

臺灣地區 陸上砂石資源之研究



經濟部中央地質調查所

民國七十七年十二月

台灣地區陸上砂石資源之研究

賴 典 章

節 要

台灣地區因為公共工程的快速成長，所需砂石骨材日增，但水庫的建設却使河川砂石日愈枯竭，陸上砂石資源可能成為未來砂石骨材的重要來源，本文針對台灣地區陸上砂石可能來源加以探討，研究對象包括礫石層、砂岩、石英岩、安山岩、玄武岩、輝長岩、片岩、片麻岩、結晶石灰岩等。為了研究上的方便共分為 32 個分區進行，研究時首先對各可能儲存砂石骨材之地層進行地質調查，繼而進行明坑採樣，然後進行比重、吸水率、磨損率、健性耗率、單軸抗壓強度、彈性模數、包生比與鹼性反應等骨材試驗，完成之後綜合以上的研究結果，評估砂石儲量、砂石品質與開發潛力，經評估結果佳級骨材共有 13 個分區，儲量約 9,355 億公噸。但考慮開發時可能影響的自然因素與部分人文因素後，具高開發潛力的地區僅剩三義、大肚山、八卦山與蘭陽等四個分區，儲量約 390 億公噸，分佈地區較集中於本省中部與東北部，分佈不很均勻。以目前本省年需壹億公噸的需求量，陸上砂石儲量尚稱豐富。顧及人文因素影響陸上砂石開發頗鉅，預先劃定陸上砂石保留區將是必要的措施，另外降低運費及減低開發時造成的環境衝擊，相關的交通運輸等公共設施尚需加以配合，同時為使資源有效利用，砂石分級使用的觀念，急待建立。

一、前 言

台灣地區由於經濟之發展，各項建設都在蓬勃進行，所以混凝土、瀝青等被大量使用於各類建設中，而充當混凝土與瀝青骨材之砂石也因此需求量巨幅增加。傳統之砂石取之於河床，河床之砂石原本儲量豐富，且遍佈於各河川，本無匱乏之虞，但一方面由於砂石需求量過於巨大；另一方面因為水庫之建設使自然製造砂石的過程遭到破壞，而使河床砂石供給來源中斷，所以河川砂石有日愈枯竭之趨勢。在砂石來源供給中斷之河床上超限開採之結果，很快地使河床降低至危及河堤安全的程度，尤其北部地區之幾條河川特別嚴重，因此而有全面禁止淡水河系砂石開採之禁令。基於一方面確保砂石供給的來源不斷，另一方面又避免河堤安全受威脅，所以尋找砂石供應的新來源，成為日愈迫切的問題。經濟部有鑑於此問題之重要，早於民國七十年起著手

