

入力振動数の違いに着目した盛土造成斜面の1G 場振動台実験

名古屋大学 正会員 ○村尾英彦, 中井健太郎, 吉川高広
 名古屋大学 フェロー会員 野田利弘
 名古屋大学 学生会員 堀田繁

1. はじめに

耐震性の高い盛土造成斜面の設計, および対策工は, 経験に頼るところが大きく, 盛土造成斜面の変状メカニズムを考慮できていない. 本報は, 地震時における盛土造成斜面の変状メカニズム解明の一環として, 入力振動数と盛土部における振動特性に着目した振動台模型実験を実施した結果を報告するものである.

2. 入力振動数条件

振動台実験に用いた模型地盤, および固有振動数は別報¹⁾に示すとおりである. 入力波は振動数, および加速度振幅一定の正弦波とし, 段階的に加速度を大きくした. 各段階の加振時間は60秒で, 次の加振レベルに移るインターバルは4分間である. いずれの加振レベルにおいても, 入力開始から約1.5秒で所定の加速度に達するよう制御している. なお, 加速度計のデータは, サンプルング振動数1000Hzで取得している. 今回は, 入力振動数と変状メカニズムの関係を明らかにするために, 模型の固有振動数(50Hz)と, それ以外の振動数(20Hz)を入力した場合の挙動比較を行った.

3. 固有振動数(50Hz)が入力された盛土部の振動特性

図1は, 振動数50Hzの加振を行った際の, 入力加速度に対する最大加速度の増幅率(以下, 増幅率と記す)変化を示す. 深度方向の増幅率を比較すると, 地表面に近い(土被り圧が小さい)ほど, 増幅率が大きい(ch.1(lower) < ch.2(middle) < ch.3(upper), ch.4(lower) < ch.5(middle) < ch.6(upper)). また, いずれの深度においても, 増幅率は, 入力加速度 0.7 m/s^2 の段階で最大となる. それ以上に加振レベルを大きくすると(加速度 $1.2 \sim 4.2 \text{ m/s}^2$ の段階), 深度方向の増幅率の大小関係を保ちながら, 盛土中央～上部において増幅率が減少に転じる. 入力加速度が 4.7 m/s^2 となった段階で, 増幅率の大小関係に反転(ch.1(lower) < ch.3(upper) < ch.2(middle), ch.4(lower) < ch.6(upper) < ch.5(middle))が生ずる. また, 入力加速度 5.7 m/s^2 の段階では, ch.1～ch.3においてさらなる反転(ch.3(upper) < ch.2(middle) < ch.1(lower))が生じる.

4. 固有振動数ではない振動(20Hz)が入力された盛土部の振動特性

図2は, 振動数20Hzの加振を行った際の加速度増幅率を示す. 地表面に近いほど, 増幅率が大きい傾向は50Hzの場合と同様だが, 固有振動数(50Hz)の場合と比べて増幅率は小さく, ほぼ1である. 加振レベルが大きくなっても, 4.2 m/s^2 までは増幅率にほとんど変化は見られないが, 加振レベルが 4.7 m/s^2 になると, 深度方向の増幅率の大小関係を保ちながら, 盛土中央～上部において増幅率が急激に増加する. 入力加速度が 5.7 m/s^2 となった段階で, 全ての箇所での増幅率が急激に低下する.

5. 考察

振動数の違いによって, 盛土部内での増幅率変化に違いが見られた現象に関して, 以下に考察する.

振動数(50Hz)が入力された場合に, 小さい加振レベル($\sim 0.7 \text{ m/s}^2$)で増幅率が増加するのは, 入力振動数が模型地盤の固有振動数と等しく, 共振したためである. 加振レベルが大きくなると, 盛土中央および上部において, 塑性変形進展に伴う剛性低下によって模型地盤の固有振動数が変化し, 増幅率が低下に転じる. 模型地盤の変状に目を向けると, 加振レベルが増加すると, 盛土天端で水の染み出しとともに地表面付近における流動が生じる.

振動数20Hzの場合は, 加振当初段階($\sim 1.2 \text{ m/s}^2$)において, 若干, 増幅率が減少するが, 入力加速度 3.7 m/s^2 までは, ほぼ一定となる. これは, 盛土部が一様に振動(増幅率は1.5倍程度)しており, 振動による状態変

