

単管パイプを用いた現場発泡ウレタン盛土工法

信州大学工学部
ウレタン土木技術研究会
イノアック特材 (株)
信州大学工学部

○千徳嘉親
熊野壽明
正会員 三田部均
正会員 大上俊之

1. はじめに

現場発泡ウレタン盛土工法 (R-PUR 工法) は、軽量盛土工法の一つで、2 種類の硬質ウレタンフォーム原液を現場で混合・発泡させることにより現場の地形に合わせた自由な形状の軽量盛土を形成する工法である。材料の超軽量性に加え、輸送が容易で貯蔵スペースも小さくてすむこと、自立性、耐水性、施工性が良いなどの利点がある。

道路拡幅工事における R-PUR 工法の標準的な施工は、図 1 に示す構造としている¹⁾。しかしながら、この構造では、支柱の建込みやアンカーの設置工を必要とし、このことが施工スペースの確保、交通の閉鎖期間、工期等の施工の効率を結果的に低下させる要因となっている。

本研究では、施工効率の向上のために、H 形鋼の支柱の建込み、アンカーの設置工の代わりにウレタン内に単管を挿入して盛土体に剛性を持たせる併用構造を提案するもので (図 2)、その妥当性を数値計算により検討する。

2. 単管パイプを併用した軽量盛土構造

単管を使用した解析モデルを図 3 に示す。ウレタン内に単管(φ48.6, t=2.4mm)を 1m 間隔で配置し、谷側 2 本の支柱基部を回転拘束させることで盛土体に剛性を持たせる。また、地震時における上載荷重のトップヘビー状態に抗するための突起をウレタン内、もしくは地山内に設けた構造としている。単管の結合は実施工ではクランプを用いた構造となるた

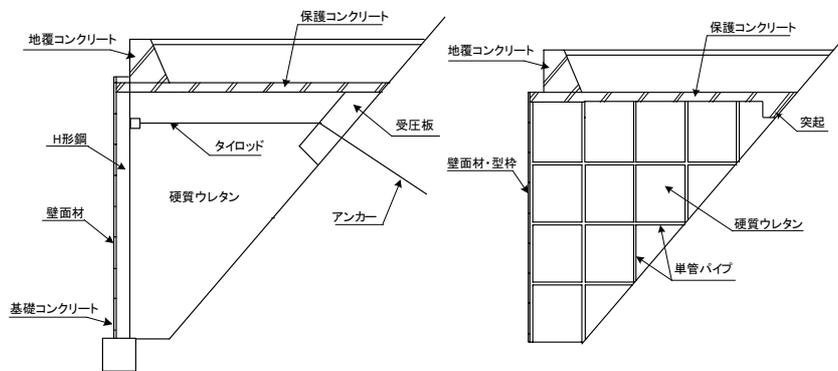


図 1 従来構造

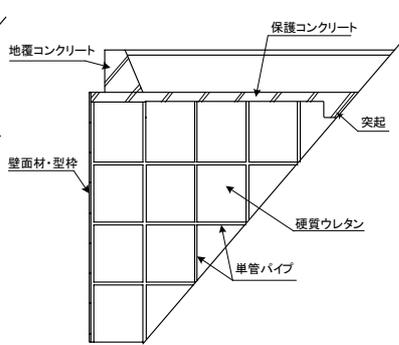


図 2 単管併用構造

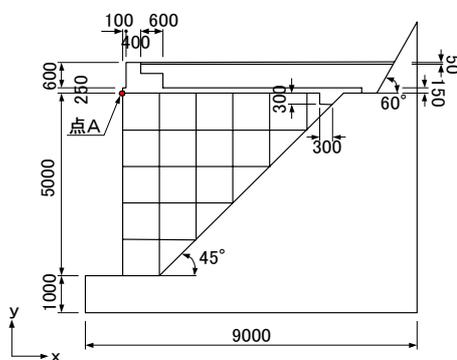


図 3 解析モデル

表 1 解析条件

case	突起位置	突起と地山間	コンクリートとウレタン間	単管連結
1	ウレタン内	摩擦	一体	剛結
2	ウレタン内	一体	一体	剛結
3	地山内	一体	一体	剛結
4	ウレタン内	摩擦	摩擦	剛結
5	ウレタン内	一体	摩擦	剛結
6	地山内	一体	摩擦	剛結
7	地山内	一体	摩擦	未結合
8 [※]	地山内	一体	摩擦	未結合
9	従 来 構 造			

表 2 材料物性値

項目	ヤング係数 (kN/m ²)	ポアソン比	質量密度 (kg/m ³)
ウレタン	3.98×10 ³	0.05	36.0
コンクリート	25×10 ⁶	0.2	2500.0
アスファルト	12×10 ⁶	0.35	2295.9
単管	205×10 ⁶	0.3	7838.1
路盤	84×10 ³	0.3	2040.8
背面土	28×10 ³	0.3	—
H 鋼(H200)	200×10 ⁶	0.3	8037.7
タイロッド	200×10 ⁶	0.3	8004.8

