

格子状補強シートによる 90t クローラークレーンの沈下対策

(その1) 3次元 FEM 解析による補強効果の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○小原隆志, 中島悠介, 岡本道孝, 田中恵祐

1. はじめに

鉄道橋梁改修工事において、軟弱地盤上でのクレーンの不同沈下対策に開発した格子状補強シート¹⁾を適用した。当シートの不同沈下抑制効果は格子状補強枠（ジャケットを格子状に敷設しモルタルを充填したもの）の荷重分散効果に由来し、これまでに同様な用途への適用実績²⁾がある。今回は敷地制限によってシートの敷設範囲が限定されていたため、3次元 FEM 解析を行って、当シートの対策効果を詳細に検討した。本報ではその結果を報告する。

2. 検討条件

図-1 に施工ヤード内の地層構成と動的コーン貫入試験から求めた換算 N 値の深度分布を示す。深度方向に強度増加傾向が認められるが、解析では一様な基礎地盤を仮定した。図-2 に3次元解析モデルを示す。工事においてクレーン作業を行うエリア（7m×10m）を基礎地盤の地表中央に配置し、当該部の挙動が境界の影響を受けないように解析モデルの大きさを定めた。図-3 に示すように、クレーン作業エリアは基礎地盤上に配置した格子状補強枠³⁾とその上部に造成した層厚 0.3m の碎石層で構成され、基礎地盤も含めて全てソリッド要素（最小要素寸法 0.1m）でモデル化した。実際には基礎地盤と碎石層の間には土木シートも敷設するが（土木シートと格子状補強枠を合せて格子状補強シートと称している）、今回はこれをモデル化していない。

格子状補強枠の配置を図-4 に示す。既往実績²⁾を基にシート敷設範囲の縦断方向に 1m 間隔、横断方向に 2m 間隔でそれぞれ配置した。クローラー設置範囲の碎石層表面に揚重作業において最も大きく偏心した接地圧分布（図-5）を荷重として入力した。

3. 解析ケース

表-1 に解析ケースおよび各ケースで用いた物性値を示す。Case1 は対策をしない基礎地盤上にクレーン荷重を載荷した場合で、Case2 は基礎地盤上に層厚 0.3m の碎石層のみ設置した場合、Case3 は Case2 に対して格子状補強シートで補強した場合、Case4 はセメント安定処理によって層厚 0.3m のセメント改良土層

（ $q_u=1\sim2\text{MN/m}^2$ ）を設置した場合を想定した。Case1'~4'は各ケースの補強範囲全面に厚さ 22mm の敷鉄板を設置した場合を想定した。なお、敷鉄板はシェル要素でモデル化した。事前解析結果から、変形が顕著な

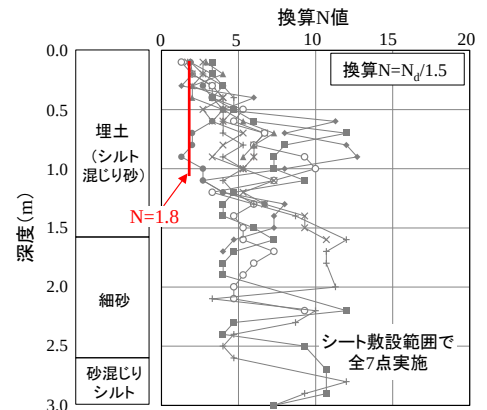


図-1 動的コーン貫入試験結果

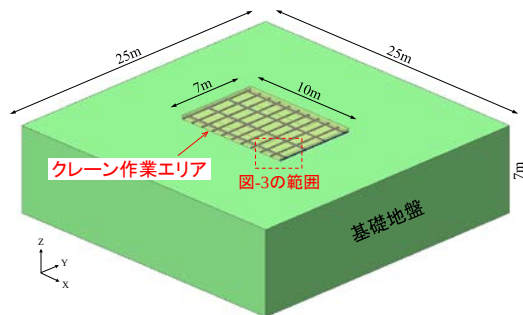


図-2 解析モデル(全体)

