

平成28年度市町村除染技術支援事業

(テーマ「仮置場の不陸対処方法」)

実証試験実施結果報告書

1 目的

仮置場における頂部不陸による雨水たまりの発生や、これに伴う上部シートの破れ等の状況を踏まえ、効果的な不陸対処方法を検討する。

2 実証事業者

岩野物産株式会社（東京都）

3 実証技術

既存の仮置場上部シート上に一軸延伸タイプのジオグリッド¹⁾を下地として機能させ、その上に通気性防水シート等を敷設する技術。

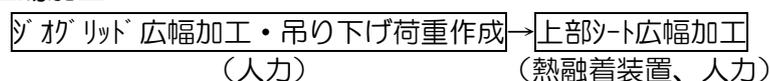
4 技術の概要

(1) 施工方法

既存の仮置場上部シート上に一軸延伸タイプのジオグリッドを敷設し、加えてその上部にシート（以下「上部シート」とする。）を敷設する。ジオグリッドの敷設は、図1に示すジオグリッドの横・縦方向が、仮置場天端部長辺方向（以下「長辺方向」とする。）に横方向、仮置場天端部短辺方向（以下「短辺方向」とする。）に縦方向となるよう行う。

（作業フロー）

・工場加工



・現場施工



図1 ジオグリッド（一軸延伸タイプ）の外観及び模式図
（前田工織総合カタログより抜粋）

¹⁾ ポリエチレンの格子状ネットにアラミド繊維を挿入した製品。図1参照。

使用するジオグリッドについては、一軸延伸タイプと二軸延伸タイプの2種類があるうち、それぞれの性能等を表1のとおり比較を行い、強度が大きく、伸びが小さいことで不陸発生の軽減効果がより期待できることから、一軸延伸タイプのジオグリッドを使用した。

また、使用する上部シートについては、保管物の性状や仮置場の形状も考慮し、通気性防水シートに加えて遮水シート(ポリ塩化ビニルシート、t=1.0mm)の2種類を使用した。

表1 一軸延伸タイプと二軸延伸タイプのジオグリッドの性能等比較表

項目		一軸延伸タイプ	二軸延伸タイプ
強度特性	強度	○	
	伸び	○	
	剛性		○
施工性			○
経済性		○	
総合		○	

※比較の結果、より優れている方を「○」としている。

(2) 施工効果

敷設したジオグリッドの機能により、上部シートに載荷重(今回の場合、滞水、積雪)がかかった場合でも荷重が分散される。また、ジオグリッドよりも上部シートの方が伸びが大きいことから、上部を完全なフラットな状態にすることは難しいものの、なだらかな沈下の発生に留まり、陥没状の沈下の発生を防止することができる。この結果、上部シートの損傷を防止することが見込まれる。

なお、ジオグリッドに対する吊り下げ荷重によるテンションにより、降雨や降雪による滞水が原因で発生した沈下は、滞水が無くなることで、施工直後の状態に復元することが見込まれる。

5 対象

仮置場天端部において、滞水した不陸が発生している仮置場

6 実証試験の概要

(1) 実施日

ア 工場施工

平成29年1月6日(金)～1月7日(土)

- ・ジオグリッド広幅加工と吊り下げ荷重(土のう)作成
- ・上部シート(通気性防水シート及び遮水シート)の広幅加工

(3) 実施方法

ア 工場施工

(ア) ジオグリッド広幅加工と吊り下げ荷重(土のう)作成

ジオグリッドをインシュロックを用いて広幅に加工した。また、土のう袋に山砂を約 15kg 充填し、ジオグリッドに吊り下げる荷重を作成した。

(イ) 上部シートの広幅加工

上部シートとする通気性防水シート及び遮水シートを熱溶着により広幅に加工した。また、通気性防水シートと遮水シートを現場で熱溶着できるように、接合部材を加工した。

イ 現場施工

(ア) 施工前の不陸状況計測

実施場所の実証試験施工前の滞水した不陸の発生状況を把握するため、不陸発生箇所の最大深さ、長辺方向の幅の長さ及び短辺方向の幅の長さの測定を行った。

(イ) ジオグリッド敷設等

a ジオグリッド敷設

広幅加工したジオグリッドを仮置場天端部で展張し、ジオグリッドの縦方向が短辺方向と平行になるように敷設し、加工品同士をインシュロックで接合した。

b 吊り下げ荷重の設置

ジオグリッド敷設後、長辺方向に垂らした部分に2袋(30kg)/mの吊り下げ荷重をインシュロックにより設置後、両側で垂下し、ジオグリッドにテンションがかかるようにした。