キーワード 振動台実験, 盛土造成斜面, 斜面安定, 固有振動数, 共振

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学 TEL 052-789-3833

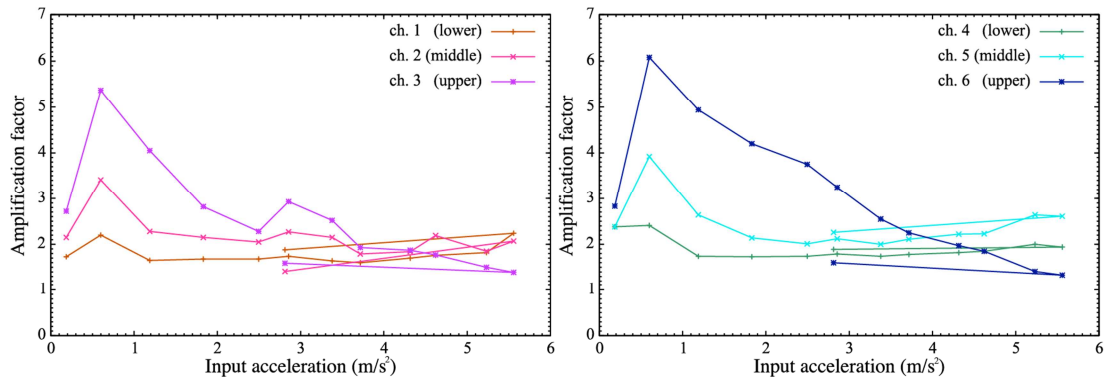


図1 50Hz（固有振動数）の振動を入力した際の加速度増幅率変化

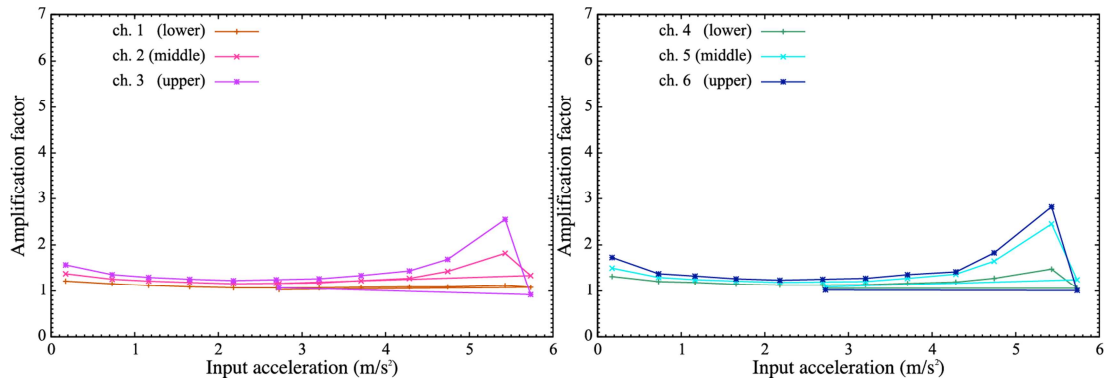


図2 20Hz の振動を入力した際の加速度増幅率変化

化がほぼ生じないことを示しており、実際に目視では模型地盤に変状は見られない。その後、加速度 4.2m/s^2 以上の段階から盛土部中央部、上部において増幅率が急激に上昇するのは、大きい加速度による慣性力によって変形（固有振動数増加）が生じた結果である。

加振レベルが更に増加すると、いずれの振動数においても最終的に増幅率の反転が見られる。増幅率の反転は、各チャンネル間に不連続面が形成され、振動が伝播しにくくなったことを示している。固有振動数 (50Hz) の場合は、加速度 4.7m/s^2 以降に段階的に反転が生じる。このことは、部分的に不連続面が形成され、それらが連続することですべり面が形成されて全体破壊に至ることを表す。振動数 20Hz の場合は、加速度 5.7m/s^2 の段階で、盛土部全体において減少する。この急激な減少は、ch.1(lower)と ch.2(middle)間と、ch.4(lower)と ch.5(middle)間で全体破壊を支配するすべり面が形成されて振動が伝播しにくくなったことを示している。また、ch.2(middle)と ch.3(upper)間と、ch.4(middle)と ch.5(upper)間の増幅率の反転は、これらの区間内で不連続面が形成されたことを表す。このことは、全体破壊を支配するすべり面が形成され、すべり面上位のすべり土塊内にも不連続面が形成されたことを表している。なお、土槽側面に設置したマーカの観察からも、瞬間的に破壊が生じ、全体の変形が進行する現象を確認している。

6. おわりに

振動数の違いによる変状メカニズムの違いを確認した。固有振動数の振動が入力された場合は、盛土層厚が厚いほど、増幅率が大きい傾向がある。また、入力加速度の増加に伴って、盛土中央部～上部において、徐々に塑性変形が進展し、部分的な不連続面が形成される。その後、不連続面が連続したすべり面が形成され全体破壊に至る。一方で、固有振動数とは異なる振動が入力された場合は、所定の加速度までは盛土部は一様に揺れ、一定以上の加速度が入力された時点で、慣性力によって一気に全体破壊が生ずる。

謝辞 東北大学 河井正准教授から実験の助言を頂いた。JSPS 科研費 25249064 の助成を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献 1) 村尾ら：1G 場振動台実験における模型盛土造成斜面の固有振動数の探索，土木学会第 71 回年次学術講演会，2016