

檔 號：
保存年限：

行政院公共工程委員會 函

地址：11010 臺北市信義區松仁路3號9樓
承辦人：邵國瑋
聯絡電話：02-87897770
傳真：02-87897800
E-mail：shao36@mail.pcc.gov.tw

受文者：新北市政府

發文日期：中華民國114年1月21日

發文字號：工程技字第1140200033號

速別：普通件

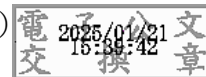
密等及解密條件或保密期限：

附件：如主旨 請至附件下載區(<https://attach.pcc.gov.tw>)以文號：1140200033及認證碼：FCAF3ED110下載附件檔案

主旨：檢送本會114年1月8日召開「公共工程共通性工項施工網
要規範『第03050章 混凝土基本材料及施工一般要求』第
二次編修審查會議」紀錄一份，請查照。

正本：經濟部、經濟部標準檢驗局、經濟部產業發展署、經濟部水利署、內政部、內政部國土管理署、交通部、交通部公路局、交通部高速公路局、環境部、環境部資源循環署、直轄市政府、財團法人台灣混凝土學會、台灣區預拌混凝土工業同業公會、社團法人臺灣省土木技師公會、台灣區水泥工業同業公會、中華民國工程技术顧問商業同業公會、臺灣區綜合營造業同業公會、彰化縣預拌混凝土商業同業公會

副本：本會主任委員室、李副主任委員室、技術處(均含附件)



行政院公共工程委員會公共工程共通性工項施工綱要規範
「第 03050 章 混凝土基本材料及施工一般要求」

第二次編修審查會議紀錄

壹、時間：114 年 1 月 8 日（星期三）下午 2 時

貳、地點：本會第 1 會議室

參、主席：陳主任委員金德

紀錄：邵國璋

肆、出席單位及人員：詳簽到表(如附件 1)

伍、工程會報告：(如附件 2)

陸、會議緣由：

- 一、台灣混凝土學會 113 年 2 月 27 日向本會提案配合最新版「CNS15286 水硬性混合水泥」編修本會公共工程共通性工項施工綱要規範「第 03050 章 混凝土基本材料及施工一般要求」(下稱「綱要規範第 03050 章」)，建議編修內容包含使用水泥增加「IL 型(卜特蘭石灰石水泥)」及「IT 型(三元混合水泥)」，並放寬使用水硬性混合水泥不得添加礦物摻料之限制等。
- 二、本會 113 年 5 月 3 日召開第一次審查會議後完成修正草案 V13.1 版，並自 113 年 5 月 21 日公告預覽 2 個月，公告期滿前，為求審慎，本會於 113 年 7 月 17 日召開「編修草案 V13.1 版第 2.1.6 節礦物摻料新增『使用卜特蘭石灰石水泥限制』之可行性會議」，並依會議結論完成修正草案 V13.2 版，再以 113 年 9 月 27 日工程技字第 1130200706 號函請各相關工程機關(單位)就修正草案 V13.2 版提供意見。
- 三、經蒐集各界回復意見後，依「公共工程共通性工項施工綱要規範使用注意事項」第 5 點第 3 款規定，召開本次審查

會議，邀集相關中央及地方工程主辦機關、公(協、學)會，共同討論修正草案 V13.2 版內容之妥適性。

柒、會議結論：

- 一、公共工程共通性工項施工綱要規範屬於參考性質，使用者應就個案需求撰寫為所需之施工規範，並納入招標文件訂入契約者，始對契約當事人具約束力：依「公共工程共通性工項施工綱要規範使用及編修應注意事項」第 2、3 點，公共工程共通性工項施工綱要規範係本會為公共工程共通性工項所訂定之通案原則性施工規範參考範本，提供依政府採購法辦理工程採購之機關、法人或團體，或受機關委託辦理工程技術服務之廠商參考使用，並可依個案工程特性修正相關內容，以撰寫為符合個案工程需求之施工規範，並納入招標文件訂入契約者，始對契約當事人具約束力。
- 二、修正草案 V13.2 版係在確保混凝土安全及品質之前提下，以漸進開放低碳材料之使用，為瞭解是否符合實務需求，請工程機關提供書面意見：公共工程涉及人民生命財產與公眾利益，材料使用需確保安全及品質為前提，修正草案 V13.2 版相較於 V13.0 版已放寬使用水硬性混合水泥時可添加一種礦物摻料(飛灰或水淬高爐爐渣粉等低碳材料)，惟各界對礦物摻料放寬的程度(添加礦物摻料的種類、數量、比例等)尚有不同意見，為瞭解是否符合實務需求，請工程會業務單位於會後函請政府相關工程機關以書面方式將意見提供工程會彙整，俾利辦理後續編修事宜。

捌、發言紀要：

- 一、社團法人台灣混凝土學會(說明簡報如附件 3)

- (一) 台灣區預拌混凝土工業同業公會提及有關石灰石水泥之相關國際期刊，大部分僅探討卜特蘭石灰石水泥或卜特蘭石灰石水泥僅添加一種礦物摻料，並將其導引為國際主流，事實上恐有誤導礦物摻料用於混凝土之方向，原因如下：
1. 預拌公會簡報提及國際少有學術論文研究同時添加兩種礦物摻料，係因學術論文必須有創新性，混凝土添加水淬高爐爐渣粉及飛灰，可提升品質及耐久性，已屬常態，爰在學術論文並不會特別研究同時添加兩種礦物摻料。
 2. 預拌公會簡報提及，倘石灰石可取代水泥熟料，為何不將水泥中的熟料完全以石灰石替代，該說明為國際目前正在探討之方向，現階段國際各學術研究皆以水泥添加石灰石用量 20%為門檻值，並研究如何透過研磨或添加方式突破該門檻值，爰可看到歐盟部分國家石灰石用量可達 30%，惟僅限於使用在次要結構體。
- (二) 全世界混凝土添加礦物摻料平均值為 20%，且全球水泥及混凝土學會已訂定 2025 年添加比例需達 48%，目前台灣添加比例可達 42%，已領先全世界，可作為台灣驕傲，爰建議別走回頭路，限制混凝土僅能添加一種礦物摻料，不要使過往混凝土界所做的努力白費。
- (三) 減碳作為必須要有一些創新作法，卜特蘭石灰石水泥使用即為一種新路徑(即 CNS 15286 石灰石水泥加 2 種礦物摻料)，並非要否定過去的作法，且這些創新作法係研究 30、40 年的成果，所以再次強調，過去製作水泥或混凝土的作法(指 CNS61 卜特蘭 I 型水泥加 2 種礦物摻料)並非不可行，只是政府推動 2032 年旗艦減碳計畫，倘未有這些的創新作為，將很難達成預期的減碳目標。

- (四) 混凝土的減碳作為不能再倚賴添加水淬高爐爐渣粉及飛灰等礦物摻料，因大部分的業者已將該摻料使用殆盡，已較無減碳效果，倘因為使用石灰石，導致再降低水淬高爐爐渣粉及飛灰用量，較無太大意義，這才是提出卜特蘭石灰石水泥，以石灰石取代熟料的原因。
- (五) 另倘有部分業者堅持過去製作水泥或混凝土的作法，在品質管控上較能控制，亦可持續遵循，惟需尊重其他業者有新製程的開發能力，目前台灣區預拌混凝土工業同業公會內部顯然有不同的爭執，爰唯有接納本學會所提出的編修版本，方能照顧到前開公會廣大的會員。
- (六) 研究的邏輯會參考國際趨勢，亦代表有技術發展的可能性，惟終究仍需依國際趨勢做本國現地試驗，財團法人臺灣營建研究院經過多年研究，投入大量心力，無非是要證明卜特蘭石灰石水泥在台灣亦可適用，希望帶動這項技術可以往前邁進。
- (七) 石灰石燒結製成熟料，會有較高的燒失量，倘添加較多無需燒結之石灰石，則無燒失量之問題，可降低礦產開採，確保資源永續。
- (八) 工程品質好壞，應從設計到施工，層層把關，不能全歸咎於水泥或混凝土之品質。

二、台灣區水泥工業同業公會

- (一) 水泥廠能控制添加物種類及比例，以及研磨等技術，製作完成二元或三元混合水泥，以保證所出場之水泥成品符合「CNS 15286 水硬性混合水泥」國家標準，其品質不會低於卜特蘭 I 型水泥。

- (二) 水泥廠所出產之二元混合水泥，視為綜合性產品，並非單獨探討石灰石材料，因水泥廠添加石灰石過程中，運用水泥研磨工藝，將其性質製作成與卜特蘭 I 型水泥相當，爰二元混合水泥與混凝土要添加幾種礦物摻料，兩者概念完全不同，不應混為一談。
- (三) 國際上較大之水泥公司皆已傾向生產卜特蘭石灰石水泥取代高碳排之卜特蘭 I 型水泥，已為世界趨勢。
- (四) 台泥及亞泥公司於 2024 年率先經過台灣混凝土學會及財團法人臺灣營建研究院驗證後，開始生產卜特蘭石灰石水泥，惟初期市場尚無法接受，爰台泥公司自己的預拌混凝土廠開始大量生產用卜特蘭石灰石水泥所製成之混凝土，以增加市場接受度，目前訂單已超過卜特蘭 I 型水泥之一半，達到 350 萬方以上，出貨亦達 100 多萬方，事實上目前市場反應非常好，表示民間建築對卜特蘭石灰石水泥所製成之混凝土品質非常有信心，且殷切期盼投入低碳材料，可作為綠建築驗證。
- (五) 歐洲許多國家開始禁煤或減煤，以及高碳排的高爐爐渣未來必須淘汰，導致飛灰及水淬高爐爐渣粉取得越來越困難，再加上卜特蘭石灰石水泥與卜特蘭 I 型水泥性能相當，爰目前全世界極力發展卜特蘭石灰石水泥，亦為最有效的減碳方式。
- (六) 世界混凝土及水泥學會於 2024 年聯合國氣候變化大會發表水泥業減碳成果，特別提到台灣為少數幾個國家仍在使用高碳排卜特蘭 I 型水泥，惟亦有提到台灣目前已有開始使用卜特蘭石灰石水泥，爰本公會才會致力推廣已有國家

標準、符合世界潮流、利於減碳，且性能與卜特蘭 I 型水泥相當之卜特蘭石灰石水泥。

- (七) 國家政策非常清楚，係運用相關政策來做減碳指引或低碳採購，目前環境部於 2025 年開始徵收碳費，甚至宣布於 2030 年減碳目標要提升 30%，所以目前有一個成熟的產品，使大家能有多一個選擇，並沒有強迫使用，使業者可使用低碳產品，爰希望工程會對卜特蘭石灰石水泥這個產品在使用上不要加以限制。
- (八) 工程會「公共工程共通性工項施工綱要規範」對於使用卜特蘭 I 型水泥及水硬性混合水泥已有明確規範，倘部分業者擔心卜特蘭石灰石水泥之性能，可繼續使用卜特蘭 I 型水泥，倘考量減碳成效，則可使用卜特蘭石灰石水泥，爰建議規範不可有過多限制，恐違背世界潮流及妨礙國家淨零進程。
- (九) 國家標準所規定的水泥強度為最小值，為符合市場需求，水泥廠實際生產之卜特蘭石灰石水泥強度基本上與卜特蘭 I 型水泥一樣，甚至更好，方能提高市場接受度。

三、中華民國工程技術顧問商業同業公會

- (一) 工程會前於 113 年 5 月 3 日邀集相關單位開會研商後修正草案 V13.1 版，主要僅針對使用卜特蘭石灰石水泥可否開放添加礦物摻料，惟本次修正草案 V13.2 版第 2.1.6(4)節不僅規範卜特蘭石灰石水泥，另增加卜特蘭高爐爐渣水泥、卜特蘭卜作嵐水泥皆可添加礦物摻料，使設計單位更加模糊，其訂定依據為何？
- (二) 修正草案 V13.2 版訂定「第三者專業機構驗證」部分，因財團法人臺灣營建研究院目前係研究卜特蘭石灰石水泥

可否取代卜特蘭I型水泥之可行性「評估」，與前開「驗證」非屬同一件事情，且同意交通部高速公路局之建議，依本篇章第 1.5.2(2)節已有檢驗認證之相關規定，爰建議刪除修正草案 V13.2 版第 2.1.6(4)節「D、第三者專業機構驗證」相關規範。

四、台灣區預拌混凝土工業同業公會

(一) 贊成修正草案 V13.2 版「二元混合水泥只能添加一種礦物摻料」：(李興和常務理事、馬齊文理事，說明簡報如附件 4)

1. 本發言意見係預拌公會 25 名理監事連署意見。
2. 預拌混凝土廠是混凝土的主要生產單位與混凝土品質的負責單位，而綱要規範第 03050 章討論的是混凝土材料，任何原物料調整會不會對混凝土生產與品質造成影響，必須充分尊重預拌混凝土業者的意見，而不是任何學術單位以一次性的實驗，就能代表本產業業者發言。預拌混凝土公會會員共 414 家，經過分析整理 200 多篇國內外石灰石水泥的相關研究文獻之後，目前近七成的理監事(共 25 位)對「石灰石可取代水泥熟料」、「石灰石水泥性質等同傳統卜特蘭水泥」以及「石灰石水泥與傳統卜特蘭水泥可一比一置換」等說法表示疑慮。另根據水泥公會的資料，截至 2024 年 11 月國內 5 家水泥業者中僅台泥生產石灰石水泥 18.8 萬噸(約佔該公司 2024 年水泥總產量的 5%)；亞泥生產 1.1 萬噸(佔比 0.4%)、潤泰生產 30 噸、幸福、信大無生產記錄。石灰石水泥在水泥業都尚處於小量試產階段，性質尚未穩定，對於提案單位以一次試驗就要修改綱要規範第 03050 章讓石灰石水泥可一比一置換傳統卜特蘭 I 型

水泥乙事，多數預拌混凝土業者對此表達高度疑慮與難以接受。且據瞭解，近期石灰石水泥的推廣過程中多數客戶端尚未接受甚至排斥，可見不管是建設、營造、混凝土供應商都不願意貿然使用，承受巨大風險。況且本次修正已經適度的放寬相關規定，因此預拌混凝土業者支持修正草案 V13.2 版。

3. 在學術單位缺乏對石灰石水泥混凝土的研究、而大多數預拌廠沒有石灰石水泥使用經驗的此時，石灰石水泥的管理規範必須要比卜特蘭水泥嚴格。因此贊成修正草案 V13.2 版之架構：二元混合水泥只能添加一種礦物摻料(第 2.1.6 節(4)B)；添加比例部分，則應依第 2.1.6 節(4)C 規定辦理。至於第 2.1.6 節(4)D 為例外條款，應該刪除。建議綱要規範第 03050 章先以「V13.2 版-保留 2.1.6 之(4)B 與 C、刪除 D」的架構穩健前行，後續再視使用狀況調整規範細部。
4. 混凝土品質優劣，攸關公共工程結構體安全，係由預拌混凝土廠承擔。截至 2024 年 11 月為止，全台石灰石水泥使用量僅 20 萬噸，僅約國內總水泥使用量的 1.86%，至於 2024 年以前更完全沒有使用經驗。現階段全台灣多數預拌混凝土廠均無使用石灰石水泥的經驗，無法替石灰石水泥為原料生產的混凝土負品質責任，請工程會與政府相關工程機構正視此一問題。
5. 本案提案單位台灣混凝土學會的提案資料大量引用台灣大學碩士論文「使用石灰石水泥之混凝土和砂漿之性質研究」，惟引用資料齡期較短(90 天左右)，未呈現完整之全貌。根據該論文完整的實驗結果，無論有無添加礦物摻料，以石灰石水泥為原料生產的混凝土其長齡期(180 天)抗壓

強度普遍低於傳統卜特蘭水泥所生產的混凝土(最低僅約76%)；且對硫酸鹽的抵抗能力石灰石水泥也低於傳統卜特蘭水泥。

6. 卜特蘭石灰石水泥使用之石灰石材料取得需要開採及研磨，取得過程會產生碳排放，而使用水淬高爐爐渣粉、飛灰等廢棄物之高爐爐渣水泥或卜作嵐水泥更具有減碳效果，並有廢棄物再利用之環保作為。
7. 用石灰石取代水泥熟料對水泥來說具有減碳效果，惟不等於混凝土有減碳效果。
8. 石灰石屬惰性及堆積材料，主要功效係用以增加混凝土表面緻密性及泵送潤滑度，經由將顆粒研磨更為細小製作成卜特蘭石灰石水泥，後續與骨材、水、礦物摻料混合，製作成混凝土，雖可提高早期強度，惟石灰石粉無法取代水泥，且國內外皆未有卜特蘭石灰石水泥性能等同卜特蘭 I 型水泥之相關文獻。
9. 卜特蘭石灰石水泥係依經濟部標準檢驗局「CNS 15286 水硬性混合水泥」國家標準進行檢驗，惟該標準並非專為卜特蘭石灰石水泥檢驗所制定，各家水泥廠依該標準所出產之水泥，其添加物種類及比例各有不同，造成預拌混凝土廠無法確保混凝土出產品質，建議經濟部標準檢驗局後續將來可以制定卜特蘭石灰石水泥專用檢驗方式或國家標準。
10. 全台預拌混凝土廠約有 414 家，大部分廠家在廠內設置之粉桶為 3 桶，桶內會放置卜特蘭 I 型水泥、水淬高爐爐渣粉、飛灰，規模較大的廠家，會多加第 4 桶，用以存放不

同類型之水泥，倘再增加卜特蘭石灰石水泥，需增加粉桶，預拌廠運作困難，軟硬體無法配合，並使成本大幅增加。

11. 經濟部標準檢驗局「CNS61 卜特蘭水泥」規定水泥 28 天抗壓強度需達 280kgf/cm^2 ，「CNS15286 水硬性混合水泥」規定水泥 28 天抗壓強度需達 255kgf/cm^2 ，兩者顯然不是同一類產品。另現在大家都在強調減碳作為，其實將結構物壽命延長，即為最好的減碳方式。
12. 另已有相關學術研究證明卜特蘭石灰石水泥所製成之混凝土在長齡期(180 天)抗壓強度較卜特蘭 I 型水泥所製成之混凝土低，且「CNS15286 水硬性混合水泥」所規範的卜特蘭高爐爐渣水泥、卜特蘭卜作嵐水泥，其碳排係數皆比卜特蘭石灰石水泥更低，爰無須擔心未來混凝土產業未有相關減碳作為，反而更需注意產品管理方面，以確保工程品質及安全。

(二) 不贊成修正草案 V13.2 版，建議不限制「二元混合水泥只能添加一種礦物摻料」：(劉福財理事長)

1. 因使用低碳水泥已為國際趨勢，現階段無法改變，希望政府能夠重視。
2. 國內預拌混凝土廠所生產的混凝土品質已有達國際標準，品質非常優秀。
3. 預拌混凝土廠使用水硬性混合水泥製作混凝土之技術已非常成熟，品質上應無疑慮，爰建議刪除修正草案 V13.2 版中所提及「第三者專業機構驗證」相關規範。

