

局所沈下させた大型模型ベントナイト混合土層の亀裂発生評価（その2）

(正)今泉繁良¹・(正)宇佐見貞彦²・(正)日野林譲二³・○(正)柴田健司⁴・(正)工藤賢悟⁵・野々田充⁶

¹宇都宮大学・²八千代エンジニアリング(株)・³大日本プラスチック(株)・⁴(株)大林組・⁵日本国土開発(株)・⁶日本道路(株)

1. はじめに

最終処分場では、浸出水の浸透拡散を防ぐために、遮水工として現地発生土にベントナイトを混合したベントナイト混合土（BMS）が広く利用されている¹⁾。本論文では、昨年²⁾と同様、層厚を実サイズの50cmとしてその上に保護土を敷設することで含水比が締め固め時から大きく変化しないようにした屋外模型BMS遮水工に対して、昨年の実験で判明した課題を改善して、再度局所沈下深さとジオネット（GN）の有無を変えた沈下実験を行った結果について報告する。

2. 使用した材料

2.1 ベントナイト混合土（BMS） BMSの母材として、最大粒径4.75mm、礫分13.4%、砂分84.0%、細粒分2.5%の葛生砕石砂を用いた。これにNa型ベントナイトを乾燥質量比で10%となるように添加してBMSを作製した。

2.2 ジオネット（GN） GNは、高密度ポリエチレン製の格子幅10mm、遮蔽率49%、引張強度9120N/mのN-24と、その85%強度のN-248の2種類の樹脂網ネットを使用した。

3. 模型ベントナイト混合土（BMS）層

3.1 模型土層の構造・種類 模型BMS層は、厚さが50cm、幅300cm、奥行き150cmであり、図-1に示すように、BMS層下中央部に、実際の遮水工下の基盤に設置される地下水集排水工の掘削溝幅と溝部分での沈下を模擬できるように、幅が120cmで深さを10、20cmと変えた溝を設け、この部分を単管と砂で埋め戻す構造とした。昨年の実験では、砂の掻き出し時には観測面を拘束していなかったため、BMS層が観測面方向へも変形して沈下を助長させた可能性があったことから、今回は観測面に透明ポリカーボネート（PC）板と型枠を設置して外側から単管で補強して変形を拘束した。また、沈下部溝の砂の掻き出し幅の正確さを期すため、沈下部に仕切り板を設置した。

模型BMS層の種類は、表-1に示すように、BMS層の下にGNを設置しない場合と2種類のGNを敷設した場合のそれぞれについて、溝の深さを10、20cmとした合計6種類である。図-2は、6種類の模型BMS層を連続的に配置した模型遮水工の全体図である。

3.2 BMS層の作製方法 遮水層となるBMS層は、施工性と強度を確保するため、含水比を17%と最適含水比（19.5%）よりやや乾燥側、目標締固め度を100%（乾燥密度 $\rho_d=1.66\text{g/cm}^3$ ）として、10kN振動ローラを用いて、入念に継ぎ目処理を行い3層（15cm、15cm、20cm）で締め固めた。GNを敷設する場合は、空洞部上に敷設しピンで固定した。

BMS観測面には、BMS層締め固め時に設置したコンパネを外した後、BMS層の変形挙動を観察しやすいように白頭釘を5cm格子で差し込んだのち、観測面を再度拘束するためPC板で補強した。BMS層上には養生も兼ねて保護土層として現地発生土を厚さ約50cmに敷き均し転圧した。

4. BMS層の局所沈下実験

4.1 実験方法 沈下実験は最初、中央部幅30cmに設置した単管を抜き、砂を掻き出し、次に空洞幅が60cmとなるようにその両側にある単管を抜き、砂を掻き出し、同じ要領で空洞幅が75cm、90cm、105cm、120cmとなるように実験を進めた。空洞幅が120cmとなり変形が確認できなくなった後、油圧ショベルのバケットで載荷可能な約44kNの荷重を保護土層に加えた。実験過程におけるBMS層の局所沈下に伴う変形状況、亀裂の発生、進行高さは、肉眼観察するとともにビデオ撮影して沈下の進展を連続して記録した。その後、BMS層側面の亀裂幅、亀裂角度を測定するとともに、

