

盛土耐震補強設計施工箇所における降雨時安全度調査

斜面安定, 降雨時安全率, 盛土耐震

東日本旅客鉄道(株) 正会員○中村 宏, 正会員 久保井公彦

JR 東日本コンサルタンツ(株) 正会員 桐生郷史

(株)複合技術研究所 正会員 三平伸吾

1. はじめに

JR 東日本では、首都直下地震対策として土構造物の地震対策を進めてきている。地震対策で実施している補強は、降雨対策としても効果があると考えた。そこで、筆者らは首都圏の盛土構造物（土留め構造物を含む）に対して、耐震補強用棒状補強材の有無と盛土内水位をパラメータとして、地震力を与えず常時および降雨時を仮定し、安定検討を実施したので検討結果を報告する。

2. 検討の背景

2018年9月6日、マグニチュード (M6.7)、最大震度6~7の北海道胆振東部地震が発生した。この地震による斜面崩壊を図-1に示す。図-2は地震発生前後の降雨状況であるが、地震前には平年の1.5倍程度降雨が多かったようである。北海道胆振東部地震の他に、1968年5月の十勝沖地震 (M7.9) による在来線の盛土崩壊では、地震前日までの3日間で165mmの降雨によりサクシオンが消失し、有効応力が低下して崩壊発生を助長した可能性を考察している (図-3, 4) ³⁾⁴⁾。また、2004年10月の新潟県中越地震 (M6.8) でも地震発生前の2~3日前に台風23号により100mm程度の降雨があり、地震時の斜面崩壊に影響を与えた可能性が示唆されている ⁵⁾。

2019年9月と10月には、台風の影響による水害による被災は東日本一帯に及んだ。そこで今回の検討は、耐震補強された盛土が降雨時にどれだけ安定しているかを主眼に置いて検討を進めることとした。

3. 検討内容

具体的な検討内容は以下のとおりである。

- ①常時（無補強で盛土内水位は無し）、②無補強降雨時（無補強で盛土内水位を盛土高さの1/2に設定）、③補強後降雨時（耐震補強の補強材による抵抗を考慮、盛土内水位は②同様の3ケースで円弧すべりによる斜面安定計算を実施した (図-5)。検討対象は首都圏の盛土43箇所であり、常時状態では盛土内に水位は無い。
- 降雨時に盛土内の水位を盛土高さの1/2とした。これは、国鉄技術研究所における砂質盛土の崩壊実験時における盛土内の水位上昇が盛土高さのほぼ1/2であったこと ⁶⁾ (図-6)、またローム系盛土材料による盛土の崩壊シミュレーションの崩壊現象を説明可能なケースで、水位は盛土高さの1/2まで上昇していない ⁷⁾ (図-7) ことのためである。
- 検討対象の盛土は、崩壊圧が無いことから、土質定数は耐震設計で用いたCUB試験の有効応力C'、φ'を用いた(盛土耐震ではpeak強度≒less強度と仮定しpeak強度で設計)。なお、一部箇所は全応



図-1 北海道胆振東部地震 被災状況 ¹⁾ (厚真町)

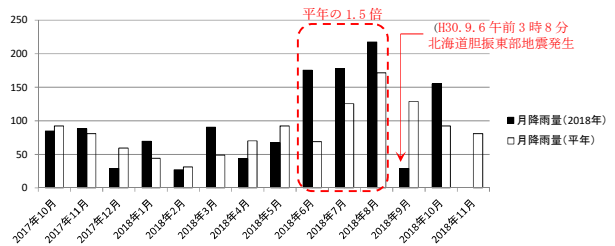


図-2 北海道胆振東部地震降水量データ ²⁾ (厚真)



図-3 十勝沖地震 (1968) 被災状況 ³⁾ (尻内~陸奥市川)

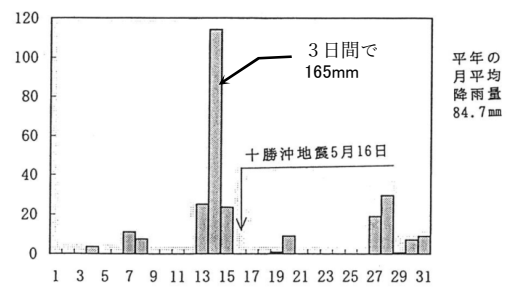


図-4

十勝沖地震 (1968) 降水量データ ³⁾ (昭和43年5月)

