

円筒金網とチェーンを用いた補強盛土のモデル化と地震時挙動解析

京都大学大学院	学生会員	○關 健宏, 橋本 涼太
京都大学大学院	正会員	肥後 陽介, 木村 亮
昭和機械商事(株)	正会員	北村 明洋
日建設計シビル(株)	正会員	加藤亮輔

1. はじめに

地震によって被害を受けた斜面や盛土の早期災害復旧工法として、施工性に優れた円筒金網とチェーンを用いた補強土工法が開発されてきた¹⁾。新工法である本工法は実績を積んでいる段階にあるため、地震時挙動を把握する事を目的に詳細動的解析法による検討を実施した。実験によって明らかにされたチェーンと支圧板の補強効果を可能な限り忠実に解析に再現し、レベルⅡ相当の地震動を受けた際の地震時挙動を解析した。

2. 円筒金網とチェーンを用いた補強土工法の概要

円筒金網とチェーンを用いた補強盛土の概念図を図1に示す。円筒金網の内部は締め固めた土で充填されている。チェーンは両端に支圧板を有しており、片方は円筒金網内部、もう一方は補強盛土内に固定する。チェーンはモーメントフリーで引張り力に対し大きな抵抗力を有し、またその形状ゆえ土との間には大きな支圧力が発生する。既往の実物大実験から、摩擦力に換算すると同外径の丸鋼と比較して約3倍強の値を発現することが確認されている。また支圧板を加えることで、その引き抜き抵抗によってチェーン単体に比べて高い補強効果が期待できる。

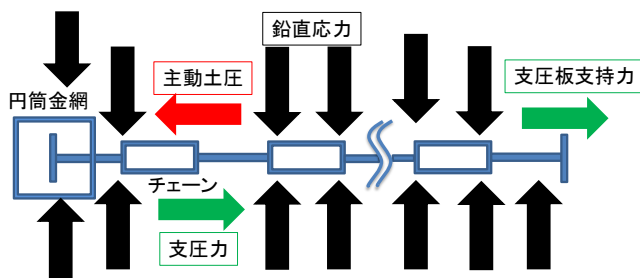


図1 円筒金網とチェーンの補強メカニズム

3. 解析手法と補強材のモデル化

固相、液相、気相の相互作用を考慮した、LIQCA-SF²⁾を用いた。支配方程式は三相各々の運動方程式と質量保存則から成る。空気相はその高圧縮性から連続式について常時成立とする簡易三相系で定式化している。

応力変数には骨格応力、構成式にはサクシオンを考慮した砂の繰返し弾塑性構成式を用いている。補強材として用いられるチェーンと支圧板の効果はジョイント要素によって表現し、両者の剛性・強度を個別に与えることで正確なモデル化を図った。チェーンの摩擦力は上下の土要素による拘束圧に依存する。30kN/m²、90kN/m²、150kN/m²下で行ったチェーンの引き抜き試験結果³⁾を基に、90kN/m²時の剛性をKs(90)としてチェーン部分のジョイント要素のせん断剛性を $K_s = K_s(90)(\sigma_N/90)^{0.6}$ と近似した。c、φは試験から得た残留応力により決定した。また、σ_Nは構成式中でダイレイタンシーの影響を考慮している。支圧板の引き抜き試験結果より応力-ひずみの関係はバイリニア関係となる。また、円筒内部の支圧板の方が外部のそれよりも支圧効果が高い。そこで、安全側として、円筒外部における劣化後の直線から評価した値をジョイント要素の剛性に採用した。実験において支圧板の効果は完全に塑性化することはなかったため、弾性ジョイントとした。

4. 解析条件

図2に解析モデル図を示す。硬質な地山に建設された10段の円筒金網とチェーンによる補強盛土を想定した。地山は弾性体を仮定し、補強盛土は弾塑性体とした。弾塑性体には淀川堤防砂のパラメータを用いた³⁾。チェーン-土間のジョイント要素には鉛直応力90kN/m²時のせん断剛性29.3MN/m²、支圧板-土間のジョイント要素には36.3MN/m²をそれぞれ入力した。ビーム要素のパラメータは参考文献⁴⁾を参照されたい。また、円筒金網の剛性は十分に大きいことから円筒要素の4隅の節点に等変位境界を仮定した。円筒間は剛結されず、土なりに滑ると考え、薄い土の要素を設置した。入力地震動には1995年兵庫県南部地震のポートアイランドのアレー観測結果からGL-32mのNS成分を用いた(図3)。

