緩勾配化した切土補強土擁壁の設計合理化に関する検討

鉄道・運輸機構　正　○山崎貴之，陶山雄介，高野裕輔，阪田暁
鉄道総合技術研究所　正　渡辺健治，中島進，浅野翔也，成田浩明

1. はじめに

切土補強土擁壁は，地山補強材により土留め壁を背面地山と一体化することで安定性の向上を図る工法であり，地山の安定性に応じて引留め式土留め壁，地山補強式土留め壁に区別される．構築する地山が自立性地山と判定された場合は引留め式土留め壁として，非自立性地山と判定された場合は，地山補強式土留め壁として設計を行う．また，鉄道構造物設等設計標準・同解説(土留め構造物)[1]では地山補強式土留め壁，引留め式土留め壁ともに，3 分勾配に対する適用を標準としている．

一方で，切土の安定性はのり面勾配が緩勾配化されるに伴い向上するため，非自立性地山を 3 分勾配よりも緩勾配化することで自立性地山とし，地山補強式土留めから引留め式土留めに構造転換することで，経済的な構造を実現可能な場合がある．

そこで著者らは，切土補強土擁壁の設計合理化を目的として，背面地山の自立性に応じて，のり面勾配（3 分勾配）を緩勾配化（以下，中間勾配 5～7 分勾配程度）することで地山補強式土留め壁から引留め式土留め壁に変更した場合の靭性能（降伏震度を超える慣性力作用時でも変形に対する粘り強さを発揮し，脆性破壊には至らない性能）および経済性について研究してきた[2)~7)]．

本検討では，緩勾配化したのり面工の選定フロー(図 1)を提案し，同選定フローを実務的に運用するにあたり，詳細検討の対象とするのり面勾配の選定を簡易に行うための方法を提案する．

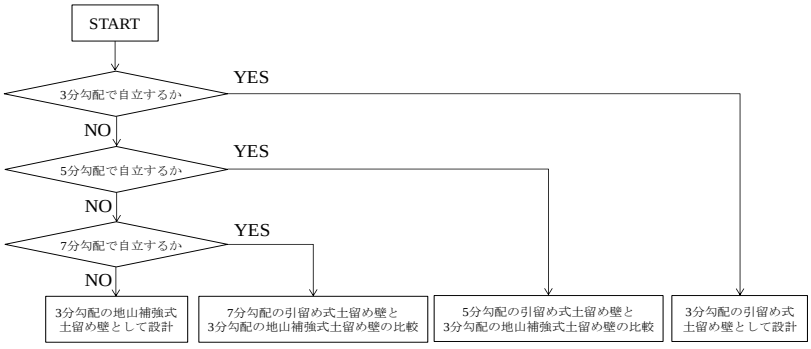

図 1　切土補強土擁壁の構造選定フロー

2. 検討方法と検討方針

本検討に用いたモデルの例を図 2 に示す. モデルは単層地山および均一勾配，片切土を想定した．勾配，粘着力，内部摩擦角を各ケースの値に固定した上で，地山高さ H を 0.5m の増分で増大させ，照査値が 1.0 を満足する限界の高さ(以下 HL と称す)を算定した．HL は，Design-RRR(Ver.3.1F)の 円弧すべり安定解析を行い評価し

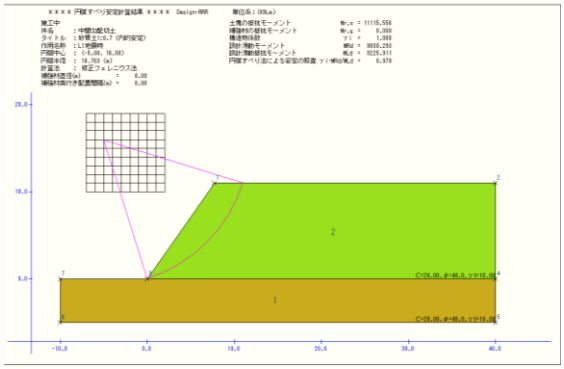

図 2　解析モデルと解析結果例

表 1　検討ケースおよび照査結果一覧

	勾配	粘着力 (kPa)	内部摩擦角 (°)	限界自立地山高さ	照査値
Case1	3分	6	30	1.5	0.883
Case2			35	1.5	0.834
Case3			40	2.0	0.942
Case4		20	6	3.5	0.929
Case5			20	4.5	0.938
Case6			30	5.5	0.949
Case7			40	7.0	0.970
Case8		40	6	7.5	0.989
Case9			20	9.5	0.977
Case10			30	11.5	0.979
Case11		60	6	11.0	0.969
Case12			20	14.5	0.990
Case13	5分	6	30	2.0	0.962
Case14			35	2.0	0.892
Case15			40	2.5	0.944
Case16		20	6	4.0	0.974
Case17			20	5.5	0.987
Case18			30	7.0	0.994
Case19			40	9.0	0.986
Case20		40	6	8.0	0.975
Case21			20	11.0	0.988
Case22			30	14.0	0.994
Case23		60	6	12.0	0.975
Case24			20	16.0	0.988
Case25	7分	6	30	2.0	0.878
Case26			35	2.5	0.924
Case27			40	3.5	0.998
Case28		20	6	4.0	0.928
Case29			20	6.0	0.978
Case30			30	8.0	0.984
Case31			40	11.0	0.979
Case32		40	6	8.5	0.980
Case33			20	12.0	0.976
Case34			30	16.0	0.984
Case35		60	6	13.0	0.996
Case36			20	18.5	0.994

キーワード：切土，地山補強土，円弧すべり安定解析
連　絡　先：〒231-8315　横浜市中区本町 6-50-1　鉄道・運輸機構　設計技術部　TEL：045-222-9082