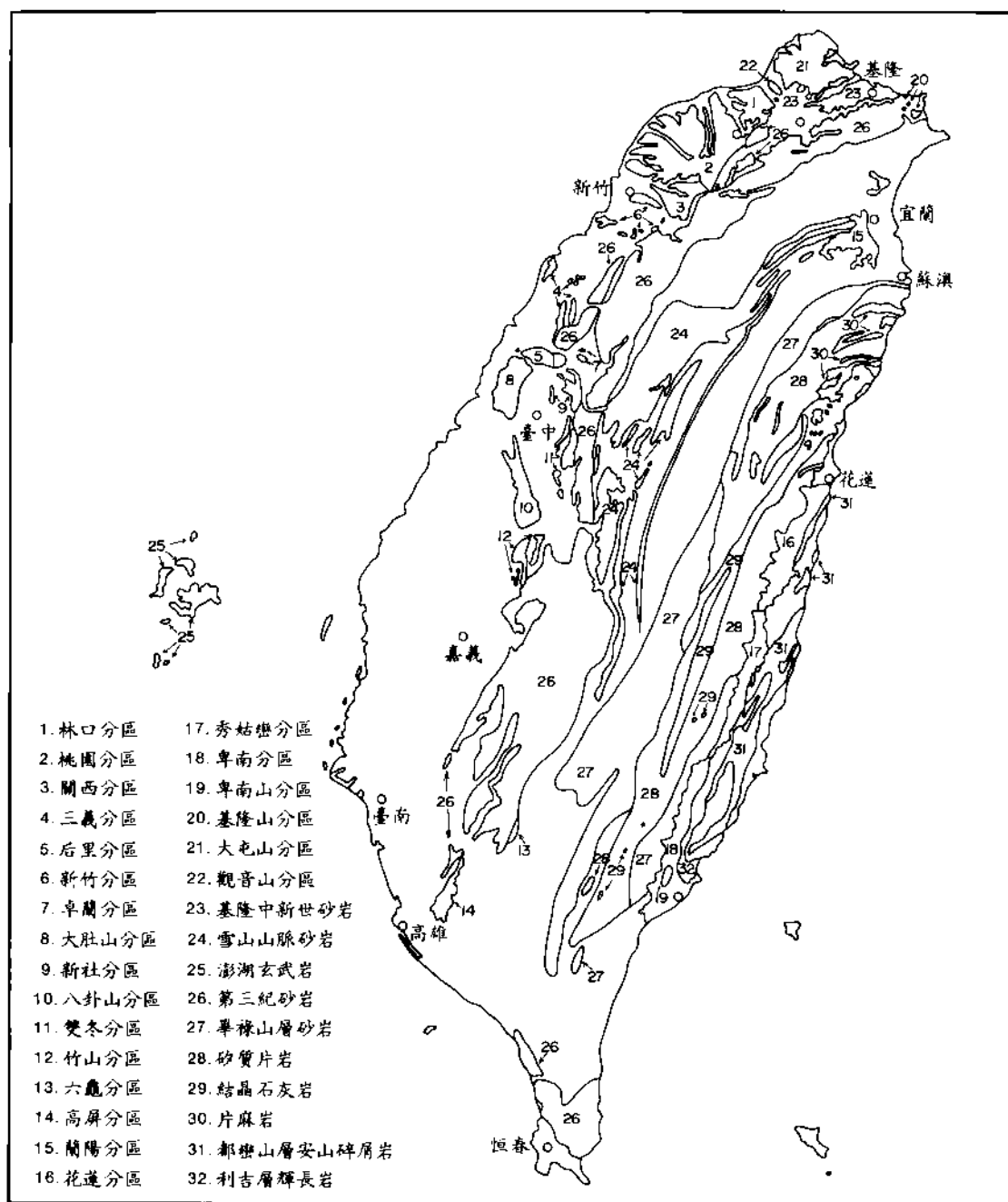
表一 砂石之可能來源

地 層	時 代
河階或台地堆積層	更新世
林口層 頭料山層 六龜礫岩層 卑南山礫岩層	上新-更新世
南港層 石底層 大寮層 木山層 五指山層	中新世
澳底層 大桶山層 乾溝層 四稜砂岩 西村層 新高層	始新-漸新世
變質石灰岩層 片麻岩 角閃岩	古生代晚期
安山岩 安山碎屑岩 玄武岩	更新世

進行台灣地區陸上砂石資源調查，委託調查計劃由中央地質調查所擬訂並執行，調查計劃共分二期六年完成，第一期的三年，調查台灣全省各地區之礫石層；第二期之三年，則調查可能作為砂石骨材之碎石母岩。目前此計劃已執行完畢。本研究針對調查之成果加以整理、評估，以期從全面的觀點了解台灣砂石資源的分佈，以及各地區之砂石品質、儲量狀況和未來可能開發潛力等，提供各界參考應用。

表二 調查區域與所屬地層表

編號	分 區 地	地 層
1.	林口	林口礫岩
2.	桃園	林口礫岩
3.	關西	頭料山層
4.	三義	頭料山層
5.	后里	台地堆積層
6.	新竹	河階堆積層
7.	卓蘭	河階堆積層
8.	大肚山	頭料山層、台地堆積層
9.	八卦山	頭料山層、台地堆積層
10.	新社	頭料山層、台地堆積層
11.	雙冬	頭料山層
12.	竹山	頭料山層
13.	高屏	頭料山層
14.	六龜	六龜礫岩
15.	蘭陽	沖積扇
16.	花蓮	沖積扇
17.	秀姑巒	沖積扇
18.	卑南	沖積扇
19.	卑南山礫岩	卑南山礫岩
20.	基隆山	安山岩
21.	大屯山	安山岩
22.	觀音山	安山岩
23.	基隆中新世砂岩	五指山、木山、大寮、石底、南港
24.	雪山山脈砂岩	西村、新高、四稜、乾溝、大桶山、澳底
25.	澎湖玄武岩	玄武岩
26.	第三紀砂岩	五指山、木山、大寮、石底、南港層
27.	畢祿山層砂岩	始新世地層
28.	矽質片岩	大南澳片岩
29.	結晶石灰	大南澳片岩
30.	片麻岩	大南澳片岩
31.	都巒山層 安山碎屑岩	都巒山層
32.	利吉層輝長岩	利吉層



圖一 臺灣地區陸上砂石資源調查區域圖

二、研究區域

台灣地區砂石資源之研究區域以可能作為砂石骨材來源之地層為目標，選定適合研究之地層分區進行（表一）。調查是以礫石層為第一期目標，而可作為骨材母岩之地層為第二期對象，同時基於調查需要，再按區域加以細分，但某些地層因野外調查與採樣方便而合併研究。總計調查 32 個分區（表二），包括所有可能具砂石骨材儲存之區域（圖一）。

三、儲藏砂石資源之地層

（一）林口礫岩

林口礫岩出露於林口台地，為更新世地層。其頂部由數十公分到數公尺厚之紅棕土被覆，紅棕土（reddish brown lateritic soil）為岩石或土壤受極度風化與淋洗（leaching）作用所形成，為多雨溫暖之亞熱帶地區在排水容易之平坦台地上常見之土壤，林口之紅土化作用未如熱帶地區之磚紅壤（laterite）完全。紅棕壤下之礫石，圓度甚高，曾於林口地區鑽探調查，其中於台地北側高爾夫球場附近，鑽探 60 公尺，尚未能貫穿礫石層；依何及李等之報告（Ho, 1969；Lee, 1969）及野外調查顯示台地東南側泰山一帶礫石粒徑最大，直徑可達 1 公尺以上，且礫石層厚度可達 200 公尺，礫粒直徑往西北側變小，厚度變薄尖滅，此暗示其古水流方向是由東南向西北，而沈積物來自東南方。礫石之岩性組成變化甚大，主要為中至細粒之混濁砂岩佔礫石量之 70%~90%；次為石英岩佔 10%~30%。混濁砂岩礫石強度變化甚大，於台地東南側泰山一帶以中強度混濁砂岩為主，呈淺褐色，中度風化，此砂岩礫偶有石英細脈，可能來自亞變質岩區。台地西北側露頭以低強度之混濁砂岩礫及砂岩礫為主，佔礫石總量之 70%~90%，礫石具紋層構造（lamination），呈深褐色，具強烈風化，部分不易完整挖出，其母岩可能為中新世或上新世地層。石英質礫石，膠結甚佳，岩性與亞變質岩區之四稜砂岩相同，其含量介於 10~30% 之間，各處含量不一。礫石層下部由厚層砂岩、粉砂岩、泥岩夾礫岩所組成，相當於頭嵛山層下部地層。