※case8 : 水平方向の単管間隔 2m

め、単管連結を未結合とした場合についても検討する。これらの併用構造について表 1 に示す各条件で解析を行い、地山とウレタン間の摩擦抵抗で安定性を確保できるかを汎用 FEM 解析ツール ANSYS²⁾を用いた数値解析により検討する。6 節点 3 角形ソリッド要素を適用して平面ひずみ問題として取り扱い、単管パイプをビーム要素、ウレタン周辺部の摩擦係数を 0.7、突起と地山間の摩擦係数を 0.6 と設定し、表 2 に示す構成材料の物性値を用いて解析を行った。比較のための従来構造のモデルでは、H 形鋼支柱、タイロッドをそれぞれビーム要素、トラス要素でモデル化し、支柱基部を回転拘束の境界条件とした。

常時および地震時についてそれぞれ下記の荷重条件で計算を実行した。

- ・常時：自重 W+路面に等分布荷重 10kN/m²
- ・地震時：自重 W+慣性力 (W×0.15)

3. 解析結果

2 つの荷重状態に対する最大水平変位、路面の最大鉛直変位、単管の最大相当応力の比較を表 3 に示す。最大水平変位は突起をウレタン内部よりも地山内に設ける方が (case3, 6) 減少しており、保護コンクリート下端位置 (図 3 の点 A) では従来構造の case9 よりも水平変位が 20%程度小さくなった。鉛直変位では、コンクリートとウレタン間を一体化した場合が摩擦とした場合より小さな変位を示している。最大相当応力は、併用構造が従来構造に比べ 4 倍~5 倍程度大きくなっているが、単管の許容応力度である 235MPa 以下を満足している。case7 と case8 では結果の差異がほとんど見られず、水平方向の単管の間隔が安定性にそれほど影響を与えないことを示している。常時の荷重状態に対する水平変位のコンター図を図 4 に示す。併用構造の方が従来構造に比べ変位量は大きい値となっているが、いずれの構造とも同じ傾向のコンターを示している。このことは、鉛直変位についても同様であった。

4. おわりに

単管パイプを併用した現場発泡ウレタン盛土工法の適用性について数値解析により検討を行った。他の地山勾配や高さ、単管パイプの設置本数による違い等について計算を行い、構造体の安定性について今後さらに検討していく予定である。

表 3 解析結果

荷重	case	最大水平変位 (mm)	路面最大鉛直変位 (mm)	単管最大相当応力 (MPa)
常時	1	-4.62	-7.75	135.0
	2	-4.32	-7.38	132.0
	3	-4.17	-7.29	125.0
	4	-4.47	-8.53	128.0
	5	-4.25	-8.16	130.0
	6	-3.98	-8.11	136.0
	7	-4.00	-8.13	134.0
	8	-4.28	-8.18	134.0
	9	-3.56	-7.22	31.5
地震時	1	-3.14	-5.15	95.8
	2	-2.88	-4.85	91.7
	3	-2.74	-4.75	85.7
	4	-3.13	-5.72	93.4
	5	-2.86	-5.40	95.2
	6	-2.67	-5.35	99.7
	7	-2.69	-5.36	98.0
	8	-2.88	-5.39	98.2
	9	-2.48	-4.91	21.7

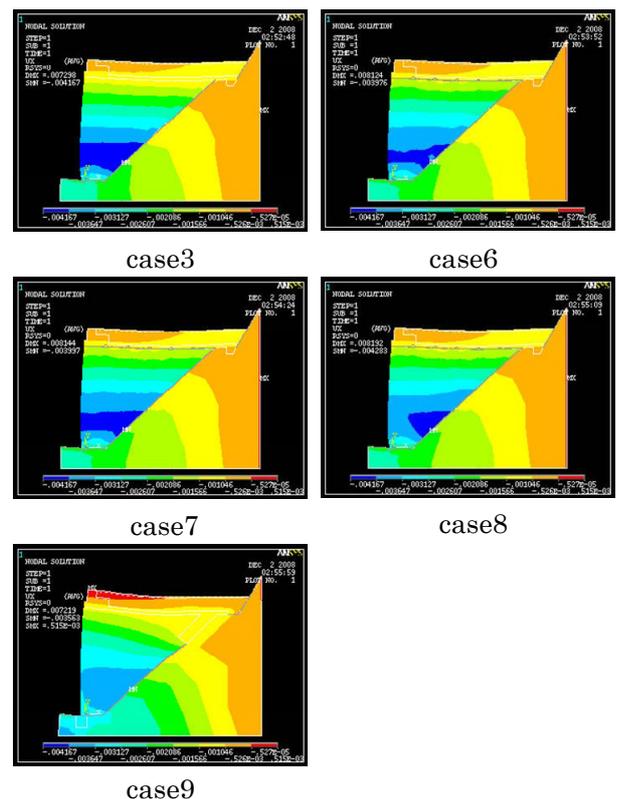


図 4 水平変位コンター図 (荷重状態：常時)

参考文献

- 1)ウレタン土木技術研究会：現場発泡ウレタン軽量盛土工法「フォームライトW」設計マニュアル，2005。
- 2)CAD/CAE 研究会：有限要素法解析ソフト ANSYS 工学解入門，理工学社，2001。