



ジオグリッドを用いた表層覆土施工における 原位 置・室内試験と現場計測結果

伊藤, 修二

瀧谷, 啓

河, 恩勁

藤原, 照幸

(Citation)

ジオシンセティックス論文集, 28:327-332

(Issue Date)

2013-12

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90003303>



ジオグリッドを用いた表層覆土施工における 原位置・室内試験と現場計測結果

伊藤修二¹・瀧谷 啓²・河 恩勁³・藤原照幸⁴

神戸空港島の北西部の埋立工事では、神戸港内の航路や泊地の増深等により発生した浚渫粘性土を埋立材として利用した。この浚渫粘性土は高含水比であったため、埋立造成工事を進めるにあたり、表層覆土工法を行う施工機械のトラフィカビリティー確保のため、ジオグリッドによる表層処理対策を実施した。浚渫粘性土の表層処理工におけるジオグリッドの挙動を数値解析により評価するために、施工中にジオグリッドに作用するひずみと埋立地盤の沈下量に対する動態観測ならびに、ジオグリッドの応力～ひずみ関係におけるひずみ速度依存性を確認するための室内引張試験を行った。本論文では、これらの動態観測結果と室内引張試験結果から、表層処理工の安定性を評価した結果を示す。

キーワード：軟弱地盤、現地計測、ひずみ速度、アイソタック

1. はじめに

写真-1に示す、神戸空港島の北西部の造成工事において、神戸港内の航路や泊地の増深・維持により発生した浚渫粘性土を埋立材として利用した。この浚渫粘性土は、高含水の軟弱なものが多いため、埋立造成を進めるにあたり、安定処理や地盤改良が必要となり、表層改良・覆土を行う施工機械のトラフィカビリティー確保のため、ジオグリッドによる対策工を検討した。ジオグリッドを用いた浚渫粘性土の表層処理工の設計法の妥当性を確認するため、ひずみゲージを用いて施工中のジオグリッドに発生するひずみと沈下板を用いて地盤の沈下変形を計測した。ジオグリッドについては、応力～ひずみ関係のひずみ速度依存性を把握するため、室内試験を行った。ここでは、これらの結果を報告する。

の浚渫粘性土の高さは最大で7mである。



写真-1 神戸空港島全景

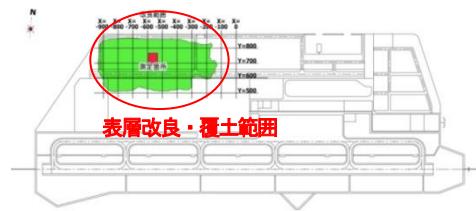


図-1 神戸空港全体平面図

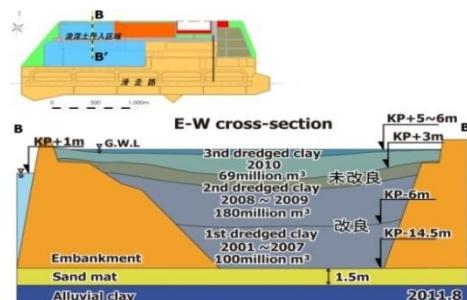


図-2 神戸空港島内埋立地の模式図

今回、表層改良・覆土を行う箇所は約28万m²あり、その範囲を図-1に示す。ここには、2012年までに、大きく3回に分けて浚渫土が投入されている。図-2は神戸空港島内埋立地の南北方向の模式図を示す。第1回目は2001年9月から2006年12月の間にかけて約100万m³の浚渫粘性土が投入され、2008年9月から2009年10月までに約180万m³が投入された。その後、地盤改良（圧密促進）のためのプラスチックボードドレーンが打設された。さらに2010年8月から2010年12月まで69万m³が投入され未改良

¹正会員、前田工織株式会社 プロジェクト推進部 (〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜2-3-6 北浜山本ビル2F)

²正会員、神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻 教授 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

³正会員、神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻 博士課程 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

⁴正会員、一般財団法人地域地盤環境研究所 〒550-0012 大阪府大阪市西区立売堀4-3-2)

3. 試験施工

本施工前に試験施工を行い、ジオグリッド効果を確認した。浚渫土の上に50cmの覆土を行う際に10m×30mのジオグリッドを敷設し対策を行った箇所と未対策箇所の比較を行った（写真-2 参照）。その結果、写真-3が示すように、未対策の箇所ではのり先で大きな滑りが発生した。また、覆土により浚渫土内の水位が上昇するのを確認できた。これは覆土により浚渫土内の間隙水圧が上昇したものと考えられる。