（二）頭嵛山層之礫岩

頭嵛山層整合覆蓋於上新世卓蘭層，主要出露於大甲溪和西螺溪之間的丘陵地及台地上。可分為二個岩相，兩者之間有漸變現象，一為礫岩相；另一為砂岩和頁岩相。巨大礫岩在頭嵛山層上部較發達，常形成峻峭懸崖和鋸齒狀山峯，礫岩層由礫石、砂

及土組成，厚度由數百公尺至一千公尺之間。礫石以沈積岩為主，其中石英岩和堅硬砂岩約佔百分之五十。礫石的形狀為圓形到次圓形，直徑多在數公分至數十公分，偶有達一公尺者。礫岩層的膠結物為細砂，間或含有鈣質或鐵質。礫石的淘選度通常欠佳。礫岩層內常有砂岩或粉砂岩的凸鏡體或薄層。

(三)六龜層

六龜層以礫石為主，夾有粗粒砂岩、砂質頁岩和泥岩。礫石主要由砂岩、石英岩、砂質頁岩和少數火山岩所構成。礫石直徑介於數公分到三十公分之間，礫石多呈次圓形。礫岩層之膠結物為砂、板岩碎片、粉砂和鐵質物，其膠結物比頭料山層之礫岩層堅密。六龜層在標準地的厚度約三百公尺，層厚向南漸增。

(四)卑南山礫岩

卑南山礫岩屬於河相山麓沈積物，出露於台東市北方 7 到 15 公里處，主要來自中央山脈變質岩區。礫岩層的形成可能在更新世中期或晚期，其厚度變化很大；在五百到三千公尺之間。其礫石以黑色片岩、綠色片岩、砂質片岩、變質石灰岩為主，粒徑主要為 3 至 15 公分。

(五)紅土台地堆積層和台地堆積層

台地堆積層可分為兩種，一為頂部覆蓋有紅土，稱為紅土台地堆積層；另一為沒有紅土覆蓋，稱為台地堆積層。

台地堆積層以未膠結之礫石層為主，其中夾有砂質或粉砂質凸鏡體，呈平緩構造，一般層理不明顯且淘選度差。礫石直徑從幾公厘到 2 公尺以上。小於 2 公厘的顆粒則為礦物和岩石碎屑。礫石有各種不同岩性，種類隨著來源和地區的不同而異，通常以岩屑質砂岩和石英砂岩比較多。礫石通常和各種不同比例的砂、粉砂、粘土混雜在一起。有些地方台地堆積層的主要組成物質是細粒碎屑（砂、粉砂、粘土）夾少量礫石。礫石層一般都呈土黃色，因局部受鐵分浸染，常變為褐黃色。紅土台地堆積層因紅色粘土發育在頂部，所以礫石層上部呈現紅色。礫石堆積層的厚度隨著各個不同的台地而異，可從數十公尺到二百公尺以上。紅土的厚度在數十公分到十公尺之間。在完整的剖面中，紅土往下漸變為礫石，其間隙中常填充有少量紅土，再往下就變為未受風化的礫石層。

(六)第三紀砂岩層

第三紀砂岩包括五指山層、木山層、大寮層、石底層及南港層之砂岩，分佈於台灣西部麓山帶，呈南北走向。

(七)雪山山脈變質砂岩

雪山山脈中之變質砂岩分佈於中央山脈西北側，呈東北西南走向之條狀分佈，包括澳底層、大桶山層、乾溝層、四稜砂岩及西村層等地層之變質砂岩。

(八)畢祿山層

畢祿山層中之變質砂岩包括始新世變質岩層中之砂岩，主要分部於脊樑山脈，以及中央山脈之東南緣。

(九)大南澳片岩

大南澳片岩中包含有矽質片岩、結晶石灰岩、片麻岩及角閃岩等，較可能為骨材之母岩，其中結晶石灰岩與片麻岩的分佈較集中，而矽質片岩大多夾雜於片岩中。

(十)都巒山層

都巒山層有安山集塊岩、石灰岩等較有可能為骨材之母岩，其中以安山集塊岩之分佈較廣，為本研究主要對象之一。

(十一)利吉層

利吉層中有許多外來岩塊，其中輝長岩較可能為骨材，但其分布不規則，開採較困難。

(十二)基隆山火成岩

基隆山地區包括七個火山岩體和臨近的熔岩流或火山碎屑岩。本區之火山岩體主要由石英安山岩侵入地殼或噴出地表冷卻凝結而成。侵入岩體包括基隆山、塞連山、新山、金瓜石本山、武丹山等五處；噴出岩體有草山和雞母嶺二處。

(十三)大屯山火成岩

大屯山地區火山岩體主要分佈於炭腳斷層以西，並且沿著三條東北—西南走向之地質弱帶噴發，噴發的時期在更新世早期或上新世晚期。火山噴發的型式包括三期的強烈爆發和多期的火山熔岩流。火山爆發之物質為安山岩質火山角礫岩和凝灰岩等火山碎屑岩；熔岩屬於中性至基式安山岩和少數的玄武岩，其中玄武岩的形成可能較安山岩為早。根據陳(1975)研究結果，安山岩極可能是從大陸邊緣玄武岩質岩漿經結晶分化過程所產生。陳、吳(1971)將大屯山區之火山岩分為 14 種岩性。

