切土補強土工法を用いた竹割り型土留工法

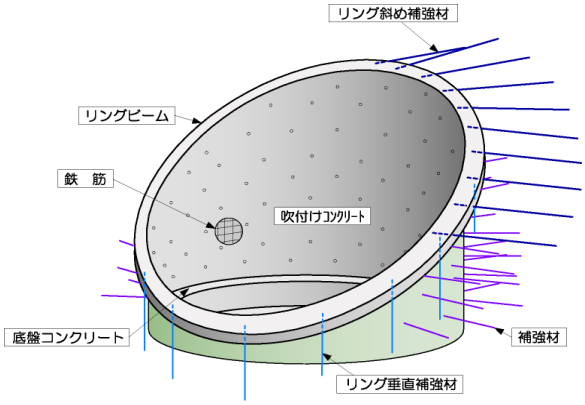
－簡易設計法－

日本道路公団（JH）試験研究所○正会員　佐藤　亜樹男　正会員　松山　裕幸　正会員　緒方　健治

1.まえがき

竹割り型土留工法は，土留め壁を円筒状に施工することで掘削土量を削減し，環境負荷の軽減ができる合理的な工法である（図－1）。設計方法については，現場で試験施工[1)2)]を行い地盤の変位や補強材の軸力等を分析するとともに3次元弾塑性FEM解析を用いて検討を行ってきた。

本稿では，検討結果をもとに提案した各構造部材の設計方法の中で，土留工の主体部分である斜め補強材，壁面補強材の設計方法について述べる。



図－1 竹割り型土留工法の概略図

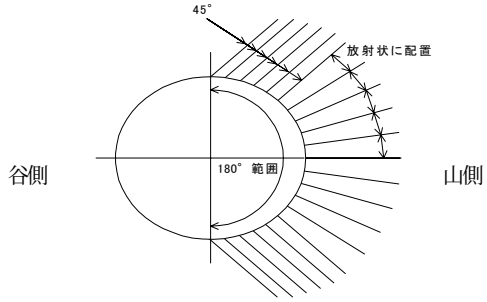
2.簡易設計法

2.1 リング斜め補強材

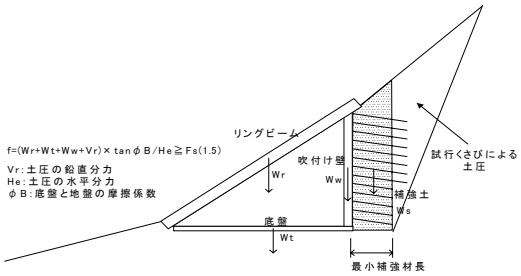
リング斜め補強材はリングビームの滑動防止と構造物全体の不足滑動抵抗力に対して設置する。補強材は滑動方向に対して一様に配置するのが有効であるが，設計時点では図上で正確な滑動方向を想定することが難しいため，図－2に示すような配置とし，想定していた滑動方向と異なっても対応できるような配置とした。

構造物全体の滑動検討の方法を図－3に示す。

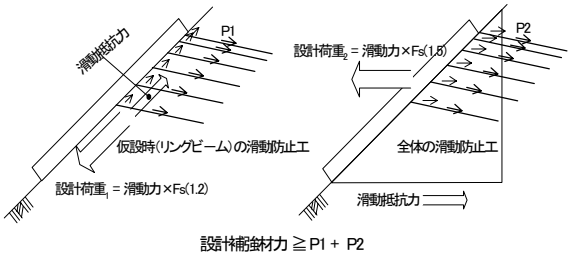
躯体背面の地盤は，補強材により一体となって挙動すると考え最少補強材の先端位置に仮想背面を設定した。土圧は試行くさび法により求め，滑動抵抗が不足した場合は図－4 に示すようにリングビームの不足滑動力と構造物全体の不足抵抗滑動力の合力に見合う抵抗する補強材を配置することとした。



図－2 リング斜め補強材配置図



図－3 滑動検討図



図－4 設計補強材力の概念図

2.2 補強材

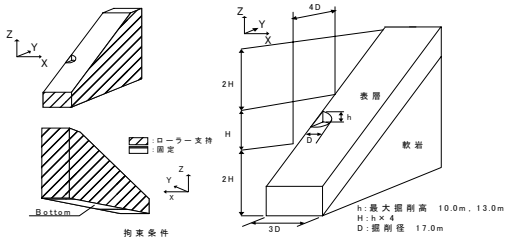
竹割り型土留工は円形に掘削を行うので形状によりどのような地盤応力の再配分が生じ，どの範囲で地盤に塑性領域が生じるのか未解明な点が多い。また逐次掘削により施工を行うので，掘削段階で地山に複雑な応力状態の変化が起こると考えられることから，3次元弾塑性FEM解析を用いて補強材長の検討を行った。

解析では，地盤の塑性化する領域を検討するため，3次元ソリッド要素の破壊条件に Drucker-Prager の破壊条件式を用いた。解析で使用した斜面モデルを図－5 に，地盤定数を表－1 に示す。斜面のモデルは，初期応力解析時に斜面先端，地盤境界付近に塑性領域が発生するため解析対象となる地

