

格子ジャケットを用いたシート工法による 軟弱地盤上の仮設道路施工

岡村昭彦¹・倉田正博²・北本幸義³・吉田輝⁴

格子ジャケットを用いたシート工法は、筒状織物に流動性の高いモルタルを充填して格子状の補強枠を形成する表層安定処理工法で、格子構造が荷重分散効果を有し、軟弱地盤上に施工することで不同沈下の抑制が行える。これまでに水田上におけるトラフィカビリティーの改善実験や鉄道路床の試験施工、および河川護岸工事における短期間の仮設道路としての使用などの実績がある。本報告では深さ10m近くまでN値の低い地盤が堆積している軟弱地盤上に一般道路の仮設道路として施工した例を紹介すると共に、使用期間が1年以上と比較的長期にわたるため、追跡調査を行い施工後の状況について詳細調査を行った結果を報告する。

キーワード：ジオテキスタイル，軟弱地盤，表層安定処理

1. はじめに

格子ジャケットは、ジャケットと呼ばれる筒状織物を格子状に組み、ジャケット内に流動性の高いモルタルを充填することで、形成される補強枠である。シートと組み合わせることで軟弱地盤の表層安定処理が可能になる。格子ジャケットによる荷重分散効果で不同沈下抑制効果があり、これまでに仮設地盤における不同沈下抑制効果の確認¹⁾、水田上でのトラフィカビリティー確保の実験²⁾、軟弱地盤上に鉄道路床としての試験施工³⁾および河川護岸工事における工事用道路としての施工⁴⁾を行った。2007年10月に橋梁架け替え工事における迂回路として水田上に格子ジャケットを用いたシート工法で仮設道路を施工した。仮設道路の路床としての施工ははじめてであるが、鉄道路床の試験施工結果を参考に道路路床の設計を行った。施工後はレベル測量を行い、沈下状況を詳細に調べた。格子ジャケットを用いたシート工法の効果を確認した結果、局所荷重による沈下は発生しておらず全体的なたわみのみが観測された。しかしながら河川の右岸側と左岸側では沈下状況が異なったため追跡調査を行い、原因を究明した。

2. 工法の概要

(1) 構造

格子ジャケットを用いたシート工法は、図-1に示すように、シートとジャケットと呼ばれる直径

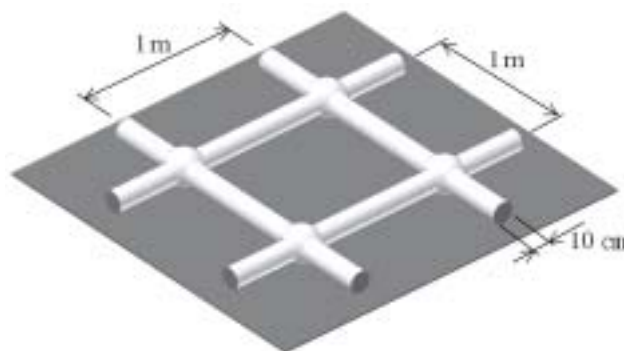


図-1 格子ジャケット概要図

10cmの筒状織物で構成される。シート上に竹を井桁状に組んだバンブーシート工法と同様で、曲げ剛性の高い格子による荷重分散効果で、不同沈下抑制が行える。格子間隔は、地盤のN値により設計が可能で、沈下量を考慮して決定する。施工は敷設面を整形後、シートとジャケットを敷設して、ジャケット内にモルタルを充填して行う。直径が同じジャケットを同一平面内で直交させて縫製すると、断面欠損が生じて強度低下になる。このため拡張したジャケット同士を縫製して連結部を作ることで、モルタル充填後も断面が確保できるようになっている。各交点で連結されているので、一箇所の注入口からモルタルを充填することで、格子全面への充填が行える。バンブーシート工法に比べ施工性が高いのが特徴である。

図-1のタイプを連結タイプとすると、コストダウンのために、交点で連結を行わないで、縦断方向

¹正会員，芦森工業株式会社 パルテム・ジオ技術ユニット（〒566-0001 大阪府摂津市千里丘7丁目11番61号）

²正会員，芦森工業株式会社 パルテム・ジオ技術ユニット（〒566-0001 大阪府摂津市千里丘7丁目11番61号）

³正会員，鹿島建設株式会社 土木管理本部（〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11）

⁴正会員，鹿島建設株式会社 技術研究所（〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1）

表-1 材料特性

ジャ ケ ッ ト	材質	ポリエステル
	直径	100mm(拡径部150mm)
	引張強さ	714kN/m
	引張伸度	20%
充 填 材	配合	1:1モルタル(早強セメント) + 流動化剤
	圧縮強度	22N/mm ² (材齢2日)
シ ー ト	材質	ポリエステル
	引張強さ	77kN/m