キーワード：補強土、円筒金網、チェーン、不飽和土、動的解析

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2 棟 224 Tel: 075-383-3306

京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻 ジオフロントシステム工学分野

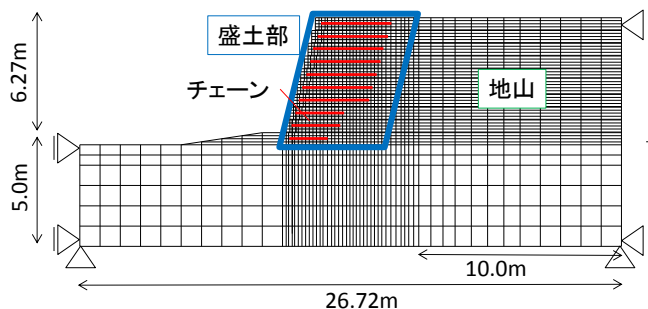


図2 解析モデル図

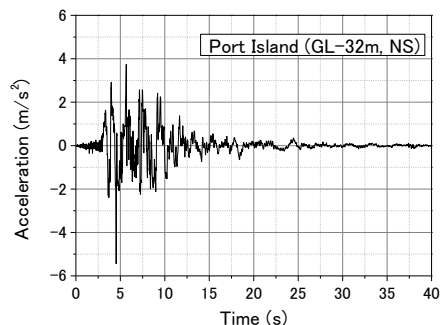


図3 入力地震動

5. 解析結果

図4に20秒後の変形ベクトル図を示す。盛土上段の補強材境界部付近で相対的に大きな変形が見られる。特に変形が大きかった節点における、応答加速度と鉛直変位の時刻歴をそれぞれ図5、図6に示す。天端付近では加速度が1000gal以上に増幅している事が分かる。また、鉛直変位は時間と共に進行している。図7に20秒後のせん断ひずみ分布図を示す。補強箇所では、チェーン付近（ビーム要素）、各締固め層間でひずみがやや大きい。これは、土と補強材の間の滑りが発生したためである。一方、非補強箇所では、地山との境界にひずみが集中している。また、補強箇所と非補強箇所の境界にも比較的大きなせん断ひずみが見られた。

6. まとめ

円筒、チェーン、チェーンと土の摩擦、支圧板をそれぞれ実験結果に基づいてモデル化し、円筒金網とチェーンを用いた補強盛土の動的解析を行った。その結果、補強材が挿入されている部分のひずみは少なく、未挿入の箇所に相対的に大きなひずみが見られるなどの、変形モードを明らかにした。定量的評価には地盤材料特性や三次元効果の正確な把握など多くの労力が必要となるが、本研究で得た変形モードのような定性的評価には、解析による検討が有効である。今後は、模型実験等との比較を通して解析の妥当性を検証すると共に、補強材の設置条件が補強盛土の地震時挙動に与える影響を検討していく。

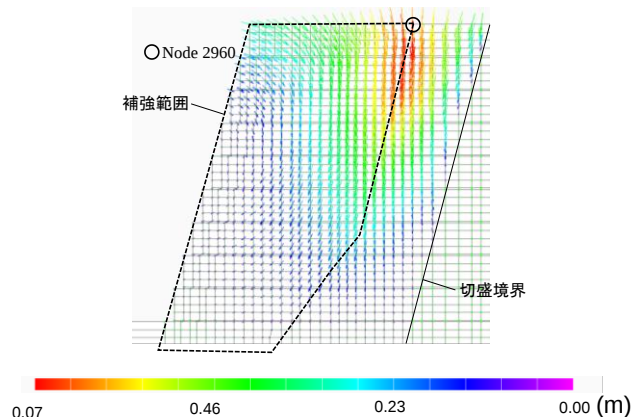


図4 20秒後の変形ベクトル図

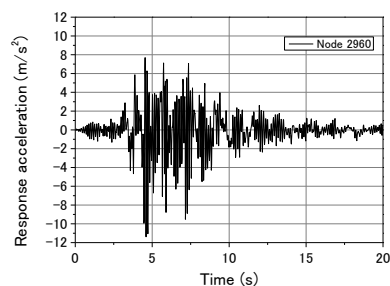


図5 天端付近の応答加速度

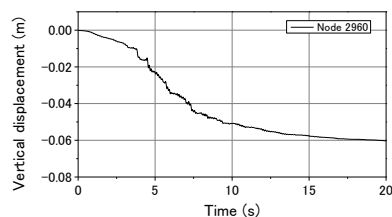


図6 鉛直変位の時刻歴

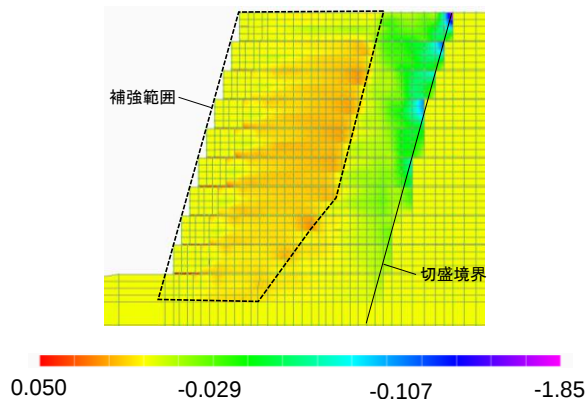


図7 20秒後のせん断ひずみ分布図

参考文献

- 1) 北村 明洋, 福田 光治, 木村 亮: 地盤工学ジャーナル, Vol. 3, No. 3, 273-285, 2007.
- 2) 一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所: LIQCA-SF(2013)マニュアル, 2013.
- 3) 仲井春日: 京都大学大学院修士論文, 2014.
- 4) Chung-Won LEE: 京都大学大学院博士論文, 2012.
- 5) 関健宏, 肥後陽介, 木村亮, 三村衛, 北村昭洋, 加藤亮輔: 第69回年次学術講演会, 土木学会, 3-334.