付録６　5.2　埋め戻し材の特性を踏まえた施工オプションの整備

目　次

1. 埋め戻し材の材料特性データの整備.....付 6-1
2. 代替施工技術オプションの選定.....付 6-14

1. 埋め戻し材の材料特性データの整備

付表 6. 1-1　模擬掘削土にケイ砂を用いた埋め戻し材の締固め試験データ（ケイ砂６号）

模擬掘削土		ベントナイト		締固めエネルギー	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 （ω：%、ρd：Mg/m³）						
分類	粒径	種類	混合率 (%)										
三河ケイ砂	6 号	Na	5	Ec	ω opt	20.8	ω	15.9	18	19.7	21.6	23.3	24.7
					ρ dmax	1.598	ρ d	1.582	1.585	1.594	1.595	1.563	1.53
				2Ec	ω opt	19.7	ω	14.9	16.9	18.8	20.3	21.6	23.1
					ρ dmax	1.648	ρ d	1.628	1.633	1.644	1.645	1.616	1.574
				4.5Ec	ω opt	17.1	ω	11.6	13.9	16	17.8	19.7	21.6
					ρ dmax	1.631	ρ d	1.667	1.672	1.682	1.69	1.671	1.629
			15	Ec	ω opt	18.5	ω	12.8	15	17.1	18.6	20	22.3
					ρ dmax	1.691	ρ d	1.625	1.642	1.677	1.691	1.668	1.614
				2Ec	ω opt	17.2	ω	12.8	15.1	16.8	18.3	20	22.3
					ρ dmax	1.746	ρ d	1.696	1.717	1.745	1.735	1.688	1.630
				4.5Ec	ω opt	14.8	ω	10.1	12.7	14.9	16.3	17.6	19.9
					ρ dmax	1.811	ρ d	1.789	1.797	1.811	1.797	1.764	1.696
			30	Ec	ω opt	16.9	ω	12.6	15.3	17.7	20	22.4	24.7
					ρ dmax	1.741	ρ d	1.704	1.730	1.737	1.682	1.616	1.561
				2Ec	ω opt	15.4	ω	10.2	12.7	15.2	17.6	19.9	22.4
					ρ dmax	1.795	ρ d	1.737	1.757	1.795	1.762	1.695	1.626
				4.5Ec	ω opt	12.7	ω	7.6	10	12.6	15	17.5	19.9
					ρ dmax	1.909	ρ d	1.841	1.868	1.909	1.867	1.783	1.706
			50	Ec	ω opt	19.8	ω	15.3	17.8	19.9	22	24	25.7
					ρ dmax	1.603	ρ d	1.595	1.598	1.603	1.587	1.55	1.515
				2Ec	ω opt	17.5	ω	13.4	15.9	18.1	19.9	21.9	23.3
					ρ dmax	1.705	ρ d	1.694	1.699	1.703	1.675	1.625	1.589
				4.5Ec	ω opt	14.1	ω	11	13	14.7	16.3	17.6	19.4
					ρ dmax	1.860	ρ d	1.849	1.855	1.857	1.822	1.784	1.735
		Ca	5	4.5Ec	ω opt	17.1	ω	4.9	9.7	14.5	19.4	23	25.4
					ρ dmax	1.623	ρ d	1.600	1.601	1.615	1.611	1.540	1.486
			15	Ec	ω opt	18.4	ω	12.7	15.4	17.6	19	20.1	22.1
					ρ dmax	1.700	ρ d	1.597	1.645	1.694	1.697	1.675	1.638
				2Ec	ω opt	17.3	ω	12.6	15	16.3	17.5	18.7	20.9
					ρ dmax	1.748	ρ d	1.655	1.704	1.737	1.747	1.721	1.672
				4.5Ec	ω opt	16.2	ω	10	12.5	15	16.3	17.5	20
					ρ dmax	1.788	ρ d	1.708	1.733	1.776	1.788	1.772	1.703
			30	Ec	ω opt	23.8	ω	18.2	20.7	22.6	24.1	25.2	27.5
					ρ dmax	1.547	ρ d	1.514	1.524	1.540	1.546	1.532	1.494
				2Ec	ω opt	21.6	ω	17.3	19.8	21.3	22.6	24.5	26.5
					ρ dmax	1.607	ρ d	1.583	1.595	1.606	1.600	1.557	1.514
				4.5Ec	ω opt	18.5	ω	12.5	15.1	17.4	18.9	20.2	22.6
					ρ dmax	1.731	ρ d	1.686	1.696	1.721	1.729	1.698	1.629
			40	Ec	ω opt	26.5	ω	21.2	23.2	25	26.9	28.9	30.8
					ρ dmax	1.466	ρ d	1.436	1.445	1.459	1.465	1.445	1.417
				2Ec	ω opt	23.6	ω	19	21.3	23.4	25.2	27.1	29
					ρ dmax	1.549	ρ d	1.519	1.533	1.549	1.537	1.495	1.456
				4.5Ec	ω opt	20.2	ω	16.7	18.4	20	21.5	23	24.5
					ρ dmax	1.653	ρ d	1.634	1.643	1.653	1.643	1.612	1.582
			50	Ec	ω opt	32.1	ω	28.5	30.4	32.4	34.3	36.2	38.3
					ρ dmax	1.353	ρ d	1.338	1.345	1.352	1.33	1.301	1.269
				2Ec	ω opt	28.8	ω	22.9	25.4	27.5	29.5	31.5	33.9
					ρ dmax	1.423	ρ d	1.405	1.408	1.418	1.421	1.391	1.35
				4.5Ec	ω opt	23.6	ω	20	22.5	24.4	26	28	30.3
					ρ dmax	1.571	ρ d	1.564	1.568	1.568	1.539	1.495	1.448

付表 6. 1-2　模擬掘削土にケイ砂を用いた埋め戻し材の締固め試験データ（ケイ砂３号）

模擬掘削土		ベントナイト		締固めエネルギー	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果（ω：%、ρd：Mg/m³）						
分類	粒径	種類	混合率 (%)										
三河ケイ砂	3 号	Na	15	Ec	ω opt	17.0	ω	11.3	13.5	15.1	17.6	19.3	21.8
					ρ dmax	1.705	ρ d	1.657	1.673	1.691	1.703	1.677	1.627
				2Ec	ω opt	16.0	ω	10.2	12.5	14.9	17.4	18.8	20.6
					ρ dmax	1.761	ρ d	1.730	1.741	1.757	1.750	1.716	1.664
				4.5Ec	ω opt	12.1	ω	7	10	12.2	13.7	14.9	17.5
					ρ dmax	1.874	ρ d	1.845	1.863	1.874	1.860	1.827	1.763
		Ca	15	Ec	ω opt	17.6	ω	12.5	15	16.4	17.6	18.7	21.2
					ρ dmax	1.743	ρ d	1.633	1.679	1.719	1.743	1.725	1.669
				2Ec	ω opt	16.8	ω	11.3	13.3	15.2	17.3	18.7	20
					ρ dmax	1.779	ρ d	1.679	1.712	1.755	1.776	1.737	1.704
				4.5Ec	ω opt	13.3	ω	7.9	10.1	12.4	13.8	14.9	17
					ρ dmax	1.856	ρ d	1.765	1.802	1.849	1.853	1.830	1.782