と横断方向を交差させた積層タイプもある．この場合は縦断方向および横断方向別々にモルタルを充填して施工する．

(2) 材料特性

表-1 にジャケットおよびシートの材料特性を示す．充填材には早強セメントを使用しており，養生期間は 2 日である．図-2 はジャケット内に充填材を注入して 2 日間養生した供試体で曲げ試験を行った結果である⁵⁾．モルタル単体であれば 1mm たわむと破壊するが，ジャケットの引張力が高いため 20mm 程度のたわみでも 15 kN の荷重に耐えること

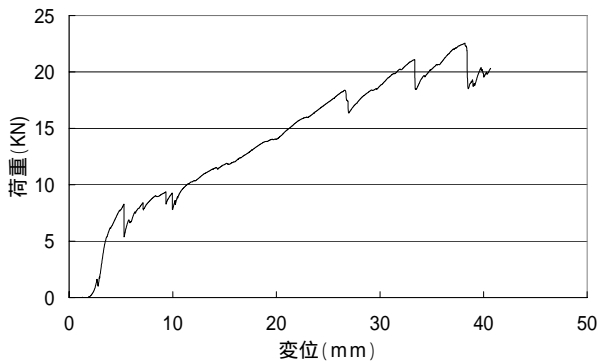


図-2 曲げ荷重-変位曲線

ができる．軟弱地盤上のシート工法では，盛土高さの不均由る編土圧や，重機などが載荷された場合に，曲げ剛性が小さいため不同沈下が生じ，シートが破断することも考えられるが，格子ジャケットを用いることで不同沈下が抑制でき安全な施工が可能になる．

3. 施工概要

(1) 工法の検討

河川拡幅工事にともない，橋梁架け替えが必要になった．このため図-3 の既設橋梁を撤去して隣に工事期間中に使用する仮設橋梁を設置することになった．図-3 の×印の位置において深さ 45m までボーリング調査が行われているが，このうち深さ 10m までのボーリング調査結果を示したのが図-4 である．表層から約 2m までは砂混じりシルトで，N 値=2 であった．深さ約 10m までは N 値=2 以下で腐植土が堆積しており，軟弱地盤の表層安定処理工法が検討された．3 つの工法を検討した結果を表-2 に示す．仮設道路は約 1 年で撤去され，仮設道路を施工した水田は原状復帰が条件である．

砕石置換工法は，地表から 1220mm 掘削後，路床および路盤に 1170mm 砕石を置換するだけで，検討工法のなかで最も安価な工法である．しかし使用した砕石が耕土に混ざるため原状復帰が困難になる．分離材として織布のシートを使用することで砕石の混入を防止することができるが，コストアップになり他工法との優位性が少なくなる．また不同沈下により舗装面が劣化し補修が必要になると考えられる．

シート工法は，地表から 1120mm 掘削後，路床部 350mm をセメント改良して，ジオテキスタイルのシートを敷いてこの上に砕石を 720mm 敷ならず．セメントが耕土に混ざり原状復旧の際に多量の耕土を入れ替える必要がある．分離材を使用した場合は砕石置換工法と同様コストアップになる．

