

粉体噴射攪拌工法施工時の周辺地盤変位における挙動測定

株式会社 加賀田組新潟支店 八雲淳一 高地 咲
新潟市 西部地域土木事務所 大橋裕子

はじめに

本工事は、新潟市南区瀬ヶ通地内を通過する道路改良工事である。信濃川、中ノ口川に挟まれた低地に位置しており、それらの河道の変遷により発達した自然堤防と氾濫原、後背湿地などの地形が複雑に分布する。施工場所は氾濫原に属し、約 14m の軟弱層上に 10m 程度の盛土が計画され、軟弱地盤対策として、粉体噴射攪拌工法（DJM 工法）による地盤改良を行う。地盤改良範囲には農業用水パイプライン及び民家が近接しており、それらへの影響を把握するために地表面変位の測定を行った。

1. 工事概要

軟弱地盤対策は、DJM 工法にて盛土基礎地盤全面の改良を行う。改良体はφ1000mm、改良深度 14m で軟弱層の全層を改良する。改良強度は $qu_{ck}=850\text{kN/m}^2$ であり、改良体上部にジオテキスタイル（ $T=50\text{kN/m}$ ）を 2 層設置する計画である。

（図-1）

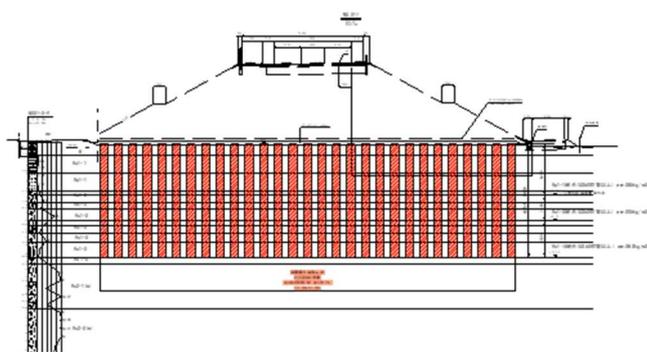


図-1 標準断面図

DJM 施工範囲に近接する構造物は、農業用水パイプライン（道路法線平行部：改良体中心から 2.3m 程度、道路法線直角部：改良体中心から 3.5m 程度）と、瀬ヶ通団地民家（敷地境界 12.5m 程度、建物 17.5m 程度）である。（図-2）

2. 測定目的

（1）近接構造物への影響の低減

軟弱地盤中に深層混合処理工を施工すると地盤

内に改良材が投入されることにより周辺地盤に変形が生じる。この変形による近接構造物への影響を低減するため、近接箇所の施工に先立ち近接していない場所で、構造物に対する施工方向による周辺地盤への影響の変化を確認し、変位抑制に効果的な施工方向を検証する事を目的とする。

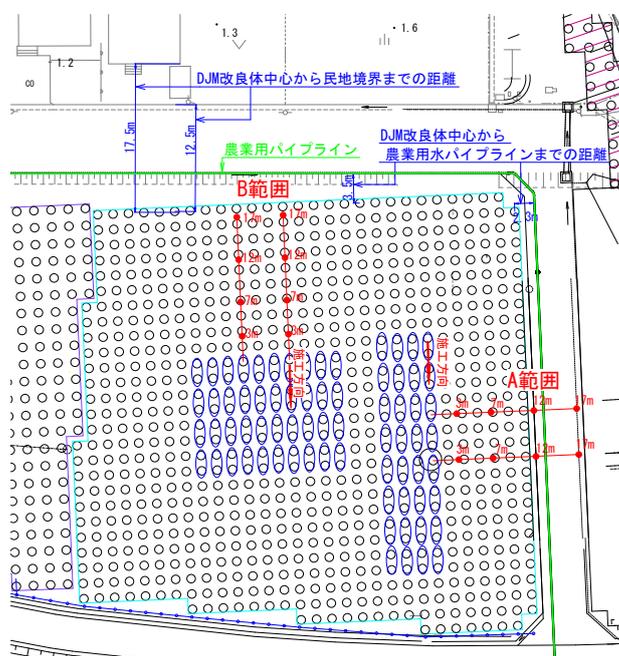


図-2 施工平面図

（2）既存文献の検証

一般的に、深層混合処理工の周辺地盤影響範囲は『陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版』に記載されているように、離隔距離 X と改良深度 L の比が $X/L = 1.0$ 程度で改良下端からの影響角 $\theta = 45^\circ$ 程度と考えられている。さらに施工順序と変位の関係が示されており、この関係性について検証する。