五、彰化縣預拌混凝土商業同業公會

- (一) 贊成修正草案 V13.2 版，混凝土品質係由預拌混凝土廠負責，爰臺中、彰化、南投、雲林、嘉義商業同業公會皆不贊成二元混合水泥開放添加兩種礦物摻料。
- (二) 修正草案 V13.2 版針對卜特蘭石灰石水泥在使用上已有放寬，惟「CNS15286 水硬性混合水泥」國家標準所規定之卜特蘭高爐爐渣水泥，在工程使用上，其抗壓強度及抗硫酸鹽等性能最好，最差的為卜特蘭石灰石水泥，且減碳效果也不是最好，爰不應再進一步放寬規範。
- (三) 近期本公會成員於工地使用卜特蘭石灰石水泥，出現混凝土表層浮出一層白色石灰石，恐影響工程品質，不能因減碳趨勢，縮短結構體使用年限。另以剛性路面為例，目前國內各業者皆使用卜特蘭I型水泥所製成之混凝土施作，因剛性路面需確保強度、耐久性等品質，混凝土組成物越單純，較能控制品質，爰不敢貿然使用卜特蘭石灰石水泥所製成之混凝土。

六、經濟部標準檢驗局

「CNS15286 水硬性混合水泥」國家標準係針對水泥非規範混凝土，並規定限制卜特蘭石灰石水泥之石灰石含量不能超過 15%。

七、交通部高速公路局

- (一) 本規範修正草案，倘日後有明確版本，本局將配合運用。
- (二) 修正草案 V13.2 版第 2.1.6 節所提及「第三者專業機構驗證」，建議可參考本規範第 1.5.2(2)節規定：「驗證單位應通過依標準法授權之產品驗證單位認證機構認證」。

玖、臨時動議：無

拾、散會：下午 4 時。

行政院公共工程委員會公共工程共通性工項施工網要規範

「第 03050 章 混凝土基本材料及施工一般要求」

第二次編修審查會議

簽到表

壹、時間：114 年 1 月 8 日（星期三）下午 2 時

貳、地點：本會 10 樓第 1 會議室

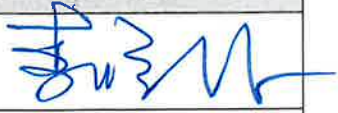
參、主持人：本會陳主任委員金德

肆、出席人員：

機關、單位	職稱	姓名	簽名欄
經濟部	專員	楊欣潔	(請假)
	科員	劉宗翰	(請假)
經濟部標準檢驗局	科長	何秀美	何秀美
	技正	羅聲晴	羅聲晴
	技正	陳冠穎	陳冠穎
經濟部產業發展署	副組長	曾志雄	曾志雄
	技正	蔡政潔	蔡政潔
經濟部水利署	副組長	吳明昆	吳明昆
	科長	黃玉珍	黃玉珍
	工程員	李俊瑩	李俊瑩
內政部	(國土署代表出席)		
內政部國土管理署	副工程司	楊錦裕	楊錦裕

機關、單位	職稱	姓名	簽名欄
交通部	科長	江明益	江明益
	科員	畢華昆	畢華昆
交通部公路局	科長	張育璋	張育璋
	科長	吳秉翰	吳秉翰
	正工程司	陳志霖	陳志霖
	副工程司	蔡品寬	蔡品寬
交通部高速公路局	科長	馮焱明	馮焱明
	幫工程司	陳柏元	陳柏元
環境部	(資源循環署代表出席)		
環境部資源循環署	科長	李旻壕	李旻壕
台北市政府	副總工程司	張泰昌	
	股長	曹哲瑋	曹哲瑋
新北市政府	(請假)		
桃園市政府	副總工程司	吳冠杰	吳冠杰
	科長	石靖嵐	
台中市政府	(請假)		
台南市政府	(請假)		
高雄市政府	(請假)		

機關、單位	職稱	姓名	簽名欄
社團法人台灣 混凝土學會	名譽理事長	楊仲家	楊仲家
	名譽理事長	詹穎雯	(請假)
	院長	邱建國	邱建國
	組長	陳育聖	陳育聖
	協理	張東源	張東源
台灣區預拌混凝土 工業同業公會	理事長	劉福財	劉福財
	常務理事	李興和	李興和
	理事	馬齊文	馬齊文
彰化縣預拌混凝土 商業同業公會	榮譽理事長	張銀濃	張銀濃
社團法人臺灣省土 木技師公會	(請假)		
台灣區水泥工業 同業公會	公會常務理事 台泥公司資產 總經理	黃健強	黃健強
	公會總幹事	康福山	康福山
	台泥公司總廠	魏家珮	魏家珮
	台泥公司協理	邱鈺文	邱鈺文
	台泥公司總監	洪崇智	洪崇智
	亞泥公司首席 副廠長	陳志賢	
	亞泥公司經理	鍾振和	鍾振和

機關、單位	職稱	姓名	簽名欄
行政院公共工程 委員會	副主任委員	李怡德	
	處長	曾鈞敏	曾鈞敏
	副處長	徐肇晞	
	簡任技正	蔡志昌	蔡志昌
	科長	徐偉誌	徐偉誌
	技正	邵國璋	邵國璋

公共工程共通性工項施工綱要規範 「第03050章 混凝土基本材料及施 工一般要求」編修納入低碳水泥 辦理情形

行政院公共工程委員會
技術處
中華民國114年1月8日

1

大綱

- 壹、CNS規範之水泥製程
- 貳、綱要規範第03050章現行規範及編修緣由
- 參、辦理情形

2

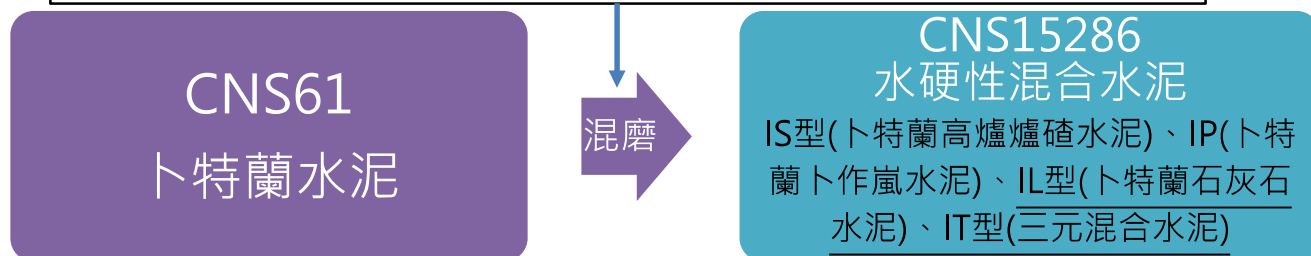
壹、CNS規範之水泥製程

CNS61第5(C)節：
加入石灰石5%以下



CNS15286 第7節規定

- 加入水淬高爐爐渣95%以下
- 加入卜作嵐材料40%以下
- [111年新增] 加入石灰石5%~15%以下
- [111年新增] 加入水淬高爐爐渣、卜作嵐材料、石灰石任擇兩種70%以下



貳、綱要規範第03050章現行規範及編修緣由

■ 綱要規範第03050章第2.1.6節現行版本(V13.0版)

(一) 使用CNS61卜特蘭水泥可添加礦物摻料。

- 飛灰不得超過總膠結材料重量之25%。
- 水淬高爐爐渣粉不得超過總膠結材料重量之50%。
- 矽灰不得超過總膠結材料重量之10%。
- 飛灰、水淬高爐爐渣粉及矽灰混用總量不得超過總膠結材料重量之50%，其中飛灰不得超過15%。

(二) 使用CNS15286水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料。

(備註:現行規範V13.0版，僅臚列IS型(卜特蘭高爐爐渣水泥)及IP(卜特蘭卜作嵐水泥)兩種水硬性混合水泥)

■ 編修緣由：社團法人台灣混凝土學會113/2/27提案

- 原有「IS型(卜特蘭高爐爐渣水泥)」及「IP(卜特蘭卜作嵐水泥)」，配合新版CNS 15286增加「IL型(卜特蘭石灰石水泥)」及「IT型(三元混合水泥)」。
- 放寬「IL型(卜特蘭石灰石水泥)」可添加礦物摻料。

參、辦理情形(1/3)

113.5.3編修草案審查會決議

石灰石水泥在國外已普遍使用，建議先運用於非主要受力構造物，**累積經驗並逐步推動**。原規範內容「...；若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料。」修正為「...；若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料。惟使用**IL(卜特蘭石灰石水泥)**經工程司提出**第三者專業機構驗證**，並報經機關同意後，**可另添加礦物摻料**。」。

113.7.17編修草案可行性會議決議

會議確認各與會機關(單位)均不反對IL型(卜特蘭石灰石水泥)等低碳材料運用於工程中，惟針對新增內容(**第三者專業機構驗證內容、礦物摻料種類及比例等**)應明確規範。

5

參、辦理情形(2/3)

113/9/27完成修正草案(V13.2版)並函請各機關(單位)提供意見。

原規範內容(V13.0版)	修正草案(V13.2版)
(一)使用CNS61卜特蘭水泥可添加礦物摻： ■飛灰不得超過總膠結材料重量之25%。 ■水淬高爐爐渣粉不得超過總膠結材料重量之50%。 ■矽灰不得超過總膠結材料重量之10%。 ■飛灰、水淬高爐爐渣粉及矽灰混用總量不得超過總膠結材料重量之50%，其中飛灰不得超過15%。 (二)使用水硬性混合水泥時，<u>不得另添加礦物摻料</u>。	(一)使用CNS61卜特蘭水泥時： ■飛灰不得超過總膠結材料重量之25%。 ■水淬高爐爐渣粉不得超過總膠結材料重量之50%。 ■矽灰不得超過總膠結材料重量之10%。 ■飛灰、水淬高爐爐渣粉及矽灰混用總量不得超過總膠結材料重量之50%，其中飛灰不得超過15%。 (二)使用CNS15286水硬性混合水泥時： ■使用三元混合水泥時，<u>不得另添加礦物摻料</u>。 ■使用二元混合水泥時，<u>可另添加一種礦物摻料</u>(限飛灰或水淬高爐爐渣粉)。 ■二元混合水泥另添加之礦物摻料，加上水泥中水淬高爐爐渣、卜作嵐材料及石灰石含量，<u>合計總量不得超過總膠結材料重量之50%</u>，其中另添加之飛灰及水泥中卜作嵐材料不得超過15%。 ■使用水硬性混合水泥另添加礦物摻料，添加種類及比例除依上開規定外，<u>應先由廠商提出第三者專業機構驗證確認添加礦物摻料混凝土具有符合契約規範要求或更佳之性能</u>，並報經機關同意使用。

6

參、辦理情形(3/3)

各機關單位回復修正草案(V13.2版)之意見。

- (一)建議**不限制**「二元混合水泥只能添加一種礦物摻料」。(社團法人台灣混凝土學會、台灣區水泥工業同業公會、臺灣區綜合營造業同業公會、中華民國工程技術顧問商業同業公會)
- (二)草案中「二元混合水泥中水淬高爐爐渣、卜作嵐材料及石灰石含量，及另添加之礦物摻料，合計總量不得超過總膠結材料重量之50%」，建議石灰石含量**不計入**。(社團法人台灣混凝土學會、台灣區水泥工業同業公會、臺灣區綜合營造業同業公會、中華民國工程技術顧問商業同業公會)
- (三)建議**修正**草案(13.2版)之(4)D為「使用水硬性混合水泥另添加礦物摻料，添加種類及比例除依上開規定外，應由廠商提出第三者專業機構驗證報告**確認添加礦物摻料混凝土具有符合契約規範要求或更佳之性能**，並報經機關同意使用」。(社團法人台灣混凝土學會、台灣區水泥工業同業公會)
- (四)建議**刪除**草案(13.2版)之(4)D「使用水硬性混合水泥另添加礦物摻料，添加種類及比例除依上開規定外，應先由廠商提出第三者專業機構驗證**確認添加礦物摻料混凝土具有符合契約規範要求或更佳之性能**，並報經機關同意使用」。(中華民國工程技術顧問商業同業公會、國產建材實業股份有限公司) 7

參、辦理情形(3/3)

各機關單位回復修正草案(V13.2版)之意見。

- (五)建議**限制**「二元混合水泥只能添加一種礦物摻料」及石灰石含量計入總膠結材料之總量限制。(國產建材實業股份有限公司)
- (六)建議草案中「第三者專業機構驗證」可參考第03050章第1.5.2(2)節規定：「驗證單位應通過依標準法授權之產品驗證單位認證機構認證」補充於規範中。(交通部高速公路局)

「第03050章 混凝土基本材料及施工 一般要求」編修審查會議

提案單位說明

提案單位：社團法人台灣混凝土學會
計畫主持人：楊仲家名譽理事長
共同主持人：詹穎雯名譽理事長、邱建國院長
簡報人：陳育聖博士

中華民國 114 年1月8日



財團法人臺灣營建研究院

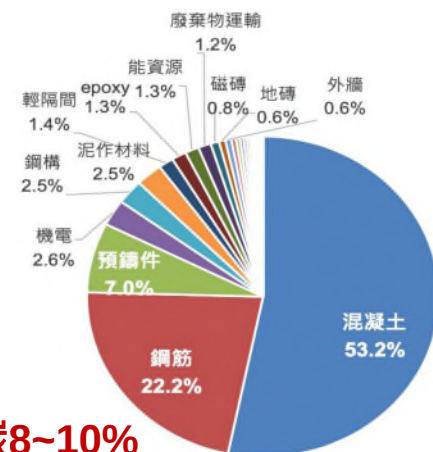
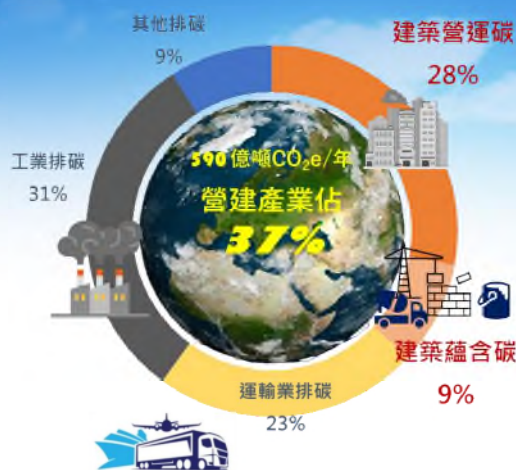
國家政策-2050淨零碳排

2050淨零轉型
台灣不會缺席

我們會加快腳步，找出一套適合
台灣淨零碳排的最佳路徑。

賴清德

@chingte @william_chingte



👍 以石灰石水泥(II型)替代I型水泥，混凝土約可減碳8~10%

🚫 施工綱要規範：若工程使用水硬性混合水泥(含II型)時，不得另添加礦物摻料。



財團法人臺灣營建研究院

卜特蘭石灰石水泥(IL/PLC)

CNS 61 卜特蘭水泥- I 型水泥

90% 熟料 + 5% 石膏 + 5% 石灰石粉

Raw materials, energy, and resources

CNS 15286 水硬性混合水泥
(2022.08)- 卜特蘭石灰石水泥

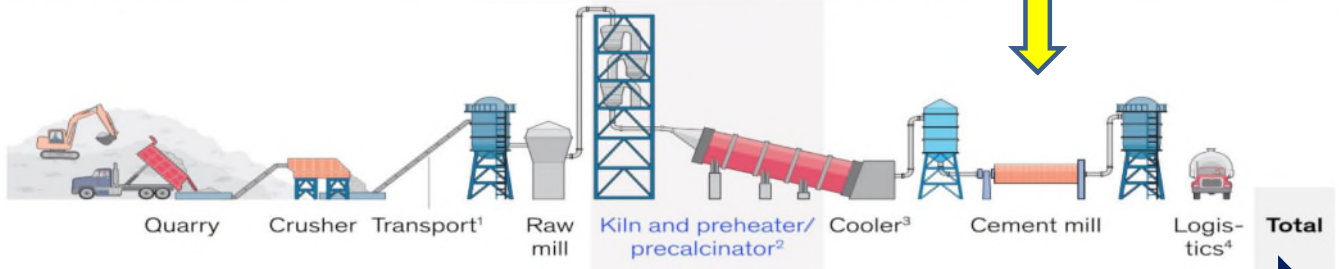
80% 熟料 + 5% 石膏 + 15% 石灰石粉

Clinker and cement manufacturing

5%~15%

石灰石共磨熟料

0.907 t/t → 0.8 t/t



石灰石開採

石灰石運輸

生料預熱與煅燒

水泥熟料研磨

水泥成品

石灰石破碎

石灰石研磨



財團法人臺灣營建研究院

透過專屬之研磨技術與製程參數調整成同性能水泥

□ 熟料基本上活性較石灰石高，在具有高比例石灰石的卜特蘭石灰石水泥中，透過製程參數調整，使IL型水泥具有與OPC等同甚至更佳之特性。

□ 卜特蘭石灰石水泥(IL型)可以替代傳統卜特蘭 I 型水泥。

亞洲水泥股份有限公司花蓮製造廠

Asia Cement Corporation Hualien Plant

品質組實驗室

Quality Control Department Laboratory

花蓮縣新城鄉新城村新興路 125 號

125, Singing Road, Singcheng, Hualien, Taiwan, R.O.C.



報告編號(Report No.): J1120007 報告日期(Date Issued): 112 年 2 月 12 日(Feb. 12, 2023)

水泥型別(Cement Type): 卜特蘭水泥第 I 型 (Portland Cement Type I)

生產期間(Production Period): 111 年 12 月 1~31 日(Dec. 1~31, 2022)

1.2 物理性質(Physical Properties)

卜特蘭 I 型

檢驗項目 (Inspection Item)	CNS 61-2021 表 3 規格限值 (CNS 61-2021 Table 3 Spec. Limit)	檢驗結果 (Test Result)	方法依據 (Test Method)
原料之空氣含量 (體積 Volume %)	12 max	9	CNS 787:1983
細度，比表面積法 (Blaine fineness)	260 min	378	CNS 2924:1983
熱膨脹率(Autoclave expansion)	0.80 max	0.11	CNS 1258:1985
抗壓強度(Compressive strength)			
3 天(3 days)	12.0 min	25.1	CNS 1010:1993
7 天(7 days)	19.0 min	34.2	
28 天(28 days)	28.0 min	48.0	
貫入式凝結時間(Time of setting, Vicat)			
初凝(initial set)	45 min, 375 max	161	CNS 786:1983
終凝(Final set)	(分鐘/minutes)	280	
正常稠度(Normal consistency)	(%)	25.0	CNS 3590:1988
密度(Density)	(g/cm³)	3.15	CNS 11272:1985

註(Not applicable)

齡期	卜特蘭 I 型 (kgf/cm²)	卜特蘭石灰石水泥 (kgf/cm²)
3天	251	262
7天	342	354
28天	480	497

ASIA CEMENT CORPORATION

No.125, Hsin-Hsing Rd., Hsin-Cheng Township, Hualien County, Taiwan (R.O.C.)