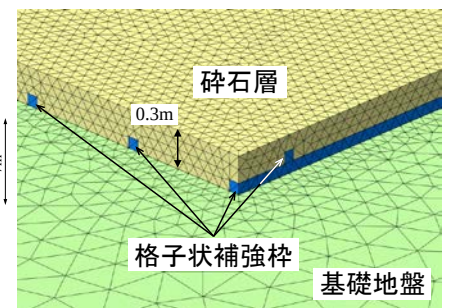


図-3 解析モデル(拡大)

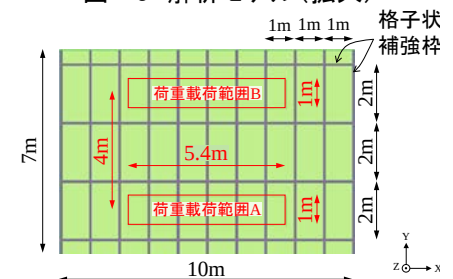
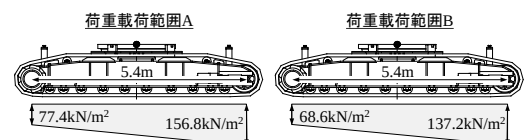


図-4 格子状補強枠の配置

図-5 90t クローラークレーンの接地圧
(作業半径 17m, 吊荷重 10t)

キーワード 表層安定処理, 沈下対策, ジオシンセティクス, FEM 解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

表-1 解析ケースおよび物性値

No.	ケース名	地盤					砕石					格子状補強砕					敷鉄板													
		使用 モデル	ν	E (MN/m ²)	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (deg)	使用 モデル	ν	E (MN/m ²)	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (deg)	使用 モデル	ν	E (MN/m ²)	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (deg)	使用 モデル	ν	E (MN/m ²)	γ (kN/m ³)	厚み (mm)						
Case1	無対策	M.C.	0.3	5	18	18.3	21.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Case1'	敷鉄板							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	弾性	0.2	200,000	77	22
Case2	砕石							D.P.	0.45	10	19	20	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Case2'	砕石 + 敷鉄板							D.P.	0.45	10	19	20	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	弾性	0.2	200,000	77	22
Case3	格子状補強シート							D.P.	0.45	25	19	20	46	弾性	0.2	2,000	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Case3'	格子状補強シート + 敷鉄板							D.P.	0.45	25	19	20	46	弾性	0.2	2,000	19	—	—	—	—	—	—	—	—	弾性	0.2	200,000	77	22
Case4	セメント改良							弾性	0.3	200	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Case4'	セメント改良 + 敷鉄板							弾性	0.3	200	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	弾性	0.2	200,000	77	22

* 弾性：線形弾性体，M.C.：Mohr-Coulomb（弾塑性），D.P.：Drucker-Prager（弾塑性）

* 地盤と砕石の ν 、 ϕ は三軸試験結果から設定、ポアソン比は一般値を採用

範囲が地表から深さ 1m 程度であったことから，前出の図-1 に基づき当該範囲の換算 N 値を $N=1.8$ と保守的に評価し，これを基に基礎地盤の変形係数 E を $2800N^4 \approx 5\text{MN/m}^2$ と設定した．砕石の変形係数 E は現場で実施した落球探査法⁵⁾による変形係数の実測値を基に設定し，砕石単体の場合は 10MN/m^2 ，格子状補強シートの場合は 25MN/m^2 とした．後者が大きいのは締固め時に格子状のジャケットによって砕石が拘束されるため，同じ転圧エネルギーでも高密度，高剛性の砕石層を施工できたためと考えられる．

