

96 年度

廢混凝土應用於自來水工程
可行性之探討

撰寫單位：台灣自來水公司第一區管理處

撰寫人員：彭南弘

撰寫期程：96 年 3 月至 96 年 6 月

目錄

1.	研究緣起與目的	2
2.	文獻回顧	2
3.	名詞定義	3
4.	再生混凝土之特性	3
5.	使用案例	4
6.	相關規範	5
7.	再生混凝土(粒料)在自來水工程之應用	
	7.1 管線工程	5
	7.2 土建工程	7
	7.3 建議規範	8
8.	結論	11
9.	參考文獻	12
10.	附件	13

1. 研究緣起與目的

國內每年產生 350 萬立方公尺之營建廢棄混凝土量，中國大陸自 96 年 3 月 1 日起禁止出口砂石導致本年底將缺少 1,200 萬立方公尺砂石量，行政院公共工程委員會將「推動營建資源再利用於公共工程」自 93 年度起納入「挑戰 2008 國家發展重點計畫」之「水與綠建設計畫」之「綠營建計畫」，並於 92 年 9 月 22 日奉行政院核准。

依據工程會設定國內六大部會（內政部、交通部、經濟部、農委會、國防部、教育部）決標金額 1,000 萬元以上工程「使用廢棄混凝土數量」佔該年度「產出廢棄混凝土數量」之利用率目標值為：

94 年度需達 10% 以上

95 年度需達 30% 以上

96 年度需達 50% 以上

97 年度需達 70% 以上

94、95 年之目標尚不難達成，惟今（96）年 50% 之目標誠屬不易。為達此一目標，本公司應積極配合將之納入自來水工程之施工中。此舉除可解決公共工程砂石不足之窘境，更可解決與日俱增的廢棄物問題，化腐朽為神奇，為日漸枯竭的地球資源盡一份環保的責任。

本文藉由回顧各部會機關辦理廢棄混凝土再生利用之情形，針對其應用於自來水工程的可行性提出看法。

2. 文獻回顧

內政部營建署許振明科長「營建事業廢棄物管理法規與政策」政策面的探討，提供廢棄混凝土再利用的法源依據；中央大學林志棟教授「廢混凝土於預拌混凝土廠之再利用」，針對再生粒料之技術面加以探討；台灣科技大學張大鵬教授「再生混凝土使用手冊之介紹」提出再生混凝土施工規範草案；中興大學陳豪吉教授「廢混凝土再利用施工規範

及案例」除提出國內再生粒料相關規範外，並舉實際應用案例佐證；工研院能環所郭烈銘研究員「營建廢混凝土再利用網路申報作業」詳述申報作業流程及利用率計算。

3. 名詞定義

再生混凝土粒料：由混凝土構造物(含建築物、混凝土鋪面、橋樑等)拆除之混凝土廢棄物，經適當的處理程序所製造成之乾淨碎石、表面沾黏水泥砂漿之碎石、硬固水泥砂漿塊等塊粒狀材料均稱為「再生混凝土粒料」，包括「再生混凝土粗粒料」及「再生混凝土細粒料」兩類。

再生混凝土：由以「全部再生粗粒料」或以「部分再生粗粒料混合部分一般粗粒料之兩者混合料」，與一般細粒料、水泥、水及摻料等材料所拌製而成之混凝土。⁽³⁾

由於「再生混凝土細粒料」性質變異性太大，一般不建議採用，目前世界上只有日本使用。

廢混凝土之產出：依廢混凝土再利用申報系統，將產出概分為兩類：B5（磚塊與混凝土塊之混合物，屬剩餘土石方）；D05-R05（混凝土塊與土方及營建廢棄物之混合物，即營建混合物或營建廢棄物）。

廢混凝土之再利用：依廢混凝土再利用申報系統，將再利用概分為六類：R1（水泥混凝土拌合粒料）、R2（瀝青混凝土拌合粒料）、R3（水泥製品，如地磚、水溝蓋、路緣石、箱涵、消波塊）、R4（級配填方，或稱基底層）、R5（回填料）、R6（工區內自行回填平衡）。

4. 再生混凝土之特性

1. 適用於次要構造物（設計強度 210kgf/cm^2 以下）。
2. 適用與人非長期密切接觸者之施工（免於恐懼）。
3. 原混凝土品質愈差愈好。
4. 新拌性質及硬固性質略遜於普通混凝土，其差異程