1ST MANUFACTURER'S CERTIFICATE OF ANALYSIS

Sample Source	Hualien Plant	Date Sampled	Oct. 31, 2022
Date Reported	Mar. 2, 2023		
PHYSICAL TESTS (Tested in accordance with ASTM C595-21)			
Specific Gravity	3.12	Loss on Ignition	4.68 %
Fineness:		Silicon Dioxide (SiO ₂)	20.56 %
Blaine Surface Area	5260 cm ² /g	Aluminum Oxide (Al ₂ O ₃)	4.14 %
Normal Consistency	26.3 %	Ferric Oxide (Fe ₂ O ₃)	3.05 %
Setting Time (Vicat Test)		Calcium Oxide (CaO)	61.80 %
Initial Setting	2 hr 05 min	Magnesium Oxide (MgO)	3.34 %
Final Setting	4 hr 00 min	Sulfur Trioxide (SO ₃)	2.59 %
False Set, Final Penetration	— %	Insoluble Residue	1.25 %
Compressive Strength:		Sodium Oxide (Na ₂ O)	0.16 %
3-day	3740 psi	Potassium Oxide (K ₂ O)	0.52 %
7-day	5060 psi	Total Alkali	0.50 %
28-day	7095 psi	Free Calcium Oxide	— %
Air Content of Mortar	— %		

卜特蘭石灰石水泥

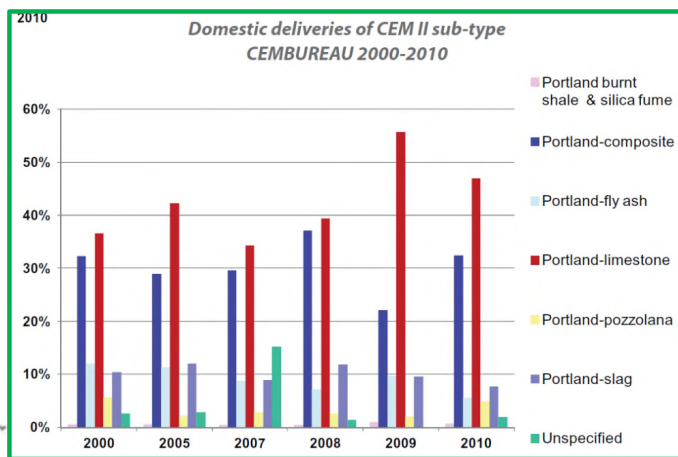
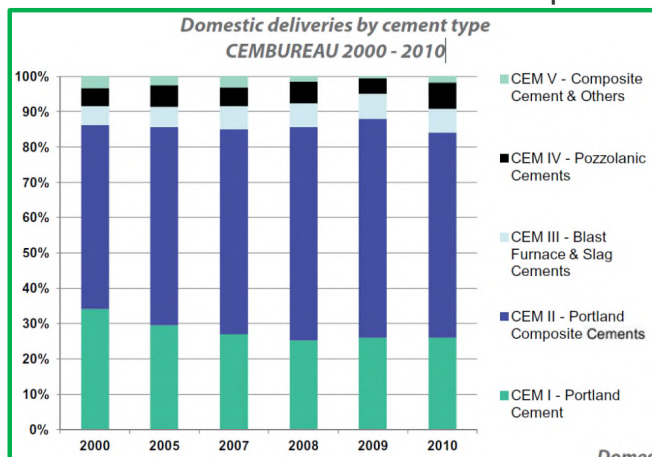


財團法人臺灣營建研究院

國際上最成熟之做法—使用PLC取代OPC

- 1965年，德國生產出含有20%石灰石的水泥，並使用於特殊用途
- 1979年，法國的水泥標準允許添加石灰石
- 1990年，德國將含有 $15 \pm 5\%$ 石灰石的混合水泥訂為常態規格
- 1992年，英國水泥規範允許水泥中的石灰石含量可達20%
- 2000年，歐盟EN 197-1將石灰石水泥分為兩種不同石灰石含量的混合水泥，分別為6~20%及21~35%

The European Cement Association



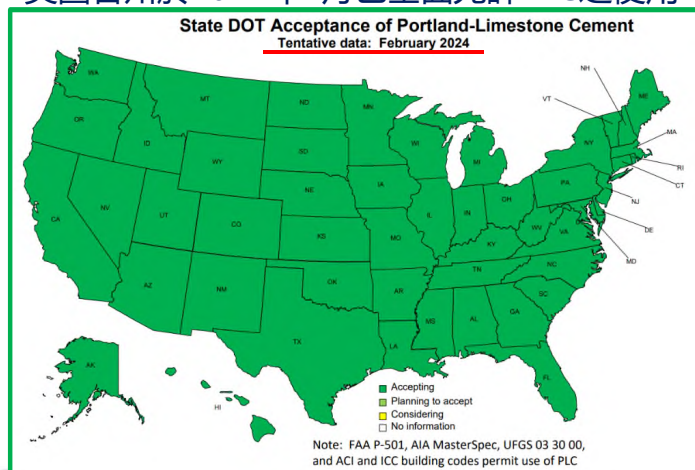
5

財團法人臺灣營建研究院

國際上最成熟之做法—使用PLC取代OPC

- 1983年，加拿大CSA A5規範允許卜特蘭水泥含有5%以內的石灰石
- 2004年，美國ASTM C150允許卜特蘭 I - V 型水泥添加5%以內石灰石
- 2007年，美國AASHTO M85允許卜特蘭 I - V 型水泥添加5%以內石灰石
- 2008年，加拿大CSA A3001規範，將卜特蘭石灰石水泥列為混合水泥，規定石灰石含量為5~15%
- 2012年，美國ASTM C595將石灰石水泥列為混合水泥，規定石灰石含量為5~15%

美國各州於2024年2月已全面允許PLC之使用



Note: FAA P-501, AIA MasterSpec, UFGS 03 30 00, and ACI and ICC building codes permit use of PLC



Global Cement and Concrete Association

COP29聯合國氣候峰會資料

GCCA Policy Document
on Blended Cements and Supplementary
Cementitious Materials
Authored by Global Cement and Concrete Association

October 2024

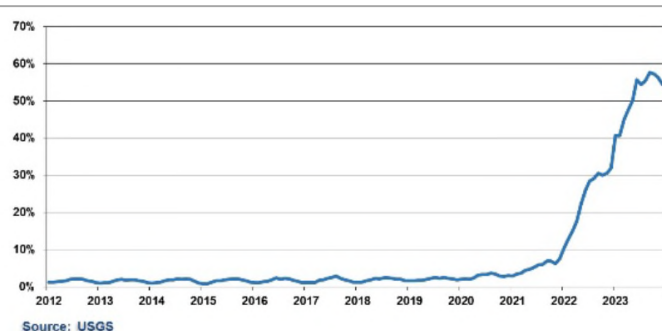


Figure A1: Growth in use of Portland Limestone cement in USA. Courtesy of USGS, Supplied by Portland Cement Association

國際上石灰石水泥研究成果豐碩

- ✓ Cement & concrete composites : 269篇
- ✓ Cement and concrete research : 481篇
- ✓ ACI materials journal : 65篇



財團法人臺灣營建研究院

國際文獻有關 IL與I型混凝土添加礦物摻料之性能比較： IL與I型混凝土性能相當

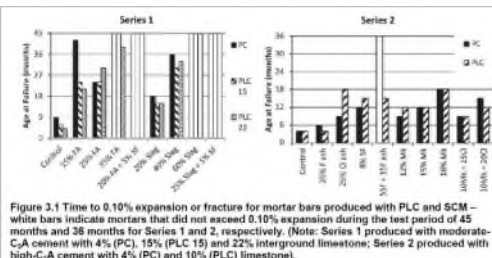
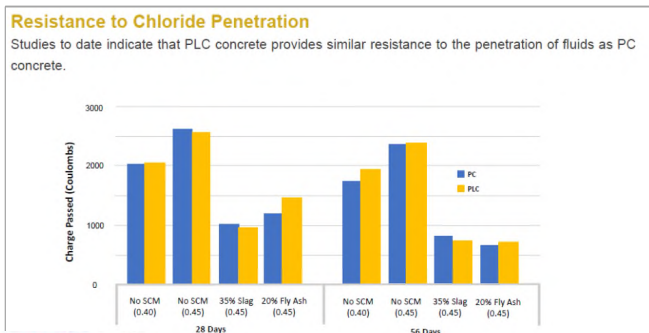
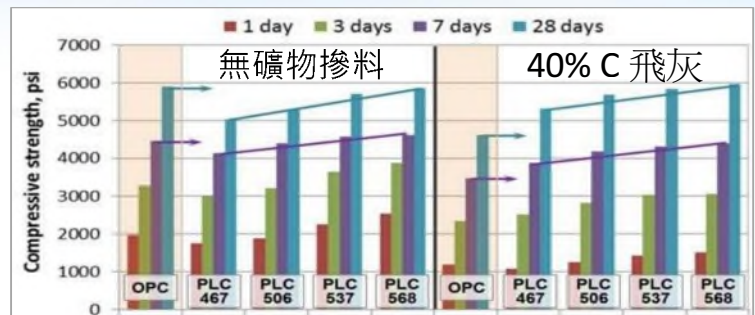
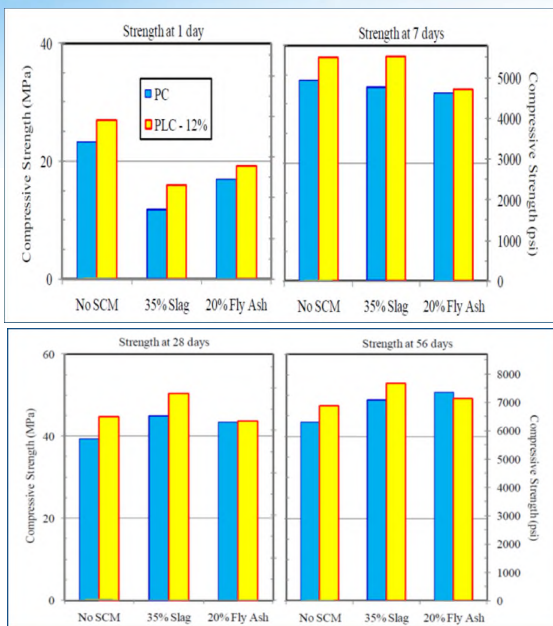


Table 2: CSA A23.1 (ASTM C157) Drying Shrinkage (2009 Field Data, w/cm = 0.40)

Length change (%)	GU 100%	PLC10 100%	PLC15 100%	GU 70% Slag 30%	PLC10 70% Slag 30%	PLC15 70% Slag 30%
28 days	0.036	0.037	0.037	0.026	0.027	0.025
1 year	0.069	0.061	0.062	0.058	0.052	0.053
2 years	0.067	0.068	0.065	0.062	0.06	0.067

美國加州交通廳全面開放使用PLC

CALTRANS: Impact of the Use of Portland-Limestone Cement on Concrete Performance as Plain or Reinforced Material

Final Report

結果顯示PLC可以直接取代OPC。還應該指出的是，在包含SCM系統的系統中，PLC可以取代OPC。此外，當PLC與SCM一起使用時，SCM中的石灰石和活性氧化鋁之間可以產生協同行為，從而提高整體性能。因此，我們建議允許使用OPC (ASTM C150、AASHTO M85) 的規範也可以允許使用PLC (ASTM C 595、AASHTO M240)。

April 30th, 2021, Revised June 29th, 2021

The results indicate that PLCs can be used as a direct replacement for OPC. It should also be noted that PLC can replace OPC in systems containing SCM systems. Further, when PLCs are used with SCM, there can be a synergistic behavior between the limestone and reactive alumina in the SCMs that improves overall performance. As such, we recommend that specifications that permit the use of OPC (ASTM C 150, AASHTO M 85) could also permit the use of PLC (ASTM C 595, AASHTO M 240). Specifications could also be developed to permit the use of up to 10% limestone with OPC; however, some details will be needed on the chemical and physical properties of the limestone to ensure its size (packing and reaction) and chemical purity.

State of California
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

California State Transportation Agency

Memorandum

Making Conservation
a California Way of Life.

To: DEPUTY DISTRICT DIRECTORS, Construction
DEPUTY DIVISION CHIEF, Structure Construction
CONSTRUCTION MANAGERS
SENIOR CONSTRUCTION ENGINEERS
RESIDENT ENGINEERS

Date: October 15, 2021

File: Division of Construction
CPD 21-19

From: RAMON HOPKINS, Chief
Division of Construction

Subject: PORTLAND-LIMESTONE CEMENT ALLOWANCE IN BLENDED CEMENTS

This directive provides information to California Department of Transportation (Caltrans) resident engineers about Revised Standard Specification 90-1.02B(2), "Cement," which was posted July 2, 2021. The revision will be effective October 15, 2021.

Type II cement, commonly referred to as portland-limestone cement will be allowed in accordance with ASTM C595 and AASHTO M240, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cement," which allow 5 to 15 percent limestone in blended cements. The inclusion of ground limestone in hydraulic cement can enhance sustainability, lower greenhouse gas emissions, and reduce the energy consumption associated with cement, while maintaining equivalent quality and performance of the concrete produced.

For projects advertised before October 15, 2021, or that do not include the revised specification, the contractor may request use of the revision for ongoing projects by submitting a no-cost change order request to the resident engineer. The change order will need to be approved before Type II cements can be incorporated as part of the blended cements.

Attached to this directive are a sample change order memorandum and sample change order. This directive serves as delegation of authority from the Division of Construction for change order approval, except when change order language is altered.

If you have questions or comments regarding this directive, contact Samir Ead, Division of Construction, at Samir.Ead@dot.ca.gov or (916) 764-9666.

對於2021年10月15日之前公告的工程，或未包含修訂規範的工程，承包商可以透過向現場工程師提交不涉及費用的變更單請求，申請在進行中的工程使用該修訂。該變更單需獲得批准後，才能將II型水泥納入混合水泥的一部分。

國外PLC水泥應用案例-美國

資料來源：詳見石灰石水泥使用手冊

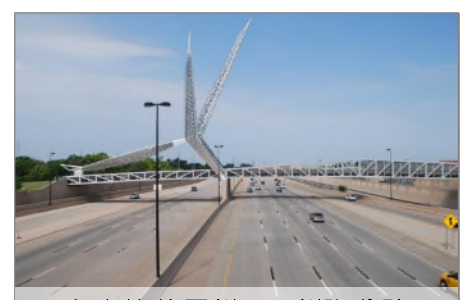
- 2008年科羅拉多州交通廳 (CDOT) 是美國第一個允許使用含有10%石灰石的PLC，並允許於混凝土中添加飛灰。
- 該州第一個PLC水泥工程為Lamar附近的287號高速公路，全長7英里。
- 採用ASTM C1157 PLC和20% F級飛灰的混凝土，28天抗彎強度可達695 psi (CDOT 要求為650 psi)，並驗證PLC在使用上與普通水泥沒有太大的差別。



猶他州SR 201道路(2009)，
10%PLC+25%飛灰



猶他州I-80號公路(2014)，
10%PLC+25%飛灰



奧克拉荷馬州I-40州際公路
(2009)，10%PLC

國外PLC水泥應用案例-加拿大

資料來源：詳見石灰石水泥使用手冊

- 加拿大自規範頒布以來，已澆置超過1,000萬 m^3 的PLC水泥混凝土。
- 2011~2016年渥太華（Ottawa）興建的Bayshore購物中心及停車場，採用PLC並添加40~60%爐石粉，混凝土總用量為64,000 m^3 。
- 設計抗壓強度為35~55 MPa，性能要求包含低水合熱、乾縮量、抵抗氯離子能力RCPT<1000庫倫等。



2013~2014年漢米爾頓的提姆霍頓斯球場（Tim Hortons Field）



2016~2017年布蘭特福德的YMCA大樓，PLC+20~25%爐石粉，混凝土總量為7500 m^3 。



2014年溫哥華的The Mark公寓大樓（43層）採用PLC混凝土且獲得LEED金級認證。

國內IL型水泥混凝土之性能驗證

社團法人
台灣混凝土學會



財團法人
臺灣營建研究院

石灰石水泥混凝土性能驗證

石灰石水泥性能驗證

石灰石水泥物化性質

對照組：2種卜特蘭I型水泥
試驗組：2種卜特蘭石灰石水泥

- ✓ 三氧化硫含量
- ✓ 燒失量
- ✓ 細度，比表面積
- ✓ 密度
- ✓ 熱壓膨脹/收縮
- ✓ 初凝時間，費開氏針法
- ✓ 水泥砂漿空氣含量
- ✓ 抗壓強度(3、7、28天)

不同礦物摻料比例

對照組：卜特蘭I型
試驗組：**S50%、F25%、S35%+F15%、S35%+F30%**
水膠比：3種(w/c0.4、0.5、0.6)

- ✓ 新拌性質
- ✓ 力學性質(3、7、28、56、91、180天)
- ✓ 體積穩定性(0%、S35%+F15%、1種水膠比)
- ✓ 耐久性(0%、S35%+F15%、1種水膠比)
- ✓ 絕熱溫升(S35%+F30%、1種水膠比)

不同粒料來源

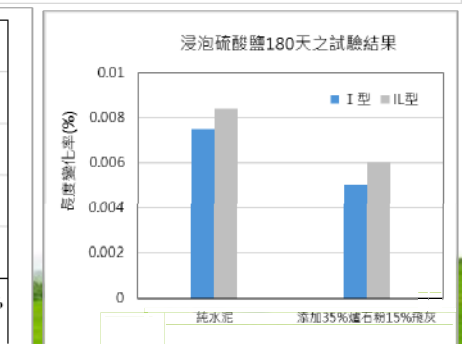
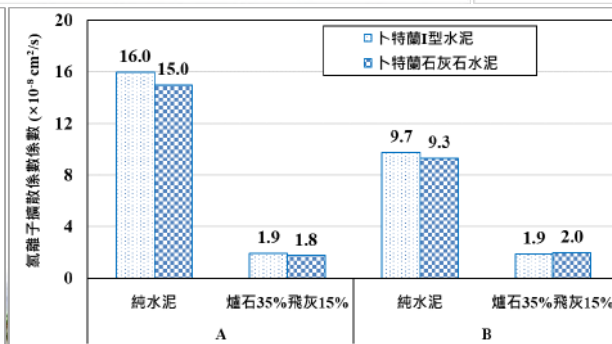
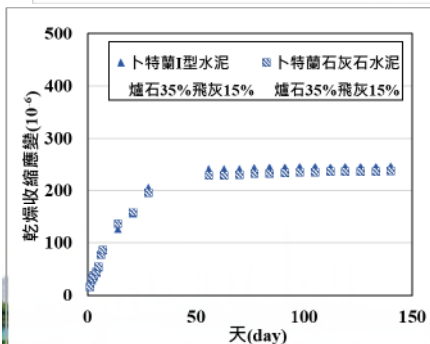
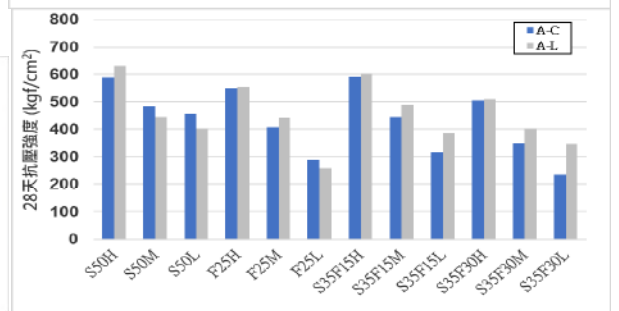
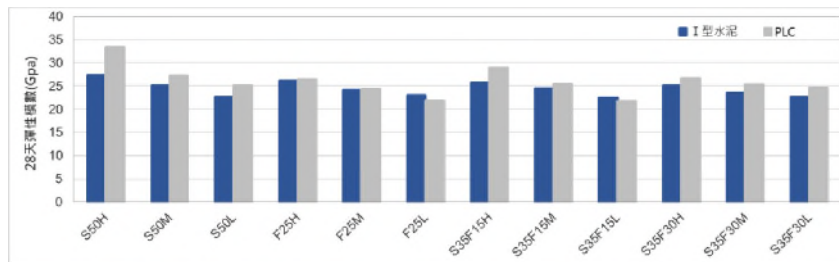
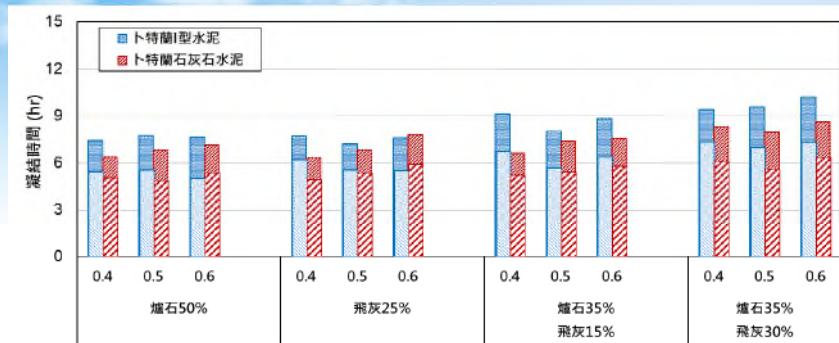
對照組：卜特蘭I型
試驗組：4種來源
水膠比：1種(w/c0.4)

