

砂質沈積物的淘選度研究

國中組地球科學科第三名

屏東縣萬丹國民中學

作者：郭芯怡、陳雯玲

指導教師：杜清德、林麗婉

一、研究動機

地球科學課本上册第四章提到風的沈積物淘選度最好，冰川的沈積物淘選度很差，可是流水造成的沈積物淘選度如何呢？一條河流上下游沈積物的淘選度有差別嗎？波浪造成的沈積物，其淘選度比流水的好？還是差？課文中沒有說明，因此我們在老師的協助和指導下進行本研究。

二、研究目的

- (一)研究河流上下游的砂的淘選度有無差別。
- (二)比較各種地質營力造成的砂質沈積物淘選度優劣。
- (三)探討相同的地質營力形成的砂的淘選度不同的原因。

三、研究設備器材

電動振盪器、篩網、燒杯、二分器、烘箱、天平、泥鎊。

四、研究過程

各種地質營力都能產生砂質沈積物。爲了比較不同營力造成的沈積物淘選度優劣，本研究僅做砂的淘選度分析。

(一)野外採樣

1.河砂

爲了比較河流上下游砂的淘選度，故只沿一條河採砂，也僅採河水旁或水面下可看出是去年82年五、六月梅雨季節豐水期以來所沈積的砂。

取樣前，先去除表面約1公分厚的部分，以避免風的沈積物或後期流速慢時沈積的泥，再水平取1公分厚的砂。若在同一點取1公分厚及5公分厚的砂，則分別稱爲水平方向（樣品編號最後一個字母爲H），及垂直方向（樣品編號最後一個字母爲V）的樣品。採樣區爲高樹至林園的各大橋附近。

2.海砂

在波浪正上沖、回洗的範圍內取表面約 1 公分厚的砂。原則上，在颱風來，浪高四公尺以上時取一次樣（樣品編號最後一個字母為H），浪小一公尺以下時取一次樣（樣品編號最後一個字母為L）。取樣地區為東港以南的各沙灘及小硫球。不同日期在同一沙灘的採樣點相同。

3.風砂

於風正在搬運砂的地點或風已停，但明顯看得出是屬於風的沈積物的地方，取表面 1 公分厚的砂。採樣時，如正值風在搬運砂，則強風的樣品編號最後一個字母為S，弱風的為W，如風早已停止，或有風但搬不動砂，則不如標註。

(二)實驗室分析

- 1.將樣品置於定溫攝氏60度的烘箱中烘乾，然後以二分器取一樣品中的砂約70公克篩選。以 -1.0ϕ 至 4.0ϕ ，每隔 0.5ϕ 為一級之篩網一組，用振盪器篩5至10分，再以天平稱取各級篩網篩得之砂泥重量，並計算其重量百分比（%）。

篩網 ϕ 值意義

$$\phi = \log_2 \frac{1}{D} \quad D: \text{篩網網目大小, 單位mm}$$

- 2.以既有公式算出平均值及標準偏差。

$$\text{平均值} \quad \bar{x} = \frac{\sum fm\phi}{100}$$

f: 某一級篩網篩得砂的重量百分比

m ϕ : 取得 f 之篩網 ϕ 值與相鄰較細目篩網 ϕ 值的中間值

$$\text{標準偏差} = \left[\frac{\sum f(m\phi - \bar{x})^2}{100} \right]^{\frac{1}{2}}$$

五、研究結果

(一)河砂

河砂的篩網分析結果見表 1，表 2 為顆粒分析之參數與分類表，利用此分類表將河砂之淘選度列成表 3。

比較同一採樣點 1 公分厚（H字尾）和 5 公分厚（V字尾）的砂的淘選度（如10311AV . 10311AH；10311BV . 10311BH；10311CV . 10311CH）可見 1 公分厚的淘選度較好，表示在同一地方流水搬運力大小會隨時間而有

變化；尤其在高美大橋附近，此現象更是明顯。

但在高屏大橋附近，1公分厚和5公分厚的樣品（10314AV . 10314AH；10314BV . 10314BH；）淘選度相差不大，表示沈積速率高與長時間搬運力變化不大。

