

有明粘土地盤における土留め工崩壊事例について

佐賀大学 理工学部 正 鬼塚克忠
 " " 正 吉武茂樹
 " " ○学 古場 恵

1. まえがき

有明粘土地盤における2つの土留め工崩壊事例について、鋼矢板の根入れ長、ヒーピングに対する検討、施工上の問題点を取り上げて、両土留め工の安全性を検討した。

2. 土質条件

両地点の土質条件を表-1に示す。有明粘土の非排水条件における粘着力 c_u (tf/cm²)と地表面からの深さ Z (m)の関係は、一般的に直線関係があり $c_u = a + bZ$ で表わされる。このことより、崩壊例(1)では、 $c_u = 0.80 + 0.10Z$ 。崩壊例(2)では、安全側の小さい強度は $c_u = 0.20 + 0.17Z$ 。平均的な強度 $c_u = 0.20 + 0.25Z$ である。以後はこの式を用いて論じる。

表-1 土質条件

	崩壊例(1)	崩壊例(2)
単位体積重量 γ (tf/m ³)	1.35	1.40
粘着力 c_u (tf/m ²)	$0.80 + 0.10Z$	$0.20 + 0.17Z$ $0.20 + 0.25Z$
内部摩擦角 ϕ (度)	0	0

3. 崩壊状況

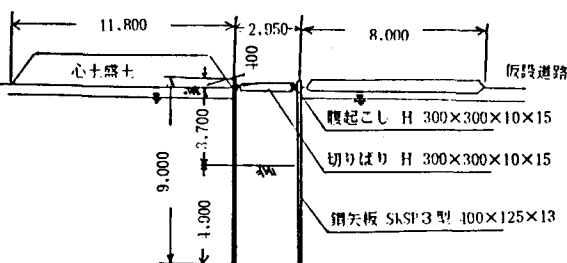
土留め工の断面図を図-1に示す。崩壊例(1)では、管水路埋設の準備作業のため、深さ3.7mの掘削を行なった。その後鋼矢板内部の掘削底面土が約1.5m隆起し、心土仮置き側の矢板が延長10mに渡って前方向に傾き、同時に盛り上がっていた。他方、反対側の矢板については、大きな変化は見られなかった。倒壊した側の腹起こしは矢板の上端にのりあげ、仮設道路側の腹起こしは落下している。切りばりも当然のことながら落下している。

崩壊例(2)では、護岸工事のブロック積みのため深さ3.1mの土留め工施工の途中の掘削深さ2.5mで右岸部堤防側の土留め支保工が北端より10mに渡って土圧を支え切れず崩壊し、堤防側の矢板が前方(河川側)に押し出されていた。

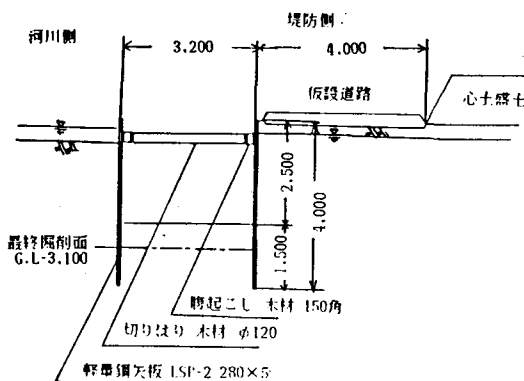
4. 根入れ長

崩壊例(1)では、仮設道路の反対側に掘削土(心土)を盛り上げていた。その盛土高は約1.5m、仮置幅は約11.8m程度のものである。この盛土による

等分布荷重は $q = \gamma h = 1.35(\text{tf/m}^3) \times 1.5(\text{m}) = 2.025 = 2.0(\text{tf/m}^2)$ である。しかし、施工業者の設計計算書では、仮設道路側のみの過載荷重 $q = 1.30(\text{tf/m}^2)$ を考慮して土圧を計算しているだけである。矢板の崩壊が心土盛土側のみに生じていることより、この盛土荷重が矢板崩壊の大きな原因になっているのではないかと考えられる。そこで盛土荷重を $q = 2.0(\text{tf/m}^2)$ とし他の条件を同設計計算書と同じとして日本道路協会による道路土工・仮設構造物工指針に従って矢板の根入れを求めると約5.9mとなる。これは、同設計計算書



崩壊例(1)



崩壊例(2)

図-1 土留め工断面図 (単位mm)

の4.2mと比較して約1.7m長くなる。このように地表面の盛土荷重を考慮することにより必要な矢板長はかなり大きな値となり、このことが矢板の崩壊の原因ともなりかねない。