格子ジャケットを用いたシート工法は，地表から 770mm 掘削して，シートおよび格子ジャケットを敷設しジャケット内にモルタルを充填する．モルタル

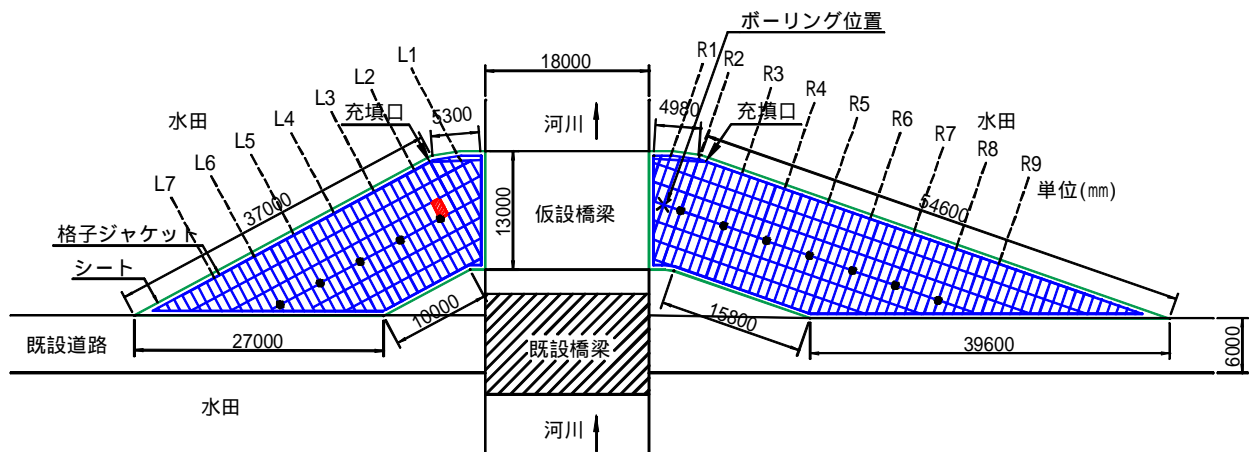


図-3 施工平面図

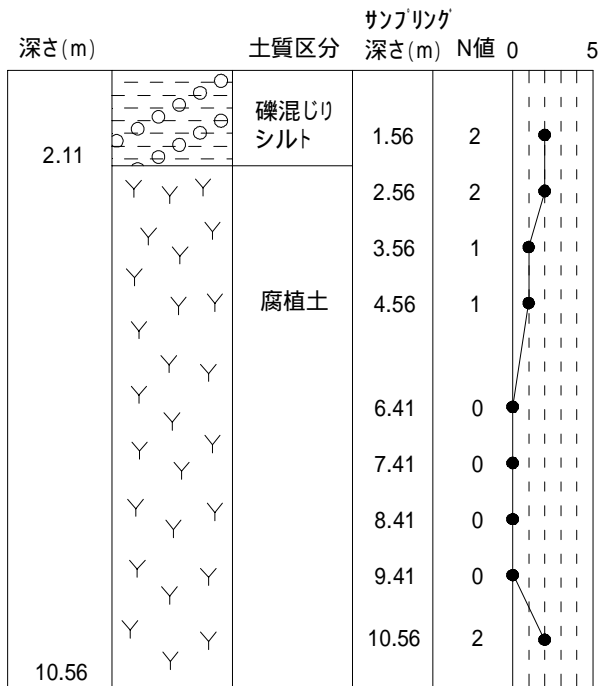


図-4 ボーリング調査結果

硬化後に 200mm 碎石を敷ならし転圧を行う。地盤支持力確認後この上に 520mm 碎石を敷ならし路盤を形成する。撤去時にシート及びモルタル充填ジャケットは産業廃棄物として処分するが、産廃の発生量はシート工法よりは少なく、シート工法のわずか 5% である。シートで地山と分離できるので、碎石の除去が簡単で原状復帰が確実である。また掘削ボリュームが 3 工法の中では最も少なく、掘削残土の仮置き場所も少なくすむといった特徴と不同沈下抑制効果が高いなどの理由で格子ジャケットを用いたシート工法が採用された。

(2)路床の設計

ボーリング調査では深さ 2.1m までは砂礫混じりシルトで N 値=2 であるが、これより深いところでは腐植土で N 値が 2~0 である。N 値=2 の場合の格子ジャケットを用いた過去の軌道路盤改良効果の試験施工³⁾では、格子間隔 1m×2m, 碎石厚さ 20cm であれば地盤反力係数 $K_{30}=68.9\text{MN/m}^3$ であった。格子間隔, 碎石厚さはこの試験施工と同じとしたが, 80cm



写真-1 施工状況

掘削後約 1.3m しか N 値=2 の砂礫混じりシルト層が保持されないことを考慮し、上記の地盤反力係数を 50%低減して、 $K_{30}=34.5\text{N/m}^3$ と推定した。50%低減した理由は、前出の試験施工での平板載荷試験の結果のばらつきを考慮した。さらに「地盤調査の方法と解説」⁶⁾には CBR と K_{30} の関係が示されており、これによれば $K_{30}=34.5\text{MN/m}^3$ の時室内 CBR=2.3 で、現場 CBR=室内 CBR×1.5 の関係があることから、現場 CBR=2.3×1.5=3.5 と推定し、路床の設計は CBR=3 で行った。

