

H16新潟県中越地震による粘性土地盤上の土構造物の被害

日本道路公団 試験研究所 正会員○稲垣太浩 長尾和之 北村佳則
長岡管理事務所 相原英治

まえがき

H16 新潟県中越地震により関越自動車道小千谷 IC 地区では、粘性土地盤上の道路盛土内にあるボックスカルバート(以下 C-Box という)が沈下しながら水平移動したため目地が開き C-Box 上の土砂が落下する変状が生じた。粘性土地盤では飽和したゆるい砂地盤のように完全に有効応力を失わないため、地震による構造物の被害事例も少なく、いままで地震時の問題は余りないとされてきた。しかしながら、今回の地震被害は粘性土地盤が地震による繰返し応力を受け液状化ほど急激ではないが強度・せん断剛性が低下する、いわゆる軟化現象が生じたものと想定された。最近の研究では粘性土であっても繰返し载荷によってその後の剛性が低下するという報告がある¹⁾²⁾。

そこで、本報は、上記のような視点でボーリング調査により原地盤から試料を採取し土質試験を実施し被害要因の考察を行ったので報告する。

被害の概要と土性

調査の対象としたのは、図-1に示す小千谷IC付近に位置するC-Box川口22と、C-Box小千谷2である。C-Box小千谷2の変状状況を写真-1,2に示す。なお、地震は、図-1に示すように被災地点の近傍に位置するK-Net小千谷の観測記録では地表面最大加速度EW成分1314galであった。

地震後の変状調査からC-Box小千谷2、C-Box川口22のC-Boxと側道の取り付け部の不同沈下はそれぞれ45cm,50cm、C-Boxと本線の不同沈下は20cm,20cm、C-Boxの坑口に近い目地の開きは75cm,30cmであった。また、これらの被害状況調査から図-2の模式図に示すような変形モードになったと判断された。

図-3は、震災後約1.5ヶ月経過した時点で盛土のり肩から土質調査した結果である。

C-Box小千谷2の地盤構成は、盛土部は高さ5.3～5.6m細粒分含有率 $F_c=70\%$ の粘性土でN値は2～12である。盛土下の表層地盤の厚さは18mで、河岸段丘の低地部に堆積した細粒分含有率 $F_c=50\%$ 以上の粘性土が主体で、N値は、概ね10～20である。その下は、堅固なレキ層の基盤となる。

一方、C-Box川口22の地盤構成は、盛土部は高さ5.6～6.8m細粒分含有率 $F_c=70\%$ の粘性土である。また、盛土下の表層地盤の厚さは8mと浅いが、主体的な粘性土は細粒分含有率 $F_c=80\%$ 以上と大きく、N値4～8と小さく、中間には砂層を薄く挟むもののやや軟弱である。その下は、堅固なレキ層の基盤となる。

以上から今回の地震被害は、粘性土地盤上の構造物に生じており、特に沈下を伴って水平に変形していることから地盤の粘性土が変状したのではないかと推定された。そこで、その土の動的特性を詳しく調べることにした。

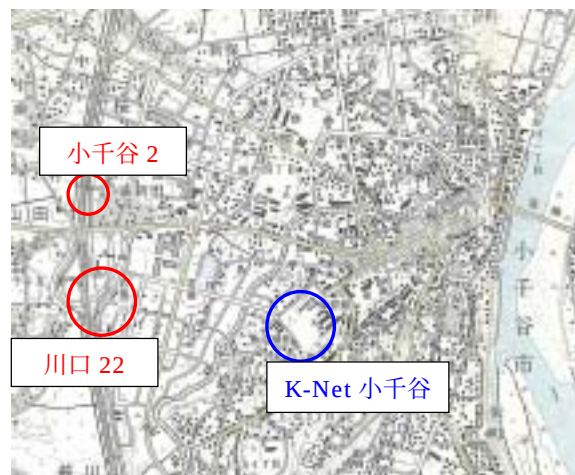


図-1 位置図

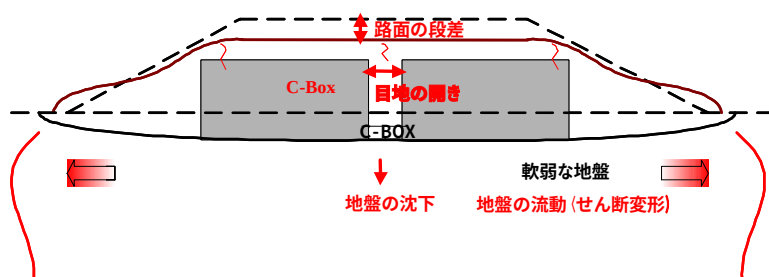


図-2 C-box 小千谷 2 の被害状況の模式図



写真-1 小千谷 2 C-box 目地開き



写真-2 小千谷 2 坑口部の沈下状況

動的試験方法 動的試験は、土の液状化強度とあわせて土の繰返し履歴の違いによるその後の力学特性の変化を調べるため、静的単調載荷試験と繰返し後の単調載荷試験を行いその応力-ひずみの関係をそれぞれ求めることとした。試験装置には、中空ねじりせん断試験装置を用いた。供試体は、シンウォールもしくはトリプルサンプラーで採取した試料を

高さ70mm、外径70mm、内径30mmに整形した。静的単調載荷試験では、原位置拘束圧で一次圧密終了後に10%/minのひずみ速度一定で、非排水条件にしてせん断を行った。

