

水の浸透を考慮した盛土の振動実験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松丸 貴樹 小島 謙一 渡辺 健治
フェロー 館山 勝

1. はじめに 2004年新潟県中越地震においては、山岳部の道路や鉄道盛土が大きな被害を受けた。その一因として地震直前の台風の影響による盛土内の水位線や飽和度の上昇が考えられている。しかしながら、水の浸透が盛土の耐震性に及ぼす影響について検討した事例はこれまでにあまりない^{1),2)}。そこで、本論文では盛土の背面から水を与えた状態で模型振動実験を行い、盛土の破壊メカニズムの検討を行った。

2. 実験条件 模型盛土の概略図を図-1に示す。盛土の高さは60cmであり、勾配は1:1.5とした。盛土の作成には稲城砂 ($G_s=2.723$, $D_{50}=0.134\text{mm}$, $U_c=9.29$, $F_c=23.6\%$, 締固め試験による最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.517\text{g/cm}^3$) を用い、乾燥密度が $\rho_d=1.108\text{g/cm}^3$, 含水比 $w=13\%$ 程度となるよう高さ5cmごとに締固めを行った。計測は、盛土内に加速度計・間隙水圧計・土壌水分計を設置した。盛土の変形については天端やのり面に変位計を設置する他、盛土内部に標点を設置し、土槽正面から高速度カメラによる撮影も行っている。また、3ヶ所の位置においてマンメータを設け、盛土内の水位を計測した。図-1にこれらの計測器の配置を示す。実験は、土槽右端に浸透槽を設け、盛土下端からの高さが20cmとなるように水位を保持し、

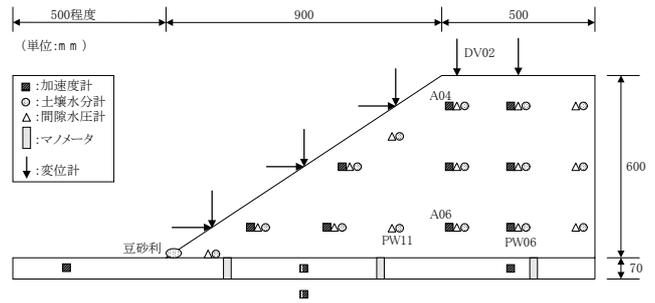


図-1 模型盛土の概略と計測器配置

事前の検討から盛土を崩壊させない比較的高い水位を与える条件として、盛土のり先の間隙水圧計やマンメータの水位が上昇を始めた段階で加振を行った。入力には5Hz20波の正弦波を用い、最大加速度を200galずつ上昇させ、盛土に大きな変形が生じるまで加振を行った。一例として、最大加速度400gal時の入力波形を図-2に示す。

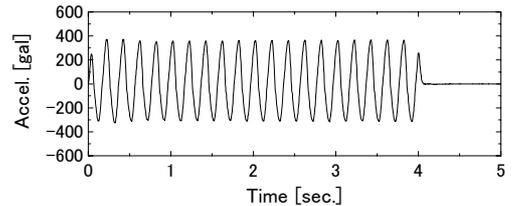


図-2 入力加速度 (400gal加振ケース)

3. 実験結果および考察 加振開始直前における飽和度の分布と想定される水位線の位置を図-3に示す。水位線は、土槽右端から盛土のり先に向かってなだらかに形成されているものと考えられるが、水位線位置より上方においても飽和度が100%に達している領域が広範囲に及んでいる。なお、盛土作成時の含水比13%は飽和度で約24.3%に相当することから、いずれの土壌水分計設置位置においても飽和度が上昇していることがわかる。

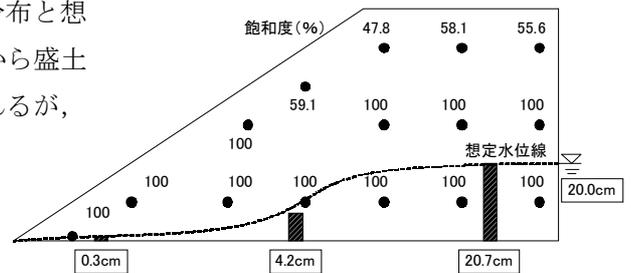


図-3 加振直前の飽和度分布と想定水位線

振動実験では、200gal加振時にはほとんど変形は生じなかったが、400galのときにおいて大きな変形が生じたため、この加速度で実験を終了している。400gal加振終了時における盛土の変形状況の写真を図-4に示す。加振に伴い、盛土天端は沈下し水平左方向へ変位が生じ、盛土のり肩やのり面においては多数のクラックが生じている。また、盛土内の標点の移動から、水位線位置を中心に比較的大きなひずみが生じているものと想定される。

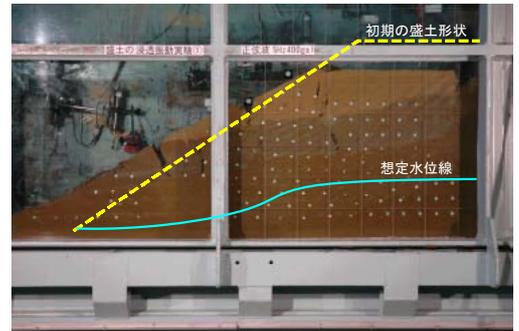


図-4 400gal加振終了時における盛土の変形

200gal および 400gal 加振時の加速度計 A04・06 の時刻歴応答を図

キーワード 盛土, 浸透, 振動実験, 間隙水圧

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7261

-5 に示す。200gal 加振の場合においては A06 よりも A04 の方が大きな加速度応答となっており、のり肩付近の加速度が増幅している。一方、400gal 加振の場合は、最初の 0.5 秒程度の加振段階においては 200gal 加振と同様にのり肩付近で加速度の増幅が見られ、その程度は 200gal 加振のときよりも顕著である。しかしながら、0.5 秒を過ぎると A04・06 とともに小さな加速度振幅となっており、減衰が生じている。

