

## 強震作用後の道路盛土とボックスカルバートの相互挙動に関する模型実験

東京電機大学大学院 学生会員 ○諸井 優太  
 東京電機大学 正会員 石川 敬祐  
 高速道路総合技術研究所 正会員 松尾 祐子  
 東京電機大学 名誉会員 安田 進

### 1. 目的

高速道路盛土のような線状構造物には、ボックスカルバート(以下、C-Box)と呼ばれる内空構造物が多数設置されている。2004年新潟県中越地震では、内陸直下型地震であったことから地表面最大加速度が1750galと非常に強く<sup>1)</sup>、これに伴い高速道路盛土とC-Box間に段差が生じることや、C-Box間の目地が開くことで土砂が流入するといった被害が発生した<sup>2)</sup>。



写真1 2004年新潟県中越地震による高速道路の被害<sup>2)</sup>

そこで本研究では、道路盛土とC-Boxを模擬した模型実験から、道路盛土のストレッチ変形に起因するC-Boxの変形による目地の開きやその開き量に応じた土砂流入のメカニズムを検討することを目的とした。

### 2. 実験概要

実被害で確認された盛土下部のストレッチ変形によるC-Boxの目地開きを再現できるような模型を作成した。図1に模型実験の概念図を示す。模型は、裏込め盛土とそれに接するC-Boxから構成される。裏込め盛土の下部にウインチを介して強制的に水平変位を与え、それに伴うC-Boxの移動量をレーザー変位計により測定した。また、地表面の変状は模型上部に設置したステレオ同期カメラにより、地表面に格子状に配置した182点の変位測定ターゲットを画像計測にて読み取ることで三次元計測を行った。

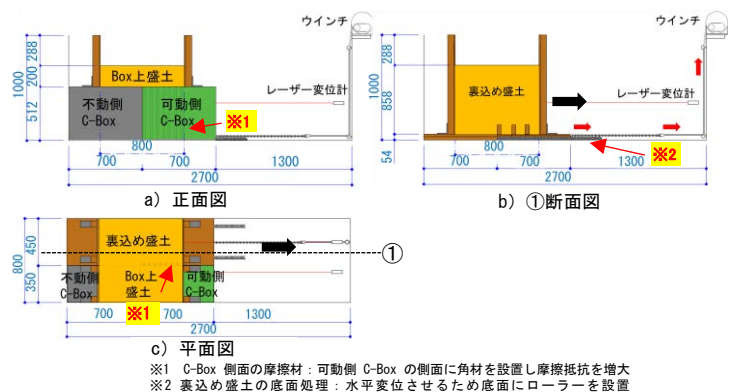


図1 模型実験の概念図

盛土材には、山砂を使用した。突き固めによる締固め試験(JIS A-1210 E 法)により得られた最大乾燥密度、最適含水比はそれぞれ、 $\rho_{dmax}=2.056\text{Mg/m}^3$ 、 $w_{opt}=9.2\%$ である。裏込め盛土層は、所定の締固め度になるように各層114.5mmで4層にてC-Boxと同じ高さまで突き固めて構築した。また、C-Box上には各層100mmで2層にて裏込め盛土部と一緒に突き固めて構築した。

実験ケースを表1に示す。裏込め盛土の締固め度、裏込め盛土と接しているC-Box側面の摩擦の有無でケース分けし、計3ケースの実験を実施した。ケース1や2は、C-Box側面が滑らかな状態で盛土の締固め度によるC-Boxの挙動の変化の確認を目的とした。また、ケース3はC-Boxに翼壁が接続されている状態を想定し、C-Box側面の摩擦力が高く、裏込め盛土の水平変位時にC-Boxとの縁が切れ難い状態での実験である。

表1 実験ケース

実験ケース	締固め度	C-Box側面の摩擦
ケース1	$D_c=85\%$	無
ケース2	$D_c=90\%$	無
ケース3	$D_c=90\%$	有

### 3. 実験結果

図2にケース1~3の裏込め盛土変位量に伴うC-Box変位量を示す。ケース1, 2では裏込め盛土変位量に対する

キーワード：高速道路盛土，ボックスカルバート，ストレッチ変形，せん断破壊

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 e-mail: 18rg073@ms.dendai.ac.jp