- ✓ 新拌性質
- ✓ 抗壓強度(3、7、28、56天)

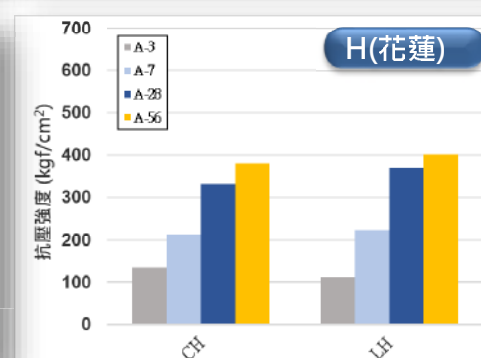
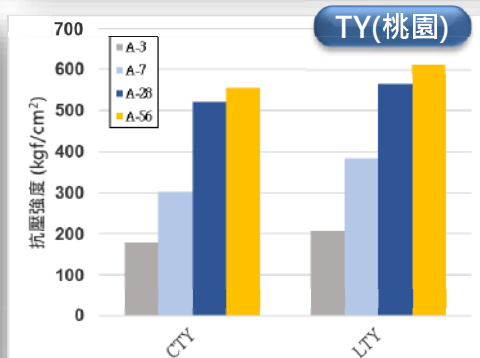
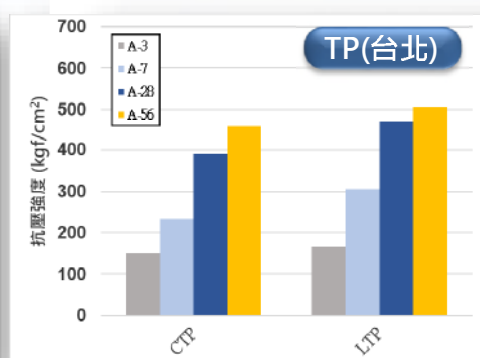
完成76組配比 超過2000顆試體



石灰石水泥混凝土驗證結果：與I型水泥相當



不同粒料來源之比較：I型與IL型性能相當



國內石灰石水泥混凝土驗證總結

項目	石灰石水泥(IL)混凝土 vs I 型水泥混凝土
工作性(坍度、坍損)	與 I 型水泥混凝土相當或略佳
泌水率	與 I 型水泥混凝土相當或略低
凝結時間	IL混凝土較短，初凝約減少0~1.7小時，終凝約減少0~2.8小時。
抗壓強度	IL混凝土3天及7天抗壓強度略高於 I 型水泥混凝土，28天後則相當。 添加35%S+15%F和50%S表現更佳
彈性模數、劈裂強度	與 I 型水泥混凝土相當或略佳
乾燥收縮、自體收縮	與 I 型水泥混凝土相當
抗硫酸鹽能力	IL混凝土略差，但可透過添加礦物摻料改善
抗氯離子能力	與 I 型水泥混凝土相當
不同粒料之影響	與 I 型水泥混凝土一致

卜特蘭石灰石水泥混凝土使用手冊

2024

卜特蘭石灰石水泥混凝土 使用手冊

社團法人台灣混凝土學會

社團法人台灣混凝土學會

卜特蘭石灰石水泥混凝土使用手冊

編撰小組委員：

呂良正

邱曜仁

葉尚國

李銘智

陳育聖

日籍人楊仲家

林尚毅

許瑞敏

唐顯堂

(附註氏筆劃序)

審查小組委員：

王輝藩

梁智信

楊仲家

卓世俊

彭康瑜

日籍人唐顯堂

陳成成

彭獻生

廖文正

(附註氏筆劃序)

中華民國一一年三月

版權所有·翻印必究

卜特蘭石灰石水泥混凝土使用手冊

編著

社團法人台灣混凝土學會

出版者

社團法人台灣混凝土學會

地址

10668 台北市大安區中南路三段 200 號

電話：(02) 8914-5286

傳真：(02) 8914-7476

網址：<https://www.concrete.org.tw>

電子郵件：tcinet@mail@gmail.com

初版

2024 年 4 月

定價

250 元

第一章 總則

第二章 石灰石水泥

第三章 石灰石水泥混凝土之性質

第四章 石灰石水泥混凝土之應用 及效益

第五章 配比設計

第六章 混凝土之產製與施工

第七章 品質管理

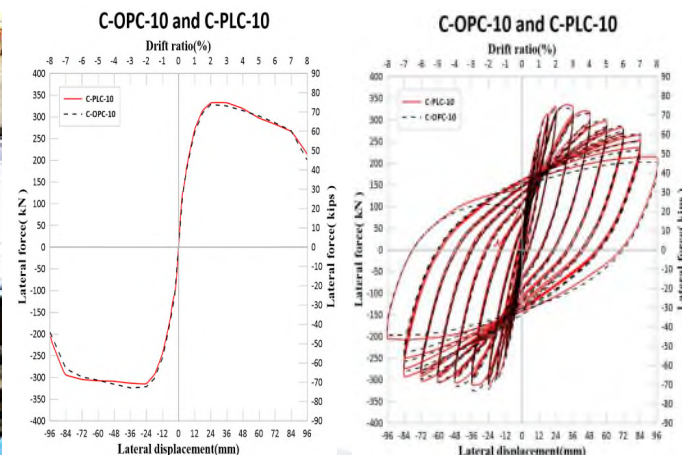
第一刷5,500本，發行超過5,000本！
已在業界普遍推廣。

17

財團法人臺灣營建研究院

IL型水泥混凝土梁柱耐震性能驗證 與I型水泥混凝土具有同等耐震能力

- 臺灣營建研究院、成功大學、亞東預拌與根基營造合作，進行IL型水泥混凝土梁柱耐震性能研究，已於113年5月完成，試驗結果顯示IL型水泥與卜特蘭水泥在三合一應用下(爐石粉35%+飛灰15%)，**具有同等耐震能力**。



財團法人臺灣營建研究院

國內學術論文&期刊文章

- 鄧庭安，「使用石灰石水泥之混凝土和砂漿之性質研究」，國立台灣大學土木工程學系碩士論文，112年。
- 李嘉彤，「彭潤土與水淬高爐石對石灰石水泥砂漿抗氯離子侵入能力影像之研究」，國立台灣科技大學營建工程學系碩士論文，112年。
- 張舜庭，「石灰石水泥之力學與耐久性質研究」，國立台灣科技大學營建工程學系碩士論文，100年。
- 林昌緯，「添加強塑劑下石灰石水泥漿體之流變行為研究」，國立台灣科技大學營建工程學系碩士論文，100年。
- 邱暉仁，「卜特蘭石灰石水泥之發展應用」，混凝土科技第17卷第1期，112年1月。
- 陳育聖、許瑞紋、梁喬茵，「石灰石水泥混凝土國際減碳發展與國內應用頻頸」，營建知訊491期，112年12月。
- 陳志賢、曾昱中，「低碳水泥減碳路徑及對混凝土之影響」，混凝土科技第18卷第1期，113年1月。
- 陳育聖、許瑞紋、梁喬茵，「卜特蘭石灰石水泥添加礦物摻料之混凝土性質探討」，營建知訊497期，113年6月。
- 楊仲家、詹穎雯等，「卜特蘭石灰石水泥混凝土性質與使用手冊介紹」，混凝土科技第18卷第3期，113年7月。
- 劉光晏、吳建華等，「卜特蘭石灰石水泥鋼筋混凝土構件之耐震性能研究」，混凝土科技第18卷第3期，113年7月。

19

財團法人臺灣營建研究院

研討會及座談會

- 黃健強，「石灰石水泥(PLC)混凝土在國際應用趨勢與PLC的性能與減碳效益」，台灣混凝土學會2023年暨混凝土工程研討會，112年12月。
- 陳志賢，「卜特蘭石灰石水泥的減碳效益與介紹」，2023台灣混凝土應用與技術研討會，112年12月。
- 洪崇智，「水泥產業的減碳與淨零之發展策略與技術」，2023台灣混凝土應用與技術研討會，112年12月。
- 邱鈺文，「智慧低碳技術在水泥產業之應用」，水泥製品低碳研討會，113年6月。
- 蔡家恩，「友善環境之低蘊含碳建築新時代(卜特蘭石灰石水泥應用)」，環境部資源循環署無稽資源循環研討會，113年6月。
- 陳育聖，「營建產業低蘊含碳建材之發展現況介紹」，2024國際ESG不動產永續峰會，113年6月。
- 呂良正，「營建產業的低碳循環策略與手段」，低碳循環台灣永續耐久營建研討會，113年6月。
- 劉光晏，「鋼筋混凝土低碳構件在抗震性能之表現」，低碳循環台灣永續耐久營建研討會，113年6月。
- 金崇仁，「預拌混凝土多元的多元淨零碳排策略」，低碳循環台灣永續耐久營建研討會，113年6月。
- 蔡家恩，「低蘊含碳建材如何促進營建產業的低碳化(卜特蘭石灰石水泥應用)」，桃園土木師公會ESG研討會，113年8月。
- 蔡家恩，「低碳循環建材-水泥與混凝土介紹」，首屆低碳(低蘊含碳)建築標示授證典禮，113年11月。
- 詹穎雯，「石灰石水泥混凝土使用手冊應用解說」，2024台灣混凝土應用與技術研討會，113年12月。
- 金崇仁，「預拌混凝土多元低碳技術」，公共工程邁低碳趨之挑戰研討會，113年12月。

20

財團法人臺灣營建研究院

教育訓練及講習會

- 蔡家恩，「友善環境之低蘊含碳建築新時代(卜特蘭石灰石水泥應用)」，台灣科技大學營建工程系台灣印尼科技創新中心低碳營建材料工作坊，113年4月。
- 蔡家恩，「友善環境之低蘊含碳建築新時代(卜特蘭石灰石水泥應用)」，高雄科技大學土木工程系混凝土科技課程，113年4月。
- 蔡家恩，「混凝土技術發展與應用:台泥卜特蘭石灰石水泥)」，陽明交大土木工程系專題講座，113年5月。
- 蔡家恩，「友善環境之低蘊含碳建築新時代(卜特蘭石灰石水泥應用)」，建國工程供應商大會邁向淨零建築-碳求真零，113年8月。
- 蔡家恩，「低蘊含碳建材如和促進營建產業的低碳化(卜特蘭石灰石水泥應用)」，臺灣大學土木所專題討論，113年9月。
- 楊仲家，「石灰石水泥的應用與發展」，113年水利署混凝土工程教育訓練，113年9月。
- 蔡家恩，「友善環境之低蘊含碳建築新時代(卜特蘭石灰石水泥應用)」，台灣產業服務基金會-低碳蘊含碳建築工法講習，113年10月。
- 陳育聖，「營建產業低蘊含碳建材之發展現況介紹」，中央大學土木所專題演講，113年10月。
- 蔡家恩，「低碳循環建材-水泥與混凝土介紹」低碳(低蘊含碳)建築標示制度推廣東區宜蘭場，113年11月。
- 蔡家恩，「低碳循環建材-水泥與混凝土介紹」低碳(低蘊含碳)建築標示制度推廣南區高雄場，113年11月。

國內水泥廠第三者驗證現況

- 台泥、亞泥卜特蘭石灰石水泥已於113年6月完成第三者專業機構驗證。
- 信大水泥(113/11)、潤泰水泥(113/12)、環球水泥(113/12)、幸福水泥(114/1)，驗證進行中。



台灣水泥-台泥汐止廠
亞洲水泥-亞東汐止廠
信大水泥-信一桃園廠
潤泰水泥-國產汐止廠
環球水泥-環球大湖廠
幸福水泥-幸孚三峽廠

台泥IL型水泥混凝土

使用現況：民間已大量使用

全台簽約量超過**350萬立方米(m³)**
113年 出貨量超過**100萬立方米(m³)**



富邦建設
富邦產物保險大樓



坤山建設
坤山臻真



惠國建設
清澄之境



仰德建設
仰德 美麗島案

金林建設
惠國建設
長安建設
聯聚建設
陸府建設
大毅建設
辰偉建設
晟溢建設
精銳建設
南悅建設
國雄建設
鉅虹建設

聯儀建設
長威建設
三貴建設
世興建設
貴霖建設
贊園建設

日大建設
得邑建設
欽昇科技
新特系統
百立建設
龍廷建設
頌真建設

仰德建設
立信建設
頂誠建設
居富建設
郡都建設
毓寶建設
遠雄建設

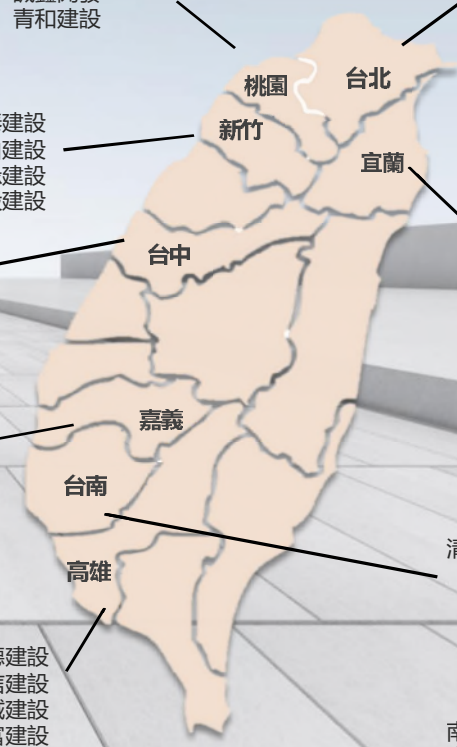
福倉建設
百川建設
鉅慶建設
名嘉建設
麗江建設
森田建設
誠鑫開發
青和建設

桃大建設
力璞建設
中麗建設
詠勝建築
凱田建設
葛里法建築

富邦建設
三發地產
信義開發
信銓建設
信創營造
立陽開發
家泰建設
福樺建設
科達建築
海研建築
僑達建設
興富謙建設

太平洋建設
東馨建設
連冠建設
森也建設
凌雲建設
昶春建設

三發建設
清景麟建設
立信建設
宸揚建設
北揚建設
聯太地產
鼎茂建設
泓達建設
南泰億建設
安富億建設



僅供台灣水泥銷售同報使用

交通部鐵道局工程已開始使用 IL型水泥添加礦物摻料混凝土

配比：60%IL型水泥、30%爐石、10%飛灰

C611標嘉義計畫鐵路高架橋及橋下平面道路工程 廠拌

試驗室地址：嘉義市友信街33號
Address: #33, You-Xin st.
Chia Yi, R.O.C.
電話：(05)2334698
TEL：
傳真：(05)2334702
FAX：

正新工程材料實業有限公司
Jheng Sing Engineering Materials Development Co., Ltd
正新嘉義工程材料試驗室
Jheng Sing Engineering Materials Testing Lab., Chia Yi
混凝土圓柱試體抗壓強度試驗報告



Test Report for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

工程名稱：C611標嘉義計畫鐵路高架橋及橋下平面道路工程
主辦機關：交通部鐵道局中部工程分局第六工務段
監造單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司

報告編號：M2410510

頁次：第1頁，共1頁

收件日期：113/11/08 /時:36分

試驗日期：113/11/14 /時:15分

113/11/14 /時:34分

報告日期：113/11/14

結構部位：廠拌

取樣人員：交通部鐵道局中部工程分局第六工務段：張欽鐘、台灣世曦：程嘉熙、根基營造：羅豐達

送驗人員：台灣世曦：程嘉熙、根基營造：羅豐達、台灣水泥(股)公司高雄水泥製品廠嘉義分廠：黃偉哲

會驗人員：台灣世曦工程顧問股份有限公司：程嘉熙、根基營造股份有限公司：羅豐達

設計強度：280IL型 kgf/cm²

試驗方法：CNS 1232(2002)

試驗數量：2 個

試體編號 (取樣部位)	試體平均尺寸		材齡	製模日期	最大荷重	抗壓面積	修正係數	抗壓強度		破壞形態	試體或蓋平缺陷
	直徑	標稱高度						kgf/cm ²	MPa		
1-1	15.00	30.0	7	13/11/07 / --	59533	176.71	無須修正	337	33.0	A	1
1-2	15.03	30.0	7	13/11/07 / --	59338	177.42	無須修正	334	32.8	A	1
以下空白											



亞東IL型水泥混凝土工程實績(土城花王案)

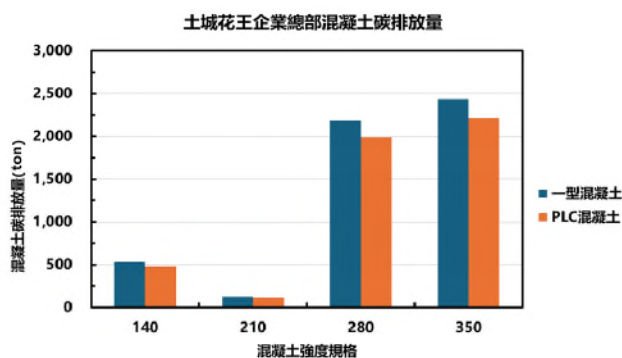


花王土城企業總部都更案

- 膠結材比例:水泥60%爐石30%飛灰10%
- 原配比置換卜特蘭石灰石水泥
- 混凝土碳排放量: 5,277 噸→4,802噸
- 減少碳排放量比例: 9.0%

- 建設公司: 吉璞建設
- 建築設計: 呂佳隆建築師事務所
- 工程營造: 信創營造
- 結構型式: 鋼筋混凝土
- 樓層: A區及B區 地上13層/地下三層
- 混凝土需求量

□ A區: 9,203 m³、B區: 11,301 m³



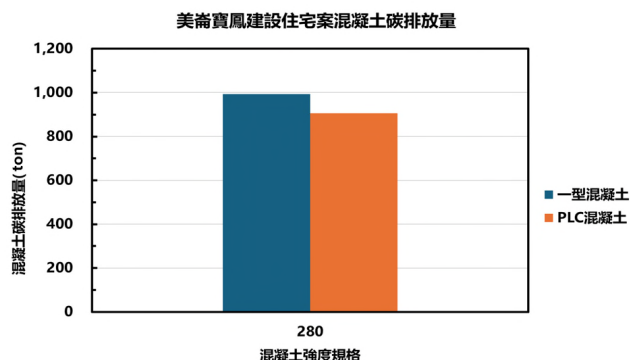
亞東IL型水泥混凝土工程實績(美崙寶鳳住宅案)



集合住宅新建工程

- 膠結材比例:水泥50%爐石35%飛灰15%
- 原配比置換卜特蘭石灰石水泥
- 混凝土碳排放量: 993 噸→906噸
- 減少碳排放量比例: 8.8%

- 建設公司: 寶鳳建設
 - 建築設計: 劉燕湖建築師事務所
 - 工程營造: 億隆營造
 - 結構型式: 鋼筋混凝土
 - 樓層: 透天式集合住宅
 - 混凝土需求量
- 5,000 m³



回應業者提出之ACI-ASCC調查報告疑慮

文中已說明此報告不適用於統計推斷

American Society of Concrete Contractors

ACI-ASCC Survey on Portland-Limestone Cement Concrete

Summary of responses and comments

by James Klinger, Kevin A. MacDonald, Jerry A. Holland, Scott M. Tarr, Beverly A. Garrant, and Bruce A. Suprenant

The transition from Type I portland cement (also referred to as ordinary portland cement [OPC]) to Type II portland cement (also known as portland-limestone cement [PLC]) is well underway. The change has prompted many discussions among industry professionals in the United States. Unsurprisingly, the topic has been raised in many committee meetings at ACI Concrete Conventions.