写真-2 試験施工のジオグリッド敷設状況



写真-3 ジオグリッドなしで地盤が破壊

4. ジオグリッドの選定

浚渫土表面には水位があり、試験施工からも覆土による水位の上昇が確認できた事から、シートに作用する応力を抑えるため、メッシュ系のジオグリッドを使用した。今回、対策が必要な施工範囲が大きい事から、現地で縦方向と横方向のジオグリッドの連結が必要となり、ジオグリッドの設計引張強度は母材強度の70%とした。設計条件を表-1に示す。地盤条件は、浚渫粘性土の現地ベーンせん断試験結果から求めた。盛土材はスラグ材を使用する事とした。載荷重条件は施工機械の4tクローラダンプ重量とした。その4tクローラダンプのトラフィカビリティーの確保ために必要となるジオテキスタイルの

選定を行った。ジオテキスタイルで補強された浚渫粘性土の支持力度は、地盤自身の支持力度にハンモック効果と地盤隆起抑制効果を考慮した、式(1)及び図-3¹⁰から求めた。以上の結果から、設計引張強度（連結部引張り強度）が56.0 k N/m、破断時の伸びが22%，目合いが10mm×10mmのジオグリッドを使用した。

表-1 設計条件

項目	記号	数値	単位
地盤 条件	粘着力	c	kN/m ²
	単位体積重量	γ	kN/m ³
	支持力係数	Nc	—
盛土 条件	Nq	1.0	—
	1層の撒き出し厚	H	m
載荷重	単位体積重量	γb	kN/m ³
	施工機械の重量	W	kN
施工機械の幅	D	2.21	m
	ジオテキスタイルに作用する幅	D'	m
施工機械の長さ	L	2.635	m
	ジオテキスタイルに作用する長さ	L'	m
衝撃係数	Df	0.20	—
	支持力の安全率	i	1.5

$$qd = \alpha \cdot c \cdot Nc + 2T \cdot \frac{\sin\theta}{B} + T \cdot \frac{Nq}{r} + \gamma \cdot Df \cdot Nq \quad (1)$$

α ：基礎地盤の形状係数（2/3）， B ：ジオテキスタイルに作用する幅（ D' ），ジオテキスタイルに作用する長さ（ L' ）， γ ：載荷重近傍の地盤の変形を近似的に円とみなしたときに円の半径（20m）， θ ：載荷重近傍のジオテキスタイルと水平をなす角（34.7°）， Df ：軟弱地盤のめり込み量（0.370m）， T ：ジオテキスタイルの引張強さ（kN/m）

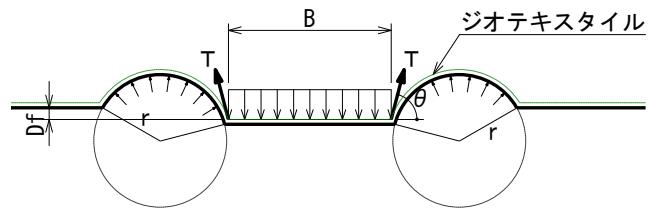


図-3 支持力算定の概念図

5. 施工方法

表層改良・覆土を行う箇所は、約28万m²あり、その内、ジオグリッドによる対策工が必要とされる範囲が11万4000m²である。その中央部には南北に工事用道路として、表層2mをセメント改良した上に約0.85mの盛土した築堤部を整備した（図-4参照）。その築堤部を中心 に東西に覆土処理を行った。覆土は、設計上は4tクローラダンプを施工機械としていたが、安全側に考慮した結果、2tクローラダンプを使用し、50cm毎に撒き出しを行った。

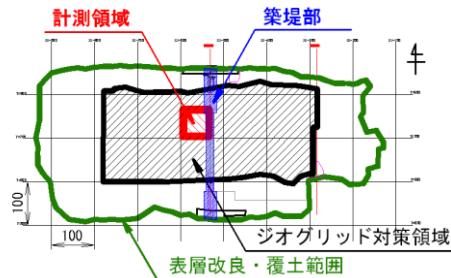


図-4 ジオグリッド対策工の範囲

6. 計測項目

(1) ジオグリッドのひずみ

ジオグリッドの生じるひずみ計測は、縦、横ストランドにひずみゲージを貼り付け、それぞれのひずみを計測した。曲げによるひずみの影響を極力、少なくするために、ジオグリッドの両面にひずみゲージを貼り付け、出力されるひずみ量を平均化したものを計測した（写真-4 参照）。測定間隔は30分に1回とした。

