

4. 考察

4.1 各試験体の排水性能

擁壁背面の透水層に砕石(C-40)を用いた一般的な仕様の試験体6を基準試験体として、各試験体の排水性能について検討した。

1) 排水量

表4.1-1に、表3.1-2の値を基に試験体6(砕石C-40)を基準とした各試験体の排水開始までの経過時間、定常化時点排水量、理論降雨量90%相当量到達時間についての割合を示した。試験体1~3については、各試験体の平均値も併せて示した。なお、CASE4、CASE5では、試験体4(再生砕石RC-40)の間隙水圧分布から、試験体4の排水性能低下により試験体4より一部降雨が試験体5(新工法(A)+止水コンクリート)、試験体6(砕石C-40)に回り込んでいる状況が考えられるため、定常化時点排水量、理論降雨量90%相当量到達時間の割合については計算対象外とした。

試験体6に対する排水開始までの経過時間の割合は、試験体1では0.85~1.44、試験体2では0.81~1.41、試験体3では0.77~1.37であり、試験体1~3の平均値では0.81~1.41であった。また、試験体4では1.00~1.35、試験体5では1.00~1.06であった。

CASE1は、試験体により乾燥状態での降雨のため、排水開始までの経過時間の割合にばらつきが見られるが、その他のCASEでは、試験体4を除き、ほぼ同程度の割合と考えられる。試験体4については、降雨の繰り返しに伴う排水性能の低下により排水開始までの経過時間の割合が大きくなる傾向となっている。

CASE1~3の定常化時点排水量の割合は、試験体1~3の平均値では1.03~1.08、試験体4は0.73~0.97、試験体5では1.10~1.17であり、試験体4を除いた試験体1~3、試験体5においては、排水量が多くなることが確認された。

CASE1~3の理論降雨量90%相当量到達時間の割合は、試験体1~3の平均値では0.75~0.85、試験体5では0.69~0.86であり、試験体4を除いた試験体1~3、試験体5では、速やかな排水量増加が確認された。

表 4.1-1 試験体 6 に対する割合

	CASE	降雨強度 (mm/h)	試験体 No.	排水開始までの 経過時間	定常化時点排水量		理論降雨量 90% 相当量到達時間		
試験体 6(C-40) に対する割合	CASE1	150	1	1.08	1.07	0.99	1.08	1.07	0.76
			2	1.15		1.14		0.51	
			3	0.99		1.10		0.69	
			4	1.15		0.97		未到達	
			5	1.06		1.10		0.69	
	CASE2	110	1	1.44	1.41	0.99	1.06	0.86	0.75
			2	1.41		1.11		0.69	
			3	1.37		1.08		0.70	
			4	1.00		0.96		未到達	
			5	1.00		1.17		0.69	
	CASE3	50	1	0.85	0.81	0.81	1.03	未到達	0.85
			2	0.81		1.16		0.84	
			3	0.77		1.12		0.86	
			4	1.23		0.73		未到達	
			5	1.00		1.12		0.86	
	CASE4	150	1	1.17	1.17	※1	※1	※1	
			2	1.17					
			3	1.17					
			4	1.13					
			5	1.00					
CASE5	110	1	1.13	1.13	※1	※1			
		2	1.13						
		3	1.13						
		4	1.35						
		5	1.00						

※1 間隙水圧の分布状況から試験体 4 からの降雨の回り込み発生が考えられるため計算対象外とした。

2) 擁壁背面地盤の間隙水圧

表 4.1-2 に、表 3.3-1 の値を基に、試験体 6(砕石 C-40)の間隙水圧値を基に各試験体における割合を示した。試験体 1~3 については、各試験体の平均値も併せて示した。

なお、CASE4、CASE5 では、試験体 4 の排水性能低下により一部降雨が試験体 5、6 に回り込んでいる状況が考えられるため、割合は参考値である。

CASE1~3 における試験体 6 の間隙水圧値に対する割合は、試験体 1~3 の平均値では 0.74~0.97、試験体 5 では 0.91~1.11 であった。試験体 1~3 では、排水により試験体 6 の間隙水圧値に対する割合が低下する傾向が確認された。また、試験体 5 の割合は、試験体 6 の間隙水圧値とほぼ同程度であることが確認された。