次に、400gal 加振時の PW06 および PW11 における過剰間隙水圧の時刻歴を 図-6 に示す。盛土に変形が生じなかった 200gal 加振時においては、いずれの間隙水圧計位置においても過剰間隙水圧はほとんど発生していないため、結果は割愛している。400gal 加振時においては加振開始から終了まで過剰間隙水圧が上昇している。過剰間隙水圧が発生し始める時刻は加振開始約 0.5 秒付近であり、 図-5 で示したように加速度応答に減衰が生じる時間と概ね一致している。加速度の減衰は水位線以下の加速度計 A06 において生じていることから、過剰間隙水圧の発生に伴う土要素の剛性低下とともに減衰が生じ、のり肩付近の加速度計 A04 においても減衰が生じているものと考えられる。

また、400gal 加振時における盛土天端位置の鉛直および水平変位の時刻歴を 図-7 に示す。いずれの変位も天端付近に位置する標点の画像解析データに基づいているが、鉛直変位については変位計 DV02 の時刻歴（加振開始 2 秒付近でレンジオーバーとなっている）も併せて示している。 図-6 の過剰間隙水圧の時刻歴と同様に、加振とともに鉛直・水平変位が生じている。ただし、変形が生じ始めるタイミングについてはごくわずかではあるが盛土内で過剰間隙水圧が発生する時間よりも早いものと思われる。したがって、入力加速度の影響を受けて盛土が変形し、負のダイレイタンスによって盛土内に過剰間隙水圧が発生するとともに土要素が軟化し、さらに変形が進むものと考えられる。また、変形が生じているのは加振中のみであって加振後は速やかに変形が止まることから、変形の進展に対してはあくまでも入力動が駆動力となっており、盛土内で液状化のような過度の軟化が生じているわけではないものと想定される。

4. まとめ 盛土内に水を与えた状態で振動実験を行い、盛土の破壊メカニズムについて検討した。盛土に変形が生じたケースでは、盛土内で過剰間隙水圧が発生し、減衰が生じることが確認された。今後は入力動の違いの検討や数値解析を行い、これらのメカニズムの検証を進める予定である。

参考文献 1)一井康二: 降雨による盛土の耐震性低下に関する実験的研究, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, pp.1-8, 2005.

2)Matsuo, O., Saito, Y., Sasaki, T., Kondoh, K. and Sato, T.: Earthquake-induced flow slides of fills and infinite slopes, Soils and Foundations, Vol.42, No.1, pp.89-104, 2002.

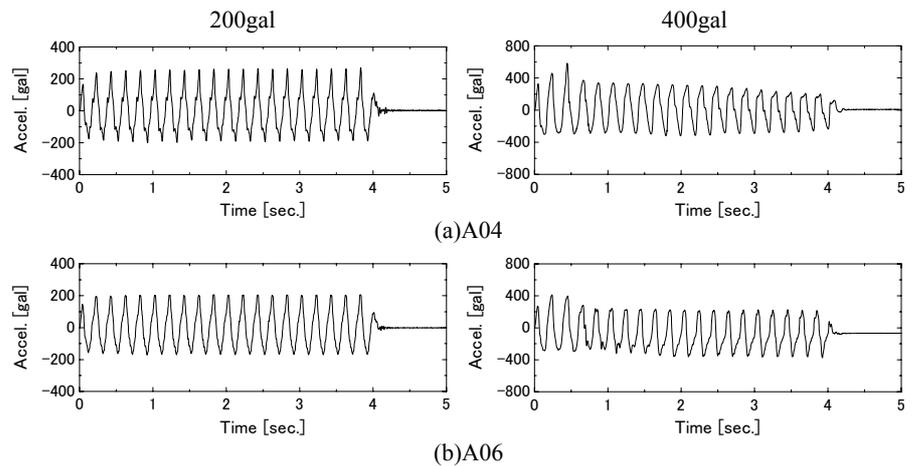


図-5 加速度計における時刻歴

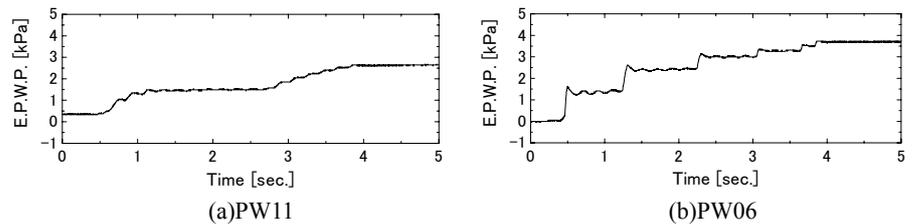


図-6 間隙水圧計位置における過剰間隙水圧の時刻歴

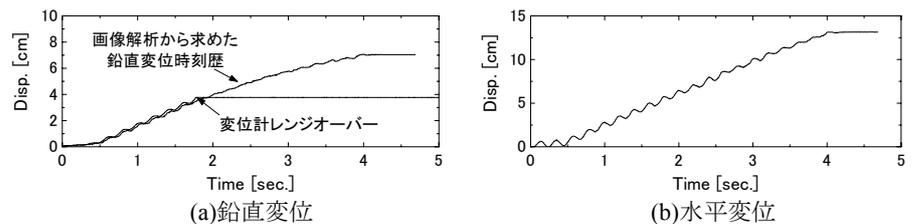


図-7 盛土天端 (DV02) における変位の時刻歴