

V-25

軟弱地盤のDJM工法に関する施工管理における課題と今後の展望

札幌開発建設部	札幌道路事務所	多田 和広
札幌開発建設部	札幌道路事務所	横田 法久
札幌開発建設部	札幌道路事務所	工藤 嘉彦
札幌開発建設部	札幌道路事務所	○正会員 佐藤 昌志

1. はじめに

軟弱地盤対策工法のひとつであるDJM工法は軟弱地盤中に粉粒体の固化材を供給し、強制的に原位置土と攪拌混合することにより土と改良材を化学的に反応させて、土質性状を安定なものにするとともに強度を高め、盛土等のすべり破壊防止および沈下低減に対して十分な効果を発揮する工法である。ここ近年においては、軟弱地盤対策工法として数多く採用され施工実績を有するに至っている。

しかしながら、実際の施工事例において改良柱体の深度により強度にバラツキが数多く確認されている。地盤の中の現象については、まだまだ不明な点も多く、一概に原因については解明できないが、強度管理という点に再度着目し、整理する必要があると考える。このことから、実際の軟弱地盤で改良柱体を試験的に施工し、原位置改良柱体からボーリングによりサンプリングされた供試体に対し室内試験による一軸圧縮試験を実施し、発現強度の確認を行う。今回の試験で得られた知見をもとに今後の管理のあり方を提案するものである。

2. 試験地の地盤条件

試験地は、JR函館本線「豊幌」駅より北東方約700mに位置し、地表はきわめて軟弱な泥炭で覆われ、軟弱な泥炭、粘性土および砂からなる沖積層が厚く堆積し、下位には洪積堆積物の礫が分布している。土層構成は、図-2に示すように地表から泥炭(0.9~3.4m)、シルト(3.4~6.9m)、泥炭(6.9~9.9m)、砂質(9.9~13.4m)の順で堆積する。



図-1 位置図

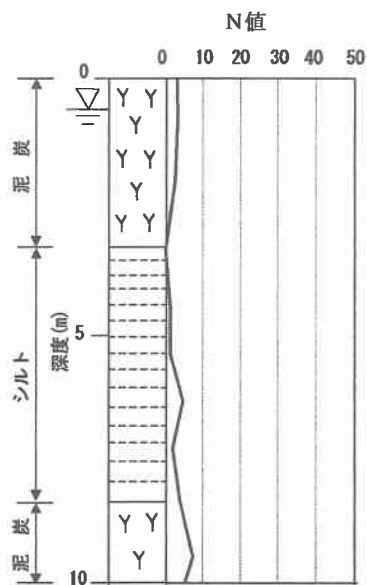


図-2 試験箇所土層図

3. DJM工法の施工諸元

改良柱体の施工諸元を表-1に示す。改良柱体の目標強度は 2kgf/cm^2 （材令28日）と設定した。固化材および添加量については、それぞれ室内配合強度試験と現場配合試験により設定することとした。室内試験では、地盤工学基準「安定処理土の締め固めをしない供試体作製方法」（JSF T 821）に準拠して作成し、改良効果は、「土の一軸圧縮試験」（JIS A 1216）により行い、材令28日の供試体各3個の一軸圧縮試験強さから適正固化材および配合量を決定している。この試験結果をもとに、材令7日における現場配合試験を実施し、最終的な固化材の配合量を決定した。現場採取供試体の材令強度は試験結果を図-3に示す。（材令7日における目標強度は材令28日までの強度増加を見込んで、目標強度を 1.64kgf/cm^2 と設定している。なお、強度の伸び率は室内配合試験結果より1.22とした。）算出した。）

固化材：ユースタビラー40
添加量： 300kgf/m^3

表-1 改良柱体の施工諸元

		噴射攪拌方式 (粉体)
改良長さ	泥炭	3.0
	シルト	4.0
	泥炭	2.0
固化材	泥炭	ユースタビラー40
	シルト	ユースタビラー40
	泥炭	ユースタビラー40
添加量(kgf/m^3)	泥炭	300
	シルト	300
	泥炭	300
設計強度 $q_{\text{uf}}(\text{kgf/cm}^2)$		2.0