表 4.1-2 試験体 6 の間隙水圧値に対する割合

	CASE	試験体 No.	擁壁面からの距離 (m)					
						試験体 1~3 の平均値		
			0.5	1.9	3.3	0.5	1.9	3.3
試験体 6(C-40) に対する割合	CASE1	1	1.00	0.96	0.97	0.84	0.90	0.97
		2	0.78	0.86	0.98			
		3	0.74	0.88	0.95			
		4	0.98	0.97	1.01	—	—	—
		5	0.91	0.93	1.03	—	—	—
	CASE2	1	0.92	0.86	0.91	0.74	0.86	0.91
		2	0.69	0.85	0.91			
		3	0.71	0.86	0.91			
		4	1.04	0.89	0.99	—	—	—
		5	0.98	0.97	1.04	—	—	—
	CASE3	1	1.06	0.92	0.98	0.84	0.87	0.93
		2	0.76	0.86	0.91			
		3	0.72	0.84	0.91			
		4	1.26	1.09	1.05	—	—	—
		5	0.95	1.00	1.11	—	—	—
	CASE4 ※1	1	0.98	0.89	0.90	0.85	0.88	0.89
		2	0.85	0.88	0.89			
		3	0.71	0.85	0.87			
		4	1.68	1.20	1.07	—	—	—
		5	1.12	1.02	1.08	—	—	—
CASE5 ※1	1	0.95	0.86	0.86	0.84	0.85	0.85	
	2	0.89	0.87	0.85				
	3	0.69	0.82	0.84				
	4	1.81	1.28	1.11	—	—	—	
	5	1.11	1.05	1.06	—	—	—	

※1 間隙水圧の分布状況から試験体 4 からの降雨の回り込み発生が考えられるため参考値

3) 止水コンクリートの影響

排水量について、止水コンクリート有無の影響を確認するため、定常化時排水量について、試験体 1(新工法(A))と試験体 1~3(新工法(A)、(B)、(C))の平均値における試験体 5(新工法(A)+止水コン)を基準とした排水量の割合を表 4. 1-3 に示した。試験体ごとの排水量のバラつきを考慮して、試験体 1~3 の平均排水量でも比較することとした。

なお、CASE4、CASE5 については、試験体 4(再生砕石 RC-40)の透水性低下とそれに伴う水位上昇により、試験体 5 への降雨の回り込み発生が考えられるため、参考値である。

CASE-1~3 で比較すると試験体 1 での割合は 0.72~0.91、試験体 1~3 の平均値での割合は 0.91~0.98 であった。試験体 1 の場合、CASE3 の排水量が少なく、割合として値が小さくなっており、CASE 間で差が大きいが、試験体 1~3 の平均値で見ると割合の差は 0.07 である。今回の降雨実験の範囲では、止水コンクリートの有無による大きな差は認められなかった。

表 4. 1-3 試験体 5(新工法(A)+止水コン)を基準とした排水量の割合

CASE	降雨強度 (mm/h)	試験体 1(新工法(A)) に対する割合	試験体 1~3(新工法(A)、(B)、(C)) 平均値に対する割合
CASE1	150	0.91	0.98
CASE2	110	0.85	0.91
CASE3	50	0.72	0.92
CASE4 ※1	150	0.85	0.88
CASE5 ※1	110	0.76	0.80

※1 間隙水圧の分布状況から試験体 4 から試験体 5 への降雨の回り込み発生が考えられるため参考値

4.2 掘り起こした透水マットのフィルターの垂直方向透水係数

掘り起こした透水マットの目詰まりの状況を把握するために、透水マットのフィルターの透水試験を行なった。ここでは、背面土の細粒分がフィルターに付着してフィルターの色が変化しと考えられる擁壁側水抜き穴の位置と、それと対面する背面土側のフィルターで試験を行った。なお、新工法 (C) の透水マット C は、水抜き穴の位置で専用のジョイナーを差込むタイプであり、擁壁側にフィルターを有していないことから、背面土側だけで試験を行った。