3. 測定計画

(1) 測定方法

測点は近接する構造物との隔離距離を勘案し、DJM改良体中心から3m、7m、12m、17mの位置に地表面変位測定杭を設置し、貫入完了～造成中～造成完了までの鉛直変位および水平変位を測定する。

地盤改良の施工方向に対して、直角方向測線と平行方向測線において、測定誤差等を考慮し、それぞれ2測線設置し測定を行う。(図-3)

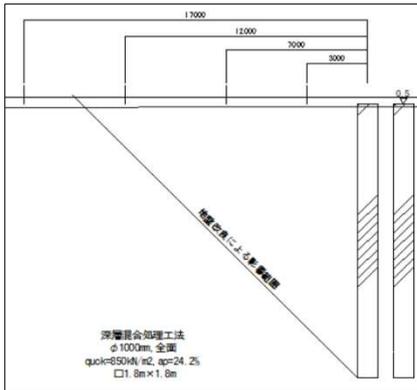


図-3 変位杭測定断面図

① 「対象構造物と平行方向に施工しながら離れるように施工する方法」

図-4 A範囲に示すように、施工方向に対して直角方向に測線を設置する。測線直角方向は測線より6本(3セット)手前の改良開始時から、測線より6本(3セット)過ぎた改良終了時まで測定を行う。測線方向は、測点から4列(4セット)完了した位置まで測定を行う。

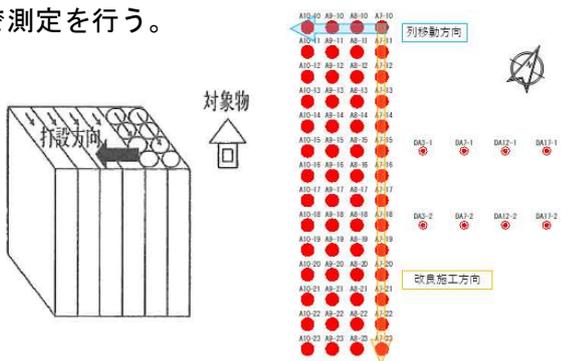


図-4 A範囲

② 「対象構造物と直角方向に離れるように施工する方法」

図-5 B範囲に示すように、施工方向に対して平行方向に測線を設置する。測線直角方向は測線より4本手前の改良開始時から、測線より4本過ぎた改良終了時まで測定を行う。測線方向は、測点から8列(4セット)完了した位置まで測定を行う。

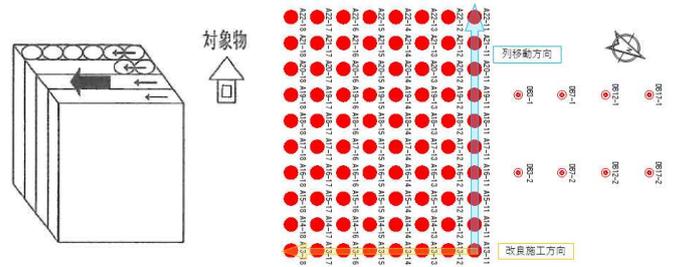


図-5 B範囲

4. 測定データ

(1) 施工方向別最大変位

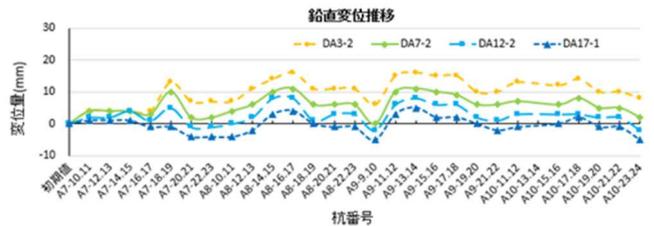
【A範囲】

① 鉛直変化について

- ・貫入完了～造成中～造成完了まで測定した結果貫入完了時の変位が大きい。
- ・最大鉛直変位量は測点 DA3-1 における A8-4, 15 と A8-16, 17 の貫入完了時の 20mm であった。
- ・施工位置が測点から離れるに従い変位量は減少する。
- ・地盤改良位置が測線に接近すると変位が増加し改良位置が測線を通過後は減少する。

② 列毎施工時の鉛直変位について

- ・列毎施工時の最初と最後の変位量を比較すると A7 列施工時変位 20mm A8 列施工時変位 13mm A9 列施工時変位 -8mm A10 列施工時 5mm となり測点から離れるにしたがい累積変位量は減少する。



グラフ-1 A範囲鉛直変位

③ 水平変化について

- ・施工の進行に従い増加している。
- ・最大変位量は測点 DA3-2 の A9-17, 18 の造成完了時で 21mm となった。
- ・測線から施工位置が離れるに従いと変位量は減少する。(A9-19, 20 以降の施工)
- ・測線に施工位置が接近した時に変位が増加する。