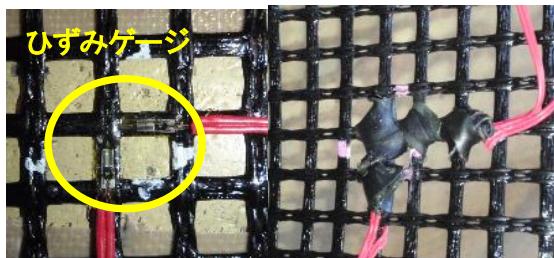


写真-4 ひずみゲージ貼り付け状況

(2) 沈下計測

沈下計測は沈下板を用いた。沈下板は 1000m^2 に1箇所設置し、GPS計測を行った。

7. 計測位置

図-5 にひずみゲージと沈下板の計測位置図を示す。覆土によってジオグリッドに作用するひずみ計測は、ジオグリッドの引張力および変形が大きくなると思われる築堤部と浚渫粘性土の境界を横断する所を2測線、計測した。写真-5 に計測箇所のジオグリッドの状況を示す。1測線あたり、6箇所でひずみを計測した。沈下板は10m間隔で設置した。

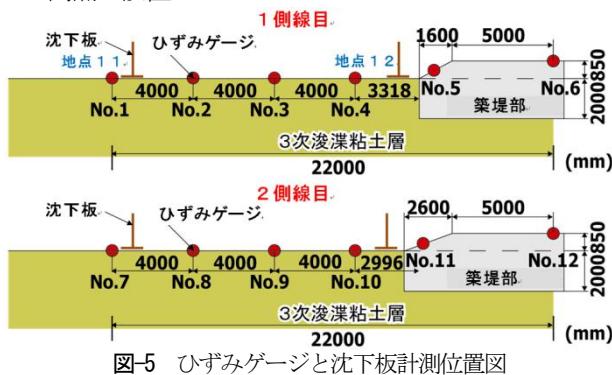


図-5 ひずみゲージと沈下板計測位置図



写真-5 ひずみゲージ付きジオグリッドの設置状況

8. 計測エリアの覆土手順

計測用のグリッドが敷設されている区域は $50\text{m} \times 50\text{m}$ の区間で区切られており、1層目の撒き出しは、図-6 に示すように築堤部からジオグリッドを抑えながら撒き出した(A)。その後、西から東方向に撒き出しを実施(B)・次に北から南(C)、南から北(D)にわたって撒き出しを行い、最後に真中の部分を覆土した。2層目については、図-7 に示すように西から東(A)，北から南(B)，南から北(C)，最後に残りの部分の覆土を行った。

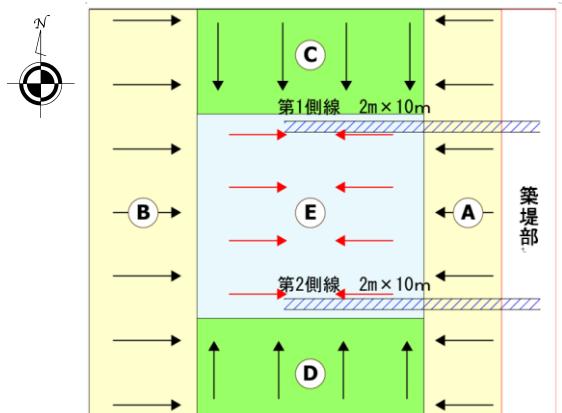


図-6 計測エリアの覆土手順 (1層目)

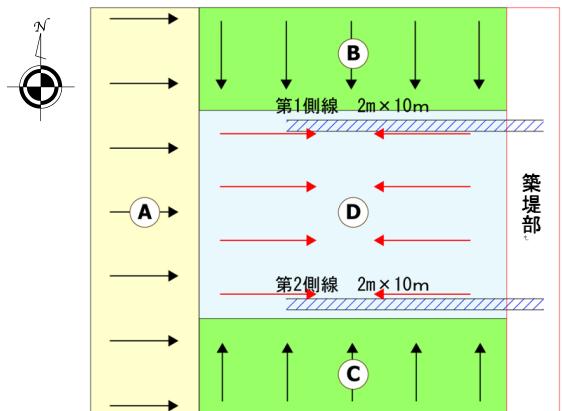


図-7 計測エリアの覆土手順 (2層目)