At the Spring 2022 convention in San Francisco, CA, USA, Kevin MacDonald, Chair of ACI Committee 302, Construction of Concrete Floors, proposed a survey to gather information on contractors' experiences with PLC concrete. Beverly Garrant, Executive Director of the American Society of Concrete Contractors (ASCC) at the time, volunteered ASCC's assistance in the development and evaluation of the survey; and we, the co-authors of this article, served on the ensuing Joint ACI-ASCC Task Group that developed the survey questions. We also worked with Dean Frank, Executive Director of NEU, an ACI Center of Excellence for Carbon Neutral Concrete, and Michael Tholen, ACI Senior Managing Director of Technical Operations, to refine the questions.

This article presents 15 survey questions and a summary of answers provided by 173 respondents, as well as information from previous PLC surveys conducted by ASCC in March 2023,¹ the Tennessee Concrete Association (TCA) in June 2023,² and the National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) in October 2023.³ Readers are encouraged to evaluate the ACI-ASCC PLC survey data and draw their own conclusions.

Survey Basics

The Joint ACI-ASCC Task Group developed survey questions to gather information regarding the construction of concrete floors and slabs using Type I and Type II portland cement. The following paragraphs discuss survey distribution, sampling methods, and responses.

Distribution

ASCC's staff generated the survey in SurveyMonkey® and provided ACI staff with a URL link. The survey was distributed as an embedded link in the following media:

- Once per week in the Concrete SmartBrief—August 22 through September 30;
- In each ACI eNews—August 24 and September 7; and
- On ACI's LinkedIn and Facebook social media pages—August 16.

In addition, we (the authors) sent emails to our contacts at the Portland Cement Association (PCA), NRMCA, the California Nevada Cement Association (CNCA), and other groups to raise awareness of the survey and to encourage responses. The survey ended on September 30, 2023, with data collected from 173 respondents. While this may appear to be a small response, ACI staff has indicated that the largest previous survey, on the ACI Code 318 reorganization, included data from only 74 respondents.

Sampling

This survey featured nonprobability sampling based on links in emails to ACI members and contacts as well as postings on ACI's social media pages. Respondents had to take it upon themselves to submit responses, so the survey used a combination of convenience sampling and voluntary sampling. In contrast to the results of probability sampling based on random selection from a population, the results of this sampling approach are not suitable for statistical inference, and the results cannot be considered representative of all PLC users in the concrete industry.

Responses

The survey comprised multiple-choice questions, with each accompanied by a text box for comments. Table 1 summarizes

Sampling

This survey featured nonprobability sampling based on links in emails to ACI members and contacts as well as postings on ACI's social media pages. Respondents had to take it upon themselves to submit responses, so the survey used a combination of convenience sampling and voluntary sampling. In contrast to the results of probability sampling based on random selection from a population, the results of this sampling approach are not suitable for statistical inference, and the results cannot be considered representative of all PLC users in the concrete industry.

這項調查採用了**非機率抽樣**，根據電子郵件中的ACI成員和聯絡人的鏈接，以及在ACI社交媒體頁面上的張貼。受訪者必須自行提交回應，因此調查採用了**方便抽樣**和**自願抽樣**的組合。與基於從人口中隨機選擇的概率抽樣的結果相比，這種抽樣方法的結果**不適用於統計推斷**，**結果不能被認為代表了混凝土行業中所有PLC使用者的情況**。

回應業者提出之ACI-ASCC調查報告疑慮

- ACI會員數超過3萬多人，美國營造廠至少90萬家以上，僅僅173人回覆的問卷調查，**有代表性嗎??**
- 調查對象為針對有樓板地坪施工經驗者。樓板混凝土品質影響因素甚多：材料、配比、季節、溫度、濕度、風速、養護方式、養護時間、粉光時間...，**皆是PLC造成的嗎?**
- 受訪者是否有經由**科學的方式**（將I型水泥與PLC以相同配比及相同環境）**進行比對?**或僅是**個人主觀的感覺?**
- 受訪者提出之問題：需水量、凝結時間、結皮、修飾、強度問題、坍塌度變化、外加劑用量、乾燥收縮開裂、切鋸問題等，使用**傳統混凝土亦時常發生**。已有許多專業期刊文獻提出相關驗證。

回應業者提出之樓板施工疑慮：

各型水泥混凝土施工皆需要參照此建議要點以避免發生類似問題

Minimizing the Risk for Portland-Limestone Cement Concrete Slabs

Best practices and strategies to reduce floor slab finishing and early-age, strength-critical challenges

by James Klinger, Joseph F. Neuber Jr., Jeffrey Ondo, and Bruce A. Suprenant

While many contractors have successfully placed and finished concrete slabs constructed using Type II cement (portland-limestone cement [PLC]), others have struggled with project delays and unacceptable finishes. To find the root causes of unsuccessful outcomes, jobsite data such as mixture proportions, weather conditions, construction practices and equipment, and finish requirements must be evaluated.

This article discusses early-age, strength-critical construction operations such as saw cutting, cold weather protection, post-tensioning, and form removal, as well as best practices and strategies to minimize risks during floor slab finishing and early-age, strength-critical construction. This article also provides data collected on six mockups constructed with Type II cement and one mockup constructed with Type I cement. The authors encourage others to share their data and experiences with Type II cement.

Concrete Finishing Challenges

The outcomes of concrete slab placements are highly dependent on the mixture constituents and the fresh concrete properties such as slump, air content, bleeding rate, and setting time. The sensitivity of the fresh concrete to the environment impacts the finisher's techniques and timing to produce a quality product. One major factor that separates slabs requiring a trowel finish from slabs designed as paving^{1,4} is the length of time the fresh concrete slab is exposed to the environment. For slipform paving, Poole⁵ indicated that final finishing is usually completed within a few minutes of placing the concrete, well before the time of initial setting and the end of the bleeding period. For slabs to receive a trowel finish, final finishing may occur 3 to 8 hours after placement, with the longest delays occurring in cold weather with high relative humidity. This extended exposure time poses a substantial risk to contractors who are tasked with turning a sensitive,

perishable product into a quality hardened product for the owner. Thus, slipform paving and parking lot examples are not comparable to slabs specified to receive a trowel finish.

Survey on PLC Concrete

The recent Joint ACI-ASCC Survey on PLC Concrete (to be published in the February 2024 issue of *Concrete International*) posed questions to elicit user experiences with finishing and performance of slabs requiring a trowel finish. The percentages reported in the following section represent the answers from 173 respondents. As the survey shows, fresh concrete properties changed when the cement changed.

Reported changes in fresh concrete properties associated with changing from Type I cement to Type II cement include:

- Water demand—77% reported an increase while 7% reported a decrease;
 - Bleed water—14% reported an increase while 39% reported a decrease;
 - Setting time—51% reported an increase while 21% reported a decrease;
 - Crusting—31% reported an increase while 1% reported a decrease;
 - Changes in finishing—45% reported an increase while 3% reported a decrease; and
 - Need for evaporation reducer—38% reported an increase while 1% reported a decrease.
- Reported PLC concrete performance characteristics (relative to concrete produced using Type I portland cement) include:
- Plastic shrinkage cracking—43% reported an increase while 6% reported a decrease;
 - Scaling—13% reported an increase while 1% reported a decrease;
 - Dusting—13% reported an increase while 1% reported a decrease.

www.concreteinternational.com | C I | JANUARY 2024 33

最佳實踐與策略以減少地坪整理挑戰

- ◆ 試驗批次過程中，進行泌水測試和凝結時間測試：這些數據對制定樣本的初期養護計畫至關重要；
- ◆ 根據預期天氣，結合泌水和凝結時間數據制定初期養護計畫：評估進入方式與多次噴灑蒸發抑制劑的技術；
- ◆ 使用預期的工具與技術進行樣本試驗，並結合初期養護計畫：模擬冷（50°F [10°C]）和熱（90°F [32°C]）天氣進行樣本試驗。根據樣本結果調整計畫，必要時可進行其他試驗；
- ◆ 由於試驗批次數據與樣本信息可能僅在合同簽訂後可用，投標提案應基於預期的整理和初期養護時間進行資格認定：如果預定施工操作需要更多時間，則混凝土配合比需調整以達到期望的泌水與凝結時間，或更改初期養護計畫，並申請變更單以涵蓋新增成本。

29

財團法人臺灣營建研究院

回應業者提出PLC抗硫酸鹽能力之疑義

硫酸鹽環境應使用II、V型或(MS、MH)混合水泥

內政部「建築物混凝土結構設計規範」(113.01)

第十九章 混凝土：設計與耐久性要求

表19.3.2.1 不同暴露分級之混凝土要求

暴露分級	最大 w/cm	最小 f_c' kgf/cm ²	附加要求 膠結材料—種類		膠結材 之限制
			CNS 61 卜特蘭水泥	CNS 15286 水硬性混合水泥	
S0	N/A	210	無限制	無限制	無限制
S1	0.50	280	II	含(MS)標記之分類	無限制
S2	0.45	315	V	含(HS)標記之分類	不允許
S3	選項 1	0.45	V加卜作嵐 材料或水淬 高爐爐渣粉	含(HS)標記之分類 加卜作嵐材料或水 淬高爐爐渣粉	不允許
	選項 2	0.40	V	含(HS)標記之分類	不允許

第二十六章 設計圖說與檢驗

表26.4.2.2(c) 建立暴露類別S之膠結材料組合的適用性要求

暴露等級	使用符合CNS14794規定測試之 最大膨脹應變		
	6個月	12個月	18個月
S1	0.10%	無要求	無要求
S2	0.05%	0.10%	無要求
S3選項1	無要求	無要求	0.10%
S3選項2	0.05%	0.10%	無要求

30

財團法人臺灣營建研究院

回應業者提出PLC抗硫酸鹽能力之疑義

國內外研究證實PLC具有與 I 型水泥同等之抗硫酸鹽能力

Caltrans, 2021

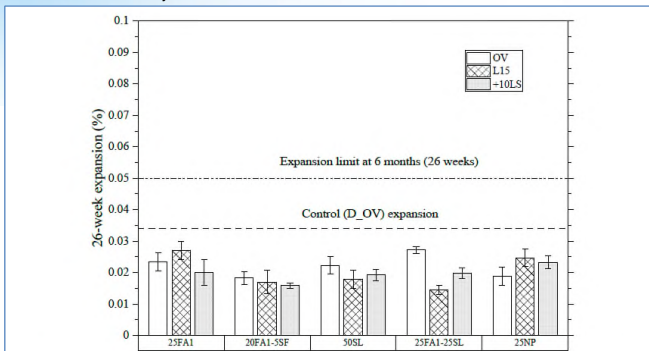


Figure 13-6. 6-month (26 weeks) expansion data of the mortar bars with clinker D

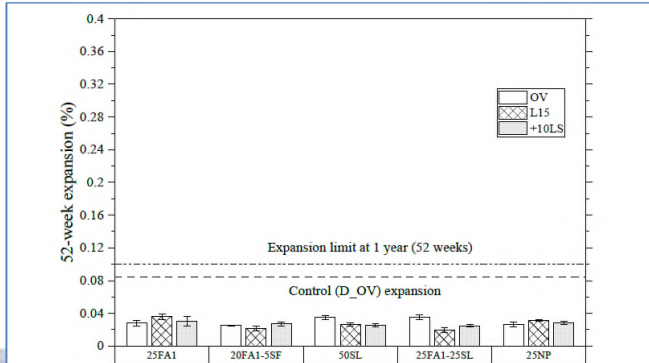
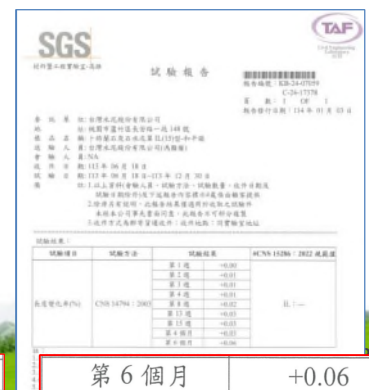
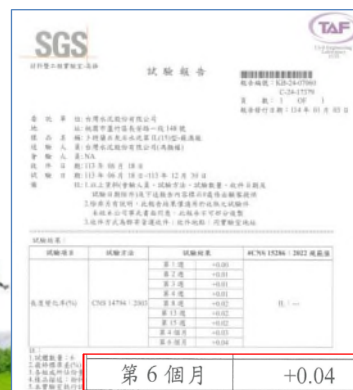
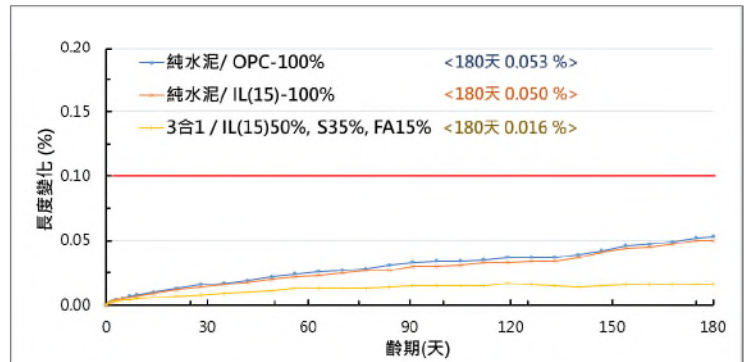


Figure 13-7. 1-year (52 weeks) expansion data of the mortar bars with clinker D

台泥 I 型水泥與IL水泥之比較



回應業者提出國外文獻PLC混凝土礦物摻料添加種類及比例較少之疑義

國內混凝土產業不應再走回頭路

- 文獻中PLC混凝土的礦物摻料添加種類及數量，主要依各國常用配比進行試驗，並以傳統水泥混凝土配比做為對照組，此表示該國傳統混凝土亦習慣使用相同種類及比例的礦物摻料，**此為學術研究之基本邏輯**。
- 國外傳統混凝土使用礦物摻料比例低，係因各國產業環境(取得飛灰爐石粉成本、混合水泥使用比例高)之不同而異，難到國內施工規範也要跟進調低嗎？
- 台灣混凝土產業使用礦物摻料之成績，已為國際上循環經濟之資優生，**不應再走回頭路**。

施工綱要規範第03050章之修改歷程

113.09.27工程會所提修正條文

原條文

2.1.6 礦物摻料

(1) 礦物摻料係指卜特蘭水泥之外，另行添加之飛灰、水淬高爐爐渣粉及矽灰等材料；若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料。

113.02.27本團隊所提修正條文

2.1.6 → 礦物摻料

(1) → 礦物摻料係指卜特蘭水泥之外，另行添加高爐爐渣粉及矽灰等材料；[若工程使用水硬性混合水泥時，應先由廠商提出第三者專業機構驗證，不得另添加礦物摻料。]

(3) 使用 CNS15286 水硬性混合水泥時：

- A. 若工程使用三元混合水泥時，不得另添加礦物摻料。
- B. 若使用二元混合水泥時，可另添加一種礦物摻料(限飛灰或水淬高爐爐渣粉)。
- C. 二元混合水泥另添加之礦物摻料，加上水泥中水淬高爐爐渣、卜特蘭材料及石灰石含量，合計總量不得超過總膠結材料重量之[50%]，其中另添加之飛灰及水泥中卜特蘭材料不得超過[15%]。
- D. 使用水硬性混合水泥另添加礦物摻料，添加種類及比例除依上開規定外，應先由廠商提出第三者專業機構驗證確認添加礦物摻料混凝土具有符合契約規範要求或更佳之性能，並報經機關同意使用。

113.05.03審查會議後之修正條文

2.1.6 礦物摻料

(1) 礦物摻料係指卜特蘭水泥之外，另行添加之飛灰、水淬高爐爐渣粉及矽灰等材料；若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料。惟使用 IL(卜特蘭石灰石水泥)經工程司提出第三者專業機構驗證，並報經機關同意後，可另添加礦物摻料。

開會時間：113年7月17日(星期三)下午2時30分

開會地點：本會第1會議室(臺北市松仁路3號中油大樓9樓)

主持人：李副主任委員怡德

聯絡人及電話：邵國璋02-87897770

出席者：經濟部、經濟部標準檢驗局、經濟部產業發展署、經濟部水利署、內政部、內政部國土管理署、交通部、交通部公路局、交通部高速公路局、環境部、環境部資源循環署、直轄市政府、社團法人台灣混凝土學會、台灣區預拌混凝土工業同業公會、社團法人臺灣省土木技師公會、台灣區水泥工業同業公會、中華民國工程技術顧問商業同業公會、全國區綜合營造業同業公會

列席者：副本：本會秘書處

33

財團法人臺灣營建研究院

各版本之混凝土碳排比較

設計強度：280 kgf/cm²、水膠比：0.45

單位：kg/m³

配比	版本	水泥：爐石：飛灰	I 型水泥	IL水泥	爐石粉	飛灰	粗粒料	細粒料	G-type	水	總重
配比1	工程會 現行規範	50：35：15	210	-	147	63	860	873	3.8	185	2341
配比2		100：0：0	-	420	-	-	860	873	3.8	185	2341
配比3	TCI修訂版	50：35：15	-	210	147	63	860	873	3.8	185	2341
配比4	工程會 修訂版	60：40：0	-	252	168	0	860	898	3.8	185	2366
配比5		85：0：15	-	357	0	63	860	884	3.8	185	2345

各原料碳排係數 (kg CO ₂ e/kg)	I 型水泥	IL水泥	爐石粉	飛灰	粗粒料	細粒料	G-type	水	單位：kg CO ₂ e/m ³	
	0.907	0.800	0.042	0.004	0.007	0.007	1.674	0.001		

配比	版本	I 型水泥	IL水泥	爐石粉	飛灰	粗粒料	細粒料	G-type	水	總碳排	減碳率
配比1	工程會 現行規範	190.3	-	6.2	0.3	6.0	6.1	6.3	0.2	215.3	-
配比2		-	335.6	0	0	6.0	6.1	6.3	0.2	354.5	+64.7%
配比3	TCI修訂版	-	167.8	6.2	0.3	6.0	6.1	6.3	0.2	192.9	-10.4%
配比4	工程會修訂版	-	201.4	7.0	0	6.0	6.3	6.3	0.2	227.2	+5.5%
配比5		-	285.3	0	0.3	6.0	6.2	6.3	0.2	304.3	+41.3%