試験は「擁壁用透水マット技術マニュアル」付録「擁壁用透水マットの試験方法」¹⁾の面に垂直方向の透水性能試験法 B 法に基づいて行なった。掘り起こした透水マットのフィルターを入れた透水円筒の上部から注水し、越流水がほぼ一定となった後に時刻 t_1 から t_2 までの一定時刻(sec)内に越流する水量 $Q(\text{cm}^3)$ 、水温 $T(^{\circ}\text{C})$ 、水頭 $h(\text{cm})$ を測定し、水温 15°C に対する試料 (透水フィルター) の透水性能を表わす係数 k_{15} を次式で算定した。

$$k_{15} = \frac{\eta_T}{\eta_{15}} \times \frac{d}{h} \times \frac{Q}{A(t_2 - t_1)} \quad (\text{cm/sec})$$

- ここで、
- k_{15} : 温度 15°C における透水性能を表す係数(cm/sec)
 - η_T/η_{15} : 温度 15°C に対する温度 $T^{\circ}\text{C}$ のときの粘性係数の補正係数
 - d : 試料 (透水フィルター) の厚さ(cm)
 - h : 水頭(cm)
 - Q : 越流量量(cm^3)
 - A : 試料 (透水フィルター) の断面積(cm^2)
 - $t_2 - t_1$: 流出水量の測定時間(sec)

試験結果を表 4.2-1 に示す。いずれも壁側 (水抜き孔位置) の方が透水係数が小さい。土側は全面から水が入り、面内に入った (細粒分を含んだ) 水が水抜き孔から排出されるため、局所的に目詰まりによってフィルターの色が変化し、透水係数が小さい結果になったものと考えられる。

表 4.2-1 掘り起こした透水マットフィルターの垂直方向透水係数

試験体 No.	透水マット	マット1枚時の垂直方向の透水係数 (cm/sec)	試験結果 (cm/sec)	
			壁側	土側
1	新透水マット A	1.58×10^{-2}	1.34×10^{-2}	2.60×10^{-2}
2	新透水マット B	1.00×10^{-1}	1.89×10^{-1}	2.38×10^{-1}
3	新透水マット C	4.42×10^{-2}	—	2.89×10^{-2}
4	透水マット A	1.58×10^{-2}	1.53×10^{-2}	2.43×10^{-2}
5	新透水マット A	1.58×10^{-2}	2.53×10^{-2}	3.13×10^{-2}
6	透水マット A	1.58×10^{-2}	1.10×10^{-2}	3.24×10^{-2}

4.3 降雨実験終了後の砕石(C-40)と再生砕石(RC-40)の状態

降雨実験終了後に擁壁背面土を撤去し、試験体 4、6 で使用した砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)の特性について確認した。確認項目を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)の確認項目

項目	確認事項	確認方法
状態	表面の状態	目視、触手
	内部の状態	
	透水マット接触面の状態	
硬度	表面硬度	山中式土壤硬度計
pH	アルカリ度確認	pH 計
粒度	粒度分布	粒度試験

1) 状態

砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)を露出させ、目視及び手触りにより状態を確認した。

- ・砂を取り除いた状態で砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)は、自立していた（写真 4.3-1、2 参照）。
- ・砕石(C-40)は表面を触るとボロボロと剥落する状態であったのに対し、再生砕石(RC-40)は表面が固化したように自立していた。
- ・砕石(C-40)には内部、透水マット接触面ともに湿り気が有ったが、再生砕石(RC-40)には内部、透水マット接触面とも湿り気が無かった。
- ・砕石(C-40)に接していた透水マットのフィルターには湿り気が有ったが、再生砕石(RC-40)に接していた透水マットのフィルターには湿り気が無かった。



写真 4.3-1 砕石(C-40)露出状況



写真 4.3-2 再生砕石(RC-40)露出状況

2) 硬度

砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)の表面硬度を山中式硬度計により計測した。上面 30 箇所を計測した平均値は砕石(C-40)が 15.3mm、再生砕石(RC-40)が 20.5mm と再生砕石(RC-40)の方が硬いことが確認された。