c ジオグリッド敷設効果の確認

吊り下げ荷重によるジオグリッドの機能が発揮されているか、ジオグリッド下部が空洞となっている部分に荷重をかけ、確認を行った。

(ウ) 上部シート敷設等

a 上部シート押え遮へい土のうの移動

上部シート敷設前に、上部シートの押えに使用する、仮置場に設置されている既存の遮へい土のうの2段目をラフタークレーンで移動した。

b 上部シート敷設

広幅加工した通気性防水シート及び遮水シートを天端部の北部側より展張し、側壁部に垂らした後、両シート同士を熱融着により接合した。

c 上部シート押え遮へい土のうの再設置

側壁部に垂らした上部シートの上に、移動させておいた遮へい土のうを再設置し、上部シートを固定した。

d 上部シート接合部検査

上部シートの現場接合部について、通気性防水シートはドライバーを用いた接合部検査を、遮水シートは加圧方式による接合部検査をそれぞれ行った。

ウ 経過観察

目視で確認された滞水した不陸について、仮置場天端部における基準点からの位置を測定した。また、最も深い地点を探し、深さ、長辺方向の幅の長さ及び短辺方向の幅の長さの測定を行った。

(4) 評価方法

ア 施工効果

- ・実証技術による不陸発生状況の変化について、施工前と施工後それぞれで、発生位置の変化及び深さを測定し、比較を行う。
- ・実証技術による陥没状の沈下の防止効果及びその効果による上部シートの損傷の防止について、本実証試験で使用するジオグリッドの品質管理上、許容できる沈下深さ（以下「許容沈下深さ」とする。）を以下の方法を用いて算出し、許容沈下深さと現場で測定した実測の滞水した不陸の深さとを比較し、評価を行う。
- ・なお当初は、長辺方向での影響がより大きいと考え、横方向でのみとしていたが、実施場所においては短辺方向（ジオグリッド縦方向）と平行に発生した不陸が多く存在したことから、経過観察時より、縦方向も追加した。

（許容沈下深さの算出方法）

許容沈下深さは、表3に示す横・縦方向それぞれの品質管理伸び率において示される、以下の関係式を用いて算出する。

※関係式

長辺方向（ジオグリッド横方向）許容沈下深さの関係式 $H_1=0.242 \times B_1 \cdots \textcircled{1}$

（ B_1 ：現地で測定した滞水した不陸の長辺方向の幅、 H_1 ：許容沈下深さ）

短辺方向（ジオグリッド縦方向）許容沈下深さの関係式 $H_2=0.131 \times B_2 \cdots \textcircled{2}$

（ B_2 ：現地で測定した滞水した不陸の短辺方向の幅、 H_2 ：許容沈下深さ）

表3 本実証試験で使用したジオグリッドの製品の規格と特性

方向	材質	品質管理伸び率	備考
横方向	高密度ポリエチレン	15%	樹脂特性に基づく伸び率を適用
縦方向	アラミド繊維	4.5%	製品の品質管理伸び率を適用

イ 作業コスト

実証技術の作業コストについて評価を行うため、上部シート撤去及び張替による補修の費用や不陸部分の滞水をポンプで定期的に排水する場合の費用等と比較を行う。

ウ 廃棄物

実証技術の施工箇所を撤去する際に発生する資材等の廃棄物について、リサイクル可能なものであるか、また一般的な処理が可能か等について評価を行う。

7 実施工程

今回実施した実証試験の工程表を表4に示す。

表4 工程表

工種	1日目		2日目		3日目		4日目		5日目		3週間目 及び 6週間目	
	AM	PM	AM	PM								
ア 工場加工												
(ア) ジオクリット® 広幅加工と吊り下げ荷重作成		⇒										
(イ) 上部シートの広幅加工		⇒	⇒									
イ 現場施工												
(ア) 施工前の不陸状況計測					⇒							
(イ) ジオクリット® 敷設等						⇒	⇒					
(ウ) 上部シート敷設等							⇒	⇒	⇒			
ウ 経過観察												
施工後の不陸状況計測												⇒