財團法人臺灣營建研究院

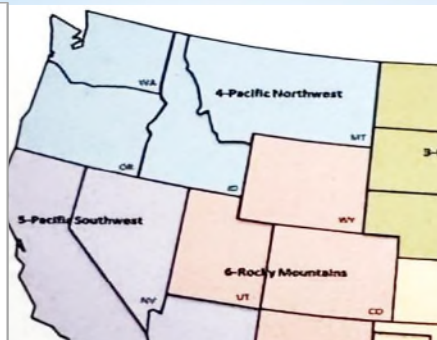
國際低碳混凝土之定義-ACI

Low-Carbon Concrete—
Code Requirements and
Commentary

Reported by ACI Committee 323

ACI CODE-323-24

aci American Concrete Institute
Always advancing



設計強度 (psi)	常重混凝土 溫室氣體排放量 (kg/m³)	最大 85% 要求值 (kg/m³)
2501~3000	247	210
3001~4000	288	245
4001~5000	339	288
5001~6000	359	305
6001~8000	412	350

Table 5.3.1—Building requirements by gross floor area

Building project tier	Building gross floor area	GWP limit	Minimum documentation requirements
BL1	≥ 50,000 ft²	$GWP_{project avg} \leq \alpha GWP_{benchmark avg}$	5.3.2, 5.3.3
BL2	< 50,000 ft² and ≥ 5000 ft²	None	5.3.2, 5.3.3
BL3	< 5000 ft²	None	5.3.3

Is Institute 2022).



$$\text{平均混凝土碳排量} < \text{基準混凝土碳排量} \times 0.85$$

35

財團法人臺灣營建研究院

國際低碳混凝土之定義-GCCA :

使用IL水泥可以更增加減碳效益，以達未來近零目標

gc ca Global Cement and Concrete Association

Numerical Definitions for Low Carbon and Near Zero Emissions Concrete

Global Cement and Concrete Association
October 2024

Contents:

- 1.0 Executive Summary 2
- 2.0 Background 2
- 3.0 Global Definitions for Low Carbon and Near Zero Emissions Concrete 2
- 4.0 Application of Global Definitions 3
 - 4.1 Selection of targets and ambition 3
 - 4.2 Measuring and Reporting 4
- 5.0 Normalisation of Global Definition Values if required by a country 5
- 6.0 Accounting of waste emissions 5
- References 6
- Appendix A- Supplementary information 7
- Appendix B- Example of normalisation 8

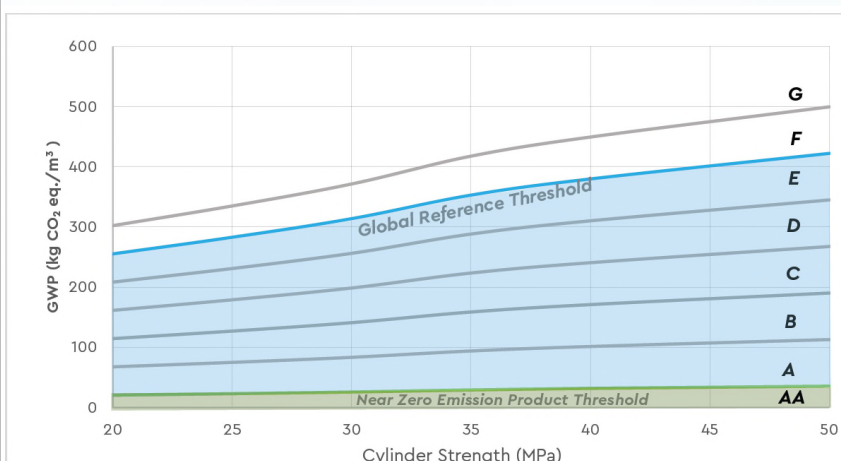


Figure 1 - Global Definitions for Low Carbon and Near Zero Emissions Concrete

Table 2: Global Definitions for Low Carbon and Near Zero Emissions Concrete – Tabulated form (kg CO₂ eq./m³)

	Concrete Cylinder Strength (MPa)					
	20	25	30	35	40	50
Top of band F	302	335	372	418	450	500
Top of band E	255	283	314	353	380	422
Top of band D	208	231	256	288	310	345
Top of band C	161	179	199	224	241	268
Top of band B	115	127	141	159	171	190
Top of band A	68	75	83	94	101	113
Near Zero Emission Product	21	23	26	29	32	36

財團法人臺灣營建研究院

提案單位之建議

■ 建議維持113.05.03之修改版本

■ 113.09.27版本修改建議

- A. 若工程使用三元混合水泥時，不得另添加礦物摻料。
- B. 若使用二元混合水泥時，可另添加一種礦物摻料(限飛灰或水淬高爐爐渣粉)。
- C. ~~二元水硬性~~混合水泥另添加之礦物摻料，加上水泥中~~水淬高爐爐渣、~~
~~卜作嵐材料及石灰石含量的~~礦物摻料，合計總量不得超過總膠結材料
重量之[50%][]，其中另添加之飛灰~~及水泥中卜作嵐材料~~不得超過
[15%][]。
- D. 使用水硬性混合水泥另添加礦物摻料，添加種類及比例除依上開規定
外，應先由廠商提出第三者專業機構驗證確認添加礦物摻料混凝土具
有符合~~契約~~規範要求~~或更佳~~之性能，並報經機關同意使用。

■ 本次規範修訂僅提供使用者多一個減碳選項，非強制要求使用，且使用前需經第三者專業機構驗證。

■ 懇請工程會能帶領工程界共同邁向淨零碳排之目標



37

財團法人臺灣營建研究院

簡報結束 敬請指教



38

支持工程會第03050章 編修草案V13.2版

台灣區預拌混凝土工業同業公會
法規組召集人李興和等25員理監事

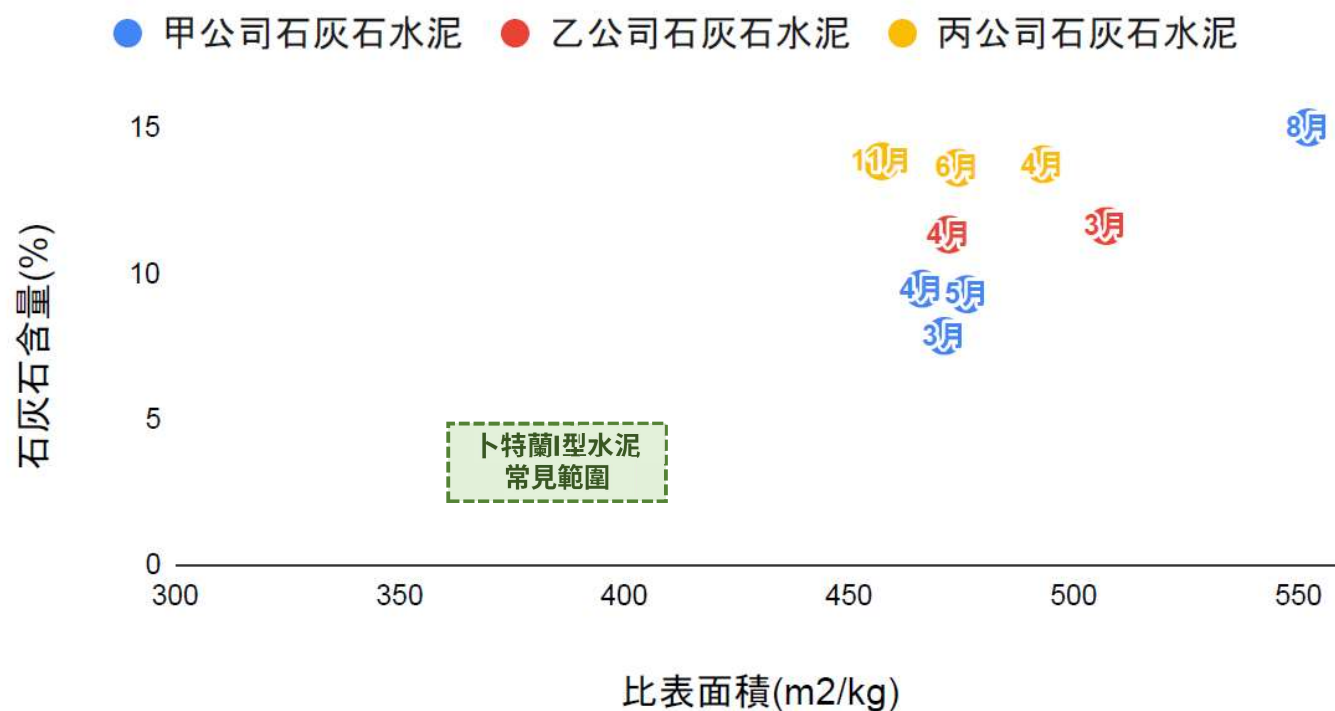
2025.01.08

1

水泥	水淬爐石粉	飛灰	石灰石粉
			
水泥廠生產 (約1,450°C)	煉鋼副產物 (>1,350°C)	燃煤發電負產物 (>1,000°C)	天然 (沒有燒結)
約3,000元/噸	約2,000元/噸	約1,000元/噸	約1,000元/噸
加水會硬	加水會硬	加水不會硬	加水不會硬
不可食用 pH>13	不可食用	不可食用	微量可食用 pH:8~9 (牙膏、鈣片)

2

2024年各公司石灰石水泥都還在測試摸索中



3

國立臺灣大學工學院土木工程學研究所

碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master's Thesis

使用石灰石水泥之混凝土和砂漿之性質研究

Study on the Properties of Concrete and Mortar using

Limestone Cement

鄧庭安

Ting-An Teng

指導教授：詹穎雯 博士

Advisor: Yin-Wen Chan, Ph.D.

中華民國 113 年 7 月

July, 2024

國內最新研究指出，在長齡期

(>150天)狀況下，以石灰石水泥為原料製成的混凝土，其抗壓強度與抵抗硫酸鹽侵蝕的表現普遍較卜特蘭I型水泥混凝土試驗組差(無論有無添加礦物摻料)(本論文已開放電子期刊下載)

4

卜特蘭水泥與石灰石水泥無添加礦物摻料之強度比較

石灰石水泥各齡期強度表現普遍低於卜特蘭水泥(無礦物摻料時)

表 4.3-4 C 和 L 的抗壓強度比

抗壓強度比	3 天	7 天	28 天	56 天	91 天	180 天
ALH/ACH	0.93	0.95	0.81	0.81	0.89	0.92
ALM/ACM	1.04	1.03	0.92	0.94	0.90	0.82
ALL/ACL	0.95	0.91	0.90	0.82	0.83	0.76
BLH/BCH	1.00	0.95	0.90	0.88	0.96	0.94
BLM/BCM	0.96	0.94	0.94	0.97	0.95	0.91
BLL/BCL	1.06	1.01	0.96	1.03	1.04	1.04

小型拌和實驗已有如此大的差距，工廠實際生產時變數更多，品質將更難確保

說明：A、B兩家水泥公司

L：石灰石水泥；C：卜特蘭I型水泥

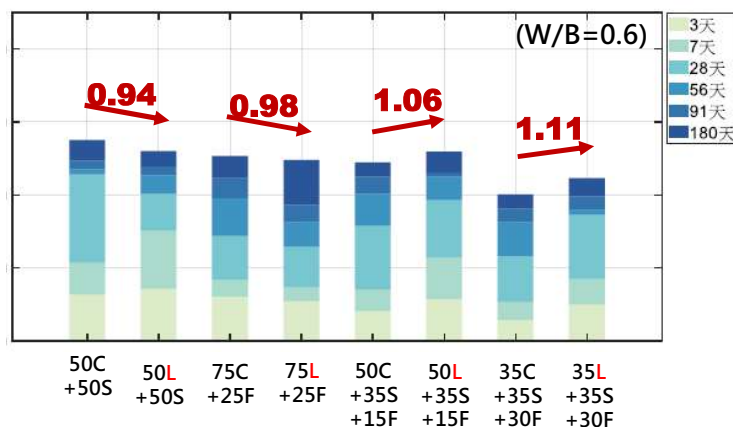
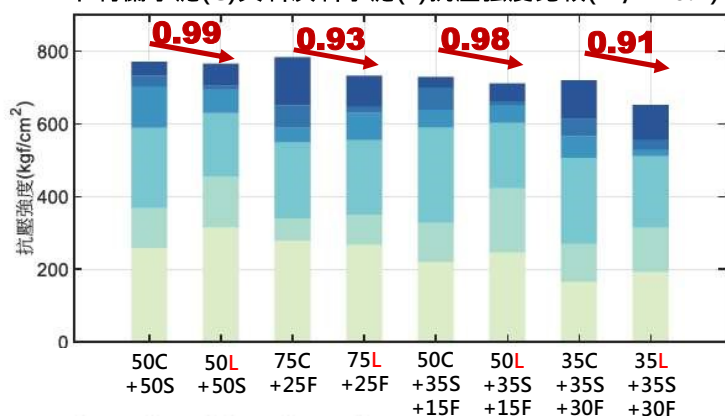
H：水膠比=0.4、M：水膠比=0.5、L：水膠比=0.6

ALM/ACM=0.82，即水膠比=0.5的配比，A公司石灰石水泥強度是A公司卜特蘭I型水泥的82%(180天)

5

A公司卜特蘭水泥與石灰石水泥添加礦物摻料之強度比較

卜特蘭水泥(C)與石灰石水泥(L)抗壓強度比較(W/B=0.4)

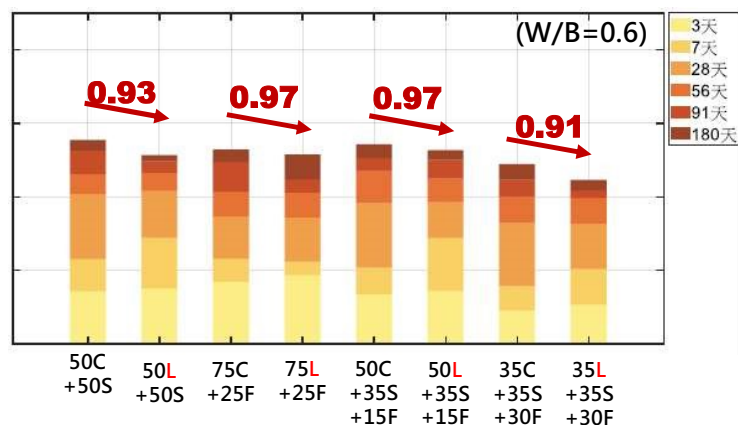
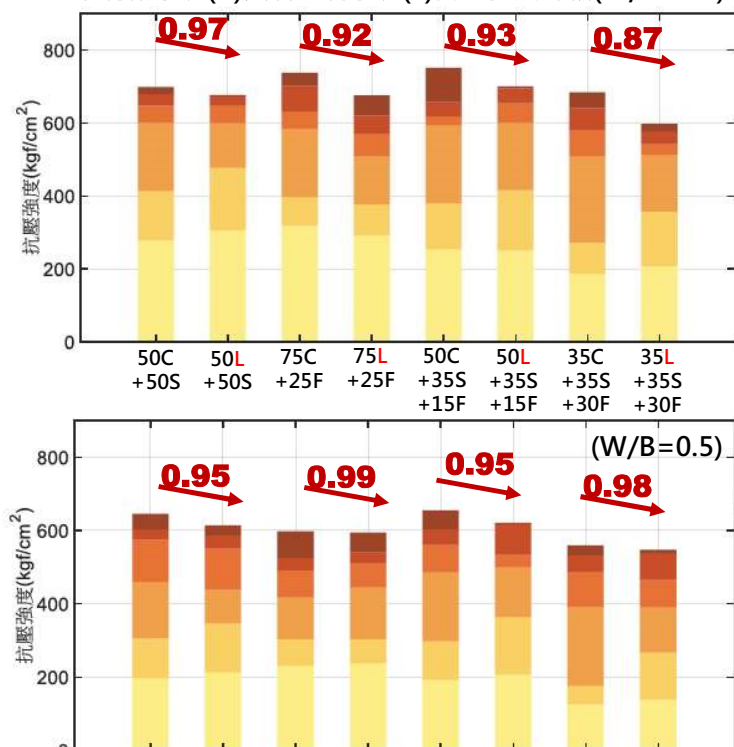


A公司石灰石水泥添加礦物摻料之混凝土180天抗壓強度多數低於卜特蘭水泥添加礦物摻料之對照組(平均0.97)

6

B公司卜特蘭水泥與石灰石水泥添加礦物摻料之強度比較

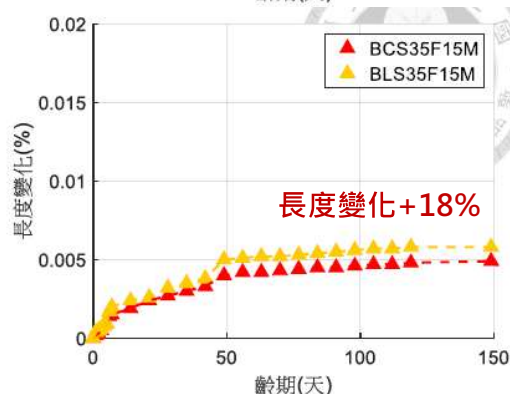
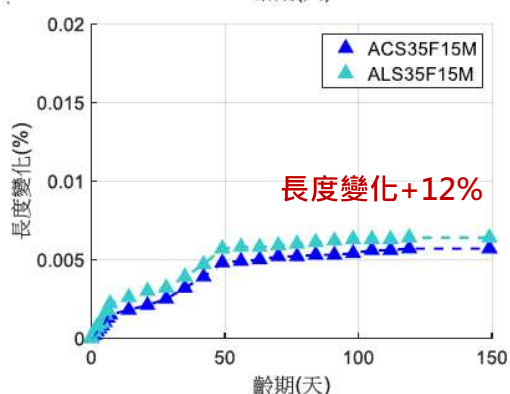
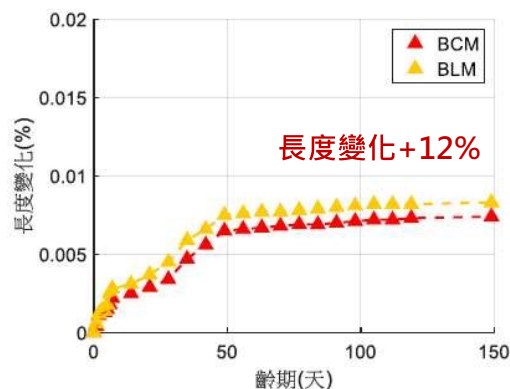
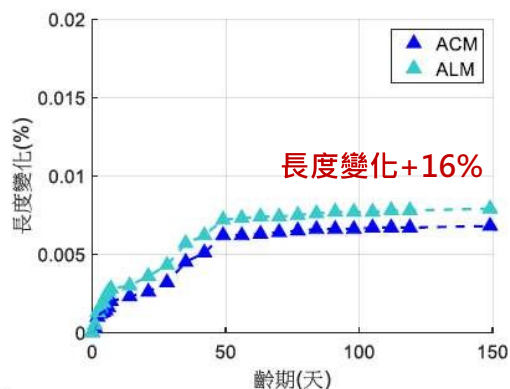
卜特蘭水泥(C)與石灰石水泥(L)抗壓強度比較(W/B=0.4)



B公司石灰石水泥添加礦物摻料之
混凝土180天抗壓強度全數低於卜
特蘭水泥添加礦物摻料之對照組
(平均0.95)