(四) 觀音山火成岩

觀音山地區的火山岩體屬於大屯火山群的一部分，與大屯山地區隔淡水河遙遙相對，呈一孤立山峯聳立在淡水河左岸。其火山岩體包括觀音山火山岩體、烏山頭火山岩體、成子寮火山岩體及臨近的火山集塊岩與凝灰角礫岩等。火山岩體大多屬噴出岩體，局部有侵入岩體出露。

表三 平均比重、吸水率與磨損率

分 區	比 重	吸水率(%)	洛杉磯磨損率(%)		健 性 耗率(%)
			<3"	3" ~6"	
林口	2.43	4.46	55.08	49.14	15.17
桃園	2.43	3.17	46.90	25.73	7.93
關西	2.38	5.85	65.20	47.19	26.08
二義	2.51	1.89	51.31	26.99	3.20
后里	2.50	1.93	33.94	20.86	1.10
新竹	2.28	7.26	79.91	83.89	19.03
卓蘭	2.50	2.08	29.79	20.01	-
大肚山	2.56	1.87	27.89	-	3.78
八卦山	2.54	2.73	35.71	42.28	5.06
新社	2.54	2.39	32.28	35.64	3.05
雙冬	2.57	2.06	29.62	29.06	5.61
竹山	2.57	2.24	30.38	32.28	4.37
高屏	2.50	3.72	57.34	60.93	13.14
六龜	2.54	3.28	40.43	40.81	10.06
蘭陽	2.64	1.75	28.80	24.70	0.26
花蓮	2.68	1.50	44.10	42.20	0.68
秀姑巒	2.65	1.60	46.80	51.10	0.58
卑南	2.66	1.29	42.40	44.50	1.42
卑南山礫岩	2.58	2.73	60.40	62.50	5.49
基隆中新世砂岩	2.16	6.61	62.82	-	18.06
雪山山脈砂岩	2.62	0.75	21.02	-	0.71
第三紀砂岩	2.46	4.51	63.00	-	38.20
畢祿山層砂岩	2.69	0.49	36.87	-	3.35
矽質片岩	2.67	0.68	45.04	-	1.81
結晶石灰岩	2.72	0.31	48.80	-	1.48
片麻岩	2.82	0.60	29.48	-	2.06
都巒山碎屑岩	2.54	3.89	31.44	-	26.54
利吉層輝長岩	2.56	2.93	26.72	-	15.70
基隆山安山岩	2.59	2.24	21.91	-	2.20
大屯山安山岩	2.64	2.42	25.10	-	0.90
觀音山安山岩	2.52	2.01	23.80	-	0.70
澎湖玄武岩	2.75	2.59	22.90	-	3.07

(三)澎湖玄武岩

澎湖玄武岩露佈於澎湖群島各島嶼，包括輝長岩、亞多孔質玄武岩、多孔質玄武岩、柱狀及板狀玄武岩、及粗粒玄武岩等五種岩石。

四、骨材試驗

砂石骨材必須具備某些物理條件如比重、吸水率、洛杉磯磨損率、健性耗率、單軸抗壓強度與鹼性反應等，因此 32 分區都進行以上各項試驗。其中鹼性反應選擇地區進行，對礫石層之礫石大多未進行該項試驗。各項試驗結果分述如下：這些結果是由中央地質調查所的台灣地區陸上砂石資源調查研究報告（張等，1983；張等，1984；苟等，1985；劉等，1986；劉等，1987 及費等，1988）的原始資料綜合整理獲得。

表四 平均單軸抗壓強度彈性模數與包生比

分 區	單軸抗壓強度 (kg/cm ²)	彈性模數 (10 ⁵ kg/cm ²)	包生比 (μ)
大肚山	1693	5.19	0.204
八卦山	1169	3.27	0.217
新社	1562	4.21	0.130
雙冬	1069	4.67	0.141
竹山	1563	3.80	0.193
高屏	993	2.19	0.238
六龜	790	1.81	0.394
蘭陽	688	4.81	0.162
花蓮	760	4.46	0.234
秀姑巒	760	3.30	0.221
卑南	875	3.70	0.184
卑南山礫岩	1009	2.71	0.183
基隆中新世砂岩	381	0.56	0.386
雪山山脈砂岩	1530	4.40	0.152
第三紀砂岩	448	0.92	0.399
卑祿山層砂岩	839	4.32	0.332
砂質片岩	636	2.63	0.217
結晶石灰岩	702	4.49	0.365
片麻岩	1090	4.39	0.283
都巒山碎屑岩	704	2.87	0.220
利吉層輝長岩	486	3.17	0.303
基隆山安山岩	757	3.64	0.268
大屯山安山岩	1043	3.93	0.209
觀音山安山岩	1027	4.12	0.235
澎湖玄武岩	1293	5.99	0.256

(一)平均比重、吸水率、磨損率、健性耗率

各區採樣試驗結果所得之平均比重、吸水率及磨損率列於表三，由表三可知比重小於 2.5 的區域占小部份，包括林口、桃園、關西、新竹、基隆中新世砂岩及第三紀砂岩等 6 個區域；其他則大於 2.5。吸水率大於 3.0% 的區域與比重相似，占小部分，包括林口、桃園、關西、新竹、高屏、六龜、基隆中新世砂岩、第三紀砂岩及都巒山碎屑等 9 個區域。洛杉磯磨損率大於 40% 的區域包括林口、桃園、關西、三義、新竹、高屏、六龜、秀姑巒、卑南、卑南山礫岩、基隆中新世砂岩、第三紀砂岩、矽質片岩及結晶石灰岩等 14 個區域，其中三義地區經詳查結果，磨損率在 25.5% (賴等，1987)，健性耗率大於 12% 的包括林口、關西、新竹、高屏、基隆中新世砂岩、都巒山碎屑岩及利吉層輝長岩等 8 個區域。