在河流上下游的淘選度變化上，接近上游者出現劣淘選的機會較大，如高美大橋（10111A，10111B）和里港大橋（10312A，10312B）出現劣淘選，而位於下游的萬大大橋和雙園大橋之淘選度較佳，為次良淘選和中淘選。

砂的顆粒大小和淘選度無關，即搬運力的大小和淘選度無關，例如里港大橋之粗砂有劣淘選（10312A，10312B），亦有中淘選（10312D）。

(二)海砂

海砂的分析結果如表4，顆粒度和淘選度如表5。沙灘的砂有粗有細。沙灘坡度平坦的，砂通常較細小，如海口的砂（08192L）。坡度較陡，波浪上沖，回洗的距離較短的，砂的粗細變化較大。在同一地點，波浪的高低和砂的粗細無關，也和淘選度無明顯關係。不論大浪或小浪，波浪的沖擊是一波來，退了，再一波，不像流水般連續，但很有韻律，所搬運、沈積的砂有優淘選出現。沙灘的砂若是細砂，則淘選佳；若為中砂或粗砂，則淘選度變化較大。小琉球衫福（08313L）沙灘的砂雖為粗砂，但淘選度優，因近岸處有淺灘。

(三)風砂

風砂的分析結果如表6，顆粒度和淘選度如表7。風成沈積物粗、中、細砂都有。如為粗砂（18103S.11195S.11196S）則淘選度常較差（為中淘選），這表示強風處的沈積物因風速變化範圍大，除了粗砂，也能搬運較細的砂。風吹沙採到的細砂（10102S）位於山崖下，此處風弱，只見細砂滾動。如為中砂，（11191S.11192S.11193S），則淘選度變化較大，從次良淘選至優淘選皆有，優劣可能和風速穩定性有關。

六、討論

(一)河流搬運力和淘選度的關係

一河流所能搬運的最大顆粒的大小稱為這河流的搬運力。河流的流速、流量和坡度愈大，其搬運力也愈大。若某一顆粒的流速略小於其搬運速率，則此顆粒便會沈積下來。所以流速大小變化，便決定了沈積顆粒的大小。

在前面實驗的結果中，我們提到河流搬運力大小與淘選度無關。而影響

淘選度的便是流速的變化，即河流搬運的穩定性。若穩定性高，則粗砂中亦有較佳之淘選度（如10312D）；若穩定性差，則極細砂中淘選度亦不佳（如11141C）。因短時間之河流流速變化不大，故水平樣品的淘選度比垂直樣品佳（如10311AV.10311AH；10311BV.10311BH；10311CV.10311CH）。

在河流的下游，因流速減緩，故沈積物顆粒較小；也因顆粒變化不小，故下游淘選度較佳（如10251AH—10251DH），而雙園大橋附近因有採石場擾動，故也有採得粗砂，但其淘選度亦佳（10252A—10252C）。而河流的上游，因流速快，可搬運顆粒有大有小，一旦流速驟減，則大小顆粒便沈積下來，而使淘選度變差。因此在高美大橋（如10111A.10111B等）及里港大橋（如10312A.10312B等）之淘選度較差。而在此實驗中，河流下游之淘選度的確比上游佳。

(二)海砂之淘選度

在海邊，礫石在水流中難動易沈，其運動形式是滑動和擾動；砂一般是易動也易沈，因此，易發生往返運動，其運動形式是跳躍；泥質由於顆粒間存在的黏結力而難動，一旦擾動起來，則長時間懸浮，並被長距離搬運，所以很難沈降。由於以上的特性，隨著沈積物顆粒在水中的時間加長，礫、砂、泥三者便逐漸分離，並各自形成獨立的群體，因此海砂的淘選度比河砂佳，而泥砂因不易沈積，故海砂的顆粒多較粗（見表4）。

(三)風砂的顆粒度和淘選度

因為風的密度較小，所以風不能搬運很大的顆粒（與水比較），故造成風砂的顆粒較細小。也因風只能搬運細小的顆粒，因此風造成的沈積物淘選度佳。但若風速很大，可以搬運粗砂，則同時必會搬運細砂，此時若因環境改變，使風速驟減，便因粗砂、細砂同時沈澱，而有較差的淘選度。