(3)施工方法

現地盤を掘削して、表面をならした後、図-2 に示す形状のシート及び格子ジャケットを敷設した。使用した格子ジャケットはコストダウンタイプの積層タイプである。格子間隔は縦断方向 2m, 横断方向 1m である。ジャケットは縦断方向および横断方向が各々一体になっており写真-1 に示すように、2 種類のジャケットを積層することで格子を形成している。施工面積は河川の左岸側 361m², 右岸側 430m² である。シートと格子ジャケットは交差部でシートに縫合してある紐で結束した。生コン車で搬入したモルタルに流動化剤を添加してモルタルポンプで充填した。充填口は各面 1 箇所縦断方向および横断方向全面積を充填できるように縫製加工がしてある。2 日間養生した後、碎石 RC-40 を敷ならして転圧した。この後図-2 斜線部分において平板載荷試験を行い支持力の確認を行った。平板載荷試験は格子の交点、縦断方向および横断方向の各スパンの中央お

表-2 工法の検討

工法	碎石置換	シート	格子ジャケット
構造 (mm)			
施工性			
原状復帰	x		
施工費用			
総合評価			

よび格子の中央で行った。測定箇所を図-5 に示す。また図-5 の の位置において横断方向ジャケットに作用するひずみ測定を行った。ひずみゲージは、ジャケット下面には設置が困難であるため上面のみ設置し、施工後にひずみ測定を実施した。

4. 施工結果および考察

(1) 平板載荷試験

平板載荷試験の結果、 K_{30} は図-5 の で 67MN/m^3 、 101MN/m^3 、 125MN/m^3 、 86MN/m^3 で最小値が設計値の 34.5MN/m^3 を上回っており十分な支持力を得ることができた。交点 の値が最も少ないのは、横断方向ジャケットと縦断方向ジャケットのすき間で碎石の締固めが行えなかったためと考えられる。仮に図-1 の連結タイプであれば、交点ですき間が生じないので、碎石の締固めも均一に行われるはずである。また碎石のみの場合を想定して、施工現場外の実験ヤードにシート敷設後、碎石 20cm を敷均し転圧して、 K_{30} を測定したところ 16.8MN/m^3 であった。この実験から、現地盤では格子ジャケットがなければ碎石厚さ 20cm では設計支持力を得る事が出来ないことが確認された。施工現場ではさらに 2 回に分けて 52cm 碎石を敷き均し転圧した後、アスファルト舗装を 5cm 行い仮設道路は完成した。供用開始後、舗装面を観察したが橋梁とのすりつけ部以外は舗装に亀裂もなく、路床として十分な強度であることが確認できた。

(2) 追跡調査

a) ひずみ調査

供用開始 100 日後にひずみ測定を行った。調査中は 12 台/時間のダンプトラックが通過した。ひずみゲージはジャケット上面に設置してあるため圧縮ひずみの計測しかできない。このため室内実験⁷⁾でジャケットの上下面にひずみゲージを設置して曲げ試験を実施し、圧縮および引張りひずみの測定を行ったところ引張りひずみが圧縮ひずみのほぼ 2 倍になることが確認された。この関係から推測すると 10t ダンプが積載状態で通行したときに、ジャケット下面には、ジャケット伸び耐力の 1/5000 程度が作用していることが確認できた。

b) 沈下量調査

供用開始 100 日後および 190 日後にレベル測量を行い、沈下状況を調査した。測点は図-2 に示すように右岸側 9 点 (R1~R9)、左岸側 7 点 (L1~L7) で舗装のセンターライン上で 5m 間隔である。右岸側と左岸側について、100 日後から 190 日後までの期間における沈下量の増分を図-6 に示す。仮設橋梁から離れるに従い沈下量が少なくなっている。仮設橋梁から 40m 付近は既設道路に近く、既設道路の路体は地盤改良が行われており、周囲の地盤よりも支持力が高くなっているため、沈下量の増分は少なくなったと考えられる。右岸側では R2 で 9.4cm、