④ 列毎施工時の水平変化について

- ・列毎施工時の最初と最後の変位量を比較してみる

と7列施工時12mm、8列施工時8.5mm、9列施工時8.5mm、10列施工時-4mmとなり、測点から離れるにしたがい累積変位量は減少傾向となった。



グラフ-2 A範囲水平変位

測定点A範囲における最終変位結果 [mm]

	DJM打設中心からの離隔			
	3m	7m	12m	17m
鉛直変位	10(20)	2(12)	-2(9)	-5(6)
水平変位	18(21)	11(16)	9(13)	8(16)

()は、施工中での最大変位

表-1 A範囲造成完了時測定結果

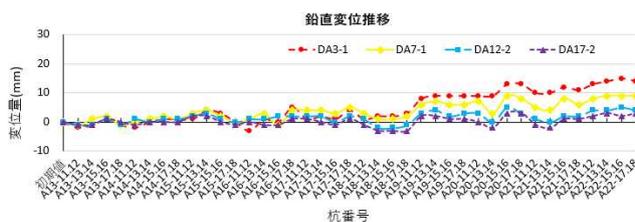
[B範囲]

①鉛直変化について

- ・貫入完了～造成中～造成完了の各施工段階にかかわらず変位が発生している。
- ・最大鉛直変位量は測点 DA3-1 における A22-15, 16 と A22-17, 18 の造成完了時で最大変位量時 15mm である。
- ・改良施工範囲から離れた測点では変位量が小さい。
- ・施工位置が測線に接近する時に大きな変位が発生する。(A16列からA19列)

②列毎施工時の鉛直変化について

- ・列施工時の最初と最後の変位量を比較してみると A13 列～A22 列すべてにおいて、施工位置が測点に接近したときに変位が増加し、測点から離れると変位は減少傾向となる。



グラフ-3 B範囲鉛直変位

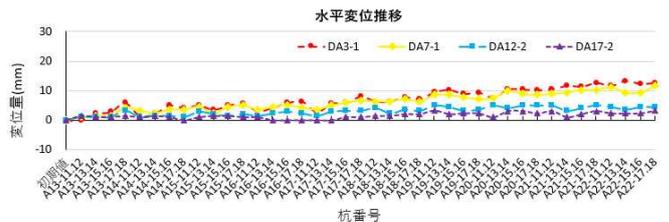
③水平変化について

- ・施工の進行に従い、変位が増加する。

- ・最大変位量は、測点 DA3-2 における A21-17, 18 の貫入完了時、造成中で 13mm
- ・施工位置と測点との距離の変化には関係なく、変位は一様に増加する。

④列毎施工順序の水平変化について

- ・列毎の最初の改良体施工時と最後の改良体施工時の変位量は、A13 列～A22 列すべてにおいて変位量の差は 5mm 程度であった。
- ・9 列施工時最大変位 8.5mm , 10 列施工時最大-4mm 測点の離隔に関係なく累積増加している。



グラフ-4 B範囲水平変位

測定点B範囲における最終変位結果 [mm]

	DJM打設中心からの離隔			
	3m	7m	12m	17m
鉛直変位	14(15)	9(9)	5(6)	3(3)
水平変位	12(13)	11(11)	7(7)	3(5)

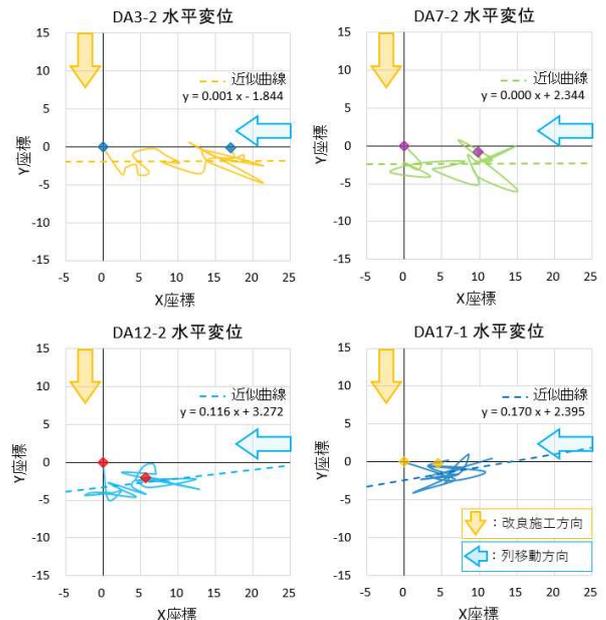
()は、施工中での最大変位

表-2 B範囲造成完了時測定結果

(2) 施工段階における変位ベクトル

[A範囲]