8 実証試験の結果

(1) 施工効果

ア 実証技術による不陸発生状況の変化

(ア) 発生位置の変化

実施場所の不陸の発生状況について、施工前と施工後（施工1日後及び経過観察時）の滞水した不陸の発生位置を測定した。発生位置の模式図を図3に示す。実施場所では、施工完了直後より降雪及び雪解けがあり、施工1日後から上部シートに滞水した状況が確認された。

施工1日後では、発生位置は施工前に発生していた位置の近くであったものの、滞水した不陸の発生数は施工前と比較して減少していた。施工3週後では、不陸の発生数が増加し、施工前と同程度であることが確認された。施工6週後では、施工3週後とほぼ同程度の不陸の発生数が確認されたが、一部の小さな滞水した不陸（不陸F、I及びN）が乾燥により消失しているのが確認された。

施工前の不陸の形・位置で比較すると、短辺方向（ジオグリッド縦方向）に対して並行に位置するU字状の不陸の近くで発生が多く、ジオグリッド縦方向に対して直交する不陸の直上では発生が少ない傾向にあった。これは一軸延伸タイプのジオグリッドは横方向の剛性が低く、伸びが縦方向より大きいことが一因している可能性が考えられた。

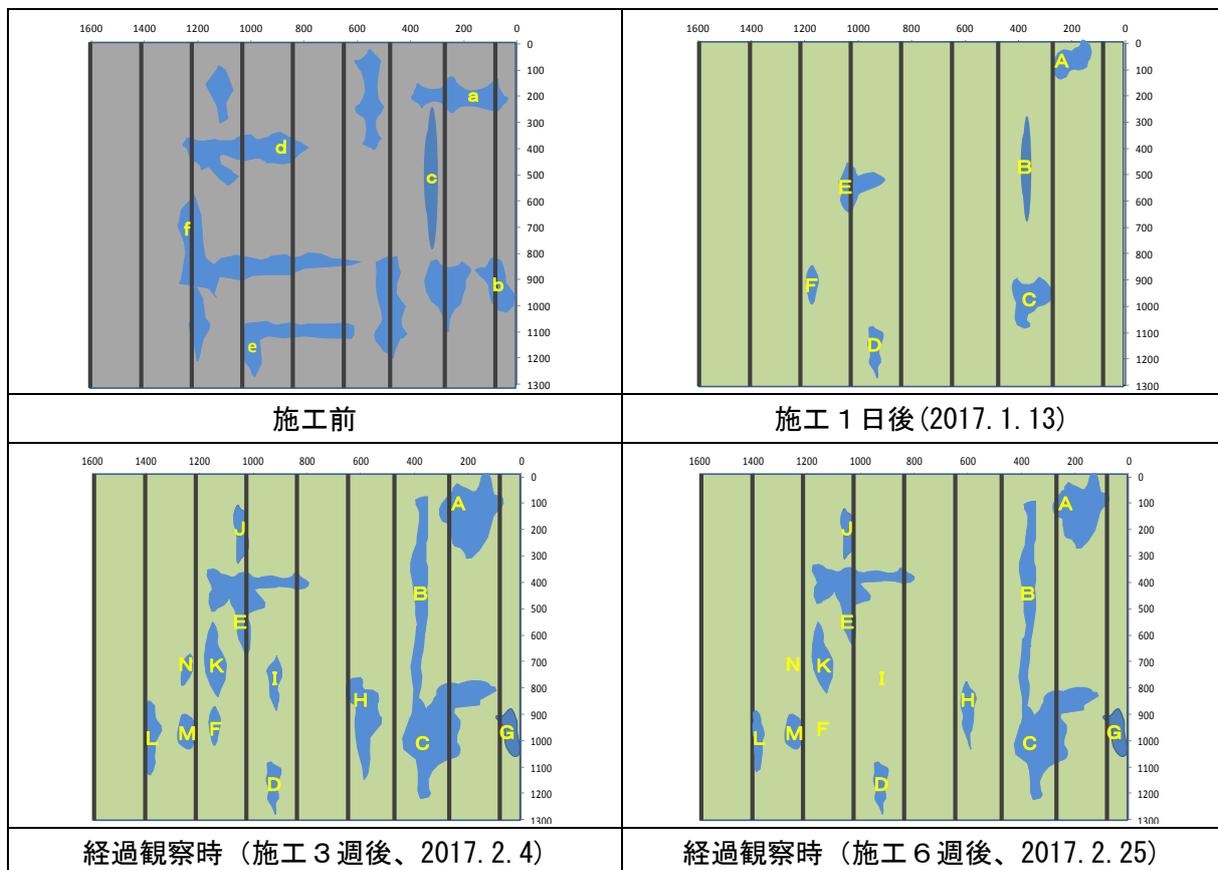


図3 施工前と施工後の滞水した不陸発生位置の模式図

(イ) 深さの変化

実施場所の不陸の発生状況について、施工前と施工後（施工1日後及び経過観察時）の滞水した不陸の最大深さを測定した。測定結果を表5に示す。施工完了直後から経過観察期間中に降雨及び降雪があったため、その影響により滞水した不陸の発生状況が見られた。