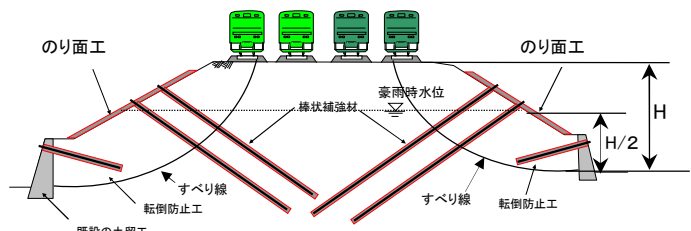


図-5 安定検討モデル

力土質定数で検討した (図-9, etc) .

4. 検討結果

検討結果を下記にまとめる (図-8) .

- ①常時では、43箇所中2箇所で $F_s < 1.0$ となり、②無補強降雨時では43箇所中3箇所で $F_s < 1.0$ となった。③補強後降雨時では全箇所で $F_s > 1.27$ となった。
- 安全率の平均値は、①常時で 1.54、②無補強降雨時で 1.39、③補強後降雨時で 1.68 となった。
- ③補強後降雨時では補強材の抵抗により全箇所とも安全率が高くなった。
- 盛土高さ 6m 未満では、②無補強降雨時で全箇所とも $F_s > 1.0$ となった。
- 首都圏で最も高い盛土 (土留め構造物) でも耐震設計後は安定を十分確保できている (図-9)。
- ①~③を俯瞰すると、盛土高さが低い箇所と高い箇所では、安全率が平均値付近に分布する。

5. 成果のまとめと留意点

今回の安定検討は棒状補強材の抵抗 (抑止工に相当) を評価し、耐震補強は降雨時でも安定度を高めることが示された。耐震補強では水抜き孔の増備等排水対策強化にも努めていること⁸⁾、降雨防災対策では、盛土内に水位がある場合は速やかに水を抜くように努めていることを付記する。

【参考文献】

- 藤本哲生, 他: 平成30年北海道胆振東部地震による地盤・土構造物の被害に関する一考察, 第61回地盤工学シンポジウム論文集, pp.21-26, 2018.12
- 気象庁HP気象観測データをグラフ化
- 東日本旅客鉄道株式会社: 1994年12月28日三陸はるか沖地震災害記録誌[技術編]
- 土橋隆史, 他: 三陸はるか沖および十勝沖地震による鉄道盛土の崩壊シミュレーション, SED, No.6, 1996.5
- 古関潤一, 他: 一般道路の被害と復旧, 基礎工, Vol.33, No.20, 2005.10
- 斉藤迪孝: 実証土質工学, pp.104, 図7.17, 1992.1
- 中村 宏, 他: 浸透流解析を併用した崩壊盛土および復旧盛土安定解析, 豪雨時の斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測に関するシンポジウム発表論文集, 2003.4
- 中村宏, 他: 首都直下地震対策における土構造物の耐震補強の設計, 基礎工, vol.45, No.12, pp.19-24, 2017.12