9. 施工状況

写真-6に1層目の撒き出し時の状況を示す。覆土により浚渫粘性土が沈下するとともに側方流動が発生し、覆土の前面が大きく隆起した。写真-7には、ジオグリッドがメッシュ状であるため、遮水する事なく水位が地表面まで上昇する現象が確認できた。



写真-6 覆土の前面が大きく隆起した状態



写真-7 浚渫土の水位上昇状態

10. 現場計測結果

図-8に、ひずみが大きく発生すると考えられる築堤部と浚渫粘性土の境界（No.4）のジオグリッドのひずみと盛土高と沈下量の関係を示す。11/1に一層目の撒き出し後に、ジオグリッドに約0.8%のひずみが発生した。その後、11/13には、約0.2%のひずみを保持している。図-9に築堤部より最も離れた箇所（No.1）のひずみと盛土高と沈下量の関係を示す。11/1にNo.4付近の撒き出しそうる浚渫土の隆起により、沈下板が50cm上昇した。その後、11/13のNo.1の撒き出しそうり、No.4のジオグリッドのひずみが約0.2%に減少している。ジオテキスタイルの局部的に作用していた張力が均等作用した事による、ひずみの現象と考えられる。その後、約0.2%のひずみを保持している。また、盛土に伴って、沈下量も増えていくが、盛土終了後も沈下が徐々に進んで行く様子が見られ、浚渫粘性土が圧密沈下していることがわかる。

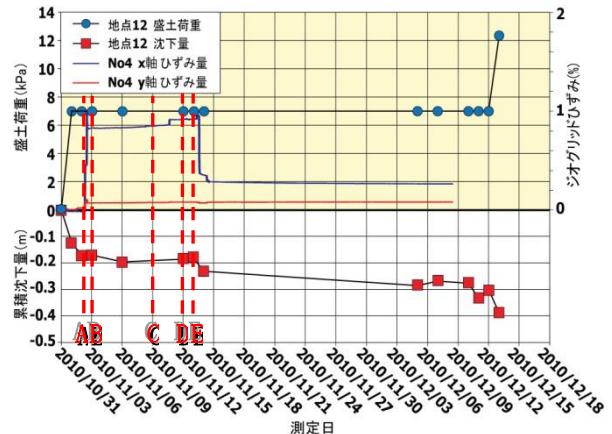


図-8 No.4ひずみデータと盛土高と沈下量の関係

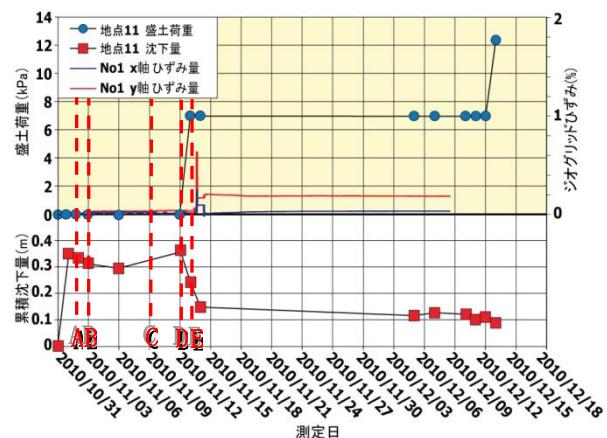


図-9 No.1ひずみデータと盛土高と沈下量の関係

11. ジオグリッドの応力～ひずみ関係

今回の施工において、ジオグリッドに発生するひずみをひずみゲージを用いて計測を行った。しかし、浚渫土の撒き出し進捗状況や浚渫粘性土の圧密沈下によりジオグリッドに生じるひずみの速度が複雑に変化するものと考えられる。そのことから、ジオグリッドの応力ひずみ関係のひずみ速度依存性の把握を行うために、室内試験を行った。