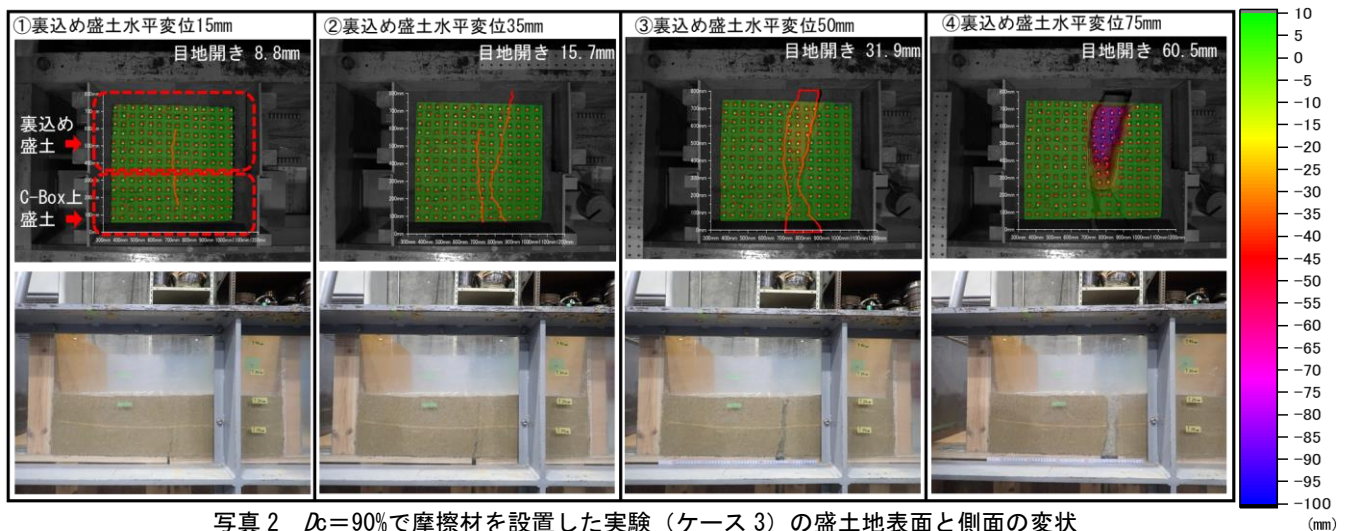


写真2  $D_c=90\%$ で摩擦材を設置した実験（ケース3）の盛土地表面と側面の変状

C-Box 変位量は非常に小さい値しか確認されなかった。この結果から  $D_c=85\%$ ,  $90\%$ で C-Box と裏込め盛土の境界部が滑らかな状態では、裏込め盛土を強制変位させると C-Box 側面と接する境界部の縁が切れ、裏込め盛土の水平変位と C-Box の変形は連動しないことがわかった。一方、ケース3では、裏込め盛土の水平変位と C-Box の変形は連動した挙動を示し、C-Box の目地が3cm程度開口すると C-Box 側面の裏込め盛土の下端から土砂が流入することを確認した。ここで実験終了時の崩壊面の角度は  $63^\circ$  程度となっており、この角度は盛土材の主働崩壊角に概ね一致していた。このことから裏込め盛土がストレッチ変形することで、裏込め盛土下端部の側方土圧が減少あるいは消失したことでせん断破壊したことにより、C-Box 目地から土砂が流入したものと考えられる。写真2に、ケース3における盛土地表面の変状と沈下の状況と側面から撮影した C-Box 上盛土の断面を示す。裏込め盛土変位が15mm程度で C-Box の目地付近と裏込め盛土の変位側にクラックを形成し、裏込め盛土の強制変位とともにクラックは開口した。また、裏込め盛土変位50mmの段階から地表面の陥没的な変形が顕著になった。地表面の陥没が確認されたのは裏込め盛土部のみで、C-Box 上の盛土はクラックの開口が発生しただけで盛土の崩壊は生じなかった。加えて、地表面の陥没と C-Box 目地からの土砂流入は同程度の裏込め盛土変位量で発生しており、前述した裏込め盛土下層で崩壊した土砂が目地から流入したことに起因して地表面の陥没が発生したと考えられる。以上の結果から考えられるケース3の土砂流入プロセスを以下に示す。

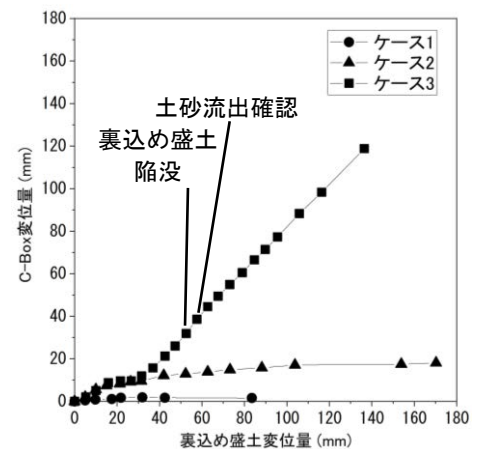


図2 裏込め盛土と C-Box の変位量

3における盛土地表面の変状と沈下の状況と側面から撮影した C-Box 上盛土の断面を示す。裏込め盛土変位が15mm程度で C-Box の目地付近と裏込め盛土の変位側にクラックを形成し、裏込め盛土の強制変位とともにクラックは開口した。また、裏込め盛土変位50mmの段階から地表面の陥没的な変形が顕著になった。地表面の陥没が確認されたのは裏込め盛土部のみで、C-Box 上の盛土はクラックの開口が発生しただけで盛土の崩壊は生じなかった。加えて、地表面の陥没と C-Box 目地からの土砂流入は同程度の裏込め盛土変位量で発生しており、前述した裏込め盛土下層で崩壊した土砂が目地から流入したことに起因して地表面の陥没が発生したと考えられる。以上の結果から考えられるケース3の土砂流入プロセスを以下に示す。

- 1) 裏込め盛土の C-Box の目地付近と裏込め盛土の変位側にクラックが形成される。
- 2) 裏込め盛土の強制変位が進行すると、その変位に連動して C-Box の目地は開口する。
- 3) C-Box の目地開きが3cmに達すると、裏込め盛土の下端部から顕著な土砂の流入が始まる。これは、裏込め盛土内に主働崩壊を生じるすべり土塊が形成されたことに起因する。
- 4) さらに裏込め盛土の強制変位が進行すると、主働崩壊領域が増えることで崩落するクサビ土塊は増加し、それに伴い目地から土砂が流入することで地表面が陥没する。

#### 4. まとめ

裏込め盛土と C-Box で構成される模型地盤に対して裏込め盛土の下端部に強制的に水平変位を与える実験を行った結果、盛土の変状に伴う C-Box の目地開きや、目地からの土砂流入メカニズムを目地開き量に応じて整理することが出来た。

【参考文献】1) 強震観測網 K-NET：国立研究開発法人防災科学技術研究所，<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>。2) 新潟県中越地震災害調査委員会：新潟県中越地震災害調査委員会報告書，社団法人地盤工学会，pp.181-211，2007