七、結論

- (一)河砂的淘選度和沈積物顆粒粗細無關，即和搬運力的大小無關，但和搬運力的穩定性有關；穩定性較高的，淘選度較佳。
- (二)一般而言，流水形成的沈積物，其淘選度較風砂和海砂差。
- (三)砂在河流的上、中、下游都會沈積，且粗細都有。若扣除採砂等人為因素，則在較上游，各級粒度的砂都有機會在不同地點出現（但多偏粗砂），沈積物出現劣淘選度的機會也較多。在較下游地區，砂的粒度偏細，淘選度較佳。同一地點較厚層採樣因包含較大範圍的搬運力變化，淘選度較差。

- (四)同一沙灘，波浪的大小和淘選度無關。沙灘坡度平緩的，或近岸處有淺灘緩和和波浪沖擊的，砂的淘選度變化範圍不大。
- (五)強風能搬運較大的顆粒，但因風速常有變化，沈積物顆粒大小有，淘選度較差。長期弱風的地方，只有細小的顆粒能被搬運、沈積，故淘選度優。

八、參考資料

- (一)墾丁國家公園地區海域及海濱石灰質砂之調查研究，陳民本、謝英宗著，內政部營建署墾管處，74年12月出版，P30~P441。
- (二)普通地質學，何春蓀著，五南圖書出版公司，1983年出版。

評 語

本作品採集了河川沈積物，海濱沈積物及風成沈積物標本並對此等標本進行粒度分析推斷出淘選度的優劣，研究結果展現風成沈積物淘選度最佳，海濱沈積物次之而河川沈積物則淘選度較差，本作品曾赴野外採樣並有實驗數據，推論亦屬正確。

粒徑 (ϕ)	高美大橋10111 A			高美大橋10111 B			高美大橋10311 AV			高美大橋10311 AH		
	74.55 g			70.01 g			82.64 g			73.11 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0	3.36	4.51		1.45	2.07							
-0.5	2.62	3.51	8.02	2.24	3.20	5.27						
0.0	3.85	5.16	13.19	3.49	4.99	10.26						
0.5	5.84	7.83	21.02	4.02	5.74	16.00						
1.0	7.06	9.47	30.49	5.05	7.21	23.21	3.43	4.15		0.95	1.30	
1.5	6.46	8.67	39.15	7.19	10.27	33.48	6.38	7.72	11.87	2.06	2.82	4.12
2.0	5.38	7.22	46.37	12.93	18.47	51.95	10.83	13.11	24.98	5.70	7.80	11.91
2.5	5.39	7.23	53.60	16.16	23.08	75.03	14.44	17.47	42.45	16.64	22.76	34.67
3.0	7.59	10.18	63.78	11.04	15.77	90.80	19.41	23.49	65.94	27.50	37.61	72.29
3.5	10.91	14.63	78.42	4.47	6.38	97.19	15.18	18.37	84.31	13.34	18.25	90.53
4.0	8.63	11.58	89.99	1.15	1.64	98.83	7.87	9.52	93.83	4.56	6.24	96.77
4.0下	4.42	5.93	95.92	1.01	1.44	100.27	4.87	5.89	99.72	2.23	3.05	99.82

粒徑 (ϕ)	高美大橋10311BV			高美大橋10311BH			高美大橋10311CV			高美大橋10311CH		
	72.80 g			70.06 g			78.77 g			67.53 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0												
-0.5												
0.0												
0.5												
1.0	0.66	0.91		2.11	3.01		0.89	1.13		0.39	0.58	
1.5	1.75	2.40	3.31	6.55	9.35	12.36	3.15	4.00	5.13	0.54	0.80	1.38
2.0	4.67	6.41	9.73	20.55	29.33	41.69	10.86	13.79	18.92	1.47	2.18	3.55
2.5	11.22	15.41	25.14	24.15	34.47	76.16	16.42	20.85	39.76	4.29	6.35	9.91
3.0	18.07	24.82	49.96	11.27	16.09	92.25	13.41	17.02	56.79	10.95	16.22	26.12
3.5	20.41	28.04	77.99	3.28	4.68	96.93	13.61	17.28	74.06	17.12	25.35	51.47
4.0	10.50	14.42	92.42	1.35	1.93	98.86	12.51	15.88	89.95	20.07	29.72	81.19
4.0下	4.81	6.61	99.02	1.72	2.46	101.31	7.66	9.72	99.67	11.21	16.60	97.79