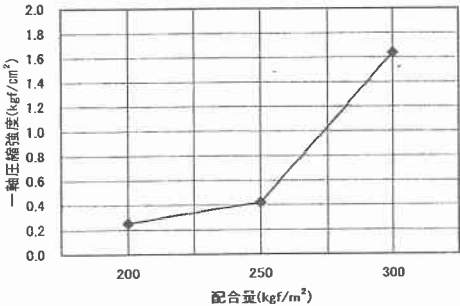


図-3 $q_{\text{uf}}7$ における配合量と強度の関係

4. 室内試験（一軸圧縮試験）

4. 1 室内試験概要

室内試験による発現強度における着目点は、(a)改良柱体同一深さの発現強度の確認、(b)改良柱体の深さ方向における発現強度の確認、という点に着目している。これらの、発現強度の確認は、泥炭地盤の場合には、倒伏植物遺体の堆積という生成過程から推測されるように、同一深さ、深さ方向において不均質である可能性があるために行っている。ボーリング孔およびサンプリング位置図を図-4に示す。

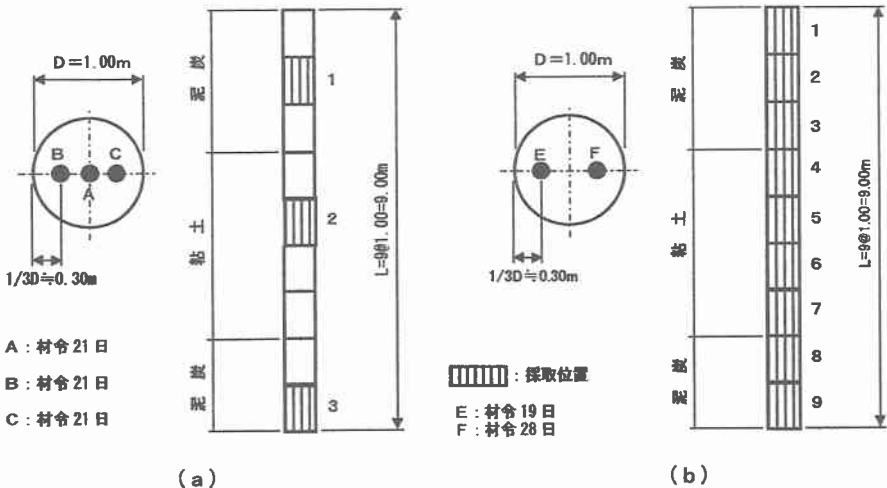


図-4 ボーリング孔およびサンプリング位置図

原位置改良柱体からボーリングによりサンプリングを行い供試体を作成した。(図-5) 供試体の載荷面は、均等に荷重が載荷するようにキャッピングを施し水平かつ平滑なものとした。

実験は5トンジャッキを有する載荷装置を用いて行った。また、計測項目は、バネ式の変位計(3/1000)による試験体の圧縮変位、および試験体上面に取り付けたひずみゲージ式のロードセル(5トン用)による荷重である。図-6に実験装置の概要図と写真-1を示す。

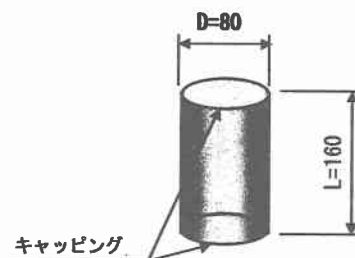


図-5 供試体の寸法形状

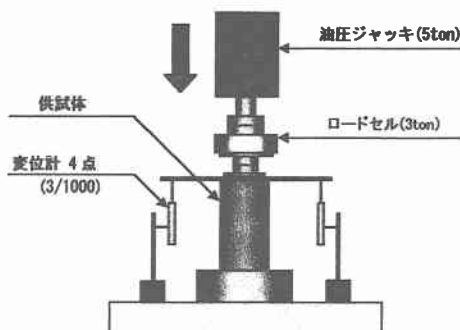


図-6 実験装置概要図



写真-1 実験装置

4. 2 室内試験結果及び考察

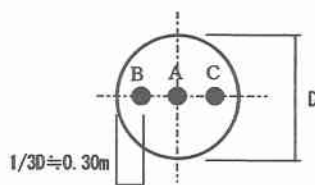
供試体の一軸圧縮試験の結果を表-2, 3, 4に示す。表-2は、改良柱体の同一深さにおける発現強度の結果を示したものである。平面的には、改良柱体中央と中央を挟んで左右の位置で、それぞれ、泥炭、シルト、泥炭の各層を代表させて発現強度を確認した。各層とも、同等の強度を示しており、同一深さには改良柱体は全面に均等散布されていることが試験結果からわかる。