(1) 引張り試験条件

写真-8に試験状況を示す。定速伸長型引張試験機を用い、張力のバラつきがないよう試験体(幅50mm)はチャックに巻き付け固定した状態で試験を実施した。試験中は写真-9に示すように、縦ストランドに取り付けた2つの標点をビデオカメラで読み取っている。なお、引張ひずみ速度の設定および引張ひずみは、この標点間距離（初期：100mm）に基づいて算出した。



写真-8 引張り試験状況

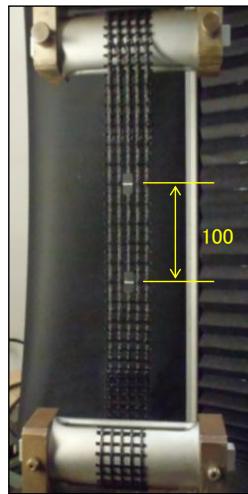


写真-9 縦ストランドに張り付けた標点

(2) 応力～ひずみ関係の速度依存性

図-10、図-11に引張ひずみ速度を0.05～10%/min間で変化させ実施した5通りの試験結果を示す。引張ひずみ0.7%程度まではひずみ速度依存性はみられなかったが、引張ひずみ1%を超えるとひずみ速度依存性が発生した。以上の事から同じ引張応力の作用下でも、引張ひずみ速度の影響により、発生するひずみに大きな差が生じることが確認された。

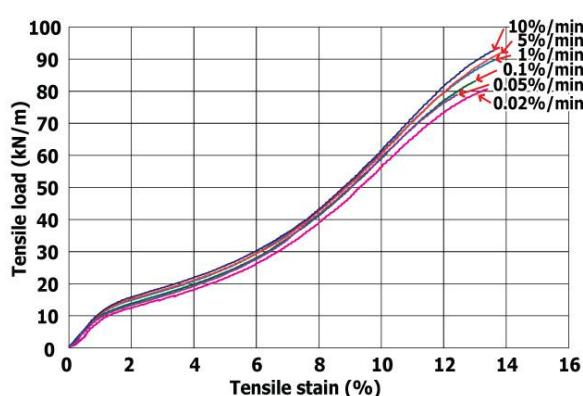


図-10 引張ひずみ速度を変化させた引張試験結果

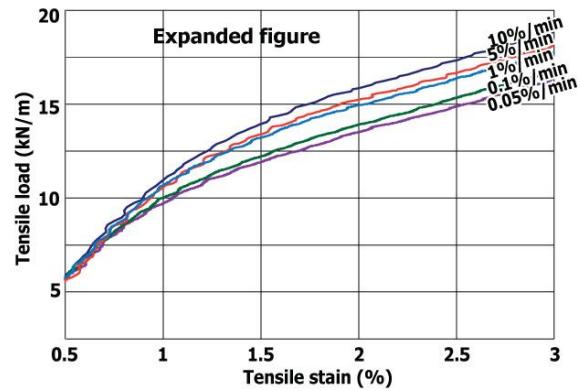


図-11 引張ひずみ速度を変化させた引張試験結果 (拡大図)

次に引張試験中に引張ひずみ速度を表-2に示す条件で変化させた場合の引張試験結果を図-12に示す。

表-2 引張り試験条件 (引張りひずみ速度)

伸度 (%)	引張速度 (%/min)
0.0～1.3	1
1.3～1.8	10
1.8～2.1	0.1
2.1～2.6	0.01
2.6～3.0	1
3.0～3.5	10
3.5～4.0	0.1
4.0～4.5	0.01
4.5～	1

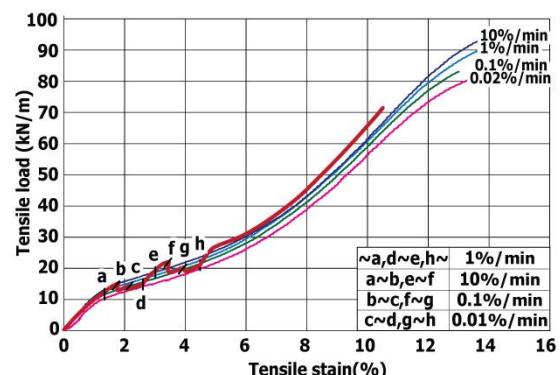


図-12 引張ひずみ速度を試験中に変化させた引張試験結果

1.2. 現場計測のジオグリッドに作用している応力の推定

ここでは、室内引張試験結果から、10章の現場計測結果で示した、No.4のジオグリッドに作用している応力を推定する。最大で約0.8%のひずみが発生していることから、応力～ひずみ関係のひずみ速度依存性の試験結果から、ひずみ量が1%までは、速度依存性に影響しない結