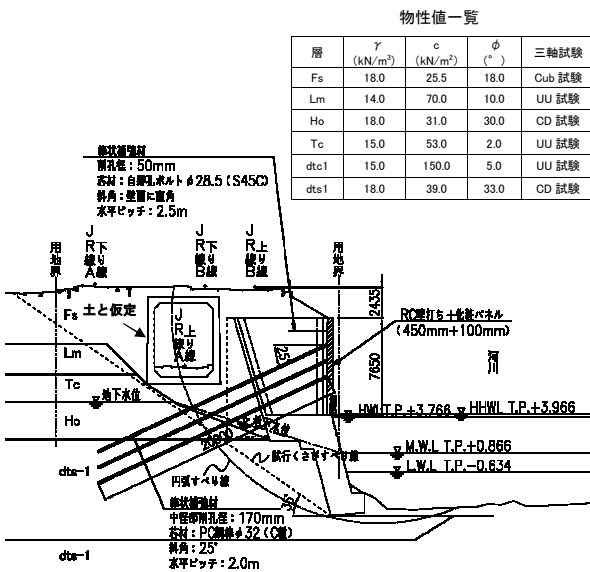


図-9 施工事例

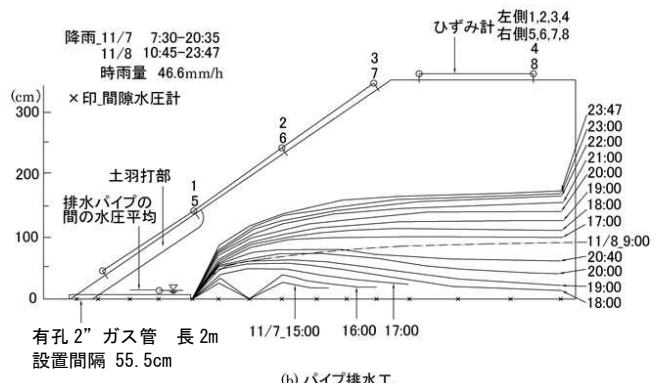


図-6 国立野外における対策工の効果判定実験⁶⁾

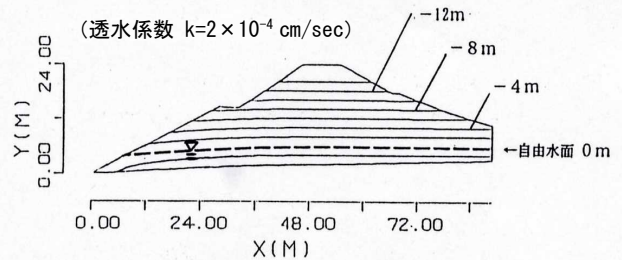


図-7 圧力水頭カウンター (予備解析)⁷⁾

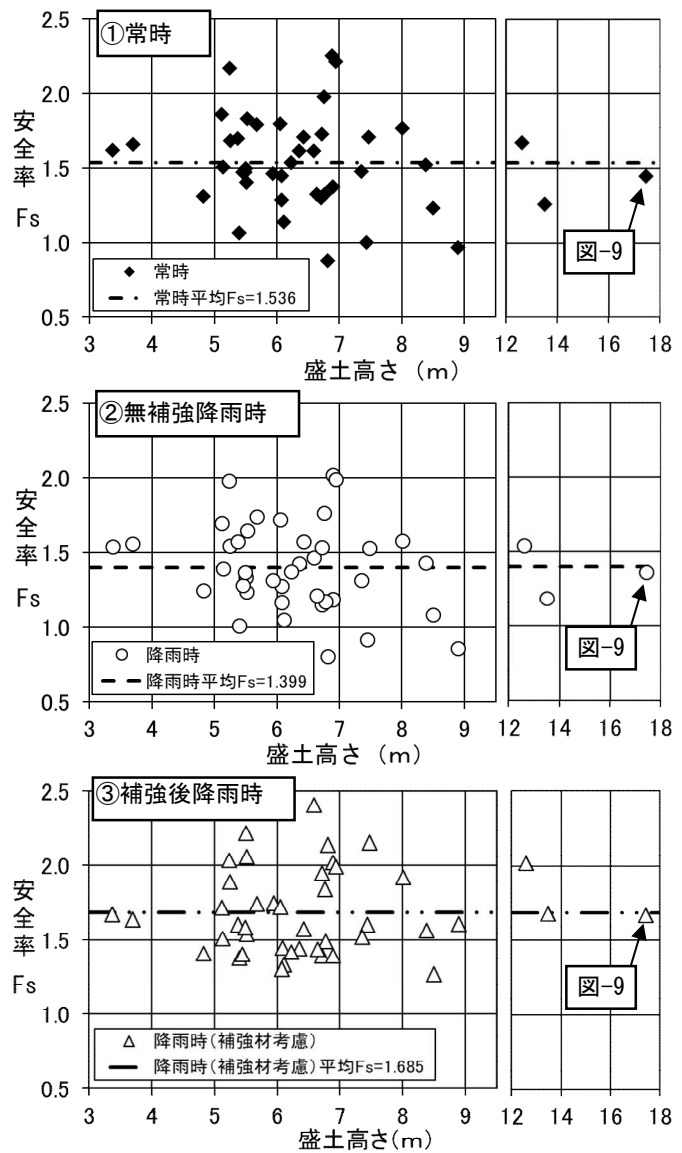


図-8 円弧すべり安全率