付表 6.1-3　模擬掘削土にケイ砂を用いた埋め戻し材の透水係数、膨潤圧

模擬掘削土		ベントナイト		締固めエネルギー	透水試験（m/s）		膨潤圧（kPa）
分類	粒径	種類	混合率 (%)		乾燥密度 (Mg/m³)	透水係数 (蒸留水)	イオン交換水
三河ケイ砂	3 号	Na	15	Ec	1.700	1.93×10^{-11}	61.6
				2Ec	1.765	6.05×10^{-12}	64.7
				4.5Ec	1.875	1.05×10^{-11}	108.3
		Ca	15	Ec	1.739	8.41×10^{-6}	0
				2Ec	1.774	1.70×10^{-7}	0
				4.5Ec	1.853	1.33×10^{-8}	0
	6 号	Na	5	Ec	1.602	7.49×10^{-11}	0
				2Ec	—	—	—
				4.5Ec	1.688	1.71×10^{-10}	0
			15	Ec	1.688	7.49×10^{-12}	48.8
				2Ec	1.742	1.03×10^{-11}	58.5
				4.5Ec	1.809	4.18×10^{-12}	92.6
			30	Ec	1.738	2.23×10^{-12}	219.1
				2Ec	1.793	1.23×10^{-12}	245.9
				4.5Ec	1.911	5.89×10^{-12}	269.1
			50	Ec	1.604	5.12×10^{-13}	240.6
				2Ec	—	—	—
				4.5Ec	1.855	8.11×10^{-13}	233.8
		Ca	5	4.5Ec	1.579	1.33×10^{-7}	—
			15	Ec	1.691	1.02×10^{-8}	1.4
				2Ec	1.733	5.64×10^{-9}	1.3
				4.5Ec	1.780	3.67×10^{-9}	0
			30	Ec	1.543	1.33×10^{-9}	8.6
				2Ec	1.606	3.06×10^{-10}	25.8
				4.5Ec	1.727	1.89×10^{-10}	53.3
			40	Ec	1.463	3.00×10^{-9}	1
				2Ec	—	—	—
				4.5Ec	1.650	2.66×10^{-11}	29.4
			50	Ec	1.352	1.38×10^{-11}	3.1
				2Ec	—	—	—
				4.5Ec	1.572	1.41×10^{-11}	5.9

付表 6.1-4　模擬掘削土にケイ砂を用いた埋め戻し材の透水係数、膨潤圧（人工海水）

模擬掘削土		ベントナイト		締固めエネルギー	透水試験（m/s）				膨潤圧（kPa）	
分類	粒径	種類	混合率(%)		乾燥密度(Mg/m³)	透水係数(蒸留水)	乾燥密度(Mg/m³)	透水係数(人工海水)	イオン交換水	人工海水
三河ケイ砂	6号	Na	15	4.5Ec	1.809	4.18×10^{-12}	1.808	1.94×10^{-10}	92.6	0.2
			30	4.5Ec	1.911	5.89×10^{-12}	1.908	3.87×10^{-8}	269.1	12.9
		Ca	15	4.5Ec	1.780	3.67×10^{-9}	1.777	5.94×10^{-9}	0	2.9
			30	4.5Ec	1.727	1.89×10^{-10}	1.729	1.61×10^{-8}	53.3	7.5

付表 6.1-5　模擬掘削土にケイ砂を用いた埋め戻し材の膨潤圧、鉛直ひずみ、三軸 UU データ

模擬掘削土		ベントナイト		締固めエネルギー	膨潤圧（kPa）	圧密特性（鉛直ひずみ）		三軸 UU	
分類	粒径	種類	混合率(%)		イオン交換水	100kPa (5m 想定)	200kPa (10m 想定)	Cuu	Φuu
三河ケイ砂	3号	Na	15	Ec	61.6	0	0.003	71.7	29.24
				2Ec	64.7	0.001	0.009	79.8	34.09
				4.5Ec	108.3	0	0.003	91.2	39.8
		Ca	15	Ec	0	0.013	0.018	39.9	34.49
				2Ec	0	0.012	0.016	57.5	34.96
				4.5Ec	0	0.009	0.012	68.4	38.59
	6号	Na	5	Ec	0	0.024	0.032	37.5	38.94
				2Ec	—	—	—	—	—
				4.5Ec	0	0.052	0.060	51.3	41.62
			15	Ec	48.8	0.003	0.011	72.1	37.38
				2Ec	58.5	0.002	0.008	104	38.93
				4.5Ec	92.6	0	0.005	118	41.63
			30	Ec	219.1	0	0.001	128	20.53
				2Ec	245.9	0	0	141	24.81
				4.5Ec	269.1	0	0	235	30.41
			50	Ec	240.6	0.001	0.003	96.8	13.95
				2Ec	—	—	—	—	—
				4.5Ec	233.8	0.001	0.003	335	26.09
		Ca	5	4.5Ec	—	—	—	—	—
			15	Ec	1.4	0.010	0.013	53.9	37.21
				2Ec	1.3	0.009	0.001	58.5	41.25
				4.5Ec	0	0.010	0.014	72.6	40.63
			30	Ec	8.6	0.012	0.016	77.2	21.32
				2Ec	25.8	0.008	0.013	95.2	26.52
				4.5Ec	53.3	0.002	0.005	166	30.12
			40	Ec	1	0.029	0.046	98.7	16.27
				2Ec	—	—	—	—	—
				4.5Ec	29.4	0.010	0.026	315	21.89
			50	Ec	3.1	0.034	0.077	130	6.5
				2Ec	—	—	—	—	—
				4.5Ec	5.9	0.029	0.097	558	0

付表 6.1-6　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた
埋め戻し材の締固め試験データ（岩種、締固めエネルギーEc、混合率 15%）

模擬掘削土			ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
火成岩類	花崗岩	砕砂	Na	15	ω opt	13.0	ω	6.8	9.6	12.3	13.3	16.1	18.8
					ρ dmax	1.790	ρ d	1.749	1.770	1.787	1.789	1.764	1.690
		砕石・砕砂			ω opt	9.6	ω	4.3	7.3	9.4	11.0	14.3	16.8
					ρ dmax	1.990	ρ d	1.918	1.952	1.990	1.971	1.879	1.811
	流紋岩	砕砂			ω opt	13.4	ω	8.4	10.8	13.4	16.3	17.2	20.9
					ρ dmax	1.803	ρ d	1.761	1.776	1.803	1.766	1.746	1.647
		砕石・砕砂			ω opt	10.8	ω	4.7	7.7	10.6	12.4	14.0	18.6
					ρ dmax	1.924	ρ d	1.854	1.870	1.923	1.895	1.861	1.734
	安山岩	砕砂			ω opt	12.7	ω	8.3	11.3	13.9	16.6	18.8	20.9
					ρ dmax	1.902	ρ d	1.810	1.890	1.896	1.836	1.775	1.711
		砕石・砕砂			ω opt	9.6	ω	4.6	7.6	9.6	11.9	14.4	17.1
					ρ dmax	2.026	ρ d	1.948	1.973	2.026	1.974	1.923	1.830
	玄武岩	砕砂			ω opt	13.4	ω	5.9	8.8	11.7	13.7	15.4	17.7
					ρ dmax	1.919	ρ d	1.811	1.849	1.901	1.919	1.875	1.808
		砕石・砕砂			ω opt	13.7	ω	6.6	10.7	12.4	14.3	15.5	17.4
					ρ dmax	1.910	ρ d	1.892	1.899	1.906	1.907	1.879	1.816
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	12.2	ω	4.6	9.1	12.3	15.4	17.9	19.4
					ρ dmax	1.897	ρ d	1.876	1.865	1.896	1.838	1.762	1.734
		砕石・砕砂			ω opt	9.5	ω	4.7	6.8	9.0	10.6	13.4	14.5
					ρ dmax	1.975	ρ d	1.933	1.940	1.973	1.966	1.908	1.892
	凝灰岩	砕砂			ω opt	11.0	ω	6.0	9.2	11.1	13.8	16.5	18.1
					ρ dmax	1.999	ρ d	1.861	1.946	1.999	1.951	1.880	1.826
		砕石・砕砂			ω opt	13.6	ω	7.6	10.8	13.6	16.5	19.7	21.8
					ρ dmax	1.955	ρ d	1.873	1.918	1.955	1.906	1.829	1.771
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	46.2	ω	34.0	37.9	42.2	46.0	49.2	55.2
					ρ dmax	1.059	ρ d	0.997	0.983	1.029	1.058	1.037	0.993
	泥岩	砕石・砕砂 (掘削ズリ)			ω opt	38.6	ω	30.5	33.5	36.4	38.6	41.8	—
					ρ dmax	1.203	ρ d	1.121	1.140	1.184	1.203	1.188	—