た．検討対象とした勾配，粘着力，内部摩擦角を**表 1** に示す．単位体積重量は，全ケース 18kN/m^3 とし，全 36 ケースの検討を行った．また，本検討において考慮した作用係数は，土圧荷重，土圧慣性力ともに 1.0，抵抗係数は，円弧すべり 0.83，内的安定 0.8 とした．

3. 検討結果

ケース毎の HL と照査値の一覧を**表 1** に示す．検討結果より，切土勾配選定図（案）を作成した（**図 3**）．図は，検討を行った 36 ケースの安定解析結果に基づき，HL の等高線を描画したものであり，図上の右上である程地山の安定性が高く，HL が高くなる．一例として，ϕ=20°，c=35kN/m^2 の場合，3 分勾配の場合の HL は 7.0m，5 分勾配の場合は 8.0m，7 分勾配の場合は 10.0m であり，緩勾配化に伴い HL が高くなる傾向にある．提案図の具体的な活用方法を以下に例示する．

①. 地盤調査結果から，粘着力 c および内部摩擦角 ϕ を評価する（以下，本例では ϕ=20 本，c=35 kN/m^2）．

②. 切土の計画高さを確認する（以下，本例では 10m とする）．

③. 図 2 を用いて各勾配の HL を求める．その際，自立高さは安全側に設定する．本例の場合，3 分勾配の場合は 7m，5 分勾配の場合は 8m，7 分勾配の場合は 10m にプロットされる．

④. プロットより，計画高さが 10m の場合，3 分勾配，5 分勾配では非自立性地山，7 分勾配であれば自立性地山と判定される．

⑤. 以上から，当該の地山では 3 分勾配とした地山補強式土留め壁と，7 分勾配とした引留め式土留め壁について，施工性，経済性，安定性の比較を行い，構造を確定させる．

4. おわりに

本検討では，地山の強度特性およびのり面勾配に応じた限界自立壁体高さを算出し，切土勾配選定図を提案した．本検討において提案した切土勾配選定図を活用することで，切土補強土擁壁の構造選定において，最適構造を選定するに至るまでの作業を簡略化することが可能となる．この効果を設計へ反映することが設計の合理化に繋がると考えられる．

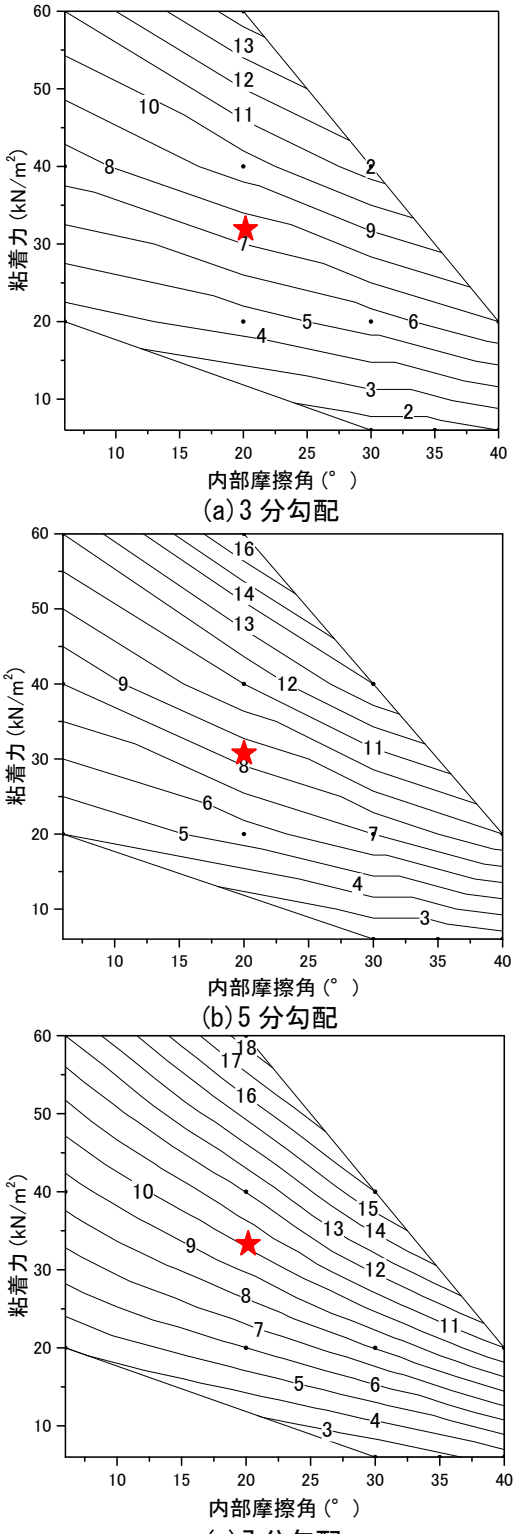

図 3　切土勾配選定図

参考文献：

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説　土留め構造物，2012.1

2) 渡辺ら：切土勾配の異なる切土補強土擁壁の地震時挙動に関する研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011.9

3) 陶山ら：背面地山の用地境界を考慮した切土補強土擁壁の地震時挙動に関する研究，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013.9

4) 高野ら：勾配の異なる切土補強土擁壁の地震時安定性に関する振動実験，土木学会第 69 回年次学術講演会，2014.9

5) 工藤ら：切土補強土擁壁の地震時残留変位に関する Newmark 法の適用性に関する検討，土木学会第 69 回年次学術講演会，2014.9

6) 長尾ら：逆解析による切土補強土擁壁の補強効果に関する検討，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015.9

7) 高野ら：切土補強土擁壁の地震時補強効果に関する振動実験，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015.9