施工前と施工後の発生位置は全く同じではないため、単純な比較とはならないが、施工1日後及び経過観察時に測定した深さは、施工前と比較して減少が見られ、上部シートに対するジオグリッドの機能が確認された。また、施工3週後と施工6週後に測定した深さを比較すると、施工3週後で深い傾向にあった。これは、図4に示すように、施工3週後までの降雨及び降雪が多く、滞水が発生しやすい状況であったためと考えられる。また、施工6週後に不陸の深さが減少しており、今後、晴天が続く等により、仮置場天端部における滞水が解消されることが期待されるため、経過観察が引き続き必要であると考えられる。

表5 施工前と施工後の滞水した不陸の最大深さの測定結果

施工前 不陸 No	施工後 不陸 No	不陸深さ [cm]			
		施工前	施工1日後	施工3週後	施工6週後
a	A	34	8.5	23	23
b	G	29	-	16	14.5
c	B	45	10	23	23
d	E	43	15	23	22
e	D	32	13	15	9.5
f	K	27	-	12	7.5

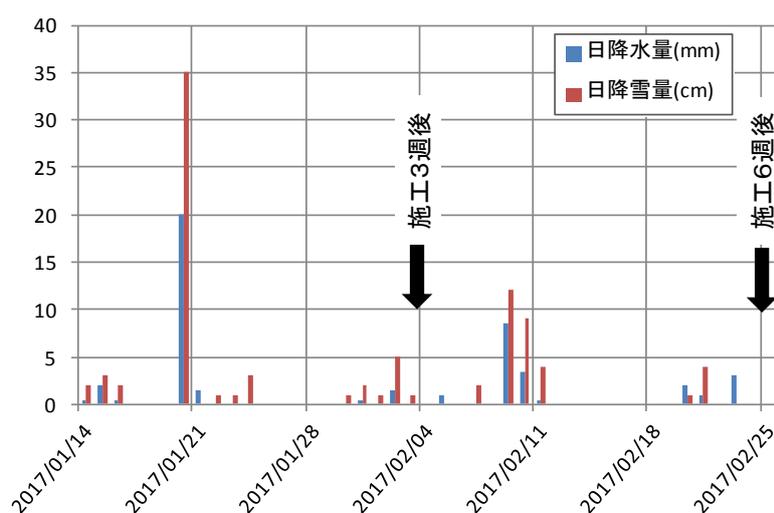


図4 施工完了後から経過観察時（施工6週後）までの実施場所付近の気象庁気象観測所（白河観測所）における日降水量及び日降雪量

イ 実証技術による施工効果の評価

実施場所の不陸の発生状況について、施工1日後及び経過観察時の滞水した不陸の短辺方向及び長辺方向の幅の長さを測定し、「6(4)ア 施工効果」における①、②式を用いて、許容沈下深さを算出した。算出した許容沈下深さは、実測の不陸深さと大小を比較した。

なお、評価の判定は、以下のとおりとした。

- ・「○」：実測の不陸深さが許容沈下深さ未満である場合
- ・「△」：実測の不陸深さが許容沈下深さを超えているものの、施工前から発生していた不陸の形状や大きさを勘案し、シート破損の危険性が低い場合
- ・「×」：実測の不陸深さが許容沈下深さを超えている場合であって、施工前から発生した不陸の形状や大きさを勘案してもシート破損の危険性がある場合
- ・「滞水消失」：経過観察時に滞水した不陸が消失した場合