表 1 河砂的篩網分析結果

粒徑 (φ)	里港大橋10312A			里港大橋10312B			高美大橋10312C			高美大橋10312D		
	69.13 g			90.64 g			68.29 g			79.64 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0	3.50	5.06		4.77	5.26					4.05	5.09	
-0.5	4.12	5.96	11.02	7.23	7.98	13.24				7.37	9.25	14.34
0.0	8.04	11.63	22.65	10.04	11.08	24.32				11.70	14.69	29.03
0.5	13.45	19.46	42.11	18.21	20.09	44.41				16.07	20.18	49.21
1.0	13.47	19.49	61.59	17.91	19.76	64.17	3.54	5.18		18.84	23.66	72.87
1.5	11.32	16.37	77.97	14.02	15.47	79.63	1.81	2.65	7.83	13.46	16.90	89.77
2.0	6.46	9.34	87.31	7.29	8.04	87.68	2.02	2.96	10.79	5.45	6.84	96.61
2.5	2.40	3.47	90.79	1.10	1.21	88.89	3.27	4.79	15.58	2.85	3.58	100.19
3.0	2.31	3.34	94.13	6.00	6.62	95.51	5.92	8.67	24.25			
3.5	1.36	1.97	96.09	1.88	2.07	97.58	10.63	15.57	39.82			
4.0	1.27	1.84	97.93	1.09	1.20	98.79	18.19	26.64	66.45			
4.0下	0.67	0.97	98.90	0.63	0.70	99.48	22.49	32.93	99.38			

粒徑 (φ)	里嶺大橋10313AV			里嶺大橋10313AH			里嶺大橋10313BV			里嶺大橋10313BH		
	77.96 g			73.85 g			74.49 g			72.94 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0												
-0.5							2.10	2.82		1.18	1.62	
0.0	1.24	1.59					2.00	2.68	5.50	1.15	1.58	3.19
0.5	1.17	1.50	3.09				2.02	2.71	8.22	2.07	2.84	6.03
1.0	2.22	2.85	5.94	1.77	2.40		5.12	6.87	15.09	5.15	7.06	13.09
1.5	10.56	13.55	19.48	6.85	9.28	11.67	19.75	26.51	41.60	24.05	32.97	46.07
2.0	24.70	31.68	51.17	20.31	27.50	39.17	26.09	35.02	76.63	28.00	38.39	84.45
2.5	20.47	26.26	77.42	22.42	30.36	69.53	8.87	11.91	88.54	6.98	9.57	94.02
3.0	12.24	15.70	93.12	14.44	19.55	89.09	2.92	3.92	92.46	1.88	2.58	96.60
3.5	5.57	7.14	100.27	5.05	6.84	95.92	1.87	2.51	94.97	0.86	1.18	97.78
4.0				1.83	2.48	98.40	3.75	5.03	100.00	0.76	1.04	98.82
4.0下				1.56	2.11	100.51				0.64	0.88	99.70

表 1 續

粒徑 (φ)	里嶺大橋10313CV			高屏大橋10314AV			高屏大橋10314AH			高屏大橋10314BV		
	78.52g			80.42 g			81.70 g			72.22 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0				0.74	0.92		0.80	0.98				
-0.5				1.83	2.28	3.20	1.44	1.76	2.74			
0.0				4.75	5.91	9.10	2.72	3.33	6.07			
0.5				9.13	11.35	20.46	7.37	9.02	15.09			
1.0	1.16	1.48		18.14	22.56	43.01	13.28	16.25	31.35			
1.5	8.27	10.53	12.01	22.32	27.75	70.77	19.53	23.90	55.25	2.24	3.10	
2.0	25.65	32.67	44.68	14.34	17.83	88.60	17.45	21.36	76.61	13.44	18.61	21.71
2.5	19.40	24.71	69.38	4.63	5.76	94.35	10.60	12.97	89.58	19.70	27.28	48.99
3.0	17.11	21.79	91.17	2.40	2.98	97.34	2.03	2.48	92.07	10.44	14.46	63.45
3.5	5.25	6.69	97.86	1.04	1.29	98.63	2.00	2.45	94.52	13.88	19.22	82.66
4.0	1.40	1.78	99.64	1.03	1.28	99.91				8.47	11.73	94.39
4.0下	0.45	0.57	100.22							4.15	5.75	100.14