(二)單軸抗壓強度、彈性模數與包生比

各地區之礫石或碎石母岩，因其岩性不同，而其抗壓強度、彈性模數與包生比差異頗大，各地區試驗之平均值列舉如表四。

表四顯示大部份地區的單軸抗壓強度多在 500 kg/cm^2 以上，僅基隆中新世砂岩、第三紀砂岩與利吉層輝長岩在 $300\text{--}500 \text{ kg/cm}^2$ 之間，表四中缺少林口、桃園、關西、三義、后里、新竹、卓蘭等區域之單軸向抗壓強度資料，但三義地區之雙峰山附近，經中央地質調查所由 30 個明坑取樣的單軸抗壓試驗結果，其強度在 1158 kg/cm^2 (賴等，1987)，而林口地區之礫岩之單壓強度則在 669 kg/cm^2 左右 (中興大學，1988)。

(三)鹼性反應

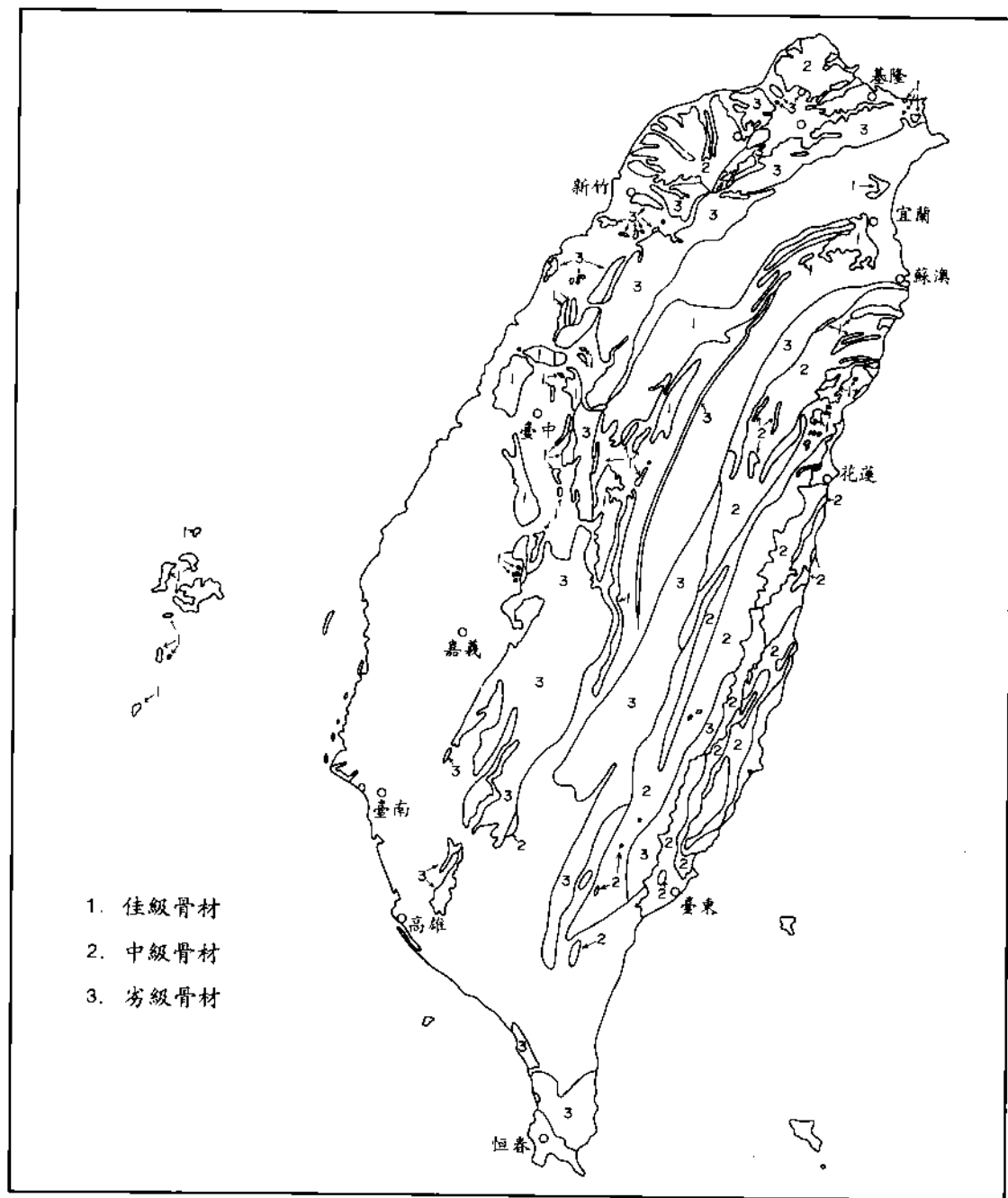
鹼性反應試驗主要對象是碎石母岩，經抽樣測試結果，在大屯山安山岩中發現有「可能鹼性有害」骨材 (劉等，1986)，而在觀音山安山岩、眉溪砂岩、畢祿山層砂岩與矽質片岩中則發現有「鹼性有害」骨材存在 (劉等，1986；劉等，1987；費等，1988)。其他各類之碎石母岩中，未發現有「鹼性有害」或「可能鹼性有害」骨材存在。