R3 で 4.5cm、R4 で 4.2cm 沈下量が増加していることが確認された。一方左岸側ではいずれの測点においても沈下量の増分は 2cm 程度であった。

c) ポータブルコーン貫入試験

施工時には地表面より 70cm 掘削したが、大部分が耕土で地質状況は両岸に大きな差異は確認できなかった。両岸での沈下要因を調査する目的で、格子ジャケット設置地盤より下層の状況を確認するため両岸においてポータブルコーン貫入試験(単管式)を行った。沈下量測定地点は舗装上であるが、その直下の土質調査が行えないので、沈下量測定地点において軸方向と直交する線が舗装端と交わる位置において行った。調査は 5 月下旬で、周囲の水田には田植えのために水が流入していた。調査地点も水位が数センチある状態であった。R6, L1, L2 以外は深さ 5m までロッドを継ぎ足すことができ、軟弱な地盤であることが確認できた。測定したコーン貫入抵抗 qc の右岸側および左岸側の平均値と L2, R2 での値を示したのが図-7 である。格子ジャケット施工時には掘削を行っているので、図-7 において深さ 70cm 付近が格子ジャケット下面である。右岸側 R2 では格子ジャケット下層から 1m にかけて qc が低くなっており、この深さでの圧密が進み沈下量の差となって現れたのではないかと考えられる。一方左岸側 L2 では深さ 70cm で固い層にあたり 90cm 以深はコーンの貫入が行えなかった。左岸側では L1 でも 130cm までしか貫入抵抗の測定ができなかった。

右岸側 R6 でも 2.2 m までしか測定できなかったが、この点では沈下量の増分も比較的少ないので下層地盤の支持力が沈下量に影響していると考えられる。右岸、左岸の平均値で

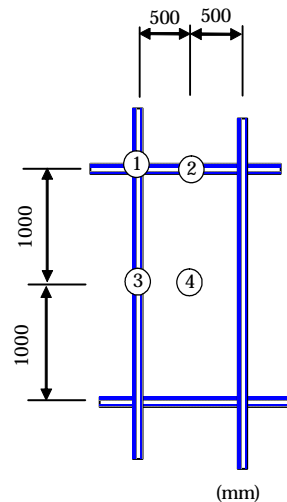


図-5 測定箇所

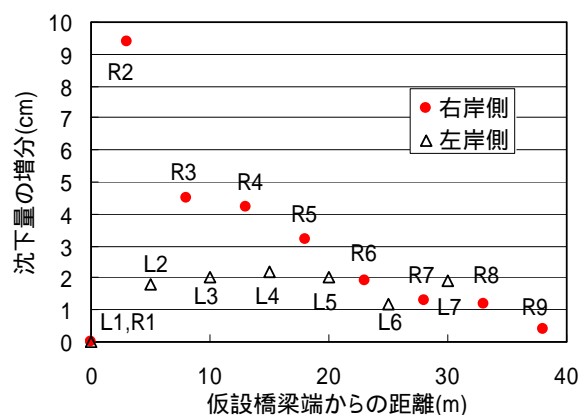


図-6 沈下量調査結果

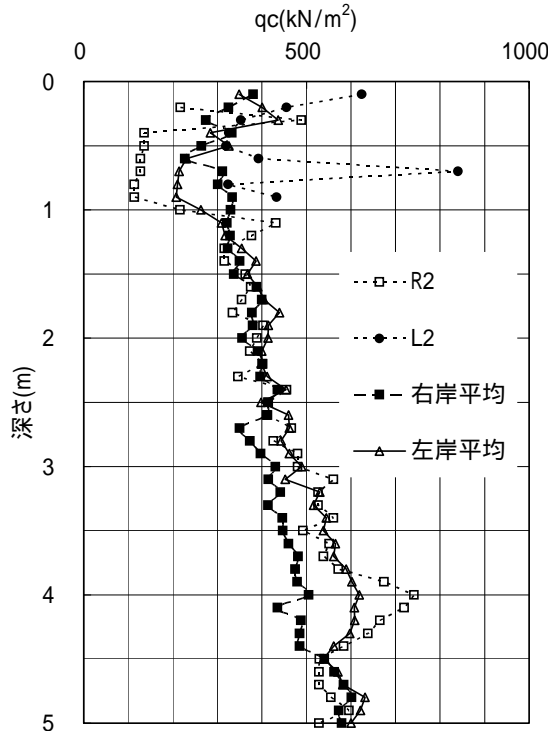


図-7 コーン貫入試験結果

表-3 土質試験一覧

試料名	右岸側	左岸側
湿潤密度 t g/cm^3	1.142	1.228
乾燥密度 d g/cm^3	0.319	0.449
土粒子の密度 s g/cm^3	2.063	2.19
自然含水比 n %	260.3	174.5
間隙比 e	5.506	3.898
飽和度 S_r %	97.4	98
液性限界 L %	277	207.5
塑性限界 p %	128.2	99.8
塑性指数 I_p	148.8	107.7
圧縮指数 C_c	2.07	1.25
圧密降伏応力 p_c kN/m^2	24	50