粒徑 (φ)	高屏大橋10314BH			高屏大橋10314C			萬大大橋10251AH			萬大大橋10251BH		
	70.12 g			64.61 g			67.30 g			71.87 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0												
-0.5												
0.0				0.12	0.19							
0.5				0.67	1.04	1.22						
1.0	0.65	0.93		3.30	5.11	6.33						
1.5	4.50	6.42	7.34	11.20	17.33	23.67	0.31	0.46		1.51	2.10	
2.0	21.81	31.10	38.45	17.37	26.88	50.55	1.56	2.32	2.78	1.70	2.37	4.47
2.5	19.18	27.35	65.80	11.82	18.29	68.84	7.46	11.08	13.86	8.27	11.51	15.97
3.0	7.01	10.00	75.80	5.00	7.74	76.58	25.05	37.22	51.08	20.65	28.73	44.71
3.5	6.83	9.74	85.54	6.23	9.64	86.23	21.21	31.52	82.60	18.75	26.09	70.79
4.0	5.56	7.93	93.47	6.36	9.84	96.07	8.15	12.11	94.71	12.18	16.95	87.74
4.0下	4.34	6.19	99.66	2.43	3.76	99.83	2.94	4.37	99.08	8.31	11.56	99.30

表 1 續

粒徑 (ϕ)	萬大大橋10251CH			萬大大橋10251DH			雙園大橋10252A			雙園大橋10252B		
	71.12 g			72.33 g			68.32 g			78.00 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0							4.17	6.10		4.25	5.45	
-0.5							3.63	5.31	11.42	3.01	3.86	9.31
0.0							4.77	6.98	18.40	4.56	5.85	15.15
0.5							5.89	8.62	27.02	8.32	10.67	25.82
1.0							13.08	19.15	46.17	22.58	28.95	54.77
1.5	0.21	0.30		0.72	1.00		21.26	31.12	77.28	26.80	34.36	89.13
2.0	1.51	2.12	2.42	1.37	1.89	2.89	14.83	21.71	98.99	7.86	10.08	99.21
2.5	10.61	14.92	17.34	6.15	8.50	11.39	2.99	4.38	103.37	0.76	0.97	100.18
3.0	26.27	36.94	54.27	19.32	26.71	38.10						
3.5	17.67	24.85	79.12	26.28	36.33	74.44						
4.0	9.60	13.50	92.62	11.07	15.30	89.74						
4.0下	5.08	7.14	99.76	7.03	9.72	99.46						

粒徑 (ϕ)	雙園大橋10252C			雙園大橋11141A			雙園大橋11141B			雙園大橋11141C		
	79.56 g			85.75 g			63.29 g			68.75 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0	2.44	3.07										
-0.5	1.54	1.94	5.00									
0.0	2.14	2.69	7.69									
0.5	8.16	10.26	17.95									
1.0	34.65	43.55	61.50	0.76	0.89					1.74	2.53	
1.5	26.42	33.21	94.71	4.44	5.18	6.06	0.53	0.84		2.15	3.13	5.65
2.0	3.96	4.98	99.69	19.52	22.76	28.83	0.76	1.20	2.04	2.81	4.09	9.75
2.5	0.63	0.79	100.48	26.21	30.57	59.39	2.73	4.31	6.35	6.58	9.57	19.32
3.0				15.93	18.58	77.97	6.75	10.67	17.02	11.07	16.10	35.42
3.5				8.00	9.33	87.30	15.78	24.93	41.95	17.24	25.08	60.49
4.0				6.45	7.52	94.82	20.08	31.73	73.68	17.73	25.79	86.28
4.0下				6.39	7.45	102.27	16.73	26.43	100.11	8.14	11.84	98.12