付表 6.1-7　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた
埋め戻し材の締固め試験データ（岩種、締固めエネルギーEc、混合率 30%）

模擬掘削土			ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
火成岩類	花崗岩	砕砂		30	ω opt	13.5	ω	10.0	13.0	16.4	18.9	22.7	—
					ρ dmax	1.795	ρ d	1.667	1.792	1.750	1.714	1.629	—
		砕石・砕砂			ω opt	10.5	ω	7.3	9.2	12.3	14.4	17.7	—
					ρ dmax	1.841	ρ d	1.816	1.838	1.837	1.813	1.769	—
	流紋岩	砕砂			ω opt	15.0	ω	10.8	13.8	17.2	19.6	24.0	26.5
					ρ dmax	1.727	ρ d	1.684	1.725	1.715	1.662	1.551	1.504
		砕石・砕砂			ω opt	13.6	ω	7.6	10.4	13.6	14.8	18.0	—
					ρ dmax	1.825	ρ d	1.781	1.789	1.825	1.790	1.732	—
	安山岩	砕砂			ω opt	15.7	ω	11.0	13.9	17.0	19.8	24.2	—
					ρ dmax	1.756	ρ d	1.720	1.750	1.753	1.716	1.600	—
		砕石・砕砂			ω opt	14.0	ω	9.8	11.8	14.7	16.7	17.7	20.5
					ρ dmax	1.844	ρ d	1.841	1.840	1.842	1.812	1.768	1.704
	玄武岩	砕砂			ω opt	15.0	ω	10.5	14.0	16.9	19.6	23.1	—
					ρ dmax	1.764	ρ d	1.743	1.763	1.755	1.715	1.620	—
		砕石・砕砂			ω opt	12.2	ω	9.1	10.4	12.6	15.6	18.3	21.2
					ρ dmax	1.839	ρ d	1.801	1.830	1.838	1.810	1.759	1.707
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	13.7	ω	11.0	13.7	17.1	20.0	23.9	—
					ρ dmax	1.773	ρ d	1.735	1.773	1.730	1.670	1.579	—
		砕石・砕砂			ω opt	11.0	ω	6.9	8.4	10.9	14.3	16.9	18.2
					ρ dmax	1.842	ρ d	1.797	1.821	1.841	1.822	1.771	1.763
	凝灰岩	砕砂			ω opt	14.0	ω	9.5	10.9	13.9	16.8	19.9	23.5
					ρ dmax	1.862	ρ d	1.763	1.846	1.862	1.840	1.762	1.654
		砕石・砕砂			ω opt	13.8	ω	7.7	11.1	13.8	16.7	18.5	20.0
					ρ dmax	1.951	ρ d	1.880	1.913	1.951	1.903	1.848	1.798
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	43.7	ω	29.9	32.9	40.2	45.1	50.4	59.0
					ρ dmax	1.082	ρ d	1.064	1.065	1.075	1.079	1.026	0.960

付表 6.1-8　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた埋め戻し材の締固め試験データ（岩種、締固めエネルギー4.5Ec）

模擬掘削土			ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
火成岩類	玄武岩	砕砂	Na	15	ω opt	9.2	ω	5.0	6.9	9.0	10.5	13.4	15.4
					ρ dmax	2.09	ρ d	2.053	2.071	2.089	2.070	1.980	1.913
		砕石・砕砂			ω opt	8.0	ω	5.7	8.0	9.6	11.9	14.3	—
					ρ dmax	2.175	ρ d	2.136	2.174	2.135	2.062	1.951	—
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	7.5	ω	5.7	7.7	9.6	11.7	13.8	—
					ρ dmax	2.103	ρ d	2.095	2.102	2.075	1.999	1.908	—
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	38.0	ω	24.9	29.9	34.7	39.8	45.0	49.8
					ρ dmax	1.169	ρ d	1.130	1.150	1.164	1.165	1.118	1.052
火成岩類	玄武岩	砕砂		30	ω opt	9.9	ω	6.4	8.0	11.3	13.4	15.4	17.4
					ρ dmax	2.067	ρ d	2.053	2.063	2.059	1.990	1.917	1.833
		砕石・砕砂			ω opt	9.5	ω	5.4	6.5	8.6	10.5	12.2	15.5
					ρ dmax	2.116	ρ d	2.01	2.059	2.111	2.107	2.039	1.909
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	9.3	ω	5.9	8.8	11.0	13.5	14.8	17.7
					ρ dmax	2.012	ρ d	1.970	2.010	1.993	1.935	1.886	1.780
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	32.0	ω	24.8	30.0	34.8	39.9	45.0	50.5
					ρ dmax	1.227	ρ d	1.173	1.223	1.221	1.189	1.131	1.063
火成岩類	玄武岩	砕砂	Ca	15	ω opt	11.7	ω	7.3	9.4	11.3	13.3	15.3	—
					ρ dmax	2.01	ρ d	1.963	1.975	2.009	1.994	1.910	—
		砕石・砕砂			ω opt	10.3	ω	6.1	8.0	10.8	14.0	16.5	—
					ρ dmax	2.076	ρ d	2.009	2.048	2.072	1.975	1.867	—
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	11.2	ω	7.1	10.0	12.0	13.9	15.8	18.9
					ρ dmax	1.977	ρ d	1.945	1.974	1.970	1.911	1.828	1.721
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	40.5	ω	25.2	30.0	34.9	39.8	44.6	49.2
					ρ dmax	1.127	ρ d	1.078	1.092	1.107	1.127	1.116	1.065
火成岩類	玄武岩	砕砂		30	ω opt	16.0	ω	11.6	13.8	16.2	18.5	20.3	22.4
					ρ dmax	1.826	ρ d	1.801	1.818	1.825	1.803	1.759	1.687
		砕石・砕砂			ω opt	13.5	ω	10.7	13.9	17.0	18.5	21.9	—
					ρ dmax	1.867	ρ d	1.862	1.866	1.834	1.801	1.678	—
堆積岩類	砂岩	砕砂			ω opt	13.0	ω	6.9	9.8	12.0	13.7	16.0	18.8
					ρ dmax	1.695	ρ d	1.600	1.622	1.687	1.693	1.668	1.634
	珪藻土	砕砂 (8mm 以下)			ω opt	40.0	ω	30.2	35.3	40.1	45.2	50.1	—
					ρ dmax	1.048	ρ d	1.014	1.033	1.048	1.025	0.980	—

