

Ⅲ－B247

土留壁の応力・安定解析

中央開発（株）

正会員 ○西原 聡

日本鉄道建設公団

正会員 青木一二三・米澤豊司

日本鉄道建設公団

正会員 北川修三・秋田勝次

（財）鉄道総合技術研究所

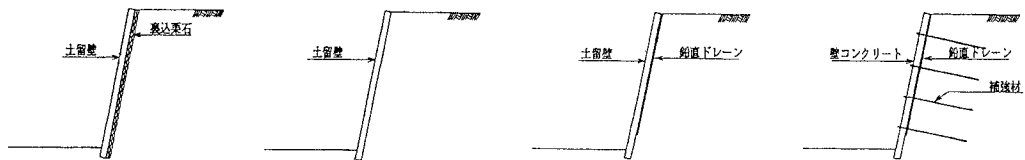
正会員 館山 勝

1. はじめに

筆者らは、実規模斜面を対象に切取地山に設置される土留壁背面の排水工法及び地山補強工法を組み合わせた工法に対する対策効果の検討を行っている。本論文では、対策工の安定性に関する効果を把握するために、有限要素法による浸透解析及び応力解析の結果を考慮した極限安定解析を行い、各排水対策工及び地山補強工法に対する地山の安定性について検討した結果について報告する。

2. 解析対象と解析条件

解析対象は、一般的な砂質土の土留壁を有する切取斜面で、斜面形状は、のり勾配1:0.30、土留壁前面の勾配1:0.35であり、土留壁高は7mである。解析ケースは、①従来土留壁（裏込栗石、栗石の幅30cm）、②壁体のみ（裏込材なし）、③壁体＋排水鉛直ドレーン（ドレーン材線路縦断方向間隔1.50m、幅25cm、厚さ5cm）、④壁体＋排水鉛直ドレーン＋水平補強材（補強材は芯材にD25の鉄筋を用い、補強材の直径は6cm、打設間隔は補強材の鉛直配置はのり尻より1.5m、3.0m、4.5m、6.0mとし、長さ4.0m、線路縦断方向間隔1.0m）の4通りとした（図－1参照）



(a)従来土留壁（裏込栗石）

(b)壁体のみ

(c)壁体＋排水鉛直ドレーン

(d)壁体＋排水鉛直ドレーン＋補強材

図－1 解析モデル

安定解析の検討手順は、①浸透解析、②初期応力解析及び浸透解析結果を考慮した応力解析、③応力解析結果を考慮した円弧すべり法による極限安定解析の順に行った。応力及び安定解析に使用した物性値は表－1の通りである。応力解析の境界条件は、底面を水平・鉛直方向固定、左右端を水平方向固定とした。応力解析は、要素毎に浸透解析結果の内、飽和領域における浸透力と正の圧力水頭を考慮し、自重解析を行った。なお、不飽和域では浸透力と圧力水頭を考慮せず、自重のみを考慮した。極限安定解析では円弧すべりの各スライス毎に応力解析で得られた要素毎の応力を用いてすべり面上での垂直応力とせん断応力を算定し、その値からすべり面全体の抵抗力及び滑動力を求め、すべり安全率を計算した。なお、補強材がある場合には、補強材の定着力を応力解析結果に基づいて算定し、補強材抵抗力を安定解析の抵抗力に考慮した。

表－1 応力解析及び安定解析に用いた物性値

記号	材料名称	単位体積重量 γ (tf/m ³)	粘着力 c (tf/m ²)	内部摩擦角 ϕ (deg)	弾性係数 E (tf/m ²)	ポアソン比 ν
C	切取地山	1.90	1.0	40.0	12,500	0.30
M	支持地盤（泥岩層）	2.00	1.0	40.0	100,000	0.30
W	擁壁躯体	2.50	1,000	45.0	2,350,000	0.20
G	裏込栗石	2.00	0	40.0	12,500	0.30
D	鉛直ドレーン材	0.06	0	0	10	0.06

3. 解析結果

(1) 応力解析結果

浸透流解析結果の内、浸透外力及び正の圧力水頭を考慮した応力解析結果を示す。なお、浸透解析の詳細については文献1),2)に述べる。図－2に土留擁壁背面の排水工（栗石、鉛直ドレーン、壁体のみ）の工法別に擁壁背面水位上昇後の定常状態における浸透力ベクトルを示す。これより、浸透力ベクトルは地下水位の流れの方向に作用しており、のり尻及び擁壁底面に集中することが確認された。また、水位上昇後の定常状態における主応力ベクトルは、浸透力と正の間隙水圧が作用するため、地山の高い箇所では若干の引張応力が

態における主応力ベクトルは、浸透力と正の間隙水圧が作用するため、地山の高い箇所では若干の引張応力が発生することが確認された（図-3 参照）。また、擁壁背面付近では地下水位の流れの方向に主応力が傾いていることがわかった。