(ア) 長辺方向（ジオグリッド横方向）における評価

施工完了直後、施工1日後及び経過観察時（施工3週後及び施工6週後）の長辺方向の幅の長さと許容沈下深さを表6-1～表6-4に示す。なお、表6-2～表6-4中のアルファベットに数値を付記している不陸は、図5に示すように形状が複雑となっており、複数点で測定を実施した不陸、または最大深さの位置が経過観察中に変化した不陸である。

評価の結果、実測の不陸深さは経過観察時の不陸Bについて「△」の判定としたほかは、すべて「○」の判定であった。経過観察時の不陸Bについて、「△」の判定としたのは、不陸Bは施工前の不陸で最も深さが大きかった不陸cの上部に位置し、かつジオグリッドの荷重方向（短辺方向）に連続しており、ジオグリッド自身が設置時において、既にU字状態となっていた可能性が高いものと推察されたためである。ジオグリッド自身が設置時に既にU字状態であった場合、ジオグリッド自体の伸びは品質管理伸び率（15%）に至っておらず、許容沈下深さを超えてもジオグリッドやシートの損傷には至らないと考えられる。しかしながら、敷設しているジオグリッドの状態やシートの状況については、今後も引き続き経過観察を実施する必要がある。

なお、許容沈下深さに対する実測の不陸深さの割合は、滞水した不陸が最も多く観察された施工3週後で平均62%、最小～最大で27～113%であり、短辺方向と比較して長辺方向において、許容沈下深さに対する割合が高かった。この結果は、ジオグリッドに掛ける荷重が短辺方向であったため、施工前に短辺方向にU字状態に発生していた不陸部分（例えば、不陸B及びH）では、ジオグリッド自身も設置時にU字状態になっている可能性が高いものと推察される。

表 6-1 施工完了直後の長辺方向の幅の長さ と 許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 (%)	判定
	幅の長さ [cm]	深さ[cm] (a)			
A	125	7.0	30.3	23	○
B	40	7.0	9.7	72	○
C	95	8.0	23.0	35	○
D	70	9.5	16.9	56	○
E	72	13	17.4	75	○
F	50	6.5	12.1	54	○

表 6-2 施工 1 日後の長辺方向の幅の長さ と 許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 [%]	判定
	幅の長さ [cm]	深さ[cm] (a)			
A	148	8.5	35.8	24	○
B	45	10	10.9	92	○
C	120	15	29.0	52	○
D	88	13	21.3	61	○
E-1	80	15	19.4	77	○
E-2	130	15	31.5	48	○
F	52	6.5	12.6	52	○

表 6-3 経過観察時（施工 3 週後）の長辺方向の幅の長さ と許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 [%]	判定
	幅の長さ [cm]	深さ [cm] (a)			
A-1	250	23	60.5	38	○
A-2	250	20	60.5	33	○
B	84	23	20.3	113	△
C-1	167	29.5	40.4	73	○
C-2	167	25.5	40.4	63	○
C-3	167	11	40.4	27	○
D	95	14	23.0	61	○
E-1	227	23	54.9	42	○
E-2	180	18	43.6	41	○
F	33	4.0	8.0	50	○
G	73	16	17.7	90	○
H	70	15	16.9	89	○
I	50	5.5	12.1	45	○
J	82	16	19.8	81	○
K	56	12	13.6	88	○
L	42	8.0	10.2	78	○
M	52	6.0	12.6	48	○
N	55	6.5	13.3	49	○
平均値	117	15.3	28.2	62	—
最小値	33	4.0	8.0	27	—
最大値	250	29.5	60.5	113	—