表 1 續

粒徑 (ϕ)	雙園大橋11141D		
	75.47 g		
	重量(g)	%	累積(%)
-1.0			
-0.5			
0.0			
0.5			
1.0			
1.5	0.71	0.94	
2.0	0.87	1.15	2.09
2.5	2.71	3.59	5.68
3.0	6.54	8.67	14.35
3.5	17.43	23.10	37.45
4.0	25.25	33.46	70.90
4.0下	21.70	28.75	99.66

表 1 續

表 2 顆粒分析之參數及分類表

平均值	$-1\phi - 0\phi$ (2毫米-1毫米)	Very coarse sand 極粗砂
Graphic Mean	$0\phi - 1\phi$ (1毫米-0.5毫米)	Coarse sand 粗砂
(MZ)	$1\phi - 2\phi$ 0.5毫米-0.25毫米	Medium sand 中砂
	$2\phi - 3\phi$ 0.25毫米-125微米	Fine sand 細砂
	$3\phi - 4\phi$ 125微米-62.5微米	Very fine sand 極細砂
	$4\phi - 5\phi$ 62.5微米-31微米	Coarse silt 粗粉砂
標準偏差	less than 0.35ϕ	Very well sorted 優淘選
Standard	$0.35\phi - 0.50\phi$	Well sorted 良淘選
Deviation	$0.50\phi - 0.71\phi$	Moderately well sorted 次良淘選
(σI)	$0.71\phi - 1.0\phi$	Moderately sorted 中淘選
	$1.0\phi - 2.0\phi$	Poorly sorted 劣淘選
	$2.0\phi - 4.0\phi$	Very poorly sorted 甚劣淘選

編 號	平均值 (ϕ)	顆粒度	標準偏差	淘選度
高美大橋 10111A	1.83	中 砂	1.55	劣
高美大橋 10111B	0.98	粗 砂	1.38	劣
高美大橋 10311AV	2.60	細 砂	0.88	中
高美大橋 10311AH	2.68	細 砂	0.65	次良
高美大橋 10311BV	2.91	細 砂	0.72	中
高美大橋 10311BH	2.20	細 砂	0.68	次良
高美大橋 10311CV	2.81	細 砂	0.86	中
高美大橋 10311CH	3.29	極細砂	0.67	次良
里港大橋 10312A	0.77	粗 砂	1.12	劣
里港大橋 10312B	0.73	粗 砂	1.13	劣
里港大橋 10312C	3.37	極細砂	0.97	中
里港大橋 10312D	0.47	粗 砂	0.85	中
里嶺大橋 10313AV	2.00	中 砂	0.70	次良
里嶺大橋 10313AH	2.24	細 砂	0.69	次良
里嶺大橋 10313BV	1.62	中 砂	0.89	中
里嶺大橋 10313BH	1.53	中 砂	0.71	次良
里嶺大橋 10313CV	2.18	細 砂	0.63	次良
高屏大橋 10314AV	1.11	中 砂	0.86	中
高屏大橋 10314AH	1.22	中 砂	0.82	中
高屏大橋 10314BV	2.68	細 砂	0.78	中
高屏大橋 10314BH	2.40	細 砂	0.83	中
高屏大橋 10314C	2.19	細 砂	0.95	中
萬大大橋 10251AH	2.98	細 砂	0.54	次良
萬大大橋 10251BH	3.09	極細砂	0.68	次良
萬大大橋 10251CH	3.01	極細砂	0.59	次良
萬大大橋 10251DH	3.14	極細砂	0.60	次良
雙園大橋 10252A	0.90	粗 砂	0.91	中
雙園大橋 10252B	0.76	粗 砂	0.77	中
雙園大橋 10252C	0.81	粗 砂	0.60	次良
雙園大橋 11141A	2.57	細 砂	0.82	中
雙園大橋 11141B	3.55	極細砂	0.62	次良
雙園大橋 11141C	3.07	極細砂	0.83	中
雙園大橋 11141D	3.58	極細砂	0.61	次良