付表 6.1-9　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた
埋め戻し材の締固め試験データ（ベントナイト混合率、Na 型、玄武岩、泥岩、Ec）

模擬掘削土		ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	締固めエネルギー	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
玄武岩	砕砂 (2.5mm 以下)	Na	5	Ec	ω opt	14.8	ω	7.9	11.0	13.3	15.9	19.5	21.7
					ρ dmax	1.890	ρ d	1.843	1.855	1.882	1.881	1.790	1.714
			15		ω opt	13.9	ω	5.9	8.8	11.5	14.2	17.1	19.3
					ρ dmax	1.847	ρ d	1.821	1.808	1.832	1.845	1.808	1.748
			30		ω opt	12.5	ω	10.2	12.5	15.2	18.3	21.1	24.1
					ρ dmax	1.791	ρ d	1.778	1.791	1.777	1.743	1.674	1.600
			50		ω opt	19.4	ω	9.2	12.9	16.7	19.6	23.3	27.4
					ρ dmax	1.625	ρ d	1.571	1.611	1.607	1.624	1.581	1.502
	砕石・砕砂 (20mm 以下)		5		ω opt	10.6	ω	4.8	7.3	9.2	11.3	13.5	15.6
					ρ dmax	2.018	ρ d	1.923	1.992	2.014	2.016	1.988	1.936
			15		ω opt	13.7	ω	6.6	10.7	12.4	14.3	15.5	17.4
					ρ dmax	1.910	ρ d	1.892	1.899	1.906	1.907	1.879	1.816
			30		ω opt	12.2	ω	9.1	10.4	12.6	15.6	18.3	21.2
					ρ dmax	1.839	ρ d	1.801	1.830	1.838	1.810	1.759	1.707
			50		ω opt	20.1	ω	14.3	16.9	19.7	21.7	24.6	26.7
					ρ dmax	1.652	ρ d	1.624	1.617	1.651	1.640	1.602	1.568
泥岩	砕砂 (2.5mm 以下)		5		ω opt	47.5	ω	34.0	38.6	43.1	47.6	52.0	56.4
					ρ dmax	1.098	ρ d	0.985	1.024	1.068	1.098	1.062	1.007
			15		ω opt	42.0	ω	36.2	39.1	42.1	45.0	48.5	52.7
					ρ dmax	1.142	ρ d	1.076	1.108	1.142	1.105	1.088	1.038
			30		ω opt	40.5	ω	30.4	34.4	39.3	43.6	48.1	52.6
					ρ dmax	1.180	ρ d	1.066	1.115	1.176	1.162	1.101	1.047
			50		ω opt	38.5	ω	24.8	29.3	33.9	38.7	42.8	47.6
					ρ dmax	1.235	ρ d	1.140	1.168	1.210	1.235	1.194	1.119
	砕石・砕砂 (20mm 以下)		5		ω opt	47.5	ω	33.6	37.4	40.7	46.3	47.5	49.3
					ρ dmax	1.107	ρ d	1.018	1.052	1.081	1.105	1.107	1.105
			15		ω opt	40	ω	32.0	35.1	38.4	41.9	45.5	48.3
					ρ dmax	1.184	ρ d	1.080	1.132	1.180	1.180	1.148	1.113
			30		ω opt	37.7	ω	26.7	31.3	36.7	40.4	45.2	49.0
					ρ dmax	1.195	ρ d	1.114	1.153	1.195	1.171	1.145	1.102
			50		ω opt	34.4	ω	24.9	29.4	33.9	38.5	43.1	47.3
					ρ dmax	1.252	ρ d	1.208	1.215	1.252	1.229	1.181	1.111

付表 6.1-10　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた埋め戻し材の締固め試験データ（ベントナイト混合率、Na 型、玄武岩、泥岩、4.5Ec）

模擬掘削土		ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	締固めエネルギー	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
玄武岩	砕砂 (2.5mm 以下)	Na	5	4.5Ec	ω opt	9.7	ω	2.6	5.0	7.3	9.7	12.1	14.3
					ρ dmax	2.089	ρ d	1.992	2.059	2.071	2.089	2.061	1.961
			15		ω opt	7.5	ω	3.3	6.0	8.7	11.4	14.1	17.2
					ρ dmax	2.130	ρ d	1.999	2.115	2.123	2.061	1.954	1.839
			30		ω opt	8.5	ω	5.0	7.5	10.2	12.4	15.5	17.9
					ρ dmax	2.090	ρ d	1.964	2.081	2.073	2.015	1.910	1.812
			50		ω opt	13.1	ω	8.7	12.4	15.9	19.4	23.1	27.1
					ρ dmax	1.918	ρ d	1.821	1.914	1.879	1.758	1.644	1.529
	砕石・砕砂 (20mm 以下)		5		ω opt	7.2	ω	3.7	5.1	7.3	9.3	10.8	13.0
					ρ dmax	2.235	ρ d	2.182	2.208	2.234	2.194	2.133	2.038
			15		ω opt	8.0	ω	5.7	8.0	9.6	11.9	14.3	—
					ρ dmax	2.175	ρ d	2.136	2.174	2.135	2.062	1.951	—
			30		ω opt	9.5	ω	5.4	6.5	8.6	10.5	12.2	15.5
					ρ dmax	2.116	ρ d	2.01	2.059	2.111	2.107	2.039	1.909
			50		ω opt	10.6	ω	8.1	10.3	12.5	15.1	17.2	20.4
					ρ dmax	1.986	ρ d	1.903	1.984	1.957	1.905	1.849	1.729
泥岩	砕砂 (2.5mm 以下)		5		ω opt	41.5	ω	28.5	31.8	35.9	38.5	42.1	45.3
					ρ dmax	1.182	ρ d	1.107	1.125	1.152	1.170	1.180	1.138
			15		ω opt	36.3	ω	31.0	33.1	35.4	37.1	39.6	41.9
					ρ dmax	1.239	ρ d	1.212	1.216	1.237	1.238	1.224	1.186
			30		ω opt	33.7	ω	28.2	31.5	34.8	38.2	43.5	47.3
					ρ dmax	1.287	ρ d	1.252	1.280	1.284	1.254	1.166	1.109
			50		ω opt	23.0	ω	20.3	22.9	26.4	29.9	33.3	36.6
					ρ dmax	1.404	ρ d	1.365	1.404	1.369	1.360	1.342	1.297
	砕石・砕砂 (5mm 以下)		5		ω opt	39.0	ω	27.6	31.1	34.5	37.7	41.1	44.2
					ρ dmax	1.205	ρ d	1.134	1.158	1.177	1.204	1.196	1.157
			15		ω opt	37.3	ω	32.2	34.7	37.1	39.8	42.4	44.8
					ρ dmax	1.239	ρ d	1.209	1.228	1.238	1.226	1.181	1.146
			30		ω opt	30	ω	26.3	29.7	32.6	35.1	38.4	41.6
					ρ dmax	1.316	ρ d	1.301	1.316	1.306	1.297	1.255	1.199
			50		ω opt	24	ω	18.6	22.0	25.4	28.6	32.2	41.9
					ρ dmax	1.407	ρ d	1.377	1.403	1.406	1.396	1.352	1.207
	砕石・砕砂 (10mm 以下)		5		ω opt	39	ω	27.8	31.2	34.7	38.0	40.8	44.1
					ρ dmax	1.217	ρ d	1.135	1.163	1.190	1.215	1.208	1.176
			15		ω opt	36.0	ω	29.1	32.5	35.2	37.5	38.8	42.6
					ρ dmax	1.253	ρ d	1.220	1.234	1.252	1.251	1.241	1.181
			30		ω opt	30.5	ω	26.6	30.0	33.3	36.7	40.0	43.1
					ρ dmax	1.312	ρ d	1.301	1.313	1.302	1.280	1.229	1.185
			50		ω opt	23.5	ω	17.3	20.0	23.6	26.8	30.0	36.4
					ρ dmax	1.403	ρ d	1.379	1.403	1.427	1.418	1.390	1.301
	砕石・砕砂 (20mm 以下)		5		ω opt	37.7	ω	27.5	30.6	35.4	37.6	40.0	42.8
					ρ dmax	1.227	ρ d	1.160	1.170	1.214	1.226	1.214	1.192
			15		ω opt	35.9	ω	28.9	31.2	32.8	34.9	37.2	40.3
					ρ dmax	1.27	ρ d	1.229	1.245	1.262	1.269	1.263	1.212
			30		ω opt	31.7	ω	26.3	29.3	31.7	33.9	36.7	39.2
					ρ dmax	1.325	ρ d	1.296	1.312	1.325	1.310	1.270	1.233
			50		ω opt	23.7	ω	21.0	23.6	27.9	30.6	33.3	35.6
					ρ dmax	1.395	ρ d	1.373	1.394	1.381	1.370	1.341	1.308