3) pH

砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)、擁壁背面盛土の砂の pH 計測値を表 4.3-2 に示す。計測

値に有意な差は確認されなかった。

表 4.3-2 pH 計測値

計測箇所	試験体 4	試験体 5	試験体 6
砕石(C-40)	—	—	6.6
再生砕石(RC-40)	6.6	—	—
擁壁背面盛土の砂	6.6	6.1	6.6

4) 粒度分布

砕石(C-40)、再生砕石(RC-40)を採取し、実験後の粒度分布を確認した。図 4.3-1 に試料採取位置、写真 4.3-3、4 に試料採取状況と採取試料を示す。

表 4.3-3 に粒度分布試験結果を、図 4.3-2 に粒度曲線を材料成績表の値と併に示す。砕石(C-40)では、実験終了後の分布は材料の成績表とほぼ同じであるが、再生砕石(RC-40)では、おおよそ粒径 0.4mm～5mm の砂分と礫分が増加して分布が大きく変化しており、降雨に伴う廃コンクリートに含まれるセメント分による固化により、再生砕石の性状が変化していることが確認された。

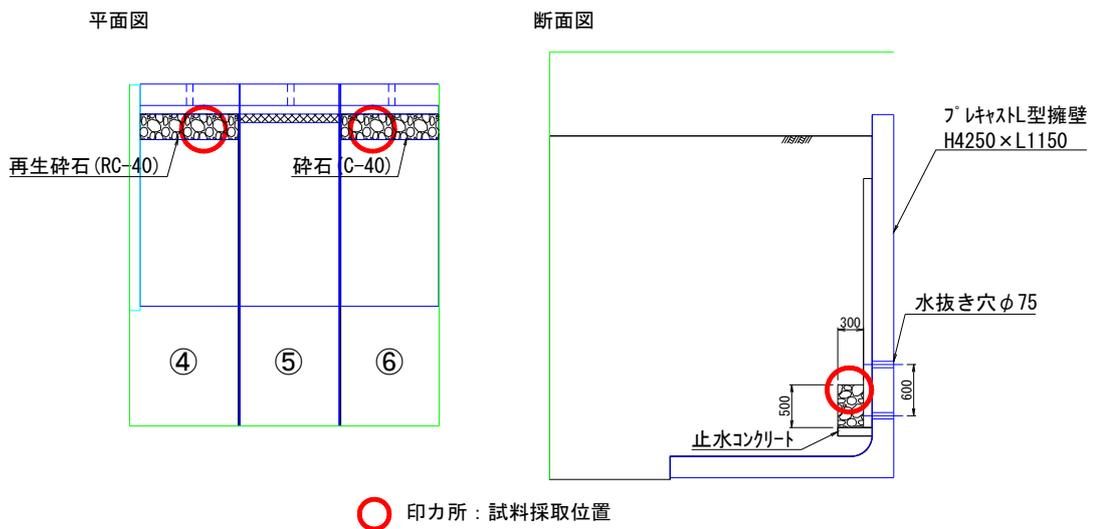


図 4.3-1 試料採取位置



写真 4.3-3 試料採取状況



写真 4.3-4 試料(左:再生砕石、右:砕石)

表 4.3-3 粒度分布試験結果

砕石(C-40)					
ふるい(mm)	残留試料質量(g)	加積残留試料質量(g)	加積残留率(%)	加積通過率(%)	通過質量百分率(%)
40	0	0	0.0	100.0	100.0
20	293.16	293.16	14.7	85.3	85.3
10	489.9	783.06	39.2	60.8	60.8
4.75	403.12	1186.18	59.4	40.6	40.6
3.35	189.75	1375.93	68.9	31.1	31.1
2	231.86	1607.79	80.5	19.5	19.5
1.18	181.47	1789.26	89.6	10.4	10.4
0.85	70.52	1859.78	93.1	6.9	6.9
0.425	80.67	1940.45	97.2	2.8	2.8
0.25	27.26	1967.71	98.6	1.4	1.4
0.106	20.52	1988.23	99.6	0.4	0.4
0.075	3.26	1991.49	99.7	0.3	0.3
0.075以下	5.1				
合計	1996.59				