キーワード：切土補強土工法，設計，竹割り型土留工法，補強材，解析

連絡先：日本道路公団試験研究所　東京都町田市忠生 1-4-1　TEL：042-791-1621　FAX：042-791-2380

盤との間に距離を置き影響がおよばないようにしている。また，表層は内部摩擦角が大きく粘着力の小さい地盤と，内部摩擦角が小さく，粘着力の大きい地盤の 2 種類の定数を用いて解析を行った。



図－5 斜面モデル図

表－1 地盤定数

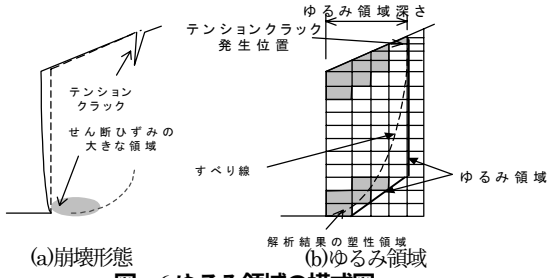
	表層.1	表層.2	軟岩
変形係数(kN/m2)	68,000	68,000	245,000
粘着力(kN/m2)	19.6	h=10m：39.0 h=13m：49.0	196.0
内部摩擦角(Deg)	32	21	37
単位体積重量(kN/m3)	19.6	19.6	21.6
ポアソン比	0.35	0.35	0.30

補強材長の検討では，過去に鉛直掘削の実物大試験結果[3)]より図－6(a)のような崩壊形態を確認しており，今回，解析結果より得られた各斜面方向の塑性領域を崩壊前の状況とし，掘削底面付近の塑性領域と地表面に生じる塑性領域を囲む範囲を図－6(B)のような地盤のゆるみ領域と仮定し，その領域内にすべり面が生じるものとし円弧すべり法により補強材長を求めた。

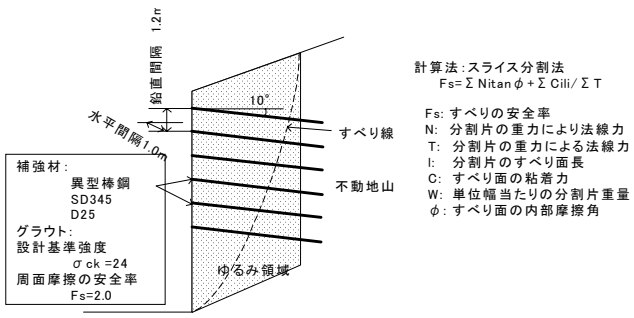
補強材長の検討諸元を図－7 に，表－2 に各検討位置での必要補強材長を示す。最大の補強材長は最大掘削高さ位置で決まり，補強材長を規定する要素は，地山の強度と掘削高さが主なものである。補強材長，打設間隔は各斜面方向で低減することも可能と考えられるが，現場での簡便性が失われることから最大掘削高さ位置で決まった補強材長を配置することとした。

岩部等の地盤強度が大きい地山では，補強材が不要な場合も考えられるが，作業中の安全確保，調査設計段階で判明できなかった不安定要因を考慮し最小限の補強材を配置することとした。

以上のことから設計では図－8 に示すように掘削高さに応じて補強材長を決定し配置することとした。



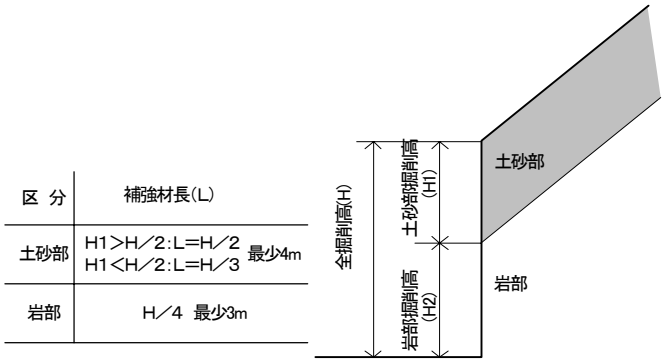
図－6 ゆるみ領域の模式図



図－7 補強材長の検討図

表－2 必要補強材長

検討位置	表層.1 H=10m	表層.1 H=13m	表層.2 H=10m	表層.2 H=13m
0°	4.0m	5.0m	4.5m	5.5m
15°	——	2.5m	2.0m	4.5m
30°	2.0m	3.5m	——	5.0m
45°	2.0m	4.5m	——	2.5m
60°	3.0m	4.0m	——	——
75°	2.0m	3.0m	——	——
90°	——	——	——	——



図－8 補強材長の選定図

3.あとがき

今回，提案した簡易設計法は，限られた試験施工，数値解析の結果を踏まえ提案したものである。今後，設計法を用いた実施工を行い設計法の検証を進めていく予定である。

参考文献; 1) 竹本将・佐藤亜樹男・田山聡・田中一：切土補強土工法を用いた竹割型掘削の現場計測（その２）－構造部材の効果・検証－，第 55 回土木学会年次学術講演会講演集 pp634～635，2000．9 2) A.Sato, S.Tayama., K.Ogata, M.Takemoto, U.Tanaka：Behavior of angle cut cylinder excavation by cut reinforced earth work method International Symposium on Earth Reinforcement,pp713～718,2001 .11 3) T.NAGAYOSHI, S.TAYAMA, K.OGATA & M.TADA： Full-scale model test on deformation of reinforced steep slopes, Proceedings of the International Symposium on Slope Stability Engineering, 1999.11