7

A、B公司卜特蘭水泥耐硫酸鹽侵蝕能力低於石灰石水泥



8

V13.2版已經給予相當大的減碳空間

V13.2版編修草案對於混凝土減碳目標的幫助：

2.1.1 鬆綁配比設計參考表中「膠結用量」與「水膠比」規定

混凝土 28天抗壓 強度 (fc')	膠結材料 參考用量 (kg/m ³)	坍度範圍 (cm)	參考水膠比	標稱尺度 (mm)
80kgf/cm ²	180	10.0~21.0	0.90	50~4.7
140kgf/cm ²	215	10.0~18.0	0.71	50~4.75
175kgf/cm ²	250	5.0~18.0	0.67	50~4.75

膠結材料**最低**用量改為
參考用量
最大水膠比改為參考水
膠比

2.1.2 新增水硬性混合水泥IL型；水泥種類及用途參考表新增CNS 15286

2.1.6 刪除若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料之規定

9

本次修改對混凝土配比結構調整非常大

預拌混凝土碳排放約90%來自原料，以280kg/cm²代表配比*為例：

V13.2版的改變：

- a.取消水泥、爐石粉、飛灰最低總量的限制
- b.新增混合水泥品項
(降低水泥內熟料的比例)
- c.使用混合水泥，可以額外添加爐石粉、飛灰

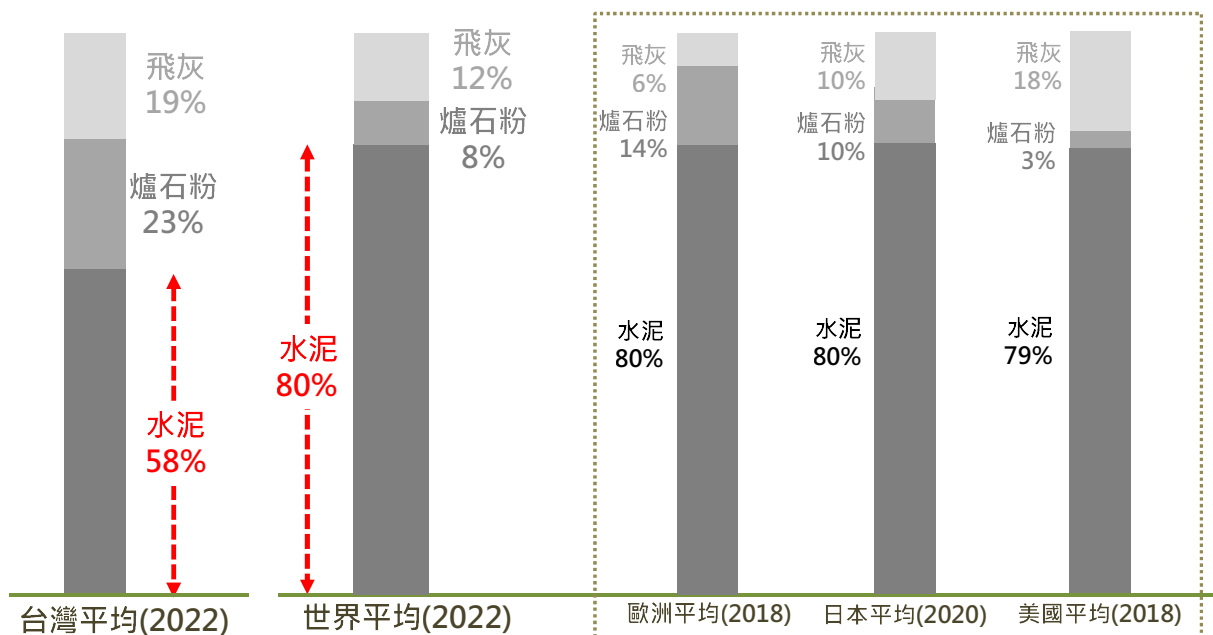
水泥熟料愈少，愈減碳
水泥熟料是混凝土強度主要來源

原料	碳排係數 (kg CO ₂ e/kg)	用量 (kg/m ³)	碳排放量 (kg CO ₂ e/m ³)	碳排放量 占比
水泥	0.9070	206	186.84	89.7%
爐石粉	0.0601	148	8.89	4.3%
飛灰	0.0	57	0.00	0.0%
砂	0.0040	821	3.28	1.6%
石	0.0080	922	7.38	3.5%
水	0.0002	180	0.04	~0.0%
減水劑	0.4160	4.4	1.83	0.9%
合計	-	2,339	208.26	100%

*資料來源為111年度水泥及其製品業原物料耗用通常水準

10

產業現況一：台灣使用水泥的比例已經偏低



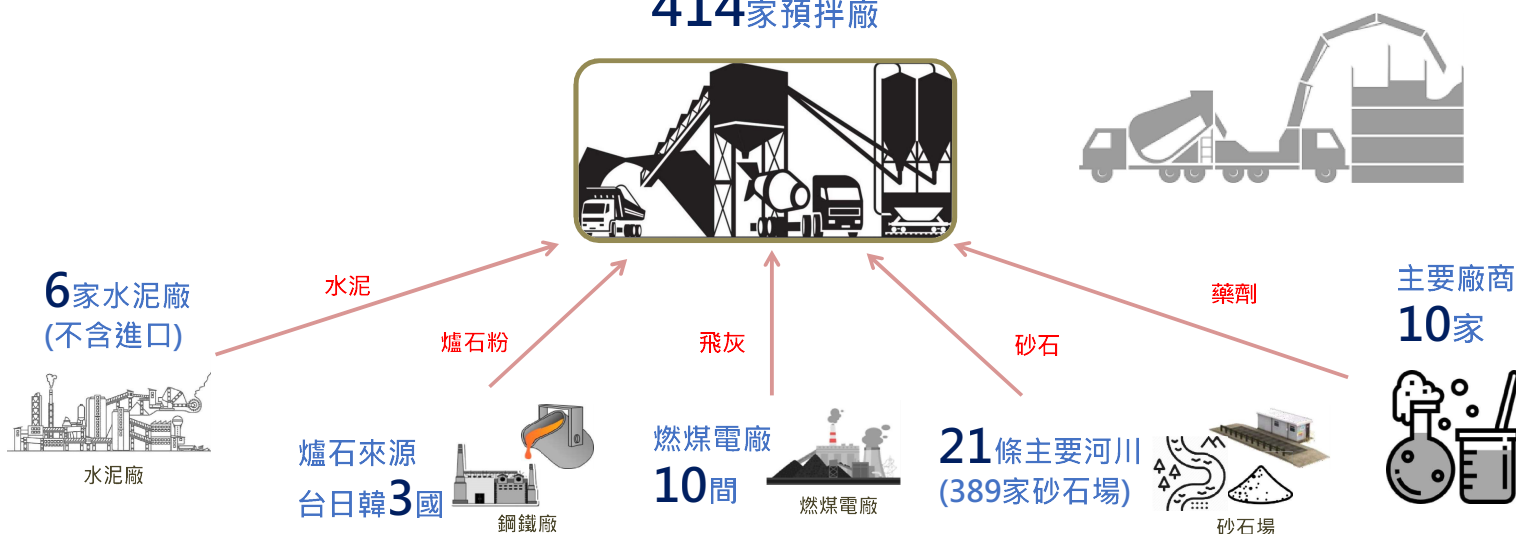
*8 根據文獻與網路資料：2022年水泥、爐石粉、飛灰年產量分別為41、4.05、5.92億噸，合計50.97億噸，佔比分別為80%、8%與12%；歐洲、日本、美國預估方法類似；台灣則以自產+進口數量估算

11

產業現況二：預拌廠多 料源多 生產變數多

影響預拌混凝土品質的變數：

414家預拌廠



(台灣預拌混凝土售價與特性因地區而異，即便同一縣市都有差異)

12

國際期刊對石灰石水泥之研究進度？

Google 學術搜尋

文章
個人資料

我的個人學術檔案
我的圖書館
快訊
指標

進階搜尋

設定

進階搜尋

尋找文章
包含所有字詞
包含完全符合詞組
包含至少一個字詞
不包含此字詞
字詞出現之處
傳回指定作者所撰寫的文章：
傳回在指定刊物中發表的文章：
傳回介於指定日期範圍的文章：

portland limestone cement

文章中任何地方
在文章的標題中

例如： "PJ Hayes" 或 McCarthy

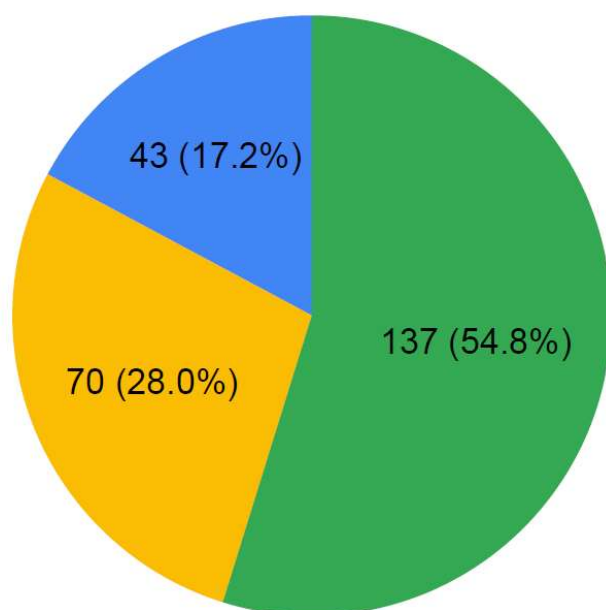
例如： J Biol Chem 或 Nature

例如： 1996

時間：2024年10月
工具：Google學術搜尋
方式：進階搜尋→文章標題出現「Portland limestone cement」字詞
日期範圍：無限制
結果：321篇
有效文章：250篇
(排除重複、新聞報導及無法取得之引言文章)

13

國際學術界仍以純石灰石水泥為研究對象



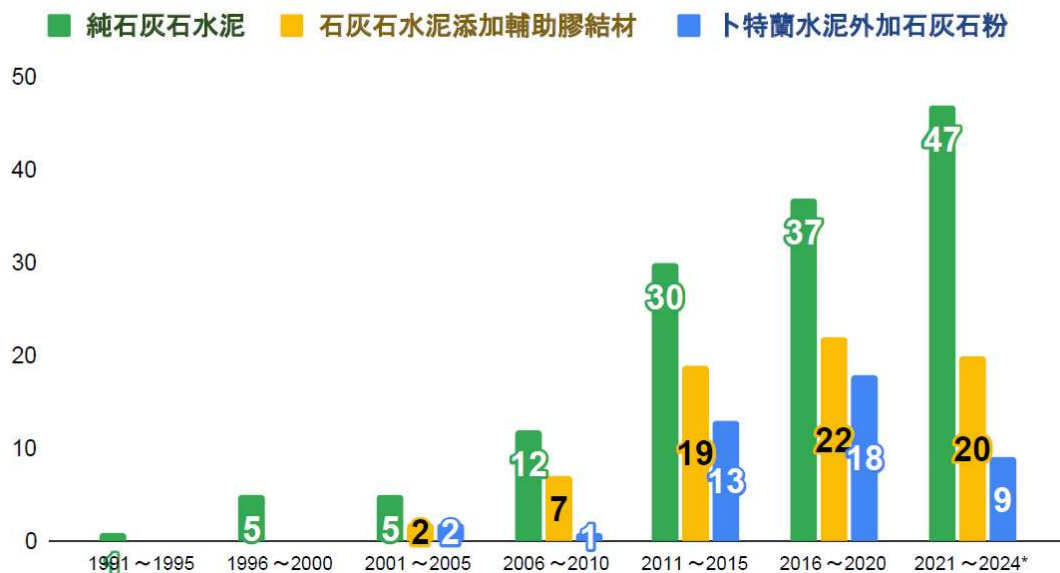
純石灰石水泥：單純使用石灰石水泥，沒有添加輔助膠結材(SCMs)
石灰石水泥添加輔助膠結材
卜特蘭水泥外加石灰石粉

● 純石灰石水泥 ● 石灰石水泥添加輔助膠結材 ● 卜特蘭水泥外加石灰石粉

14

石灰石水泥添加輔助膠結材尚未成為主流

各年代卜特蘭石灰石水泥(PLC)研究數量

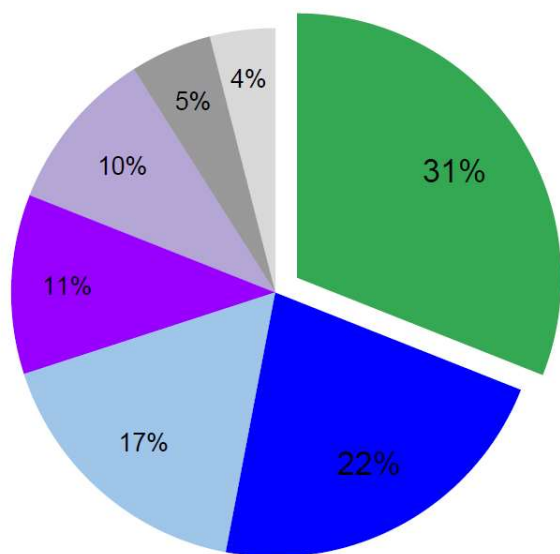


純石灰石水泥發展時間最早，且論文數量隨著時間迸發式增長

石灰石水泥添加輔助膠結材的研究發展較晚且數量較少，趨勢也較平緩

15

國際學界非常關注硫酸鹽侵蝕石灰石水泥



耐久性議題最被重視，合計78篇，佔比約31%

這78篇文獻中，直接研究硫酸鹽對石灰石水泥侵蝕的文獻就有40篇，佔總文獻數量(250篇)的16%

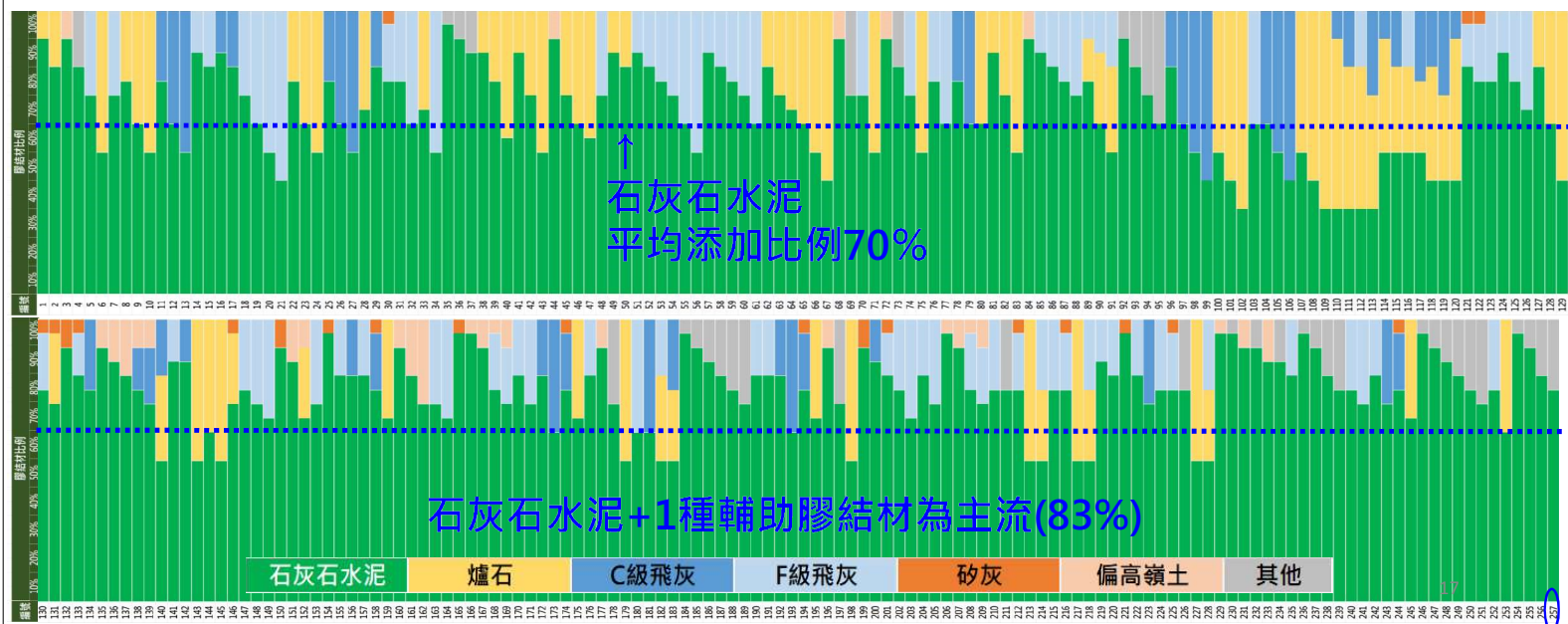
台灣該議題的研究數量幾乎為零

主要方向	耐久性	綜合(2種以上)	力學性質	水化性質	永續性	微觀結構	新拌性質
數量	78	55	43	26	24	13	11

16

石灰石水泥+1種輔助膠結材合乎國際主流

石灰石水泥添加輔助膠結材之研究文獻70篇，目前取得其中60篇文獻的實驗配比合計257組，各實驗組膠結材使用比例如下圖：



國際學界研究石灰石水泥添加量約70%

國際學術研究的主流是石灰石水泥+1種輔助膠結材、石灰石水泥添加比例70%以上；石灰石水泥+爐石粉+飛灰研究量很少

膠結粉體種類	實驗 配比組數	石灰石水泥 平均添加比例
1+1：石灰石水泥+1種輔助膠結材	214 (83%)	72%
1+1+1：石灰石水泥+1種輔助膠結材 +矽灰/偏高嶺土	23 (9%)	75%
1+1+1：石灰石水泥+爐石粉+飛灰	20 (8%)	46%
合計	257 (100%)	70%

← 接近世界
平均水泥
用量80%

備註：矽灰與偏高嶺土是單價高、活性高的輔助膠結材

結論：V13.2版與國際研究主流之比較

項次	國際研究主流	3050V13.2版	備註
石灰石水泥 +N種輔助膠結材	N = 1為主	N = 1	等同國際主流
石灰石水泥中可添加 輔助膠結材比例	平均約30% (100-70=30%)	大於40% (40~47%)	可添加比例已高於 國際研究甚多

CNS15286規範之混合水泥(石灰石水泥、高爐水泥、飛灰水泥、三元水泥)均具減碳效果，V13.2版將CNS15286共同納入膠結材比例管理合情合理

V13.2修訂使用石灰石水泥在內的二元混合水泥時可額外添加1種礦物摻料，也符合國際研究的主流趨勢

V13.2修訂內容可添加礦物摻料的用量已遠超過國際研究主流，在台灣對石灰石水泥研究與實際使用經驗均不多的情況下，不宜增設例外條款，即2.1.6(4)D建議必須刪除

19

序號	職稱	姓名	序號	職稱	姓名
1	常務理事	李興和	2	常務理事	施世雄
3	常務理事	吳志仁	4	常務理事	王國霖
5	常務理事	陳一郎	6	理 事	朱耘慶
7	理 事	林瑞斌	8	理 事	吳俊德
9	理 事	陳肚信	10	理 事	林郁勛
11	理 事	羅家昆	12	理 事	黃念姜
13	理 事	陳敏聰	14	理 事	溫上元
15	理 事	李子揚	16	理 事	劉世翔
17	理 事	馬齊文	18	常務監事	蔡清榮
19	監 事	李進發	20	監 事	鍾雲城
21	監 事	黃嘉睿	22	監 事	羅正嘉
23	監 事	陳俊文	24	監 事	林嘉政
25	監 事	凌宇康			

