

大林組 正員 福住隆二
同 ○正員 西林清茂

1. まえがき

わが国には軟弱粘土いわゆるヘドロによって構成された埋立地や干拓地が極めて多いが、これらの地盤上に工事を起そうとする場合、まず何らかの地盤表層処理を行なって人車や工事機械の稼働を可能にしなければならぬ。そのために通常ヘドロ地盤上に良質の山土を適当な厚さにまき出す方法がとられている。しかし一般にヘドロの強度が極めて低いので、土砂まき出しによって地盤は写真-1のごとく流動を起して前方へ隆起し、まき出し土は隣限なく原地盤に陥没していく。したがって必要以上の龐大な良質土を投入せねばならない結果を招く上に、隆起したヘドロを運搬

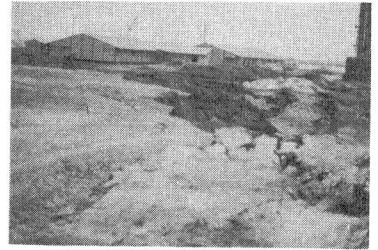


写真-1 ヘドロ上まき出し土の陥没流動状況(堺)

廃棄する必要も生じてその経済的損失は極めて大きい。このような事態を防止する方法として従来考えられているものをまとめると表-1のようになるが、いずれも龐大な軟弱地盤に対処して決定的な効果の得られるものが見当らないのが現状である。本文に述べる Fagot Sheet 工法は表-1(f)の範ちゅうに属するものであるが、最近多くの現場に適用して見て地盤の安定化、土量の経済化に成功したのでここに報告する。

地盤表層処理工法	まき出し施工法の改善	(a) まき出し方法の改良
		(b) まき出し機械の開発
		(c) まき出し材料の選択
	表層改良工法の適用	(d) 表層土自身の強度増加
		(e) 表層土への棄材添加固結
		(f) 表層土・盤土間への他材料挿入

表-1 地盤表層処理工法の分類

2. Fagot Sheet 工法

Fagot Sheet 工法とは強度と耐久性の高いビニロン製透水シートをヘドロ上に一面に布設し、その上に盤土を進めて土砂の陥入を防ぐ工法である。これに使用するシートは従来のソダあるいは竹竿その他材料に較べて材料単価、入手の難易性、施工の迅速性などに關しはるかにすぐれているが、その特徴とするところは別にあり、従来の材料とは異質の全くフレキシブルなものを高度の引張り力に期待して利用したという点にある。

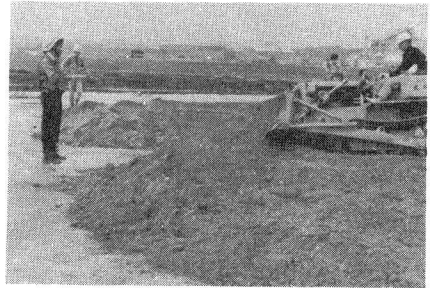
本工法案出の端着となったものはオランダ・エムス河干拓水路における特殊織布マットによるノリ面防護工法である。筆者等はこれを灘浜埋立地の表層処理の目的に流用して一応の施工効果を認めた。しかし広範囲の埋立軟地に適用する工法としてやゝこそくな方法と考えられた。

上記の考え方を単純化し一枚物のビニロンシートをヘドロ全面に布設し盤土したのは宇部興産埋立



写真-2 シート上のまき出し施工状況(堺)

地工事が最初の施工例である(写真-2)。当地盤のヘドロ強度は $C=0.02\sim0.03\text{ kg/cm}^2$ で人車の進入が不可能な状態であった。表層にまき出す土砂は旧海底地盤まで陥没し(写真-1)に示すことくはげしい塑性流動が起った。約 $50,000\text{ m}^2$ の区域にシートを布設してその上にまき出すと盛土厚は $1\sim1.5\text{ m}$ 程度となり極めて経済的に軟地造成を完了することができた。



日本鋼管福山埋立地では広大なヘドロ地盤が表層未処理のまま残されている。この一部に突出し道路の造

写真-3 シート上のまき出し施工状況(福山)

成が計画されたが、まき出した土は約 10 m の深さまで陥没し中身 10 m 、延長 60 m の道路造成に約 $10,000\text{ m}^3$ の土量を必要とし工事を中断した。その延長に本工法を採用した結果約 $5,000\text{ m}^3$ の土量で中身 20 m 、延長 80 m の道路を完成することができ、 m^2 当りの単価は前者の約 $1/2$ に低減できた(写真-3)。