表 6-4 経過観察時（施工 6 週後）の長辺方向の幅の長さ と許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 [%]	判定
	幅の長さ [cm]	深さ [cm] (a)			
A-1	240	23	58.1	40	○
A-2	240	20	58.1	34	○
B	78	23	18.9	122	△
C-1	160	29	38.7	75	○
C-2	160	24.5	38.7	63	○
C-3	150	10.5	36.3	29	○
D	54	9.5	13.1	73	○
D-2	45	10	10.9	92	○
E-1	210	22	50.8	43	○
E-2	175	18.5	42.4	44	○
F	-	-	-	-	滞水消失
G	64	14.5	15.5	94	○
H	47	9.5	11.4	83	○
H-2	59	10	14.3	70	○
I	-	-	-	-	滞水消失
J	80	16.5	19.4	85	○
K	36	7.5	8.7	86	○
L	38	6.0	9.2	65	○
M	30	3.0	7.3	41	○
N	-	-	-	-	滞水消失
平均値	110	15.1	26.6	67	-
最小値	30	3.0	7.3	29	-
最大値	240	29	58.1	122	-

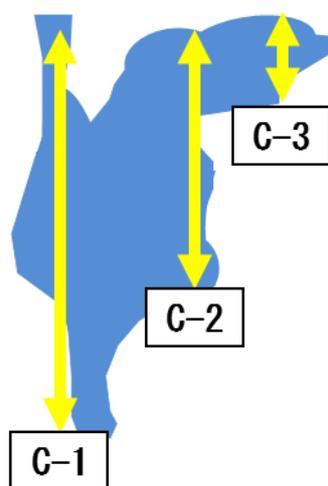


図 5 不陸 C の短辺方向の幅の長さの測定位置のイメージ

(イ) 短辺方向（ジオグリッド縦方向）における評価

経過観察時の短辺方向の幅の長さとし許容沈下深さを表 7-1～表 7-2 に示す。

評価の結果、実測の不陸深さは全て「○」の判定とした。また、許容沈下深さに対する実測の不陸深さの割合は、滞水した不陸が最も多く観察された施工 3 週後であっても平均 46%、最小～最大で 21～75%であった。

表 7-1 経過観察時（施工 3 週後）の短辺方向の幅の長さとし許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 [%]	判定
	幅の長さ [cm]	深さ [cm] (a)			
A-1	305	23	40.0	58	○
A-2	243	20	31.8	63	○
B	550	23	72.1	32	○
C-1	445	29.5	58.3	51	○
C-2	261	25.5	34.2	75	○
C-3	157	11	20.6	53	○
D	205	14	26.9	52	○
E-1	310	23	40.6	57	○
E-2	310	18	40.6	44	○
F	140	4.0	18.3	22	○
G	215	16	28.2	57	○
H	380	15	49.8	30	○
I	195	5.5	25.5	22	○
J	215	16	28.2	57	○
K	175	12	22.9	52	○
L	297	8.0	38.9	21	○
M	134	6.0	17.6	34	○
N	125	6.5	16.4	40	○
平均値	259	15.3	33.9	46	—
最小値	125	4.0	16.4	21	—
最大値	550	29.5	72.1	75	—

表 7-2 経過観察時（施工 6 週後）の短辺方向の幅の長さ と 許容沈下深さ

不陸 No	不陸の大きさ		許容沈下深さ [cm] (b)	a/b × 100 [%]	判定
	幅の長さ [cm]	深さ [cm] (a)			
A-1	285	23	37.3	62	○
A-2	250	20	32.8	61	○
B	550	23	72.1	32	○
C-1	443	29	58.0	50	○
C-2	255	24.5	33.4	73	○
C-3	151	10.5	19.8	53	○
D	170	9.5	22.3	43	○
D-2	170	10	22.3	45	○
E-1	320	22	41.9	53	○
E-2	320	18.5	41.9	44	○
F	-	-	-	-	滞水消失
G	200	14.5	26.2	55	○
H	300	9.5	39.3	24	○
H-2	300	10	39.3	25	○
I	-	-	-	-	滞水消失
J	216	16.5	28.3	58	○
K	150	7.5	19.7	38	○
L	255	6.0	33.4	18	○
M	90	3.0	11.8	25	○
N	-	-	-	-	滞水消失
平均値	260	15.1	34.1	45	—
最小値	90	3.0	11.8	18	—
最大値	550	29	72.1	73	—

(2) 作業コスト

今回の実証技術に要した費用と既存技術で要する費用を比較した結果を表 8 に示す。既存技術はシート撤去及び張替による補修（上部シートを撤去後、土のうを積み直して再度上部シートを敷設）と、不陸部分の滞水の排水を月 1 回 × 5 年間実施した場合を既存技術の参考として整理した。なお、比較は、各項目について、シート撤去及び張替による補修にかかる費用を 1.0 とした場合の相対比で評価した。