付表 6.1-11　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた
埋め戻し材の締固め試験データ（ベントナイト混合率、Ca 型、玄武岩、泥岩）

模擬掘削土		ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率 (%)	締固めエネルギー	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果 (ω：%、ρd：Mg/m³)						
玄武岩	砕石・砕砂 (20mm 以下)	Ca	30	Ec	ω_{opt}	20.4	ω	14.4	16.9	19.2	21.0	24.8	26.0
					ρ_{dmax}	1.620	ρ_d	1.522	1.559	1.610	1.618	1.584	1.565
			40		ω_{opt}	25.9	ω	18.5	20.9	23.3	25.5	27.2	29.5
					ρ_{dmax}	1.502	ρ_d	1.420	1.403	1.451	1.500	1.488	1.463
			50		ω_{opt}	29.5	ω	20.9	22.2	25.6	28.9	31.5	33.4
					ρ_{dmax}	1.400	ρ_d	1.319	1.314	1.307	1.396	1.379	1.347
泥岩	砕石・砕砂 (20mm 以下)		30		ω_{opt}	43.4	ω	34.1	37.0	39.8	43.4	46.1	49.9
					ρ_{dmax}	1.090	ρ_d	1.038	1.063	1.071	1.090	1.079	1.077
			40		ω_{opt}	49.5	ω	41.9	44.6	47.5	50.8	53.3	56.0
					ρ_{dmax}	1.057	ρ_d	1.044	1.042	1.055	1.055	1.030	1.008
			50		ω_{opt}	46.5	ω	39.6	43.1	45.7	48.9	52.3	55.8
					ρ_{dmax}	1.040	ρ_d	1.002	0.994	1.037	1.037	1.029	1.012
玄武岩	砕石・砕砂 (20mm 以下	Ca	30	4.5Ec	ω_{opt}	13.5	ω	10.7	13.9	17.0	18.5	21.9	—
					ρ_{dmax}	1.867	ρ_d	1.862	1.866	1.834	1.801	1.678	—
			40		ω_{opt}	18.1	ω	11.8	14.1	16.3	18.7	21.3	23.6
					ρ_{dmax}	1.775	ρ_d	1.741	1.742	1.764	1.771	1.701	1.642
			50		ω_{opt}	21.5	ω	15.9	19.3	21.5	23.9	25.8	27.9
					ρ_{dmax}	1.635	ρ_d	1.633	1.605	1.634	1.612	1.582	1.544
泥岩	砕石・砕砂 (20mm 以下)		30		ω_{opt}	36.6	ω	29.5	31.4	34.3	36.7	39.4	41.4
					ρ_{dmax}	1.207	ρ_d	1.203	1.203	1.201	1.206	1.197	1.185
			40		ω_{opt}	35.2	ω	27.5	30.4	33.3	35.8	38.8	41.0
					ρ_{dmax}	1.234	ρ_d	1.207	1.226	1.229	1.232	1.199	1.192
			50		ω_{opt}	37.3	ω	27.1	29.8	32.0	35.6	37.6	39.7
					ρ_{dmax}	1.226	ρ_d	1.199	1.204	1.208	1.218	1.225	1.203

付表 6.1-12　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた埋め戻し材の締固め試験データ（最大粒径、締固めエネルギー4.5Ec、玄武岩、砂岩）

模擬掘削土		ベントナイト 種類	ベントナイト 混合率(%)	最適含水比 最大乾燥密度		締固め試験結果（ω：%、ρd：Mg/m³）						
玄武岩	2.5mm以下	Na	15	ω opt	10.2	ω	5.8	8	9.6	10.8	12.4	13.3
				ρ dmax	2.072	ρ d	2.019	2.041	2.069	2.068	2.022	1.99
	5mm以下			ω opt	9.4	ω	5.8	7.6	8.6	9.7	10.9	12.1
				ρ dmax	2.109	ρ d	2.064	2.081	2.1	2.108	2.079	2.04
	10mm 以下			ω opt	9.7	ω	6.8	8.6	9.9	11.3	12.7	14.1
				ρ dmax	2.117	ρ d	2.089	2.105	2.117	2.08	2.02	1.973
	20mm 以下			ω opt	8.6	ω	6.2	7.5	8.8	10.3	11.8	13.7
				ρ dmax	2.164	ρ d	2.141	2.152	2.163	2.116	2.059	1.994
砂岩	2.5mm以下			ω opt	8.8	ω	5.9	7.4	8.8	10.4	11.8	12.7
				ρ dmax	2.069	ρ d	2.044	2.055	2.069	2.04	1.988	1.954
	20mm 以下			ω opt	7.5	ω	4.8	6.4	7.9	9.5	10.8	12.8
				ρ dmax	2.156	ρ d	2.138	2.148	2.153	2.096	2.038	1.955
玄武岩	2.5mm以下	Ca	30	ω opt	15.3	ω	12.4	14.6	16	17.3	18.5	19.9
				ρ dmax	1.837	ρ d	1.829	1.835	1.834	1.809	1.779	1.746
	5mm以下			ω opt	14.4	ω	10.9	13.1	14.8	16.4	17.7	19.7
				ρ dmax	1.853	ρ d	1.845	1.849	1.852	1.833	1.802	1.752
	10mm 以下			ω opt	15.2	ω	11.7	13.6	15.5	17.8	19.7	21.6
				ρ dmax	1.862	ρ d	1.847	1.854	1.861	1.82	1.759	1.709
	20mm 以下			ω opt	15	ω	11.5	13.5	15.4	17.4	19.5	21.2
				ρ dmax	1.883	ρ d	1.864	1.874	1.881	1.836	1.77	1.724
砂岩	2.5mm以下			ω opt	15.5	ω	13.1	14.6	15.9	17.4	19	21
				ρ dmax	1.803	ρ d	1.797	1.8	1.802	1.773	1.727	1.673
	20mm 以下			ω opt	14.4	ω	10.5	12.2	13.7	15.6	17.4	19.7
				ρ dmax	1.858	ρ d	1.834	1.84	1.855	1.848	1.802	1.73