果となっている。その事から、ひずみ速度10%/minの条件での引張り試験結果から得られた応力～ひずみ関係を用いて、ジオグリッドに作用している応力を換算した。その結果を図-13に示す。現状では設計強度が56kN/mのジオグリッドに対して十分に安全な範囲である事が確認でした。引張強度が大きく下回った原因として考えられる事として、設計時の載荷重条件として4tクローラダンプを考慮していたが、実施工では2tクローラダンプを使用し施工したことも影響していると思われる。

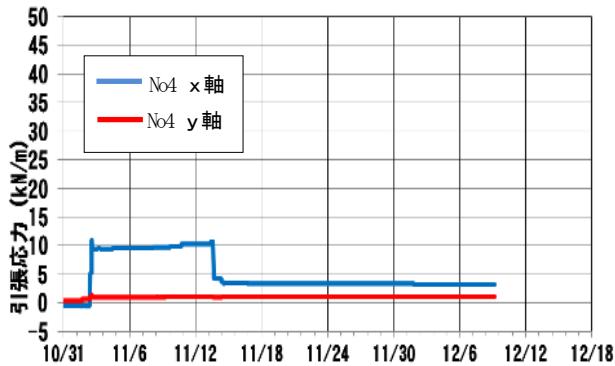


図-12 引張試験結果から換算した現場敷設のジオグリッドに作用している応力

13. まとめ

今回、軟弱地盤の表層改良、覆土工において、ジオグリッドを使用した事により、覆土による局部的な沈下が発生せずに、均等に覆土工を行う事ができた。また、施工重機のトラフィカビリティーの確保もでき、ジオグリッドに作用している応力も、破断応力より十分に下回つ

ており安全性の確保ができた。また、室内試験で応力～ひずみ関係のひずみ速度依存性を確認でき、応力～ひずみ関係が現在のひずみ速度により一義的に決まるアイソタック挙動を示す事が分かった。今後覆土工を行うが計測を継続し、設計、実挙動の解釈に、ひずみ速度依存性挙動を反映させていく事とする。

謝辞：本計測を行う事に関し、神戸市には現場の提供と、神戸市みなと総局および大林・兵庫奥栄JV、大嘉産業株式会社、太陽工業株式会社には、多大なご協力を頂いた。末尾ではありますが、ここに特記し関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人 土木研究センター ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル (改訂版) 平成12年2月。
- 2) 山本・森・澁谷・折橋・岩崎・宮本・新倉：浸透圧密を利用したドレーン改良による超軟弱粘土地盤の減容化施工(その1)，第46回地盤工学研究発表会，平成23年
- 3) 伊藤修二，他：ジオグリッドを用いた超軟弱地盤の表層覆土施工における現場計測結果，第48回地盤工学研究発表会，平成25年
- 4) 藤原照幸，他：表層覆土施工に関するジオグリッド変形挙動のひずみ速度依存性，第48回地盤工学研究発表会，平成25年
- 5) 平川大貴・龍岡文夫・内村太郎：ジオグリッドの時間依存性強度変形特性とその構成モデルの検討，ジオシンセティック論文集，第16巻，平成13年

FIELD OBSERVATION RESULT AND IN SITU TEST RESULT OF COVER SOIL CONSTRUCTION USING GEOGRID

Shuji ITO, Satoru SHIBUYA, EunKyeng HA, Teruyuki FUJIWARA

Dredged soft clay from the sea-bed of the port of Kobe was employed in on-going project of land reclamation work in North-West part of Kobe airport island. Since the clay was characterized with its super-high water content, a series of geo-grid sheet was displayed on the soft clay ground in order to achieve the prescribed trafficability for vehicles in use for spreading surface soil. Prior to the reclamation work, a trial test was carried out in order to observe the behavior of fully-instrumented geogrid sheet. In addition, the in-soil pull-out test of geogrid was performed for a better understanding into the sheet behavior when subjected to tension force. In this paper, the results of the trial test are discussed based on these in-situ laboratory tests.

KEYWORDS: Soft clay, field observation, strain rate, isotach