五、開發潛力評估

(一)砂石儲量

探討砂石開發潛力之前，首先必須確定砂石儲量。據調查結果，將各分區之砂石儲量列於表五。

儲量估計，因地質圖及地形圖之準確度以及地層厚度等的估計，其準確性並不一



圖二 臺灣地區陸上砂石骨材等級分佈圖

表五 砂石儲量

分	區	砂 (億公噸)	石 (億公噸)	合	計
林口		27.1	127.5	154.6	
桃園		23.4	142.6	166.0	
關西		14.7	54.8	69.5	
三義		23.7	145.9	169.6	
后里		34.9	129.6	164.6	
新竹		3.9	8.7	12.6	
卓蘭		0.9	9.9	10.8	
大肚山		10.8	66.1	76.9	
八卦山		3.9	70.0	73.9	
新社		0.5	34.0	34.5	
雙冬		0.7	18.0	18.7	
竹山		1.4	31.4	32.8	
高屏		1.7	24.5	26.2	
六龜		0.6	6.9	7.5	
蘭陽		14.9	53.1	68.0	
花蓮		19.8	66.4	86.2	
秀姑巒		5.6	13.8	19.4	
卑南		12.4	39.6	52.0	
卑南山礫岩		34.8	99.2	134.0	
基隆中新世砂岩		—	67.8	67.8	
雪山山脈砂岩		—	8665.0	8665.0	
第三紀砂岩		—	—	—	
畢祿山層砂岩		—	—	—	
砂質片岩		—	505.6	505.6	
結晶石灰岩		—	2989.8	2989.8	
片麻岩		—	140.1	140.1	
都巒山安山碎屑岩		—	22.6	22.6	
利古層輝長岩		—	—	—	
基隆山安山岩		—	10.0	10.0	
大屯山安山岩		—	187.2	187.2	
觀音山安山岩		—	8.2	8.2	
澎湖玄武岩		—	5.8	5.8	

致，通常礫石層地區的精確性較高，而碎石母岩因受地質構造與沈積環境影響，厚度變化亦大，因此其估計值易發生差異，尤其是第三紀砂岩與畢祿山層砂岩，因夾於頁岩或板岩中，局部變化大，延展不良而不易估計。另外如利古層之火成岩體，因屬於外來岩塊，分佈不均，體積不易估計，因此無法估計其儲量。

(二)砂石品質

砂石品質為評估砂石開發潛力之重要因素，砂石除須具有巨大儲量以外，其品質必須符合骨材之要求，方能適用。砂石品質之評定，可依據混凝土骨材品質之要求標

表六 各分區砂石品質評定結果

分 區	品 質		
	佳	中	劣
林口			v
桃園		v	
關西			v
三義	v		
后里	v		
新竹			v
卓蘭	v		
大肚山	v		
八卦山	v		
新社	v		
雙冬	v		
竹山	v		
高屏			v
六龜		v	
蘭陽	v		
花蓮		v	
秀姑巒		v	
卑南		v	
卑南山礫岩		v	
基隆中新世砂岩			v
雪山山脈砂岩	v		
第三紀砂岩			v
畢祿山層砂岩			v
砂質片岩			v
結晶石灰岩		v	
片麻岩	v		
都巒山安山岩		v	
利吉層輝長岩		v	
基隆山安山岩	v		
大屯山安山岩		v	
觀音山安山岩			v
澎湖玄武岩	v		
眉溪砂岩			v

表七 本省各類品級陸上砂石儲量表

品 質	儲量(億公噸)
佳	9354.6
中	3664.7
劣	960.5

表八 可能影響砂岩開發潛力之因素

種 類	因 素
自然因素	砂石儲量 砂石品質 地形 水文 環境影響
人文因素	交通運輸 土地利用程度 土地使用規劃 市場需求 社會意願 經濟成本

準訂定，符合混凝土骨材之標準列舉如下：

1. 健性耗率低於 12%。
2. 洛杉磯磨損率低於 40%。
3. 比重大於 2.5。
4. 吸水率小於 3.0。
5. 強度大於 500 kg/cm²。
6. 無鹼性有害物質。

完全滿足以上條件之砂石則為佳級；如果前五項中有一至二項未達到標準者則為中等；如果前五項中有三種以上未達到標準者則為劣等。鹼性有害物質之存在對品質評估至為重要，只要含有「可能有害物質」就為中等，如果為「有害物質」者則為劣等。

