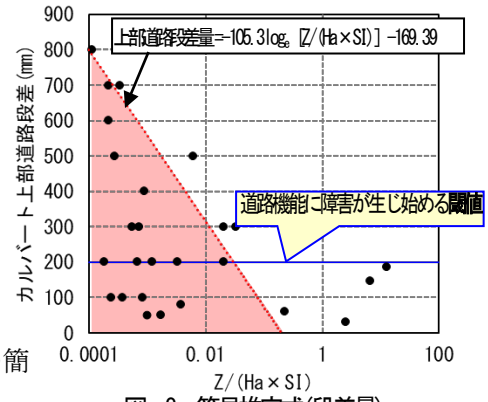


図-8 簡易推定式(段差量)

5．まとめ

本論文で得られた結果を以降にまとめる．[1]C-BOX の目地開き量，上部道路の段差量と，盛土諸元，沖積土層厚，地震動強度との相関が確認された．［2］目地開き，上部道路の段差の発生により道路機能に影響が生じ始める盛土高，土被り，SI 値等の閾値を求め，事前対策の要否判断基準の 1 つの目安としてまとめた．［3］被災後の補修量(規模)の推定を目的とし，目地開き量の延長比率および上部道路段差量の簡易推定式(最大発生量程度)を構築した．

参考文献　1） 中村ら：高速道路盛土の地震災害マネジメントにおける耐震性評価手法の構築、土木学会論文集 F4、2013
2） 常田ら：段差走行実験に基づく地震時の道路の性能評価および交通運用、土木学会地震工学論文集、2007/8

© Japan Society of Civil Engineers