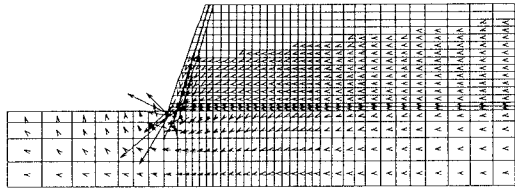


図-2 浸透力ベクトル（従来土留壁，裏込栗石）

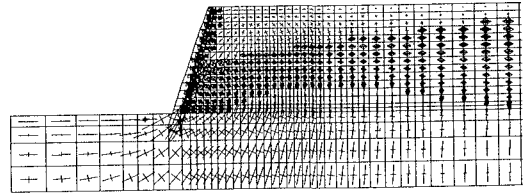


図-3 主応力ベクトル（従来土留壁，裏込栗石）

（2）安定解析結果

擁壁背面の排水工（栗石，鉛直ドレーン，壁体のみ）の工法別の比較を行うために、応力解析の結果を反映した極限平衡法による円弧すべり安全率を表-2 に示す。また、図-4 に擁壁背面の排水工及び地山補強工の工法別のすべり安全率図を示す。これより、初期状態のすべり安全率は概ね $F_s \approx 1.7$ 前後に対して地下水位上昇後の定常状態におけるすべり安全率は概ね 1.1~1.55 程度となった。対策効果について比較すると、①壁体のみ、②壁体+鉛直ドレーン、③裏込栗石、④壁体+鉛直ドレーン+補強材の順に安全率が大きくなる。初期状態に対する鉛直ドレーンの安定性に対する効果は比較的大きいことが確認された。さらに、鉛直ドレーンに補強材を挿入すると従来土留壁（裏込栗石）と同等以上の効果があることがわかった。

4. おわりに

土留壁背面の排水工法及び地山補強工法を組み合わせた工法に対する安定性に対する対策効果を比較すると、壁体のみ、壁体+鉛直ドレーン、裏込栗石、壁体+鉛直ドレーン+補強材の順に大きくなる。また、鉛直ドレーンの効果は比較的大きく、特に地山補強材と組合せた工法では従来土留壁（裏込栗石）と同等以上の効果があることが確認された。ただし、ここで行った浸透解析は、水位上昇を理想的にモデル化しているため、実際の豪雨時における擁壁背面の地下水の回り込みや土留壁背面の地下水の集中を考慮していないため、実斜面における豪雨時の現象を考慮したモデルを設定して排水効果については十分な検討を行う必要がある。また、この解析法の妥当性の確認のために、模型浸透実験を別途行っており、この実験モデルを対象にした検証解析を今後行うことも必要である。

<参考文献>

- 1) 氏原・青木・米澤・北川・小島・丸山：土留壁浸透解析，第53回土木学会年次学術講演会，1998.10
- 2) 米澤・青木・館山・小島・北川・丸山：土留壁ドレーン材の3次元浸透解析，第53回土木学会年次学術講演会，1998.10

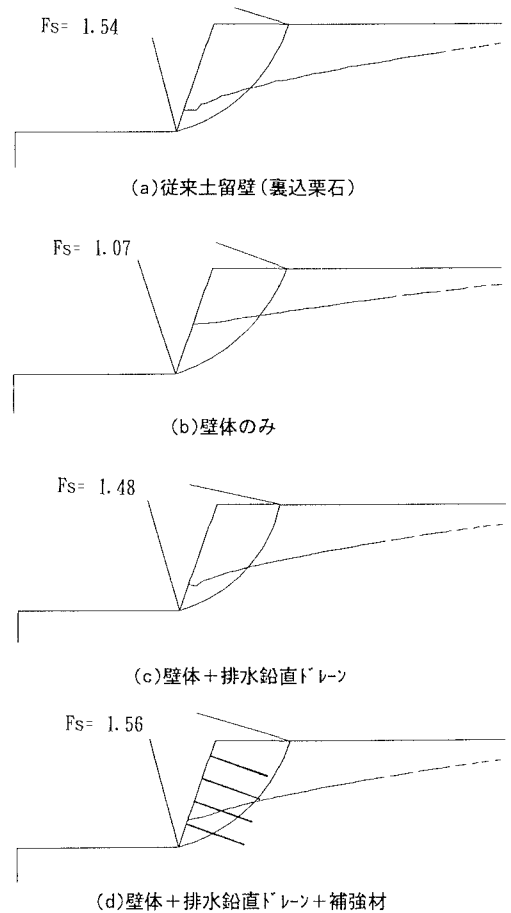


図-4 極限安定解析結果

表-2 すべり安全率一覧表

	3D の場合の 検討断面	すべり安全率		初期状態に 対する比率
		初期状態	定常水位	
①従来土留壁（裏込栗石）	—	1.69	1.54	0.91
②壁体のみ	—	1.71	1.07	0.63
③壁体+鉛直ドレーン	ドレーン中心	1.71	1.48	0.86
	ドレーン間中央		1.48	0.86
④壁体+鉛直ドレーン+補強材	ドレーン間中央	1.71	1.56	0.91