付表 6.1-13　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた埋め戻し材の透水係数（岩種）

模擬掘削土			ベントナイト		締固めエネルギー	透水試験（m/s）	
分類	種類	最大粒径	種類	混合率(%)		乾燥密度(Mg/m³)	透水係数(蒸留水)
花崗岩	砕砂	5mm	Na	15	Ec	1.701	1.70×10^{-11}
流紋岩	砕砂	5mm				1.713	3.57×10^{-11}
安山岩	砕砂	2.5mm				1.807	1.52×10^{-10}
玄武岩	砕砂	5mm				1.823	8.35×10^{-11}
	砕石・砕砂	20mm				1.815	2.13×10^{-11}
砂岩	砕砂	2.5mm				1.802	4.72×10^{-11}
凝灰岩	砕砂	5mm				1.899	1.74×10^{-11}
珪藻土	砕砂	8mm				1.006	6.93×10^{-10}
泥岩	砕石・砕砂	20mm				1.143	1.03×10^{-5}

付表 6.1-14　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた埋め戻し材の透水係数（玄武岩、砂岩、泥岩）

模擬掘削土			ベントナイト		締固めエネルギー	透水試験（m/s）	
分類	種類	最大粒径	種類	混合率(%)		乾燥密度(Mg/m³)	透水係数(蒸留水)
玄武岩	砕砂	2.5mm	Na	15	Ec	1.756	1.48×10^{-11}
	砕石・砕砂	20mm		15		1.812	1.27×10^{-11}
泥岩	砕砂	2.5mm		15		1.084	1.30×10^{-6}
	砕石・砕砂	20mm		15		1.125	4.72×10^{-6}
玄武岩	砕砂	2.5mm		5	4.5Ec	1.985	3.77×10^{-9}
	砕砂	2.5mm		15		2.024	1.68×10^{-11}
	砕砂	2.5mm		15		2.073	2.47×10^{-12}
	砕砂	2.5mm		30		1.986	2.99×10^{-12}
	砕砂	2.5mm		50		1.822	2.30×10^{-12}
	砕砂	5mm		15		2.105	6.22×10^{-12}
	砕石・砕砂	10mm		15		2.117	3.15×10^{-12}
	砕石・砕砂	20mm		15		2.166	1.85×10^{-11}
	砕石・砕砂	20mm		15		2.067	5.64×10^{-12}
砂岩	砕砂	2.5mm		15		2.067	2.71×10^{-12}
	砕石・砕砂	20mm		15		2.154	2.82×10^{-11}
泥岩	砕砂	2.5mm		15		1.177	3.92×10^{-8}
	砕砂	5mm		15		1.177	1.61×10^{-8}
	砕石・砕砂	10mm		15		1.188	9.46×10^{-8}
	砕石・砕砂	20mm		5		1.165	3.56×10^{-6}
	砕石・砕砂	20mm		15		1.209	2.94×10^{-7}
	砕石・砕砂	20mm		30		1.260	5.99×10^{-10}
	砕石・砕砂	20mm		50		1.324	6.51×10^{-11}
玄武岩	砕石・砕砂	20mm	Ca	30	Ec	1.537	4.40×10^{-7}
泥岩	砕石・砕砂	20mm		30		1.035	1.97×10^{-7}
玄武岩	砕砂	2.5mm		30	4.5Ec	1.755	1.35×10^{-9}
	砕砂	2.5mm		30		1.833	1.70×10^{-12}
	砕砂	5mm		30		1.853	2.93×10^{-10}
	砕石・砕砂	10mm		30		1.860	5.29×10^{-11}
	砕石・砕砂	20mm		30		1.773	3.40×10^{-10}
	砕石・砕砂	20mm		30		1.884	2.23×10^{-11}
砂岩	砕砂	2.5mm		30		1.804	1.57×10^{-11}
	砕石・砕砂	20mm		30		1.860	5.54×10^{-11}
泥岩	砕石・砕砂	20mm		30		1.155	2.39×10^{-9}
	砕石・砕砂	20mm		40		1.169	4.02×10^{-10}
	砕石・砕砂	20mm		50		1.164	7.68×10^{-11}

付表 6.1-15　模擬掘削土に火成岩類、堆積岩類（砕石・砕砂）を用いた
埋め戻し材の膨潤圧、鉛直ひずみ、三軸 UU データ（玄武岩、砂岩）

模擬掘削土			ベントナイト		締固めエネルギー	膨潤圧 (kPa)	圧密特性 (鉛直ひずみ)		三軸 UU	
分類	種類	最大粒径	種類	混合率 (%)		イオン交換水	100kPa (5m 想定)	200kPa (10m 想定)	Cuu	Φuu
玄武岩	砕砂	2.5mm	Na	15	4.5Ec	40.2	0.011	0.035	191	34.07
	砕砂	5mm				56.9	0.003	0.020	172	32.31
	砕石・砕砂	10mm				79.6	0.001	0.006	138	31.15
	砕石・砕砂	20mm				45	0.001	0.006	159	29.67
砂岩	砕砂	2.5mm				137.6	0.001	0.003	177	36.23
	砕石・砕砂	20mm				115.4	0	0.001	160	31.38
玄武岩	砕砂	2.5mm	Ca	30		29.4	0.005	0.017	339	31.34
	砕砂	5mm				67.3	0.001	0.004	441	19.82
	砕石・砕砂	10mm				102.7	0.001	0.009	367	26.36
	砕石・砕砂	20mm				202.1	0	0	277	24.56
砂岩	砕砂	2.5mm				16	0.001	0.003	385	19.83
	砕石・砕砂	20mm				257.1	0	0	357	19.83