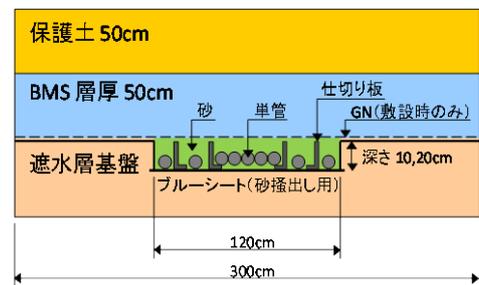


図-1 局所沈下のためのBMS層下の構造

表-1 模型BMS層の種類

実験名	N無-20	N無-10	N248-20	N248-10	N24-20	N24-10
GN有無	無	無	N248	N248	N24	N24
溝の深さ	20cm	10cm	20cm	10cm	20cm	10cm

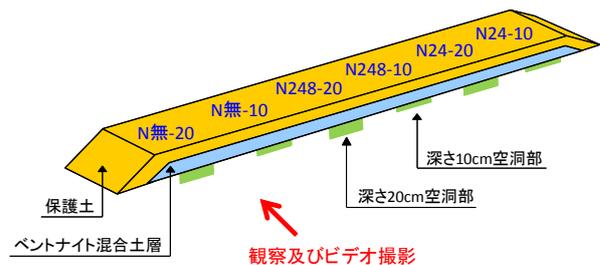


図-2 配置した模型遮水工の全体図

【連絡先】〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組エンジニアリング本部

環境技術第一部 柴田健司 Tel : 03-5769-1054 Fax : 03-5769-1983 E-mail : shibata.kenji.cv@obayashi.co.jp

【キーワード】ベントナイト混合土、遮水層、局所沈下、屋外実験

覆土を撤去し BMS 層上面の変形、亀裂発生状況を計測した。なお、空洞部溝における砂の掻き出しによって生じた空洞部幅の溝全幅 (120cm) に対する比率を「砂の掻き出し率」と呼ぶ。

4.2 結果と考察 結果の一例として、GN24 を敷設した空洞部が 20cm の模型遮水工での空洞幅拡大過程と 44kN 載荷における BMS 層側面の変形・亀裂発生・破壊状況を図-3 に紹介する。この実験ケースでは図-3 (a) に示すように空洞幅が 105cm に達するまでは変形を確認できなかったが、空洞幅が 120cm に達すると徐々に層間剥離が進展し、図-3 (b) に示すように 1 層目が完全に剥離して第 2 層目のせん断亀裂が明確になり、その後、第 2 層と第 3 層の境界が完全に剥離し第 3 層目の中央部は BMS 層下面から 45cm 高さまで剥落した (図-3 (c) 参照)。44kN 載荷時には、図-3 (d) に示すように BMS 層上面からも亀裂が進展したが、下方からの亀裂とは連続しなかった。

表-2 は、全ケースにおける空洞幅と亀裂の状況をまとめたものである。まず、空洞幅 90cm の時点で亀裂が発生した実験ケースはなく、空洞幅が 105~120cm に達すると BMS 層下面から 30~40cm 前後まで亀裂が進展している。さらに 44kN 載荷時には、空洞深さが 20cm の 2/3 ケースでの亀裂進行高さが 50cm と、亀裂が BMS 層上面まで貫通している。なお、BMS 層下面で発生した亀裂角度の平均値は 58.9° であり、BMS 層にせん断破壊³⁾ が生じたことを示していた。