根據以上標準，各分區評定結果列於表六，而其分佈示於圖二。

表六之分類是以各地區或各類岩石經試驗之平均值為依據，事實上同一地區或同一類岩性之間仍有相當變化，若經詳細研究可能還有不同的評定。

根據調查研究結果所統計之本省陸上砂石各品級之儲量，示於表七。

表七中之佳級骨材儲量略已達上限，中級與劣級骨材因有許多砂岩之儲量不易估計而未計算在內。

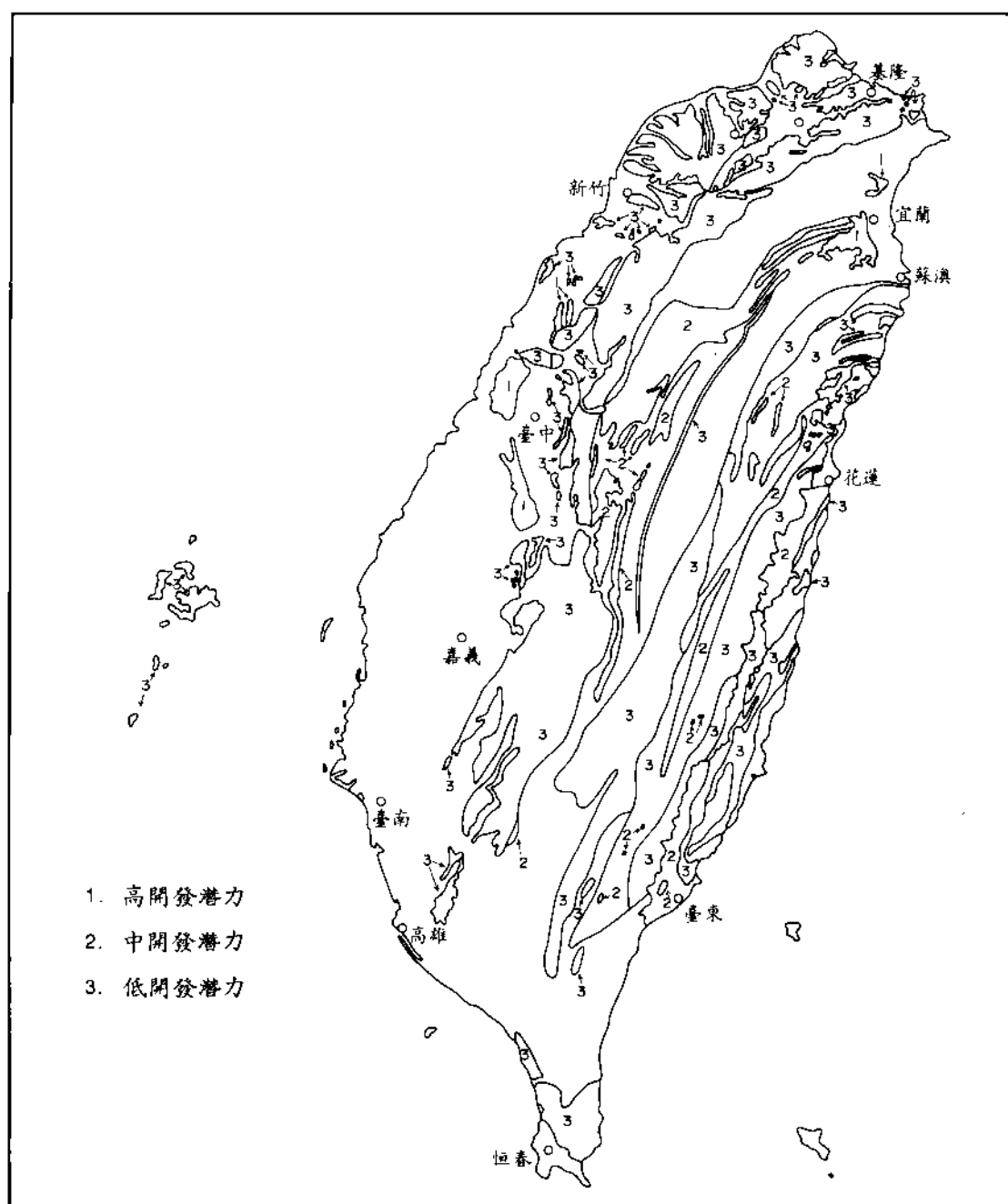
表九 各分區砂石開發潛力評估表

分 區	評 估 因 素					開 發 潛 力
	儲量 (億公噸)	品質	地形	交通	土地利用 程度	
林口	154.6	劣	佳	佳	高	低
桃園	166.0	中	佳	佳	高	低
關西	69.5	劣	中	佳	低	低
三義	169.6	佳	劣	中	低	高
后里	164.5	佳	中	佳	高	低
新竹	12.6	劣	佳	佳	高	低
卓蘭	10.8	佳	佳	佳	高	低
大肚山	76.9	佳	佳	佳	低	高
八卦山	73.9	佳	佳	佳	低	高
新社	34.5	佳	佳	佳	高	低
雙冬	18.7	佳	佳	佳	高	低
竹山	32.8	佳	佳	佳	高	低
高屏	26.2	劣	佳	佳	高	低
六龜	7.5	中	劣	佳	低	中
蘭陽	68.0	佳	佳	佳	低	中
花蓮	86.2	中	佳	佳	低	中
秀姑巒	49.4	中	佳	佳	低	中
卑南	52.0	中	佳	佳	低	中
卑南山礫石	134.0	中	劣	中	低	中
基隆中新世砂岩	67.8	劣	劣	中	低	中
雪山山脈砂岩	886.5	佳	劣	劣	低	中
第三紀砂岩	—	劣	中	中	中	低
畢祿山層砂岩	—	劣	劣	劣	低	低
砂質片岩	505.6	劣	劣	劣	低	低
結晶石灰岩	2989.8	中	劣	中	低	中
片麻岩	140.1	佳	劣	中	低	低
都巒山安山碎屑岩	22.6	中	中	中	低	低
利吉層輝長岩	—	中	佳	佳	高	低
基隆山安山岩	10.0	佳	劣	佳	低	低
大屯山安山岩	187.2	中	劣	佳	國家公園	低
觀音山安山岩	8.2	劣	劣	佳		低
澎湖玄武岩	5.8	佳	佳	劣		低

(三)開發潛力評估

開發潛力評估所涉及的因素繁多，評估頗為不易。與開發潛力有關的因素包括自然因素與人文因素（表八）。

自然因素中如砂石儲量、砂石品質、地形等，以調查及試驗方法可獲得較客觀的數據作為評估依據；至於水文與環境的因素則需長時間的觀察、研究、分析及類比等方可有較合理的結果。人文因素比自然因素難以確定，除了現況之外，還涉及未來變



圖三 臺灣地區陸上砂石資源開發潛力評估圖

遷因素，因此較難定，當然評估更不容易。其中交通、土地利用與土地使用規劃較為可靠，因有現況可為評估依據，當然這些因素可因人為因素在短期內加以改變，而可為變數，至於其他幾項因素則與開發有互動關係，因此難以掌握。本文之評估主要以砂石儲量及砂石品質為評估開發潛力之標準，另外參考地形、交通現況及土地利用等