再生砕石(RC40)					
ふるい(mm)	残留試料質量(g)	加積残留試料質量(g)	加積残留率(%)	加積通過率(%)	通過質量百分率(%)
40	0	0	0.0	100.0	100.0
20	408.06	408.06	20.5	79.5	79.5
10	357.39	765.45	38.4	61.6	61.6
4.75	270.77	1036.22	51.9	48.1	48.1
3.35	127.85	1164.07	58.3	41.7	41.7
2	176.82	1340.89	67.2	32.8	32.8
1.18	171.91	1512.8	75.8	24.2	24.2
0.85	95.08	1607.88	80.6	19.4	19.4
0.425	195.16	1803.04	90.4	9.6	9.6
0.25	106.58	1909.62	95.7	4.3	4.3
0.106	65.08	1974.7	99.0	1.0	1.0
0.075	7.86	1982.56	99.4	0.6	0.6
0.075以下	12.57				
合計	1995.13				

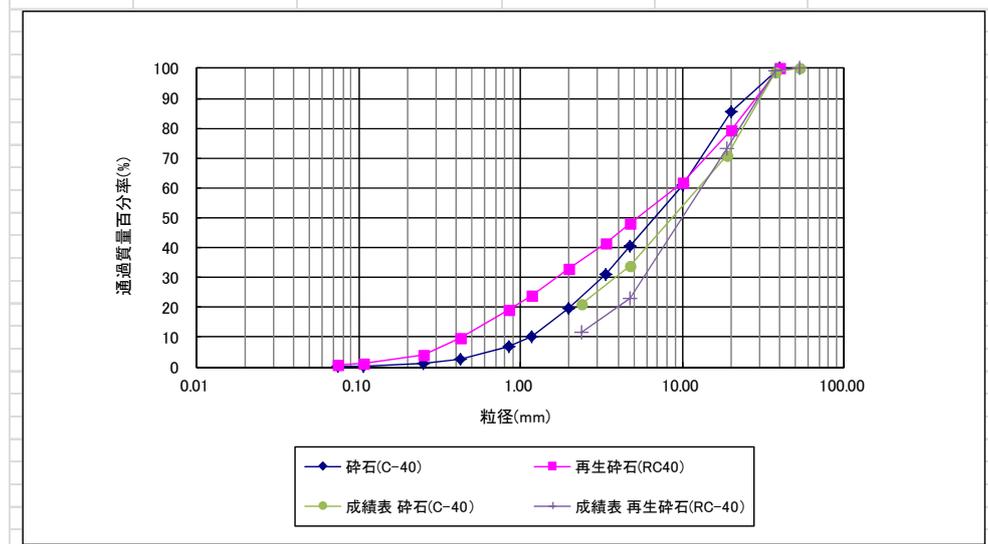


図 4.3-2 粒度曲線

4.4 再生砕石(RC-40)について

擁壁背面の透水層に再生砕石(RC-40)を用いた試験体4では、全ての実験CASEで上部水抜き孔から排水が観察されており、CASE2以降、下部水抜き孔からの排水量減少が認められ、CASE4、5では主に上部水抜き孔から排水が行われていたと考えられる。また、CASE4、5の擁壁背面の間隙水圧値における水位差がほとんどなくなり、擁壁背面盛土地盤は飽和状態に達していたと考えられる。

降雨実験終了後の状態観察から、再生砕石(RC-40)内部、透水マット接触面、透水マットのフィルターには湿り気が無く、表面が固化した様子が確認されており、降雨実験に伴う水分供給により再生砕石(RC-40)の廃コンクリートに含まれるセメント分が固化したことにより再生砕石(RC-40)層表面が固化し、内部への水の浸透が遮断され透水性の低下とともに排水阻害が発生したと推察される。

再生砕石については再生材料の利用促進の観点から使用が推奨されているところであるが、排水を主目的とした場所への使用については、廃コンクリートに含まれるセメント分を洗い流した上での使用などの注意が必要である。

参考文献

- 1) 「擁壁用透水マット技術マニュアル」監修 建設省建設経済局民間宅地指導室、社団法人全国宅地擁壁技術協会、平成3年4月