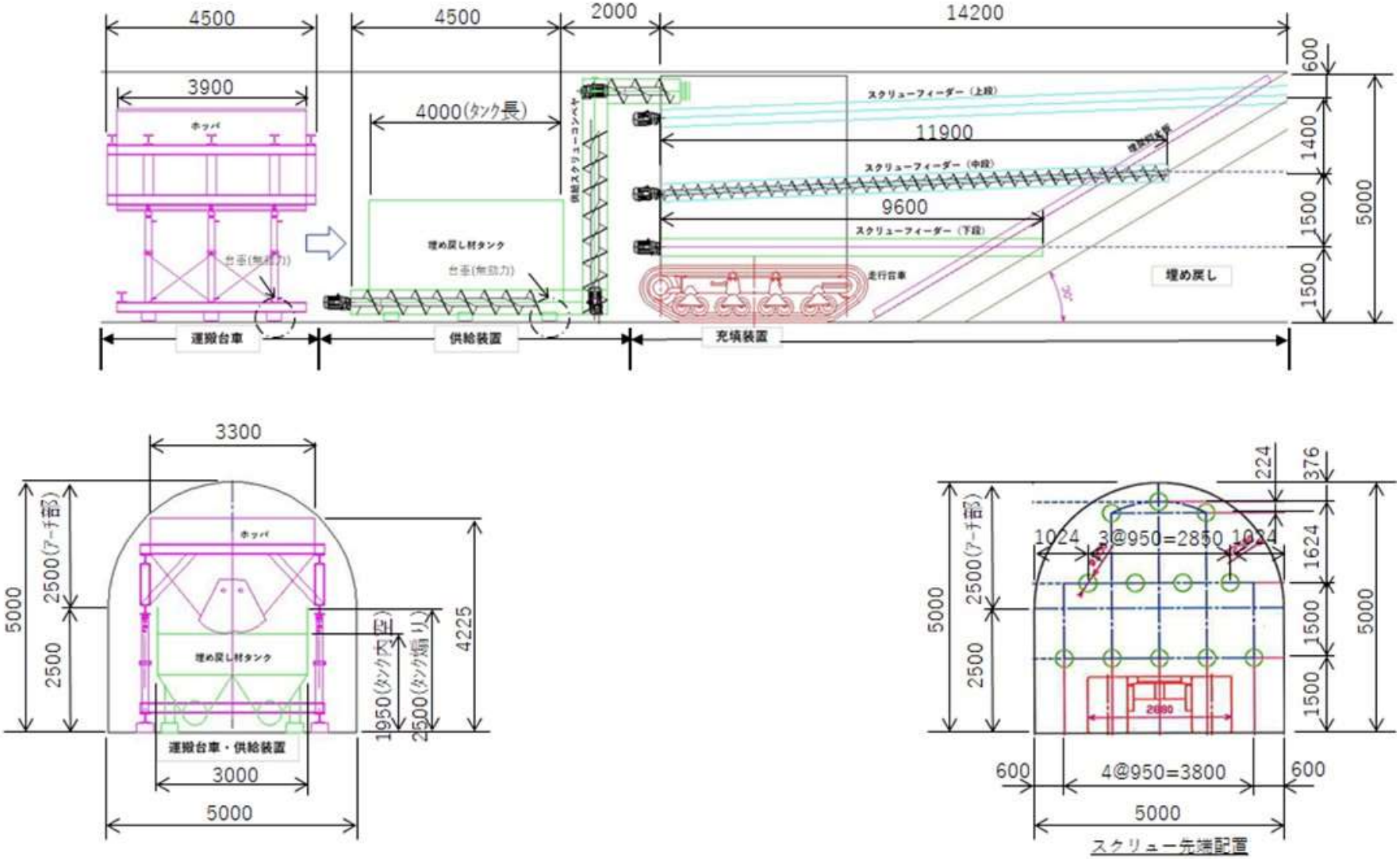
2. 代替施工技術オプションの選定

付表 6.2-1　埋め戻しに関する施工技術の調査対象文献一覧

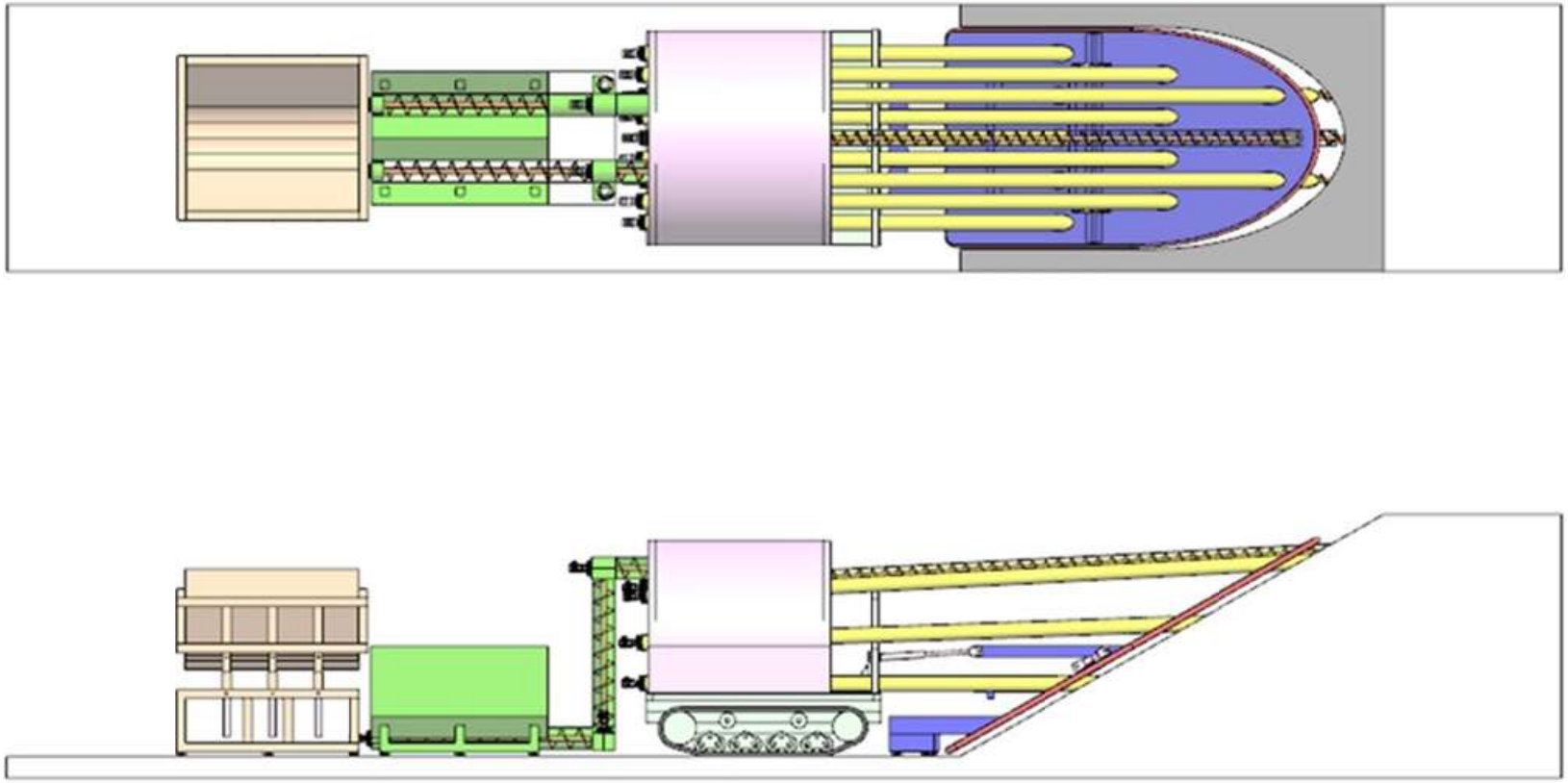
No.	情報名称	埋め戻し工法
(1)	①Engineered Barrier Emplacement Experiment in Opalinus Clay for the Disposal of Radioactive Waste in Underground ②EB experiment in Opalinus Clay: Granular material backfill QA report with emplacement description	スクリューフィーダー（有軸）
(2)	Deliverable 6 Module 1, Work Package 6, Mod1 Final Report, ESDRED（NAGRA 実施分）	スクリューフィーダー（有軸）
(3)	Density measurement of granulated bentonite mixture in a 3D 1_1 scale mockup test using dielectric tools	スクリューフィーダー（有軸）
(4)	Backfilling machine design parameter evaluation (pre-test A) in Emplacement Report LUCOEX – WP2	スクリューフィーダー（有軸）
(5)	FE experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 2D pre-test using a dielectric moisture profile probe	スクリューフィーダー（有軸）
(6)	Implementation of the full-scale emplacement (FE) experiment at the Mont Terri rock laboratory	スクリューフィーダー（有軸）
(7)	PEBS: Report of the construction of the HE-E experiment	スクリューフィーダー（有軸）
(8)	DOPAS Work Package 3 - Deliverable 3.1 WP3 FSS Construction Summary Report	スクリューフィーダー（有軸）
(9)	Buffer Construction Technique Using Granular Bentonite	スクリューフィーダー（有軸）
(10)	可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発報告書（第２分冊） 地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発	スクリューフィーダー（有軸）
(11)	Engineered Barrier Emplacement Experiment in Opalinus Clay (EB), Granular Material Backfill Emplacement Methods Evaluation, Project Deliverable D4.	スクリューフィーダー（自由落下）
(12)	Gas-Permeable Seal Test at GTS, As-Built Report	撒出し転圧＋スクリューフィーダー（有軸）
(13)	Engineered Barrier Emplacement Experiment in Opalinus Clay (EB), Granular Material Backfill Emplacement Methods Evaluation, Project Deliverable D4.	エアブロー
(14)	Borehole Sealing, Grimsel Test Site Investigation Phase IV, Technical Report 07-01	エアブロー（ボーリング孔充填）
(15)	Aspö Hard Rock Laboratory, Report on the installation of the Backfill and Plug Test, International Progress Report IPR-01-17	撒出し転圧（横転圧）＋エアブロー
(16) (17) (18) (20)	Backfilling of KBS-3V deposition tunnels – possibilities and limitations, SKB R-08-59	ブロック＋敷均し＋エアブロー
(19)	Backfilling of KBS-3V deposition tunnels – possibilities and limitations, SKB R-08-59	ブロック＋スラリー充填
(21)	Assessment of Backfill Design for KBS-3V Repository, POSIVA Working Report 2009-115	ブロック＋敷均し＋エアブロー
(22)	Deliverable 6 Module 1, Work Package 6, Mod1 Final Report, ESDRED（ONDRAF/NIRAS 実施分）	流動体充填
(23)	FEBEX Project: Full-scale engineered barriers experiment for a deep geological repository for high level radioactive waste in crystalline host rock, Final Report	ブロック人力施工
(24)	Aspö Hard Rock Laboratory, Report on the installation of the Backfill and Plug Test, International Progress Report IPR-01-17	撒出し横転圧
(25)	Backfilling and closure of the deep repository, Assessment of backfill concepts	横転圧（＋ブロック）
(26)	空洞充填工法による亜炭鉱跡の巨大地震対策	流動体充填
(27)	わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼－地層処分研究開発第２次取りまとめ	施工法の比較
(28)	平成 17 年度地層処分技術調査等遠隔操作技術高度化調査報告書（２／３）	施工法の比較
(29)	瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業　要求水準書（案）	施工法未指定