また、繰返し後単調載荷試験も原位置拘束圧で一次圧密終了後、応力制御で周波数0.1Hz、繰返し回数20波、FLを変化させ非排水繰返し載荷後非排水条件

で10%/minのひずみ速度一定で単調載荷を行った。

なお、FLは、 $FL = R_{L20}/SR (= \tau / \sigma'_c \text{各試験の応力比})$ である。ここで、 R_{L20} は、繰返し載荷20回の $\gamma_{DA}7.5\%$ の応力比である。

粘性土の動的特性 変状が生じたと想定される粘性土(以後「小千谷粘土」)は図-3に示すようにほぼ繰返し強度 $R_{L20} > 0.4$ と大きく、かつ $IP > 15$ 、 $FC > 35\%$ 以上と道路橋示方書による液状化の対象となる材料ではない、しかしながら、図-4に示した典型的試験結果からわかるように、FLが小さい程すなわち大きな繰返し応力を受けたもの程強度・せん断剛性ともに、低下(軟化)していることがわかる。この結果から

地震による繰返し載荷により小千谷粘土が軟化し、上記に示した構造物被害が生じたものと推察される。

まとめ 本地震被害は、地震時これまであまり問題とされていなかった粘性土地盤の軟化が起因した可能性が高いことがわかった。今後は、地震応答特性を調べ、残留変形解析による検討を加え実態を明らかにする予定である。

参考文献 1) 安田進他：液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性、第40回地盤工学研究発表会、投稿中

2) 板清弘・稲垣太浩・他：粘性土の非排水繰返し載荷後の強度・変形特性、第39回地盤工学研究発表会、No.122、2004

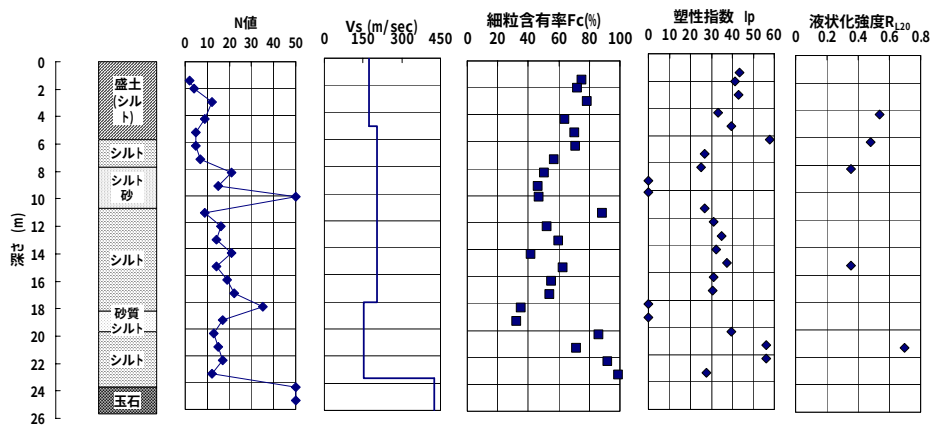


図 3-1 C-box 小千谷 2 地区の物性

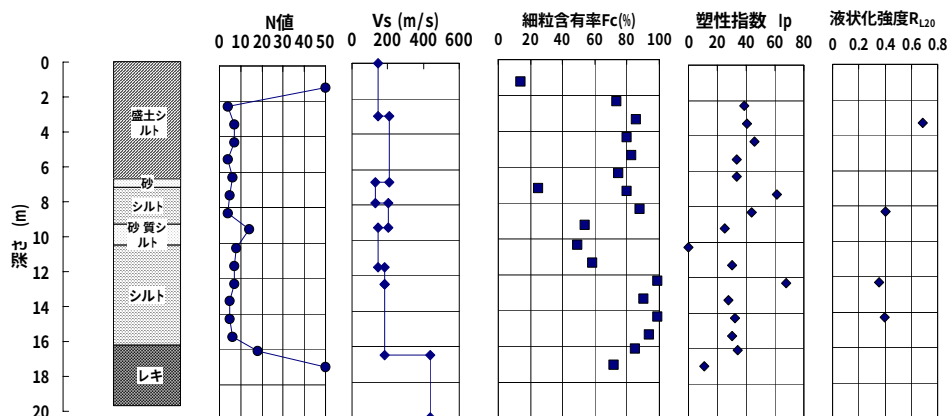


図 3-2 C-box 川口 22 地区の物性

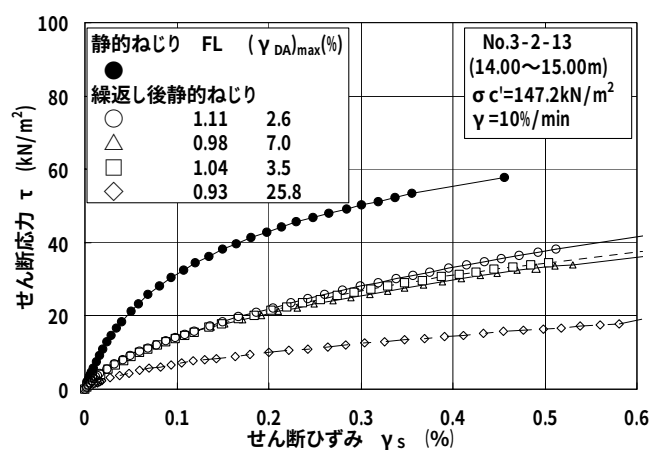


図-4 小千谷粘土の単調と繰返し後の単調の応力-ひずみの関係

キーワード: 軟弱地盤 変形、強度

〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 TEL0427-91-1621 FAX042-791-2380