沈下実験終了後に保護土を撤去し、BMS 層表面の曲げ亀裂の最大亀裂幅、沈下幅、沈下量を計測・観察した。表-2 中にはその結果も示している。観察された亀裂幅は、GN の有無に関わらず、空洞深さ 20cm のケースの方が空洞深さ 10cm のケースより相対的に大きい。これは、空洞深さが増すにつれて、BMS 層の曲率も大きくなり、亀裂が顕著になったためと考えられる。また、沈下幅は GN を敷設した方が広がる傾向がある。そして、GN を敷設しないケースでは、BMS 層が局所的な沈下を起こし、BMS 層にせん断亀裂が発生したが、GN を敷設したケースではせん断を伴う局所的な沈下というよりも曲げによる変形と亀裂が発生する現象が見られた。

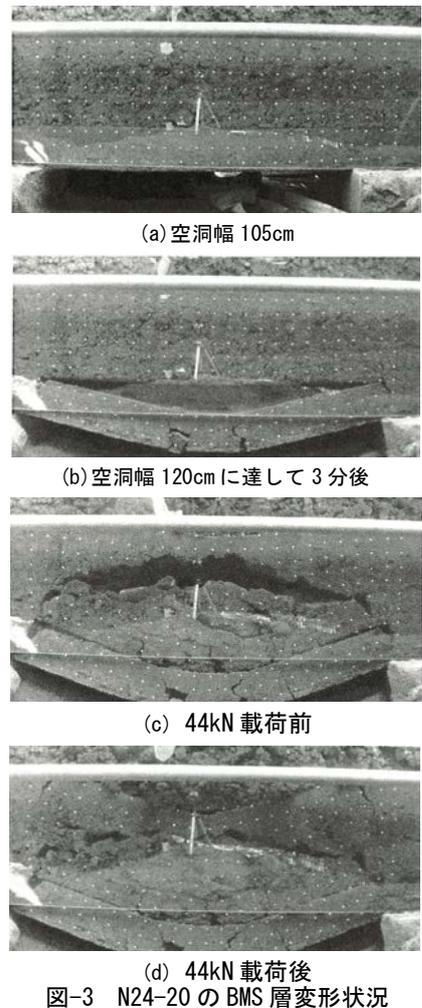


図-3 N24-20 の BMS 層変形状況

表-2 実験ケースごとの亀裂の発生・進行高さ、BMS 上面状況等の一覧

			BMS層下部からの亀裂進行高さ(cm)					
			GN無		GN有N-248		GN有N-24	
空洞幅、 砂の掻き出 し率	幅(cm)	率(%)	空洞20cm	空洞10cm	空洞20cm	空洞10cm	空洞20cm	空洞10cm
	30	25.0	0	0	0	0	0	0
	60	50.0	0	0	0	0	0	0
	90	75.0	0	0	0	0	0	0
	105	87.5	45	0	0	0	0	0
120	100.0	—	15	45	0	42.5	42.5	
保護土上への載荷		44kN	50	42.5	45	42.5	50	42.5
亀裂の角度; 左側、右側(°)			70,70	70,54	73,61	54,60	60,45	45,45
BMS層上面 の状況	亀裂の最大幅(mm)		40	10	60	8	20	10
	沈下幅(mm)		1070	1130	1250	1300	1750	1280
	沈下量(mm)		180	90	195	80	195	110

5. 謝辞

本研究は、平成 25 年度文部科学省科学研究費補助金 (課題番号 23560588、代表: 今泉繁良) の援助と八千代エンジンヤリング (株)、大日本プラスチック (株) の支援によって実施した。NPO 最終処分場技術システム研究協会 T-2 分科会メンバーからは多くの助言と協力を頂いた。また、栃木県佐野市の山野井砕石工業株式会社には、実験場所の提供や作業重機等による多くの協力を頂いた。記して感謝申し上げます。

【参考文献】: 1) 最終処分場技術システム研究協会: 廃棄物最終処分場遮水システムハンドブック、pp.38-45、pp.111-115、2008、2) 今泉他: 局所沈下させた大型模型ベントナイト混合土層の亀裂発生評価、第24回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、CD-ROM、pp.485-486、2013、3) 今泉他: 厚さの異なるベントナイト混合土層に関する落とし戸・浸透量実験、第23回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、CD-ROM、pp.487-488、2012