度，隨混凝土中再生粒料摻用量的多寡及不同配比條件而不同。

5. 初期強度偏低，澆置後 14 天內表面不得載重或車輛水流磨損。
6. 比重較普通混凝土略輕。粒料絕乾密度應在 $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 以上，吸水率在 10% 以下為佳，雜質愈少愈好。
7. 單價可較普通混凝土為低（約 $400\text{元}/\text{m}^3$ ）。
8. 細粒料性質變異性太大，一般不建議採用於水泥混凝土。

5. 使用案例

經濟部水利署第三河川局「大里溪坪林、二重、中平路堤工程」牆身部分（不含底版）使用 96% 再生粗粒料，設計強度 $210\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，28 天試體抗壓強度達 $300.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，16 週後鑽心試體抗壓強度平均為 $344.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，成效良好。

公路總局第二區養護工程處「119 縣黃泥崎段彎道改善工程」19K+260~19K+931 處公路構造物，設計強度 $210\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $175\text{kgf}/\text{cm}^2$ 及 $140\text{kgf}/\text{cm}^2$ 三種廢棄混凝土，設計量 $2,883\text{m}^3$ ，28 天試體抗壓強度達分別達 292.1、273.8 及 $239.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，均大於目標強度（設計強度之 1.25 倍）。

農委會水土保持局「深坑野溪整治加強工程」方籠基礎、固床工及護岸，設計 $175\text{kgf}/\text{cm}^2$ 預拌再生粒料混凝土，粗粒料全部使用再生粒料，鑽心取樣試驗抗壓強度 215.39、242.8 及 $268.45\text{kgf}/\text{cm}^2$ ；「北坑溪整治二期工程」基礎、格梁、護床工及跌水工，設計 $210\text{kgf}/\text{cm}^2$ 預拌再生粒料混凝土，使用 40% 再生粗粒料（因雜質偏高），試驗強度平均為 $241.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

雲林縣政府於雲林縣西螺鎮下湳里產業道路試鋪廢混凝土再生粒料瀝青混凝土路面。

國工局利用 65,000 m³ 震災建築廢棄物，利用於二高烏日交流道路床填方材料，成效良好⁽⁴⁾。

6. 相關規範

交通部：91 年完成廢棄混凝土應用於公路構造物之規範草案，包含「廢棄混凝土磚瓦再生粒料之品質標準」及「廢棄混凝土及磚瓦再生粒料使用手冊」。

水利署：93 年完成營建廢棄物再生粒料應用於一般土木工程施工規範修訂草案，使用於「結構用混凝土」、「級配粒料底層」及「級配粒料基層」等方面。

水保局：93 年研訂完成再生粒料應用施工技術規範草案，使用於「水泥混凝土」、「路基級配」及「填方」等方面。

內政部建研所：94 年完成「再生混凝土使用手冊」，內容包含「總則」、「再生混凝土粗粒料」、「再生混凝土配比設計」、「再生混凝土拌和產製與輸送」、「再生混凝土施工品質控制技術要點」、「再生粒料應用於鋼筋混凝土設計作業要點」。

7. 再生混凝土（粒料）在自來水工程之應用

由於國內各工程單位使用再生混凝土已有多處案例可循，且規範亦越來越趨於成熟。自來水工程依其特性應有將之納入使用的空間，茲就「管線工程」及「土建工程」二部分探討如下。

7.1 管線工程

1. CLSM：或MRC，本公司管線工程使用混凝土之數量並不多，但近年來管溝回填使用CLSM取代碎石級配料及回填砂之情形愈來愈普遍的情況下，如可將再生混凝土納入使用，則在積少成多的效應下，數量亦相當可觀。按CLSM埋設於道路底下，符合再生混凝土之「與人非長期密切接觸者之

施工」，且CLSM（或稱MRC）依據本公司「自來水管理設工程施工說明書」十六、「可控制性低強度材料或多功能再生混凝土回填」之規定，28天抗壓強度為 $20-50\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，遠低於再生混凝土建議之 $210\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下，是以採用再生混凝土於CLSM（或稱MRC）之可行性極高。CLSM可列入第一優先考量辦理。