表 3 河砂的顆粒度和淘選度

粒 徑 (φ)	大鵬灣08311H			大鵬灣10251L			枋山08191H			枋山08301L		
	68.07 g			74.87 g			80.74 g			69.00 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0							7.75	9.60		3.37	4.88	
-0.5							9.14	11.32	20.92	2.86	4.14	9.03
0.0							17.93	22.21	43.13	6.42	9.30	18.33
0.5	0.53	0.78					21.96	27.20	70.32	10.25	14.86	33.19
1.0	2.32	3.41	4.19				12.85	15.92	86.24	14.67	21.26	54.45
1.5	14.44	21.21	25.40	2.62	3.54		6.43	7.96	94.20	19.15	27.75	82.20
2.0	38.23	56.16	81.56	38.50	52.02	55.56	3.39	4.20	98.40	9.50	13.77	95.97
2.5	12.03	17.67	99.24	31.15	42.09	97.65	1.87	2.32	100.72	2.16	3.13	99.10
3.0	0.45	0.66	99.90	2.46	3.32	100.97				0.85	1.23	100.33
3.5				0.47	0.64	101.61				0.42	0.61	100.94
4.0												
4.0下												

粒 徑 (φ)	海口08192L			頂白砂08193H			頂白砂08303L			南灣08194H		
	69.21 g			74.01 g			75.32 g			70.05 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0											1.81	
-0.5							0.47	0.62		1.27	3.93	
0.0							0.96	1.27	1.90	2.75	5.82	5.74
0.5							9.44	12.53	14.43	4.08	14.62	11.56
1.0	0.30	0.43		1.86	2.51		41.81	55.51	69.94	10.24	25.54	26.18
1.5	1.14	1.65	2.08	16.84	22.75	25.27	20.64	27.40	97.34	17.89	33.76	51.72
2.0	4.31	6.23	8.31	38.05	51.41	76.68	1.57	2.08	99.43	23.65	15.72	85.48
2.5	46.80	67.62	75.93	15.64	21.13	97.81				11.01	0.97	101.20
3.0	14.83	21.43	97.36	1.57	2.12	99.93				0.68		102.17
3.5	1.02	1.47	98.83									
4.0												
4.0下												

表 4 浪砂的篩網分析結果

粒徑 (φ)	南灣08304L			小灣08195H			小灣078305L			小琉球白砂08312H		
	76.48 g			67.86 g			73.03 g			72.56 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0										1.95	2.69	
-0.5	0.79	1.03					0.26	0.36		13.12	18.08	20.77
0.0	1.13	1.48	2.51	1.74	2.56		0.56	0.77	1.12	33.52	46.20	66.97
0.5	4.38	5.73	8.24	4.08	6.01	8.58	1.63	2.23	3.35	10.50	14.47	81.44
1.0	13.23	17.30	25.54	8.90	13.12	21.69	4.63	6.34	9.69	0.96	1.32	82.76
1.5	23.86	31.20	56.73	18.05	26.60	48.29	28.11	38.49	48.19	2.14	2.95	85.71
2.0	25.57	33.43	90.17	27.84	41.03	89.32	34.11	46.71	94.89	6.80	9.37	95.08
2.5	6.69	8.75	98.91	6.95	10.24	99.56	5.56	7.61	102.51	3.20	4.41	99.49
3.0				0.33	0.49	100.04				0.10	0.14	99.63
3.5												
4.0												
4.0下												

粒徑 (φ)	小琉球杉福08313 L		
	70.48 g		
	重量(g)	%	累積(%)
-1.0			
-0.5			
0.0	0.73	1.04	
0.5	17.35	24.62	25.65
1.0	43.50	61.72	87.37
1.5	8.01	11.36	98.74
2.0	0.51	0.72	99.46
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.0下			