表-3, 4は、改良柱体の深さ方向1m毎に採取した供試体の発現強度を示したものである。(表-3 材令19日、表-4 材令28日) 改良柱体での圧縮強度が、材令21日において最大80.64kgf/cm²、最小1.21kgf/cm²、同様に、材令28日においても最大57.12kgf/cm²、最小2.00kgf/cm²と非常に範囲が大きいことがわかる。また、材令19日と材令28日の強度比においても範囲が大きく、層によっては逆に0.7と圧縮強度が減少している箇所がある。この結果は、材令強度の伸び率という点からも信頼性に欠く結果となっていることが分かる。

図-8に、それぞれ各層の応力-ひずみ曲線を示す。

表-2 改良柱体の平面的における試験結果(材令21日)

供試体	深さ(m)	地層	圧縮強度(kgf/cm ²)			
			B(左)	A(中央)	C(右)	平均
1	1.0~2.0	泥炭	2.99	3.33	2.71	3.01
2	4.0~5.0	シルト	10.51	11.82	11.26	11.20
3	8.0~9.0	泥炭	32.50	33.09	34.47	33.62

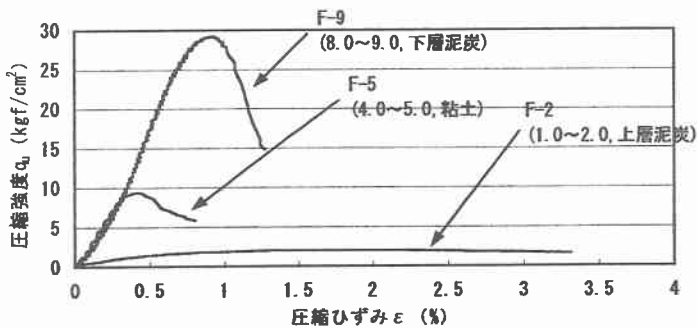


表－３ 改良柱体の深さ方向における
試験結果（材令 19 日）

供試体		深さ(m)	地層	圧縮強度 q_{u19} (kgf/cm ²)
E	1	0.0 ～ 1.0	泥炭	2.22
	2	1.0 ～ 2.0		1.21
	3	2.0 ～ 3.0		7.35
	4	3.0 ～ 4.0	シルト	8.80
	5	4.0 ～ 5.0		9.02
	6	5.0 ～ 6.0		10.09
	7	6.0 ～ 7.0	泥炭	25.93
	8	7.0 ～ 8.0		80.64
	9	8.0 ～ 9.0		28.64

表－４ 改良柱体の深さ方向における
試験結果（材令 28 日）

供試体		深さ(m)	地層	圧縮強度 q_{u28} (kgf/cm ²)	強度比 q_{u28}/q_{u19}
F	1	0.0 ～ 1.0	泥炭	36.93	16.64
	2	1.0 ～ 2.0		2.00	1.65
	3	2.0 ～ 3.0		6.40	0.87
	4	3.0 ～ 4.0	シルト	7.24	0.82
	5	4.0 ～ 5.0		9.38	1.04
	6	5.0 ～ 6.0		10.48	1.04
	7	6.0 ～ 7.0	泥炭	55.03	2.12
	8	7.0 ～ 8.0		57.12	0.71
	9	8.0 ～ 9.0		29.18	1.02



図－７ 応力－ひずみ曲線（材令 28 日）

5. まとめ

本論文は、D J M工法に関する施工管理における課題として、強度管理という点に再度着目し、実際の軟弱地盤で改良柱体を試験的に施工し、採取供試体に対し一軸圧縮試験を行い発現強度の確認を試みた。今回の試験で得られた知見をもとに施工管理における課題と今後の展望について述べることとする。

1. 平面的な箇所での強度を確認した結果、同等の強度を有していることがわかった。これは、改良材が攪拌翼軌跡全面に均等散布されているということが確認された。
2. 深さ方向 1m毎に採取した供試体で圧縮試験を実施したところ、深さ方向に強度が増加している結果となった。本施工は、固化材の配合量を一律に同量としていることから、各層において配合量を調整することが必要であると考えられる。
3. 表－3、4の試験結果が得られることにより、各層において配合量を調整することができる。

参考文献

1) 泥炭性軟弱地盤対策工指針 北海道開発技術センター 昭和63年10月
2) 粉体噴射攪拌工法（D J M工法）技術マニュアル D J M工法研究会 平成9年