①改良施工方向に対する変位について

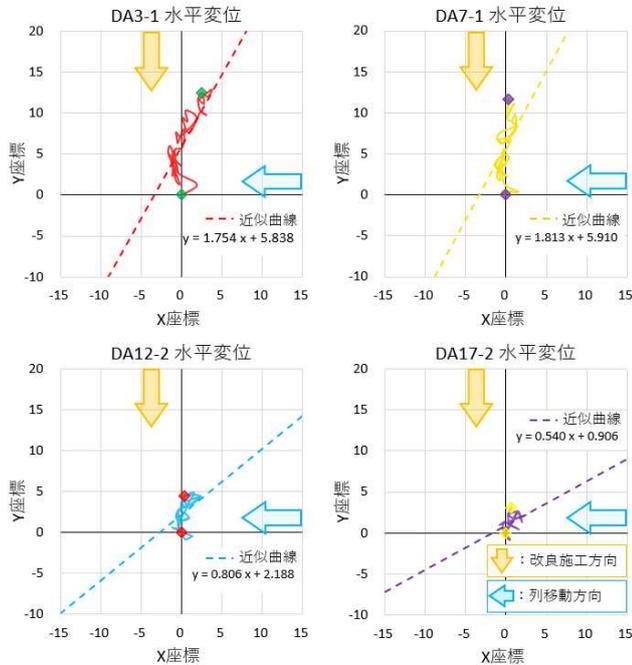


グラフ-5 A範囲測点別水平変位

・A 範囲測点別水平変位グラフにおいて、改良施工位置が測線を通るまでは、改良施工方向に変位が増加しているが、施工位置が測線を通った後水平変位は減少する。

【B 範囲】

①改良施工方法に対する変位について



グラフ-6 B 範囲測点別水平変位

・上記 B 範囲測点別水平変位グラフにおいて、改良施工位置と変位の方向について、明確な特性は見られない。

5. 結果の考察

(1) 変位抑制に効果的な施工方向

A 範囲の最大変位は、鉛直 20mm 水平 21mm、B 範囲の最大変位は鉛直 15mm 水平 13mm となり、測線に平行に施工を行う場合が 30%程度の変位の低減効果があることが確認された。よって、今後の施工において変位抑制に効果的と判断される「対象構造物から離れるように施工する方法」で施工することが望ましい。



写真-1 施工状況全景

(2) 既存文献の検証について

既存文献に記載されている「離隔距離 X と改良深度 L の比が $X/L=1.0$ 程度で改良下端からの影響角 $\theta=45^\circ$ 」について、「測線と平行に施工する方法」においては改良体からの距離が 17m において鉛直変位・水平変位とも 5mm 以下となり、影響が及ぶ範囲は概ね 45° の範囲であることが確認できた。

(3) その他

B 範囲において、測点に最も近い施工位置列のデータを抽出し、A 範囲の測定成果と比較すると、A 範囲より変位低減効果が得られた要因としては、A 範囲と B 範囲の施工時間の間隔の違いが上げられる。A 範囲については、次工程にて隣の改良体の施工を行うが、B 範囲については、1 列施工を完了して次の列の先頭改良体を施工する為、隣接する改良体と約 1 日程度の時間経過がある。施工時間の間隔を確保する事も変位抑制効果になると考えられる。

A 範囲

B 範囲

変位杭No.	近似曲線式	進行方向からの角度 θ'	変位杭No.	近似曲線式	進行方向からの角度 θ'
DA3-2	$y=0.001x-1.844$	$89^\circ 55' 54''$	DA3-1	$y=1.754x+5.838$	$119^\circ 40' 59''$
DA7-2	$y=0.000x-2.344$	$89^\circ 58' 20''$	DA7-1	$y=1.813x+5.910$	$118^\circ 52' 45''$
DA12-2	$y=0.116x-3.272$	$83^\circ 22' 45''$	DA12-2	$y=0.806x+2.188$	$141^\circ 8' 12''$
DA17-1	$y=0.170x-2.395$	$80^\circ 21' 49''$	DA17-2	$y=0.540x+0.906$	$151^\circ 39' 8''$

表-3 水平変位換算結果



写真-2 新潟市大橋監督員測定

参考文献

- セメント系固化剤材による地盤改良マニュアル(第4版)
：社団法人セメント協会
- 委西第 50 号主要地方道新潟中央環状線(大郷・鶯巻工区)
軟弱地盤技術解析検討業務委託 報告書：(株)村尾技建
- 委西第 56 号主要地方道新潟中央環状線(瀬ヶ通～花ノ牧地内) 軟弱地盤対策検討業務委託報告書：(株)村尾技建