表 4 續

編	號	平均值 (ϕ)	顆粒度	標準偏差	淘選度
波浪					
大	鵬灣 08311H	1.69	中 砂	0.39	良
大	鵬灣 10251L	2.01	細 砂	0.33	優
枋	山 08191H	0.15	粗 砂	0.83	中
枋	山 08301L	0.79	粗 砂	0.88	中
海	口 08192L	2.29	細 砂	0.33	優
頂	白砂 08193H	1.74	中 砂	0.39	良
頂	白砂 08303L	0.82	粗 砂	0.38	良
南	灣 08194H	1.39	中 砂	0.71	次良
南	灣 08304L	1.30	中 砂	0.58	次良
小	灣 08195H	1.40	中 砂	0.59	次良
小	灣 08305L	1.52	中 砂	0.46	良
小	琉球白沙 08312H	0.07	粗 砂	0.87	中
小	琉球杉福 08313L	0.68	粗 砂	0.32	優

表 5 浪砂的顆粒度和淘選度

粒徑 (ϕ)	金沙崙10101W			金沙崙11191S			金沙崙11192S			金沙崙11193		
	74.21 g			62.23 g			74.06 g			70.04 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0												
-0.5												
0.0				0.51	0.82							
0.5				2.95	4.74	5.56						
1.0				5.98	9.61	15.17	1.56	2.11				
1.5	0.53	0.71		12.36	19.86	35.03	10.81	14.60	16.70	1.04	1.48	
2.0	5.98	8.06	8.77	15.75	25.31	60.34	27.39	36.98	53.69	47.14	67.30	68.79
2.5	45.21	60.92	69.69	19.35	31.09	91.43	29.44	39.75	93.44	20.54	29.33	98.12
3.0	20.09	27.07	96.77	5.47	8.79	100.22	5.27	7.12	100.55	1.25	1.78	99.90
3.5	1.26	1.70	98.46									
4.0	0.20	0.27	98.73									
4.0下												

粒徑 (ϕ)	金沙崙11194			風吹沙10102W			風吹沙10103S			風吹沙11195S		
	72.02 g			76.76 g			69.52 g			67.23 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0												
-0.5										0.98	1.46	
0.0							3.91	5.62		13.24	19.69	21.15
0.5							18.20	26.18	31.80	26.15	38.90	60.05
1.0							17.35	24.96	56.76	7.62	11.33	71.38
1.5				0.86	1.12		11.78	16.94	73.71	5.74	8.54	79.92
2.0	0.77	1.07		27.90	36.35	37.47	11.32	16.28	89.99	8.50	12.64	92.56
2.5	42.84	59.48	60.55	41.14	53.60	91.06	6.67	9.59	99.58	4.78	7.11	99.67
3.0	27.00	37.49	98.04	7.51	9.78	100.85	0.51	0.73	100.32	0.20	0.30	99.97
3.5	1.48	2.05	100.10									
4.0												
4.0下												

表 6 風砂的篩網分析結果

粒 徑 (ϕ)	風吹沙11196S			風吹沙11197		
	69.35 g			71.55 g		
	重量(g)	%	累積(%)	重量(g)	%	累積(%)
-1.0						
-0.5	0.20	0.29				
0.0	6.20	8.94	9.23	1.44	2.01	
0.5	22.75	32.80	42.03	8.80	12.30	14.31
1.0	13.25	19.11	61.14	7.58	10.59	24.91
1.5	10.15	14.64	75.78	10.67	14.91	39.82
2.0	10.22	14.74	90.51	25.17	35.18	75.00
2.5	5.78	8.33	98.85	16.82	23.51	98.50
3.0	0.61	0.88	99.73	1.13	1.58	100.08
3.5						
4.0						
4.0下						

表 6 續

編 號	平均值 (ϕ)	顆粒度	標準偏差	淘選度
風				
金沙崙 10101W	2.33	細 砂	0.33	優
金沙崙 11191S	1.71	中 砂	0.67	次良
金沙崙 11192S	1.94	中 砂	0.44	良
金沙崙 11193	1.91	中 砂	0.26	優
金沙崙 11194	2.45	細 砂	0.28	優
風吹砂 10102W	2.13	細 砂	0.33	優
風吹砂 10103S	0.97	粗 砂	0.72	中
風吹砂 11195S	0.62	粗 砂	0.79	中
風吹砂 11196S	0.85	粗 砂	0.75	中
風吹砂 11197	1.48	中 砂	0.71	中

表 7 風砂的顆粒度和淘選度