次に、崩壊例(2)では、使用されていた矢板長は4mであった。崩壊時の掘削深さが2.5m程度であることからして、この時点での根入れ長は1.5mである。粘着力を2通りの値について根入れ長を求めると、安全側で6.6m、平均値で5.3mとなる。本土留め工の根入れ長が1.5mなので平均値の5.3mと比べても3.8m短い。このことより極めて危険な施工であることが分かる。さらに、最終的な掘削深さ3.1mとなれば、さらに必要な根入れ長が増すこととなる。本土留め工の崩壊の大きな原因として根入れ長不足が考えられる。

5. ヒービング

ヒービング現象に対する検討式には数多くのも

表-2 ヒービング

のがある。ここでは矢板の根入れ長を考慮する検討式を用いる。過載荷重 q 、掘削深さ h に対して求めた仮想すべり深さ X_0 と安全率 F_s を表-2に示す。崩壊例(1)では仮想すべり深さと安全率ともに安全となる。しかしこれは後述する部材の取り付けなどが十分に行なわれた時に期待されるものなのでこの時点で安全であるとは言い切れない。崩壊例(2)を見てみると平均的な粘着力の値で求めた安全率は必要とする安全率($F_s \geq 1.2$)以上になるが、もう一方の値では安全率は必要とする安全率以下となり、また当時の根入れ長より深い仮想すべり深さとなっている。ヒービングの検討において安全率が1.2以下かつ仮想すべり深さが矢板根入れより深くなる時は、根入れを仮想すべりよりも深くしなければならないとなっている。このことを考慮すればヒービングに対しても根入れが不十分ではなかったのかと思われる。

	崩壊例 (1)		崩 壊 例 (2)			
q (tf/m ²)	1.30	2.00	2.00			
h (m)	3.70	3.70	2.50	3.10	2.50	3.10
c_u (tf/m ²)	0.80+0.10Z		0.20+0.17Z		0.20+0.25Z	
x_0 (m)	4.27	4.27	1.74	2.06	1.60	1.91
F_s	1.71	1.54	1.14	1.16	1.53	1.57

のなのでこの時点で安全であるとは言い切れない。崩壊例(2)を見てみると平均的な粘着力の値で求めた安全率は必要とする安全率($F_s \geq 1.2$)以上になるが、もう一方の値では安全率は必要とする安全率以下となり、また当時の根入れ長より深い仮想すべり深さとなっている。ヒービングの検討において安全率が1.2以下かつ仮想すべり深さが矢板根入れより深くなる時は、根入れを仮想すべりよりも深くしなければならないとなっている。このことを考慮すればヒービングに対しても根入れが不十分ではなかったのかと思われる。

6. 施工上の問題点

一般に施工の手順は、1)矢板の打ち込み 2)掘削 3)腹起こし・切りばりの取り付け 4)掘削 である。崩壊例(1)では、1)切りばり・腹起こしを地表面に設置 2)矢板の打ち込み 3)掘削 の手順で施工している。この結果、腹起こし・切りばりは土圧による矢板の変形によって支えられている状態となる。また、腹起こし・切りばりの取り付けは確実に実施されなければならないのだが、当現場では十分な取り付けは行なわれておらず、腹起こしと矢板は全然固定されていなかった。このような不安定な土留め工に作用する外力が各部材に対して計算以上の大きな力を生じさせたものと考えられる。

崩壊例(2)では、施工手順としては、1)親杭打ち込み 2)腹起こし取り付け 3)矢板打ち込み 4)掘削(1m程度) 5)切りばり取り付け で施工している。部材の取り付け方法は、腹起こしは親杭に対して針金で固定。切りばりは腹起こしに対してカスガイで斜めに固定されていた。矢板は河川側では噛合わせて鉛直に打ち込んでいたが堤防側では矢板を5cm間隔で下端が河川側にはみ出るように斜めに打ち込んでいた。このような施工のため外力に対して各部材の取り付け箇所で不安定化を招く恐れがあった。

7. まとめ

2つの例より、両土留め工崩壊の原因について判定してみると、崩壊例(1)では、1)心土に対する根入れ長不足 2)腹起こし・切りばりの取り付け、固定の不十分な点 3)極めて乱雑な施工。崩壊例(2)では、1)矢板の根入れ長不足 2)矢板・腹起こし・切りばり部材の強度不足 3)施工の不十分な点。が考えられる。特に両者とも矢板の根入れ長が不足している。これは、土圧・水圧に対して不十分であり、ヒービングに対しても危険を招く恐れがある。

有明粘土は、極めて鋭敏でかつ軟弱であるが、その基本的な力学的特性が一般に熟知されているとは言い難い。一方、土留め工は全国各地で行なわれている工事であるが、土圧・水圧の算定方法、矢板など各部材に作用する力や部材の応力・変形、適当な部材選択、安全で経済的な施工方法などについては未知不明な点が多い。特に軟弱なる地盤での土留め工の施工になると上記のことがより複雑になる。