2. 碎石級配料：再生混凝土之粗粒料包括：(1) 乾淨粗碎石；(2) 表面沾黏水泥砂漿之粗碎石；(3) 表面沾黏水泥漿之粗碎石；(4) 硬固水泥砂漿粗塊；(5) 硬固水泥漿粗塊；(6) 磚、陶、瓷、瓦、玻璃等粗塊粒料；(6) 表面沾黏水泥砂漿之磚、陶、瓷、瓦、玻璃等粗塊粒料；(7) 表面沾黏水泥漿之磚、陶、瓷、瓦、玻璃等粗塊粒料。如其符合本公司「自來水管理設工程施工說明書」二、「自來水管理設」3.5.5(2)管溝回填級配料A、B、C之任何一種級配規定，其應用應屬可行，惟「(B)材料須不含有機物質、團狀之土塊、建築廢棄物及其他不適宜之什物。」之規定，須將「建築廢棄物」字樣刪除。由於碎石級配料用於道路底下，符合「與人非長期密切接觸者」，本項目亦可列入第一優先考量辦理。
3. 回填砂：再生細粒料國內尚未有使用於水泥混凝土之實績，惟回填砂因不涉及結構強度之考量，且在日本亦有使用於混凝土之案例情形下，所謂「他山之石，可以攻錯」，國內退而求其次，將再生細粒料使用於回填砂應為可研議之方向。惟由於其品質變異性甚鉅，初期試辦以次要道路之回填砂為主，俟使用情形及規範逐漸成熟後，再予推廣至所有道路之應用，惟使用前應與路權單位先行溝通取得共識。「自來水管理設工程施工說明書」二、「自來水管理設」3.5.5(1)管溝回填砂部份「A.管溝回填砂不得為海砂，亦不得含有石塊、磚塊、堅硬物質及其他不適宜之雜物，……。」中「石塊、磚塊、堅硬物質」等文字似應刪

除，直接以「(C) 需均為通過 4 號 (4.76 mm) 號篩之細粒料 (即為通過 4 號方孔篩之細粒料重量百分率為 100%)」規範之。

4. 固定台：「土建工程施工說明書」七、「混凝土及鋼筋混凝土工程施工說明書」三、粗骨材：「除另有規定者外，均採用天然河流或溪間礫石，石質須堅硬耐磨，並須經沖洗潔淨，嚴禁使用海石，……」是以，如不修正此條規定，則應另訂定粗骨材需使用「再生粒料」之規定。由於固定台之抗壓強度一般定為 175 kgf/cm^2 ，低於建議之 210 kgf/cm^2 ，且符合「與人非長期密切接觸者」之原則，是以建議列入第一優先考量辦理。
5. 窰井：設計強度 210 kgf/cm^2 (含) 以下者，建議第一優先考量採用。設計強度 280 kgf/cm^2 以上者，俟辦理情形良好及規範趨於成熟後，再予考量。
6. AC 路面：由於再生粒料瀝青混凝土品質不易掌控，雲林縣政府亦僅試辦於偏遠郊區產業道路之小型工程，施工時亦曾發生粒料中之磚塊在滾壓過程中遭壓碎而產生路面泛紅之情形，是以使用上宜格外小心，以免造成不必要之困擾。這方面之使用，因尚涉及路權單位之同意權責，因此建議暫不採用，俟公路單位使用再生瀝青混凝土趨於普遍之後，才考慮納入採用，初期亦以非主要道路之鄉道或產業道路為試辦對象，惟仍須經路權單位同意。

7.2 土木工程

1. 配水池：設計強度均在 280 kgf/cm^2 以上，且有結構安全之考量，建議暫不宜採用。
2. 抽水站：設計強度均在 280 kgf/cm^2 以上，且有結構安全之考量，建議暫不宜採用。
3. 淨水設施：設計強度均在 280 kgf/cm^2 以上，且有結構安全及供水安全之考量，建議暫不宜採用。

4. 操作室：設計強度均在 280 kgf/cm^2 以上，且有結構安全之考量，並「與人長期密切接觸者」，不建議採用。
5. 圍牆工程：含女兒牆及重力式擋土牆，設計強度一般在 210 kgf/cm^2 ，符合「與人非長期密切接觸者」之原則，建議第二優先考量採用。惟與前述「固定台」之情形相同，應另訂定粗骨材需使用「再生粒料」之規定。
6. 排水溝：設計強度一般在 210 kgf/cm^2 ，符合「與人非長期密切接觸者」之原則，且較無結構安全之考量，建議第一優先考量採用。

7.3 建議規範

除前述本公司各工程施工說明書須作局部修正外，相關規範建議參考內政部建研所 94 年 12 月完成之「再生混凝土使用手冊」草案（內容包含七大項如下），訂定本公司使用再生混凝土規範⁽³⁾。