表十 陸上砂石開發潛力統計表

等	級	區	域	儲量 (億公噸)
高潛力		三義、大肚山、八卦山、蘭陽		388.4
中潛力		六龜、花蓮、卑南、卑南山礫岩、雪山砂岩、結晶石灰岩。		12,134.5
低潛力		林口、桃園、關西、后里、新竹、卓蘭、新社、雙冬、竹山、高屏、秀姑巒基隆山、大屯山、觀音山、基隆中新世砂岩、澎湖玄武岩、第三紀砂岩、畢祿山層砂岩、砂質片岩、片麻岩、都巒山安山、碎屑岩、利古層輝長岩。		1,686.9

因素，作為評估之依據，各分區之評估結果列於表九，而其分佈示於圖三。

依表九的分類，將砂石開發潛力依高中低三種等級加以統計列於表十。

本省之具有開發潛力的分區為數較少（表十），且集中於中部與東北部地區，其總儲量 390 億公噸左右，具有中度開發潛力者所占之地區也為數不多，但儲量相當可觀，而低開發潛力者則為數頗多。

據表六和表十之統計結果，砂石品質佳者達 13 個地區（表六），但具高開發潛力者所占比例不高（表十），由此可見除砂石品質外，其他自然因素與人文因素對砂石之開發潛力具有絕對影響。因此具有高開發潛力的地區，若再加上其他各項人文環境因素，其可開採量仍會大幅降低。

本省之具開發潛力的砂石儲量在 390 億公噸左右（表十），與目前本省混凝土骨材與道路鋪面所需骨材，年需要量約一億公噸相比較，應有足夠供應來源，但因為人文因素對砂石開採有甚大影響，因此預先規劃砂石保留區是保障砂石來源首要之辦法。

較具開發潛力之砂石區集中於中部與東北部，而砂石需求較大的區域則集中於北部與南部，因供需兩地之間有較長距離，所以運輸費用與交通道路之投資經費，將增加砂石的開發成本。

本省年需砂石約一億公噸，係由水泥與柏油之使用量為估計依據（簡，1984）。表示一億噸之骨材是用在較高級之混凝土與柏油鋪料，而未包含其他填方材料。填方在基礎工程與道路工程方面的用量龐大，但其對品質要求則不如混凝土骨材嚴格，因此砂石的使用應有所區別。較佳之砂石用於混凝土骨材，而較差者用於填方材料的觀念應早建立，以免浪費資源。

六、結 論

(一)本省陸上砂石中以中部之三義、大肚山、八卦山分區及東北部之蘭陽分區較具開發潛力。

(二)具有高開發潛力之陸上砂石儲量約在 390 億公噸，與本省骨材年需要量約一億公噸左右相比較，本省的陸上砂石應有足夠供應來源。

- (三)由調查研究結果本省優良砂石約有 9712 億公噸，但因自然與人文因素影響，具有高開發潛力之砂石儲量降至 390 億公噸左右。
- (四)因人文條件與環境因素對陸上砂石的開發具有絕對影響，故較高開發潛力之 390 億公噸砂石儲量中，將來的實際可開採量，仍會大幅減低。
- (五)為了確保陸上砂石開發以及骨材來源，預先劃定陸上砂石保留區，是一件必需而重要的工作。
- (六)因較具開發潛力之陸上砂石區，分佈在中部與東北部，與砂石需求量較大的北部與南部之間有一段距離，因此運輸費用將成為砂石開發之主要成本。為有效降低開發成本，將必須妥對運輸及交通方面的公共投資有周詳的計劃。
- (七)佳級砂石可為混凝土與高級鋪面用之骨材，但是佳、中、劣三級砂石均可為填方材料，因此應將中或劣級砂石用於填方，保留佳級砂石用於重要建設的骨材，因此砂石分級使用的觀念應儘速建立。

七、誌 謝

作者首先要感謝經濟部中央地質調查所應用地質組歷年來參與「台灣地區陸上砂石資源調查」計畫的各位同仁，由於他們的辛勤努力，才使得台灣地區陸上砂石的分佈、品質等基本資料得以建立，尤其要特別感謝江崇榮先生對這項計畫推展的巨大貢獻，以及對本文提供的各項寶貴意見。同時也要感謝在砂石調查計畫執行期間，提供各項服務的單位，特別是測繪室在圖件的準備與製作上給予密切支援。最後要謝謝黃所長敦友先生鼓勵本文的發表，並給予寶貴的建議與指正。

引用文獻

- 中興大學土木研究所 (1988) 台北縣樹林鎮荒子寮及桃園縣龜山鄉尖山脚地區陸上砂石堆積層開發規劃報告，共 401 頁。
- 苟澎生、張徽正、陳福將 (1985) 台灣地區陸上砂石資源調查與研究報告，第三卷，東部地區陸上砂石資源，共 220 頁。
- 張徽正、賴典章、侯秉承、江崇榮、費立沅、苟澎生、陳福將 (1982) 台灣地區陸上砂石資源調查與研究報告，第一卷，北部地區陸上砂石資源，共 157 頁。
- 張徽正、苟澎生、江崇榮 (1984) 台灣地區陸上砂石資源調查與研究報告，第二卷，南部地區陸上砂石資源，共 215 頁。
- 陳肇夏、吳永助 (1971) 台灣北部大屯地熱區之火山地質。中國地質學會會刊，第 14 號，第 5-20 頁。
- 費立沅、翁仁君、賴典章 (1988) 台灣地區陸上砂石資源調查與研究報告第六卷，第三紀砂岩與台灣石母