4. 解析結果

図-6 に荷重範囲の沈下量分布を示す．Case1 はクローラーの縦・横断方向ともに大きな不同沈下の発生が予測された．Case2 の予測沈下量は Case1 に比べてやや小さくなったが対策効果は不十分なものとなった．Case3 の予測沈下量は Case2 よりさらに低減し，これに敷鉄板を併用（Case3'）することで，沈下量はクレーン作業における安全上の目安値（5cm 以下）⁶⁾を満足した．また，格子状補強シートによって砕石や地盤の塑性化領域が小さくなった．セメント安定処理を想定した Case4 は不同沈下が最も小さかった．これには若干及ばないものの，格子状補強シートもクレーン荷重に対して十分な支持性能を確保できることが明らかとなった．当シートはセメント安定処理が適用できない場合等の代替工法として有用と考えられる．

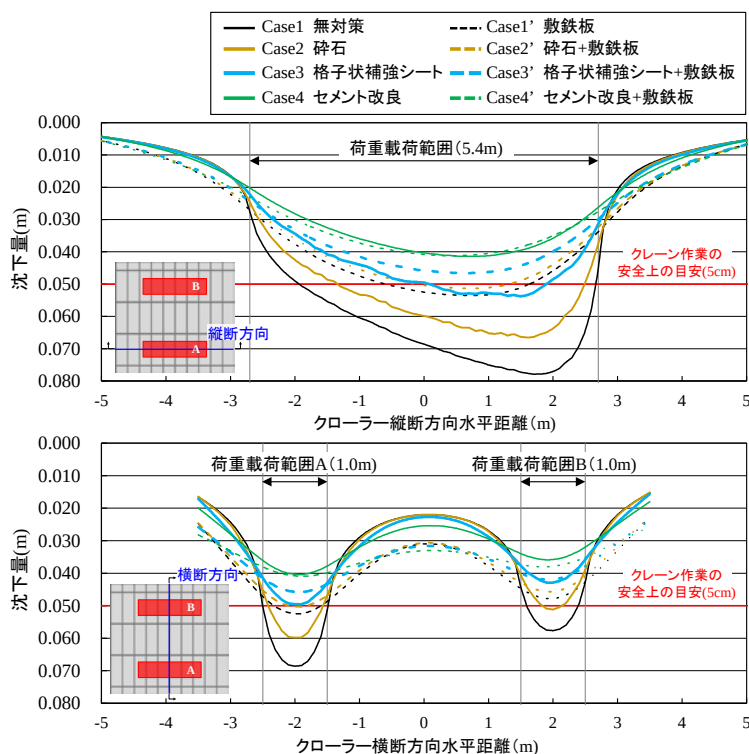


図-6 荷重範囲の沈下量(上:縦断方向, 下:横断方向)

5. おわりに

格子状補強シートによるクレーン基礎地盤の沈下対策効果を 3 次元 FEM 解析で確認した．今後は，様々な荷重条件や地盤条件に応じてジャケットの仕様（格子間隔，敷設範囲）を決定できるよう簡易設計手法の整備を進める予定である．

参考文献 1) 北本幸義，柴田健一：基盤の目の棋譜—格子状補強枠を有するシート工法の開発軌跡—，土と基礎，Vol.56，No.2，pp.32-33，2008 年． 2) 真弓昭弘，戸田雅美，守山康彦，辻正博，小林正和，小原隆志，岡本道孝，大野進太郎：格子状補強シートを用いたクレーン支持力対策—軌道高架化工事における耕作地の活用事例—，土木学会第 68 回年次学術講演会，平成 25 年 9 月． 3) 田中恵祐，中島悠介，小原隆志，岡本道孝：モルタルを注入したジャケットの曲げ特性に関する実験的検討，土木学会第 71 回年次学術講演会，平成 28 年 9 月（投稿中）． 4) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物，平成 12 年 6 月． 5) 吉田輝，川野健一，北本幸義：トリクレター（落球探査法）による地盤の迅速品質評価，鹿島技術研究所年報，第 57 号，pp.157-160，2009 年 9 月． 6) 日本建設機械化協会：移動式クレーン・杭打機等の支持地盤養生マニュアル，2000．