比較の結果、シート撤去及び張替による補修で要する費用が実証技術に比べ、コスト高となる結果となった。これは、シート撤去及び張替による補修に比べ、実証技術では、ジオグリッドやジオグリッドに取り付ける土のうの材料費が追加的にかかるが、それ以上に、シート撤去及び張替による補修では、土のうの積み直し作業や新たに敷設する上部シートの設置作業等の工程が増えるためである。

表 8 実証技術と既存技術の費用の比較結果 (仮置場天端部面積 420m²)

内訳	実証技術		【参考】既存技術	
	ジオグリッド 敷設 (耐用年数 5 年)	シート撤去及び 張替による補修 (耐用年数 5 年)	滞水の排水 (1回/月×12回×5年)	
			バケツ (人力)	ポンプ排水
資材費*	0.9	1.0	0.003	0.03
工事費(人件費)*	0.6	1.0	0.5	0.1
直接経費計*	0.7	1.0	0.3	0.1

*: シート撤去及び張替による補修にかかる費用を 1.0 としている。

(3) 廃棄物

本実証試験で使用したジオグリッドは、盛土・地盤補強等にリサイクル可能であり、また、廃棄する場合には、産業廃棄物として処分可能である。

(4) まとめ

今回の実証試験の結果を踏まえ、実証技術と既存技術について、施工効果や課題等を比較、整理した結果を表 9 に示す。

表9 実証技術と既存技術の施工効果・課題等の比較・整理結果

	実証技術	既存技術（参考例）	
技術名	ジオグリッド敷設 （耐用年数5年）	シート撤去及び張替 による補修 （耐用年数5年）	滞水の排水
技術の概要	既存の仮置場上部シート上に一軸延伸タイプのジオグリッドを下地として機能させ、その上に通気性防水シート等を敷設する	既存の仮置場上部シートを剥がし、容器の詰め替え、保管物の配置換え、間詰め等を行った後に遮水シート等を張り直す	仮置場上部の雨水等による滞水部を確認し、滞水をポンプ等で排水する
施工効果	上部シートに載荷重（滞水又は積雪）がかかった場合でも荷重を分散し、その結果上部シートの損傷を防止する	積み直しにより、上部シート上に発生した凹凸面を解消し、その結果上部シートの損傷や雨水等の滞水を防止する	仮置場上部の雨水等による滞水を解消し、その結果上部シートの損傷を防止する
課題	ジオグリッドの横方向（幅方向）の剛性が低く、伸びが縦方向より大きいことから、ジオグリッドを平坦に敷設できないような大きな凹凸のある仮置場に対しては、上部シート上の不陸の完全な解消には至らない	積み直し後の圧密沈下や可燃性廃棄物の時間変化に伴う減容化等によって、施工後新たに発生する不陸に対しては効果が無い	降雨や降雪があるたび、雨水等による滞水が発生するため、作業頻度が多くなり、また上部シートに応力負荷がかかり続け、上部シートが破断する可能性がある（特に冬季の積雪時や豪雨時）
使用に適する条件等	上部シート上にジオグリッドの荷重をかける方向と平行して大きな不陸がない仮置場	不燃物のみの仮置場等、施工後の保管物の形状変化が起こりにくい仮置場	仮置場上部の雨水等による滞水部が少ない仮置場

9 評価等

今回の試験結果から、実施した経過観察の範囲では、敷設したジオグリッドの機能による上部シートの損傷の防止対策について、一定の効果があると判断された。一方で、今回の実施場所のように、ジオグリッドを平坦に施工できないような不陸が発生している仮置場においては、天端部における滞水の完全な解消には至らなかった。

今後は、施工効果の長期的な確認のほか、ジオグリッドの横方向に荷重をかける方法、または芯材を二軸に配したジオグリッドによる施工を行う方法を用いた、滞水の完全な解消方法についても、引き続き検討することが必要と考えられる。

【参考】作業等写真



写真1 ジオグリッド表面の様子



写真2 ジオグリッド敷設後の様子



写真3 不陸発生状況確認の様子



写真4 不陸発生状況確認の様子