以上の実例のほか、八郎潟干拓地、住友化学新居浜埋立地、大阪泉北団地造成地その他各地で施工され、広範囲に実用されはじめている。

3. Fagot Sheet工法の原理と効果

本工法の原理と効果はつきに示す二つの観点から考察することができる。

(a) 土砂まき出し時の部分荷重によるシートの引張り力の発生

図-1に示すごとくヘドロ地盤に直接荷重 P_c が加えられたときの限界支持力 Q は次式で示される。

$$P_c = Q = \alpha C N_c \dots\dots\dots (1)$$

地盤上にシートを布設しその上から部分荷重 P_{s+c} を加えると地盤の沈下に伴ってシートは図-1(b)のように変形し引張り力を発生する。引張りの方向と水平となす角を θ とすれば、

$$P_{s+c} = Q' + 2p \sin \theta \dots\dots\dots (2)$$

シートの引張り力は側方滑りに対する抑え盛土的作用を果すので、今近似的に半径 r の円を考えると $p = q \cdot r$ より、ヘドロの押上げ力 q は

$$q = p/r \dots\dots\dots (3)$$

したがって

$$\begin{aligned} Q' &= \alpha C N_c + \beta \cdot r \cdot D_f N_q \\ &= \alpha C N_c + \beta \cdot \frac{P}{r} \cdot N_q \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

(4)を(2)式に代入して

$$P_{s+c} = \alpha C N_c + 2p \sin \theta + \beta \cdot \frac{P}{r} N_q \dots\dots\dots (5)$$

を得、これを(1)式と比較すると第2項の荷重軽減効果と第3項の抑え効果の發揮によりシート上には極めて大きな荷重をかけることが可能となる。

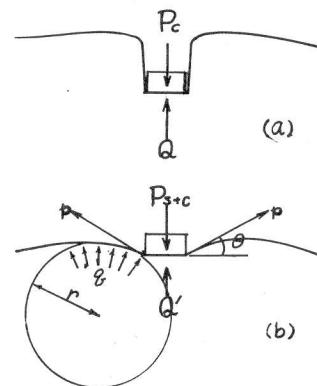


図-1 ヘドロ表面の載荷機構

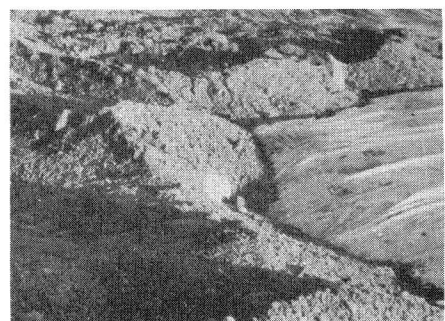


写真-4 まき出し先端部に発生するシートの引張り力

写真-4に示すようにまき出し施工時の盛土材料の荷重は極めて不規則で、その厚さは荷重分散尺としての必要厚さを上まわる部分が多くなるのが一般であるが、シートを布設した時は上述の原理で薄い均一厚さの施工が可能となり、この面での経済性は極めて大きいものとなる。

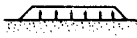
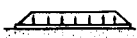
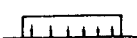
(b)盛土完了時のシートと土との間の摩擦力の発生

一般に載荷重の支持条件として図2に示す3つの場合が考えられるが、盛土直接載荷(Ⅳ)の場合、引張り強さを持たない盛土材料は地盤の側方流動に乗って広がり沈下を生ずる。この際盛土底面に高い引張り強さをもつシートを介在させると盛土材料とシートの間の摩擦力によって盛土の広がり沈下は阻止され、また地盤とシートとの間の摩擦力によって地盤の塑性流動が量的に低減される。

なお、シートを介在させた場合盛土の安定性は増大し、スベリ抵抗カとしてシートの引張り力(4 T_m 程度)と引裂き力(0.3 T_m 程度)との中間値を計算することができよう。

以上述べたことを現場測定結果(図3)によって示す。いずれの測定例においてもシートの存在により沈下が減少するばかりでなくまき出し厚さが均一化しさらに小型の側方流動破壊が防止されていることがわかる。

図2 各種形式の載荷による沈下状態

基礎形式	沈下状態	クミ性	伸び
イ		有	有
ロ		有	無
ハ		無	無

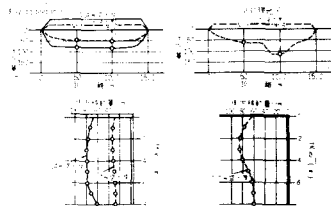


図3 シートの有無による沈下流動状況の差(堺、福山)