は深さ 0.5m ~ 1m にかけて qc の値は 100kN 程度差があり、右岸側で沈下量が多い要因になっていると思われる。

水田の掘削時には普通ブルドーザーでは沈むので湿地ブルドーザーで施工した。道路土工-施工要領⁸⁾には建設機械の走行に必要なコーン指数が示されており、qc 300kN/m²で湿地ブルドーザーの走行が可能になると記されている。左岸側は概ねこの条件を満足しているが、右岸側のR2ではqc 200 kN/m²で超湿地ブルドーザーでも走行が不可能で極めて軟弱な地盤であることがわかる。

d) 土質調査

ポータブル貫入試験で右岸、左岸の支持力が深さ 1m 付近で若干異なることが確認できた。またボーリング調査では 2m よりも深いところでは腐食土が堆積していることがわかっている。この腐植土層も圧

密沈下の原因になっていると思われるため土質調査を行った。追加ボーリング調査を行う十分な予算がないため、可能な限り深い位置でのサンプリングを行い、土質試験を行った。左岸側で沈下量の多い R2 と河川を挟んで対象的な場所に位置する L2 において、バックホーで 2m 掘削して、乱さない状態で試料を採取して表-3 に示す土質試験を行った。分類名は砂混じり有機質粘土であった。右岸側では間隙比が左岸側の 1.4 倍、圧縮指数が 1.6 倍ありポータブル貫入試験の結果同様、右岸側 R2 は左岸側 L2 にくらべて沈下しやすい地質であると考えられる。

5. おわりに

軟弱地盤の表層安定処理工法として水田上に格子ジャケットを用いたシート工法を施工した。平板載荷試験を行うことで地盤支持力を確認しながら施工することができた。施工後追跡調査を行い沈下量の測定および沈下の原因を究明したところ、沈下量の多い地盤はqc値が周辺地盤よりも低いことが確認できた。また仮設道路上を残土処理のダンプトラックが往来しており、地理的条件から右岸側には左岸側よりも大きな荷重が作用していることも考えられる。橋梁工事は2008年11月頃行われる予定で、本施工も2009年2月頃まで供用されることになる。今後も追跡調査を継続して、状況を確認するとともに、撤去時には格子ジャケットの耐久性についても詳細な調査を行う予定である。

参考文献

- 1) 嶋田義人, 北本幸義, 吉田輝ほか: 格子状補強枠を有するシート工法の沈下抑制効果の評価, 土木学会第 60 回 年次学術講演会 () pp. 997-998. 2005.
- 2) 後藤順一, 三浦一男, 柴田健一ほか: 水田上の仮設道路を目的としたパレスシート工法の実証実験, ジオシンセティックス論文集, 第21巻, pp. 41-44, 2006.
- 3) 岡本道孝ほか: 格子状補強枠を有したシート材による軌道路盤改良効果, 42 回地盤工学会研究発表会 pp. 1595-1596. 2007.
- 4) 岡村昭彦, 柴田健一, 柄崎和孝ほか: 格子ジャケットを用いた河川護岸工事におけるヨシ地下茎保護工法施工例, 22 回ジオシンセティックスシンポジウム論文集 pp. 249-252, 2007
- 5) 北本幸義, 吉田輝, 吉川正ほか: 筒状織物やホース状材料等 (ジャケット) の地盤工学分野への適用について ジオシンセティックス論文集 第 18 巻 pp. 225-230, 2003.
- 6) 地盤調査の方法と解説, 地盤工学会編, p510
- 7) 岡村昭彦, 柄崎和孝, 北本幸義, 吉田輝: 格子ジャケットを用いた軟弱地盤表層安定処理工法の施工, 第 8 回地盤改良シンポジウム (投稿中)
- 8) 道路土工-施工指針, 日本道路協会, p47

CONSTRUCTION OF A LATTICE-FRAME-REINFORCED SHEET ON THE SOFT GROUND

Akihiko OKAMURA, Masahiro KURATA , Yuki Yoshi KITAMOTO and
Teru YOSHIDA

Temporary road was constructed using a Lattice-Frame-Reinforced (LFR) sheet. We confirmed effect of stability of LFR sheet on the soft ground. The N-value of this soft ground is under 10, which depth is 30m. We explored settlement of the road surface and cone penetration resistance after 100 days and 190 days. As a result max settlement of the road surface was 10cm during 90 days, and the cone penetration resistance of this point was lower than others. This temporary road is using until 6 months later; we will explore this road when it will remove from the soft ground.