付表 6.2-2　施工技術オプションの比較評価

評価指標 / 技術オプション		埋め戻し材料および製造	施工時の物理的制約	施工時の環境	施工品質および品質管理	施工速度	組み合わせによる有効性	コストアップ・ダウン要因
参考比較技術	吹付け工法	小粒径砕石、混合土に対応、粘性を有する材料の混合が必要。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 検討対象断面への大型機械の導入は困難。 坑道の空間的裕度は比較的小さい。	粉塵の発生による施工環境への影響がある。	実設備を使った試験施工による確認が必要。 設備及び施工者のスキルによる影響が大きい。 リバウンド・分離等による不均質性。	一般に遅い。 単独技術で全断面の施工が可能。	主要部分を施工速度の速い他のオプションで施工した場合の補助的な利用となる。	UP：施工速度が遅い －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。
	撤出し・転圧工法	ブロック、流動性の大きい流動体以外全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	坑道上半天端付近は別の埋め戻し技術の導入が必要。 坑道の空間的裕度は比較的大きい。	施工面積が大きい場合は滴水への配慮が必要。	実設備を使った試験施工による確認が必要。 別充填する天端部分との不均質性は不可避。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に速い。 坑道上半天端付近は別の埋め戻し技術の導入が必要。	エアブロー等の転圧工事に支障しないような小型設備による補助工法が有効。	UP：他の技術との併用が必要。 －：標準的材料コスト。 DOWN：施工速度が速い。
	撤出し・横転圧工法	ブロック、流動性の大きい流動体以外全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 検討対象断面への大型機械の導入は困難。 坑道の空間的裕度は比較的小さい。	施工面積が大きい場合は滴水への配慮が必要。	狭い空間に適応した小型車両では十分な締固めが得られない。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に遅い。 単独技術で全断面の施工が可能。	施工が困難な場合は、天端を補助工法で補うケースも考えられる。	UP：施工速度が遅い。 －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。
ブロック積み工法		ブロックのみに対応。 特別なブロック製造プラントが必要。	全断面の施工が可能だが坑道天端付近および側壁近傍は別の埋め戻し技術の導入が必要。 坑道の空間的裕度は比較的大きい。	大きな課題は無い。	ブロック製造時の正確な品質管理が可能。 別充填する天端・側壁近傍部分との不均質性は不可避。	一般に速い。 坑道上半天端および側壁近傍は別の埋め戻し技術の導入が必要。	吹付け、エアブロー工法等による補助工法が必須。	UP：他の技術との併用が必要。材料コストが高い －： DOWN：施工速度が速い。
スクリューフィーダー工法		ブロック以外全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 坑道の空間的裕度は小さい。	大きな課題は無い。	高密度の達成は困難。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に速い。 単独技術で全断面の施工が可能。	組み合わせは想定しない。	UP：なし －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。施工速度が速い。
流動体充填工法		ブロック以外流動化調整をされた全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 坑道の空間的裕度は比較的小さい。	大きな課題は無い。	輸送・打設時の材料分離への配慮が必要。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に速い。 単独技術で全断面の施工が可能。 型枠が必要な場合は、その段取り替えが影響。	主要部分を施工速度の速い他のオプションで施工した場合の補助的な利用となる。	UP：型枠が必要な場合の段取り替え －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。施工速度が速い。
自由落下＋振動締固め工法		ブロック、流動性の大きい流動体以外全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 坑道の空間的裕度は比較的大きい。	大きな課題は無い。	落下時の材料分離への配慮が必要。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に速い。 単独技術で全断面の施工が可能。	施工が困難な場合は、天端を補助工法で補うケースも考えられる。	UP：なし －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。施工速度が速い。
エアブロー工法		ブロック、流動体以外で重量が軽い材料全ての材料に対応。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 坑道の空間的裕度は大きい。	大きな課題は無い。	高密度の達成は困難。 量によるバルクでの品質管理が可能。	一般に遅い。 単独技術で全断面の施工が可能。	主要部分を施工速度の速い他のオプションで施工した場合の補助的な利用となる。	UP：施工速度が遅い。 －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。
ベルトショット工法		小粒径砕石、混合土に対応、粘性を有する材料の混合が必要。 一般的なプラントで製造可能。	全断面の施工が可能。 検討対象断面への大型機械の導入は困難。 坑道の空間的裕度は比較的小さい。	粉塵の発生による施工環境への影響は小さい。	実設備を使った試験施工による確認が必要。 設備及び施工者のスキルによる影響が大きい。 リバウンド・分離等による不均質性。	一般に遅い。 単独技術で全断面の施工が可能。	主要部分を施工速度の速い他のオプションで施工した場合の補助的な利用となる。	UP：施工速度が遅い －：標準的材料コスト。 DOWN：単独技術で施工可能。
各指標に対して相対的に優位な技術オプション		スクリューフィーダー 自由落下＋振動締固め	ブロック積みを除く全技術オプション	全技術オプション	ブロック積み スクリューフィーダー 自由落下＋振動締固め エアブロー	スクリューフィーダー 自由落下＋振動締固め	（組合せのため該当無し）	スクリューフィーダー 自由落下＋振動締固め



付図 6. 2-1　スクリューフィーダー方式の施工装置全体概念図



付図 6.2-2　スクリューフィーダー方式の施工装置のイメージ図