4. 室内実験とその結果

Fagot Sheet の支持効果を調べるためにつぎのような室内実験を行なった。

(a)挿入されたシートの摩擦抵抗

粘土(福山)内に挿入した場合および粘土と上載砂との間に挿入した場合とについて大略つぎのような結論を得た。

(1)粘土中に挿入したシートの摩擦抵抗はシートのヤング率、織目間隔、繊維の太さなどによってほとんど変化しない。

(2)粘土の含水比を低下し強度を増加するにつれて摩擦抵抗は増大するが、これらの値は粘土の粘着抵抗よりも小さい。

(3)粘土と上載砂との間にシートを挿入した場合、(2)と同様に摩擦抵抗が増大するが、下層粘土の強度増加による増大の傾向が著しい。

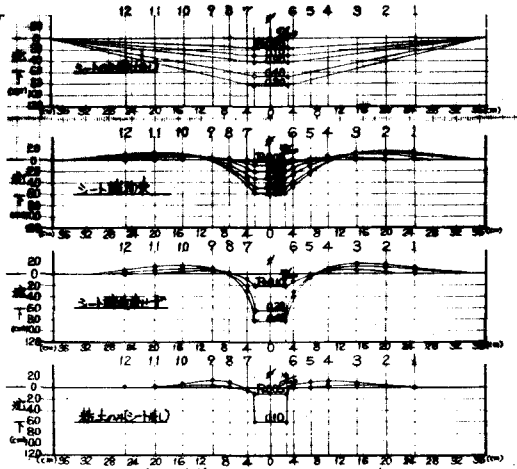


図4 各種条件差による室内載荷試験結果(その1)

(4)上載砂荷重の増大につれて、界面の凹凸の影響が顕著にあられるため摩擦力の増大は極めて急激である。

(b)シートの有無による荷重-沈下関係

写真-5に示すような載荷装置によりつぎの4つの場合について試験を行ない沈下性状の測定を実施した。

(a)両端固定したシート上への載荷

(b)粘土表面上に布設した両端固定シート上への載荷

(c)粘土表面上に布設した両端フリーシート上への載荷

(d)粘土表面上直接載荷

以上を含水比を3段階に変えて行ない、一例として図4および図5を得た。これよりつぎのことが結論される。

(1)図1に示したごとくシートの存在による支持力の増大は著しく沈下量は数分の1に減少する。

(2)シートに引張り力がおらくと側辺小さく上りの位置が載荷重端より遠のき小型の流動破壊が起りにくくなる。

(3)(c)の場合は(b)よりシートの引張り力が小さいが、なお相当の沈下阻止効果がある。

5. Fagot Sheetの施工法

本工法の施工法は適用粘土地盤の強度条件と盛土の荷重条件に支配されて大きく変り、その施工計画上の主眼は上記の条件に沿ったシート材料の選定と土のまき出し方法の決定にある。ヘドロ上に平面的な敷地造成を行なう場合と常時的な道路造成の場合とでは載荷時の地盤流動条件とシートにかかる応力の均一性に相違があるので計画上区別して考えるべきである。

施工時はまき出し土量の経済化と布設シートに過度の引張り力を与えないために、できるだけ薄いまき出しを行なう。人の進入不能の地盤でも自重2Ton程度のブルドーザーで0.3~0.8m厚さのまき出しが可能であり、表層に薄くまき出された盛土はシートと一体となって広域のヘドロ安定化に従った。しかし上記の状態では直ちにトラック交通に開放できないのでオ2尺目の盛土を数10cm厚行ないトラックを追従させる。前記のような $C=0.02\sim0.03\%$ 程度の地盤では盛土厚は1.50m程度となる。

シート材はビロンが低廉なわりに高強度で各特性が本工法に適している。シートは運搬布設条件にもとずき概略20x40m程度の大きさに工場縫製され現場に搬入される。現場布設は機械力または人力を使用しジョイントは特殊なローブ結合が行なわれる。シートに十分な鋭割を果させ逆に過度の引張り力を与えないためにその布設方法やまき出し方法には具体的に坂つきの調整法が考えられている。

本工法は単に盛土量の経済化のみならず、押し出された剰余のヘドロ除去の問題やサントドレーンなどの打設に対する有利性などを併せ考えると直接間接的な経済効果は極めて大であると結論される。

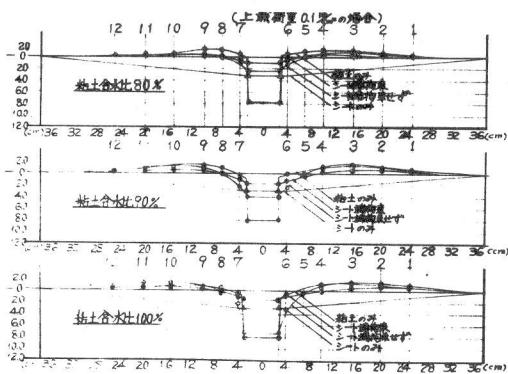


図5 各種条件による室内載荷試験結果(その2)

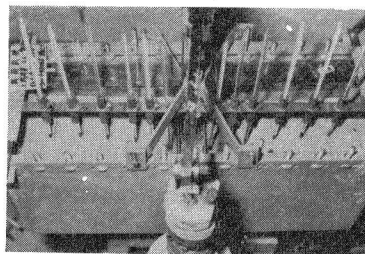


写真-5 載荷試験装置