第一章 總則

第二章 再生混凝土粗粒料

第三章 再生混凝土配比設計

第四章 再生混凝土拌和產製與輸送

第五章 再生混凝土施工品質控制技術要點

第六章 再生粒料應用於鋼筋混凝土設計作業要點

附 錄 再生混凝土粒料建議產製方式

再生混凝土粗粒料原則上需符合於「CNS 1240 混凝土粒料」標準的規定，依要求性質分為三級如表 1 所示。

「再生混凝土施工規範」草案中，將再生粗粒料之種類分為 N 級（基本級）及 H 級（高等級）二級，如表 2 所示。更次等級者則當填充料使用。

所產製之再生混凝土，則依其抗壓強度分為 A、B、C 三級，如表 3 所示。

表 1 再生粗粒料分級表

要求性質	第 I 級 (A1 級)	第 II 級 (A2 級)	第 III 級 (A3 級)
比重	≥ 2.55	≥ 2.4	≥ 2.1
吸水率(%)	≤ 2.0	≤ 6.0	≤ 8.0
再生粒料中最高含陶瓷磚瓦率(包括磚、瓦、陶、瓷等)(%)	0.5	0.5	30
混凝土中,以再生粗粒料取代一般粗粒料之最高容許使用率(%)	100	30	100
混凝土設計強度	視同普通混凝土處理	≤ 350 kgf/cm ²	≤ 210 kgf/cm ²
用途	混凝土構造物	混凝土構造物	次要混凝土構造物
混凝土配比設計方法	與普通混凝土配比設計相同	與普通混凝土配比設計相同	參照手冊第三章
備註	完全符合 CNS1240	-	-

表 2 再生粗粒料種類表

要求性質	N 級 (基本級)	H 級 (高等級)
比重(OD)	≥ 1.5	≥ 2.2
吸水率(%)	≤ 15	≤ 5
磚瓦及陶瓷塊含量 (%)	≤ 30	≤ 2
磨損率(%)	≤ 60	≤ 50
總不存物含量(%)	≤ 10	≤ 1

表 3 再生混凝土類別

要求性質	A 級 再生混凝土	B 級 再生混凝土	C 級 再生混凝土
規定抗壓強度 kgf/cm ²	≥ 350	350~210	≤ 210
適用範圍	結構混凝土	結構混凝土	次要結構體 混凝土
H 級再生粗粒料佔 總粗粒料之比例%	≤ 10	≤ 20	≤ 100
N 級再生粗粒料佔 總粗粒料之比例%	0	0	≤ 50

H 級再生粒料及 N 級再生粒料不得混合使用。

8. 結論

1. 再生混凝土粒料，應用於自來水工程，建議第一階段優先考量使用於管線工程之CLSM(或MRC)、碎石級配料、固定台，及土建工程強度在 210 kgf/cm^2 以下之窰井、排水溝。
2. 俟規範趨於成熟且使用情形良好後，第二階段優先考量使用於強度在 280 kgf/cm^2 以上之窰井，及圍牆工程，含女兒牆及重力式擋土牆。
3. 回填砂則建議於次要道路先行試辦採用，未來再視使用情形良窳決定是否推廣其他道路。
4. AC 路面因涉及路權單位之同意權責，因此建議暫不採用，俟公路單位使用再生瀝青混凝土趨於普遍之後，方予考慮。
5. 配水池、抽水站、淨水設施、操作室等因涉及結構強度及供水安全考量，建議暫不採用（整理如下表）。
6. 建議本公司儘速將再生混凝土粒料納入工程施工規範採用，除期使經濟部之廢混凝土利用率在本（96）年可達 50% 以上、明（97）年可達 70% 以上之目標值外，並為砂石不足及與日俱增之廢棄物問題，略盡綿薄之力。

自來水工程採用再生混凝土粒料優先順序表

工程	施工項目	第一優先採用	第二優先採用	初期試辦採用	目前暫不採用
管線工程	CLSM (或 MRC)	V			
	碎石級配料	V			
	回填砂			V	
	固定台	V			
	窰井<210kgf/cm ²	V			
	窰井>280 kgf/cm ²		V		
	AC 路面				V
土建工程	配水池				V
	抽水站				V
	淨水設施				V
	操作室				V
	圍牆工程		V		
	排水溝	V			

9. 參考文獻

1. 內政部營建署許振明科長，「營建事業廢棄物管理法規與政策」。
2. 中央大學林志棟教授，「廢混凝土於預拌混凝土廠之再利用」。
3. 台灣科技大學張大鵬教授，「再生混凝土使用手冊之介紹」。
4. 中興大學陳豪吉教授，「廢混凝土再利用施工規範及案例」。
5. 工研院能環所郭烈銘研究員，「營建廢混凝土再利用網路申報作業」。
6. 台灣省自來水股份有限公司，「工程契約（96年元月版）」。

10. 附件

營建廢棄物 (資料來源：1)



營建廢棄混凝土再利用 (資料來源：1)