20

編號	題目	年代	分類	研究方向	期刊	說明
1	Assessment of the suitability of limestone for producing portland limestone cement (PLC)	1991	牌PLC	綜合	ZKG International	
2	The use of limestone in Portland cement: a state-of-the-art review	1996	牌PLC	綜合	Portland Cement Association	
3	DEVELOPMENTS IN THE MANUFACTURING AND USE OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT	1997	牌PLC	綜合	High Performance Concrete Design and Materials and Recent Advances in Concrete Technology	
4	A study on the hydration of Portland limestone cement by means of TG	1998	牌PLC	水化性質	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	
5	Thaumasite formation in Portland-limestone cement pastes	1999	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Research	
6	Developments in the manufacture and use of Portland limestone cement	1999	牌PLC	永續性推廣	International Concrete Abstracts Portal	
7	Engineering properties and structural implications of Portland limestone cement mortar exposed to magnesium sulphate attack	2001	牌PLC	耐久性質	Advances in Cement Research	
8	The permeability of Portland limestone cement concrete	2003	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Research	
9	Long term durability of Portland-limestone cement mortars exposed to magnesium sulfate attack	2003	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Composites	
10	Sulfate Attack on Sulfate-Resistant Portland Cement Containing Limestone Filler	2005	牌PLC	耐久性質	IBRACON Materials Journal	
11	Self-healing of cracks in concrete with Portland limestone cement	2005	牌PLC	耐久性質	Cement Combinations for Durable Concrete	
12	The effect of limestone addition on the hydration and hardening of Portland-limestone cement in correlation with its physical and mechanical properties	2008	牌PLC	綜合	Romanian journal of materials	
13	Influence of various amounts of limestone powder on performance of Portland Limestone cement concretes	2009	牌PLC	綜合	Cement and Concrete Composites	
14	Portland limestone cement Part I: preparation of concretes	2009	牌PLC	綜合	Digest	
15	Long term behavior of Portland limestone cement mortars exposed to magnesium sulfate attack	2009	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Composites	
16	Effects of limestone replacement ratio on the sulfate resistance of Portland limestone cement mortars exposed to extraordinary high sulfate concentrations	2009	牌PLC	耐久性質	Construction and Building Materials	
17	Portland Limestone Cement Part II-Sulfate Resistance	2009	牌PLC	耐久性質	TEKNİK DERGI	
18	Effects of w/c ratio on Portland limestone cement concrete	2010	牌PLC	綜合	Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Construction Materials	
19	Comparison of the properties of Portland cement and Portland-limestone cement	2010	牌PLC	綜合	Tanzania Journal of Engineering and Technology (TJET)	
20	Microstructure of 2 and 28-day cured Portland limestone cement pastes	2010	牌PLC	微觀結構	Indian Journal of Engineering & Materials Sciences	
21	A study on the chloride diffusion into Portland limestone cement concrete	2010	牌PLC	耐久性質	Materials Science Forum	
22	Insights into early hydration of Portland limestone cement from Infrared spectroscopy and Isothermal calorimetry	2010	牌PLC	水化性質	Cement and Concrete Research	
23	Calorimetric study of ternary binder of calcium aluminate cement, Portland-limestone cement and GGBS	2010	牌PLC	水化性質	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	
24	Carbonation curing and performance of pervious concrete using Portland limestone cement	2011	牌PLC	綜合	Materials Today: McGraw Hill University	
25	Influence of limestone content, gypsum content and fineness on early age properties of Portland limestone cement produced by inter grinding	2011	牌PLC	新穎性質	Cement and Concrete Composites	
26	Effects of trisopropanolamine on hydration and microstructure of Portland limestone cement	2011	牌PLC	水化性質	Journal of The Chinese Ceramic Society	
27	Effect of Limestone Powder on Compressive Strength and Setting Time of Portland-Limestone Cement Pastes	2011	牌PLC	力學性質	Advanced Materials Research	
28	The effect of C3A content on sulfate durability of Portland limestone cement mortars	2012	牌PLC	耐久性質	Construction and Building Materials	
29	Calorimetric characterization of Portland limestone cement produced by intergrinding	2012	牌PLC	水化性質	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	
30	The effects of grinding on the properties of Portland-limestone cement	2013	牌PLC	綜合	Construction and Building Materials	
31	Thaumasite sulfate attack in Portland and Portland-limestone cement mortars exposed to sulfate solution	2013	牌PLC	耐久性質	Construction and Building Materials	
32	The Five Ws and One H of Portland Limestone Cement	2013	牌PLC	永續性推廣	Concrete International	
33	Portland Limestone Cement Equivalent Strength Explained	2013	牌PLC	力學性質	Concrete International	
34	On the Mechanical Properties of Portland Limestone Cement Concretes Reinforced with Recycled PET Fibers	2013	牌PLC	力學性質	Concrete International	
35	The suitability of portland limestone cement for use in construction applications in Egypt	2014	牌PLC	綜合	Cement International	
36	Accelerated Carbonation of Portland Limestone Cement	2014	牌PLC	微觀結構	Journal of Materials in Civil Engineering	
37	Portland Limestone Cement: Early Age Shrinkage Behavior	2014	牌PLC	微觀結構	A.C. Concrete International	
38	Early-Age Shrinkage Behavior of Portland Limestone Cement	2014	牌PLC	耐久性質	Concrete International	
39	Behaviour of Portland limestone cement mortars in magnesium sulfate solution	2014	牌PLC	耐久性質	Romanian journal of materials	
40	Performance of Portland Limestone Cement Concrete Pavements	2014	牌PLC	永續性推廣	Concrete International	
41	Effect of the Portland-Limestone Cement Grades on the Compressive Strength of Hollow Sandcrete Blocks	2014	牌PLC	永續性推廣	World Academy of Science, Engineering and Technology	
42	Portland-Limestone Blended Cement: Effects of Limestone Characteristics	2014	牌PLC	永續性推廣	Portland Cement Association	
43	Portland-limestone cement	2014	牌PLC	永續性推廣	National Precast Concrete Association	
44	Effect of w/c and temperature on the early-stage hydration heat development in concrete of Portland limestone cement	2014	牌PLC	水化性質	Construction and Building Materials	
45	Effect of Nigerian Portland-Limestone cement grades on concrete compressive strength	2014	牌PLC	力學性質	International Journal of Civil and Environmental Engineering	
46	INFLUENCE OF CEMENT FINENESS AND LIMESTONE CONTENT ON STRENGTH DEVELOPMENT AND DRYING SHRINKAGE OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT	2014	牌PLC	力學性質	Journal of Thailand Concrete Association	
47	Early carbonation curing of concrete masonry units with Portland limestone cement	2015	牌PLC	微觀結構	Cement and Concrete Composites	
48	The influence of water-repellent admixtures on the behaviour and the effectiveness of Portland limestone cement mortars	2015	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Composites	
49	Suitability of Nigerian Portland-limestone cement grades for building's concrete structural members in various exposure classes	2015	牌PLC	耐久性質	Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies	
50	Process analysis and energy efficiency improvement on Portland limestone cement grinding circuit	2015	牌PLC	永續性推廣	Makini Thew, THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA	
51	Process Analysis and Energy Efficiency Improvement on Portland Limestone Cement Grinding Circuit	2015	牌PLC	永續性推廣	Sustainable Industrial Processing Journals	
52	Nano- and Microstructural Characterization of Portland Limestone Cement Pastes	2015	牌PLC	水化性質	Nanotechnology in Construction	
53	Mix design and basic properties of a new UHPCRC featuring Portland-limestone cement	2015	牌PLC	力學性質	WOOD-HPFRC-7	UNKNOWN
54	Beneficial Reuse of Dredged Soil: Transferring Portland-Limestone Cement and Geosyntheses Technology Toward Sustainable Solutions to Dredged Material Management	2016	牌PLC	綜合	Civil and Environmental Engineering Department	
55	Chloride transport and chloride threshold values-Studies on concretes and mortars with Portland cement and limestone blended cement	2016	牌PLC	耐久性質	Doctoral thesis, comprehensive summary	
56	Innovative CO2 utilization by carbonation curing of lightweight concrete made with Portland limestone cement	2016	牌PLC	永續性推廣	International Congress on Energy 2016, ICE 2016	
57	Comparative analysis of the properties of concrete produced with Portland Limestone Cement (PLC) grade 32.5 n and 42.5 r for use in rigid pavement work	2016	牌PLC	力學性質	GLOBAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH	
58	Effect of Portland limestone cement grades on strength indices of laterite	2016	牌PLC	力學性質	Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences	
59	Geotechnical Properties of Very High Moisture Content Dredged Soil Lightly Cemented with Ordinary or Portland-Limestone Cement	2016	牌PLC	力學性質	PhD thesis, Mississippi State	
60	Modeling of hydration, compressive strength, and carbonation of portland-limestone cement (PLC) concrete	2017	牌PLC	綜合	Materials	
61	Properties of concrete mixed with Portland-limestone cement of different grinding qualities	2017	牌PLC	綜合	Journal of Materials in Civil Engineering	
62	Application of Powers' model to modern portland and portland limestone cement pastes	2017	牌PLC	微觀結構	The American Ceramic Society	
63	3D particle size distribution of inter-ground Portland limestone/slag cement from 2D observations: Characterization and distribution evaluation	2017	牌PLC	微觀結構	Construction and Building Materials	
64	Durability potential of Portland limestone cement concrete	2017	牌PLC	耐久性質	PhD thesis, University of Birmingham	
65	Durability of cementitious composites mixed with various portland limestone cement cements	2017	牌PLC	耐久性質	ACI Materials Journal	
66	The role of ambient temperature variation on drying shrinkage development of self-compacting Portland-limestone cement concrete	2017	牌PLC	耐久性質	MATREC Web of Conferences	
67	Portland metakaolin cement containing dolomite or limestone-Similarities and differences in phase assemblage and compressive strength	2017	牌PLC	水化性質	Construction and Building Materials	
68	Stabilized very high-moisture dredged soil: Relative behavior of portland-limestone cement and ordinary portland cement	2017	牌PLC	力學性質	Journal of Materials in Civil Engineering	

69	Properties of concrete incorporating locally produced Portland limestone cement	2018	牌PLC	綜合	Ain Shams Engineering Journal	
70	XRD Analysis of Portland Limestone Cement Paste	2018	牌PLC	微觀結構	Proceedings of the Korean Association of Building Construction Conference	
71	On the durability of Portland limestone cement: Effect of pH on the thaumasite formation	2018	牌PLC	耐久性質	IBRACON	
72	Portland-Limestone Cement after 10 Years in the Field	2018	牌PLC	永續性推廣	Advancing Management into Practice	
73	Investigating the Use of Lime Residuals as an Alternative in Portland Limestone Cement	2019	牌PLC	綜合	Advances in Civil Engineering Materials	
74	INVESTIGATING COMPRESSIVE STRENGTH, SLUMP AND COSTING OF CONCRETE MADE FROM PORTLAND LIMESTONE CEMENT OF GRADES 42.5 AND 32.5	2019	牌PLC	綜合	Journal of the Nigerian Association of Mathematical Physics	
75	Rheology of mortar with portland-limestone cement CEM I/A, B & L in relation to properties of cement	2019	牌PLC	新穎性質	Architecture Civil Engineering	
76	Durability of Portland-limestone cement-based materials to physical salt attack	2019	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Research	
77	Assessment of self-healing and durability parameters of concretes incorporating crystalline admixtures and Portland Limestone Cement	2019	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Composites	
78	Improving the sulfate attack resistance of portland-limestone cement through sulfate optimization: a calorimetry-based approach	2019	牌PLC	耐久性質	Fifth International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies	85%PLC-15%Fly-Ash
79	Risk of ASR in coating mortars incorporating glass aggregates and a Portland-limestone cement	2019	牌PLC	耐久性質	European Journal of Environmental and Civil Engineering	
80	Portland-limestone cement fineness effects on concrete properties	2020	牌PLC	綜合	ACI Materials Journal	
81	Investive microstructural and durability investigation of cementitious composites involving crystalline waterproofing admixtures and portland limestone cement	2020	牌PLC	微觀結構	Materials	
82	Comparative study of durability and microstructure properties of concrete made with different grades of Nigerian Portland limestone cement	2020	牌PLC	耐久性質	ARID ZONE JOURNAL OF ENGINEERING, TECHNOLOGY & ENVIRONMENT	
83	A review on development of Portland limestone cement: A step towards low carbon economy for Indian cement industry	2020	牌PLC	永續性推廣	Current Research in Green and Sustainable Chemistry	
84	Analysis of limestone samples from deposits at selected Nigeria areas as a potential raw material for the production of Portland cement	2020	牌PLC	永續性推廣	International Journal of Modern Analytical and Separation Sciences	
85	Properties of engineered cementitious composite concrete (bendable concrete) produced using Portland limestone cement	2020	牌PLC	力學性質	3rd International Conference on Engineering Sciences	ECC
86	Effect of Limestone Addition on Physicochemical Properties of Cement: A Case Study of Laboratory Prepared Portland Cement, Sokoto Portland Cement and Dangote Portland Cement	2020	牌PLC	力學性質	Asian Journal of Chemical Sciences	
87	Compressive strength and shrinkage behavior of concrete produced from Portland limestone cement with water absorption polymer balls	2020	牌PLC	力學性質	Key Engineering Materials	
88	Evaluation of the effect of Portland Limestone Cement on mechanical and functional properties of stabilized clay subgrade	2020	牌PLC	力學性質	Moderns Civil Engineering Journal	
89	SPLITTING TENSILE STRENGTH AND COMPRESSIVE STRENGTH RATIOS AND RELATIONS FOR CONCRETE MADE WITH DIFFERENT GRADES OF NIGERIAN PORTLAND LIMESTONE CEMENT (PLC)	2020	牌PLC	力學性質	IJW Trends in Science & Technology Journals	
90	Compressive strength and shrinkage behavior of concrete produced from Portland limestone cement with water absorption polymer balls	2020	牌PLC	力學性質	Key Engineering Materials	
91	Effect of Calcium Nitrate on the Properties of Portland-Limestone Cement-Based Concrete Cured at Low Temperature	2021	牌PLC	綜合	materials	
92	Mechanical and Durability Properties of Portland Limestone Cement (PLC) Incorporated with Nano Calcium Carbonate (CaCO3)	2021	牌PLC	微觀結構	Materials	
93	Durability Properties of Blended Portland Limestone Cement Containing Calcium Carbonate Nanoparticles	2021	牌PLC	耐久性質	PhD thesis, Concordia University	
94	Physical-chemical-mechanical quantitative assessment of the microstructural evolution in Portland-limestone cement pastes exposed to magnesium sulfate attack at low temperature	2021	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Research	
95	Durability performance of Portland limestone cement mortar containing butyl and zinc stearate admixtures	2021	牌PLC	耐久性質	Materials and Structures	
96	External sulfate attack in structural concrete made with Portland-limestone cement: an experimental study	2021	牌PLC	耐久性質	Canadian Journal of Civil Engineering	
97	Optimization of Portland Limestone Cement Concrete Mixture for Rigid Pavement with Low Paste Volume and Blended Aggregates	2021	牌PLC	永續性推廣	Transportation Research Board 20th Annual Meeting	
98	Effect of Calcium Nitrate on the Properties of Portland-Limestone Cement-Based Concrete Cured at Low Temperature	2021	牌PLC	水化性質	Materials	
99	Research progress on the hydration of Portland cement with calcined clay and limestone	2021	牌PLC	水化性質	Materials Science Forum	
100	Chemico-Mineralogical Evaluation of Clinker from Four Different Zones of India: A Comparative Study Toward Development of Portland Limestone Cement (PLC) in Indian Scenario	2021	牌PLC	水化性質	Metallography, Microstructure, and Analysis	
101	The Properties and Hydration of a Calcined Coal Gangue-Limestone-Portland Cement System	2021	牌PLC	水化性質	papers.ssrn	
102	Time dependent behavior of engineered cementitious composite concrete produced from Portland Limestone Cement	2021	牌PLC	力學性質	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	ECC
103	Effects of minimum cementitious paste volume and blended aggregates on compressive strength and surface resistivity of Portland limestone cement concrete	2021	牌PLC	力學性質	Journal of Materials in Civil Engineering	
104	ASSESSMENT OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT PRODUCED IN NIGERIA	2021	牌PLC	力學性質	Journal of Science & Agriculture	
105	Effect of Quartz Particle Size and Cement Replacement on Portland Limestone Cement Properties	2022	牌PLC	新穎性質	Journal of Building Materials	
106	Early-stage assessment of drying shrinkage in Portland limestone cement concrete using nonlinear ultrasound	2022	牌PLC	微觀結構	Construction and Building Materials	
107	EFFECT OF LAYERED DOUBLE HYDROXIDES (LDHs) AND POLYCARBOXYLATE ETHERS ON THE HARDENING OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT	2022	牌PLC	微觀結構	Eastern European Journal of Enterprise Technologies	
108	Capillary rise height of sulfate in Portland-limestone cement concrete under physical attack: Experimental and modelling investigation	2022	牌PLC	耐久性質	Cement and Concrete Composites	
109	Sulfate resistance of Portland-Limestone cement mortars cured at 20° C and 60° C	2022	牌PLC	耐久性質	Journal of Sustainable Cement Based Materials	
110	Development of Portland Limestone Cement (PLC) in India using different composition of cement and marginal grade limestone: A sustainable approach	2022	牌PLC	永續性推廣	Journal of the Indian Chemical Society	
111	Can Portland-Limestone Cement Be Used in Bridge Construction?	2022	牌PLC	永續性推廣	ASPIRE	
112	Portland-Limestone Cement: US Fact Sheet	2022	牌PLC	永續性推廣	Greener Cement	
113	13C, 27Al and 29Si NMR Investigation of the Hydration Kinetics of Portland-Limestone Cement Pastes Containing C3H-COO-2- (R=H or Na) Additives	2022	牌PLC	水化性質	Materials	
114	29Si NMR Investigation of the Effect of Acetic and Oxalic Acids on Portland-Limestone Cement Hydration	2022	牌PLC	水化性質	Materials Science Forum	
115	Effect of limestone content on properties of portland limestone cement produced by intergrinding	2022	牌PLC	力學性質	JOURNAL OF MATERIALS & CONSTRUCTION	
116	A-mechanical properties of engineered cementitious composite concrete produced from Portland limestone cement	2022	牌PLC	力學性質	Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences	ECC
117	Evaluation of the Effects of Nigerian Portland-Limestone Cement Grades on the Strength of Concrete	2022	牌PLC	力學性質	European Journal of Engineering and Technology Research	
118	Effect of Portland Limestone Cement (Type I) Combined with Bagasse Ash on the Compressive Strength and Setting Time of Engineered Cementitious Composites	2022	牌PLC	力學性質	Tran SET	
119	Effect of Using Grinds On the Behaviour of Portland Limestone Cement Self Compacted Concrete	2022	牌PLC	力學性質	Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences	
120	Effects of Percentage Composition of Essential Chemicals in Portland Limestone Cement on the Strength and Workability of Concrete	2023	牌PLC	新穎性質	UNINZ Journal of Engineering and Applied Sciences	
121	Chloride effect on sulfate attack in hydrated Portland-limestone cement assessed by 29Si NMR spectroscopy and thermal analysis	2023	牌PLC	耐久性質	MaterialsToday/Proceedings	
122	Developing Sustainable Pavement: Concrete Mix Using Portland Limestone Cement and Blended Aggregates Techniques	2023	牌PLC	永續性推廣	Transportation Research Record	
123	Physicochemical and Strength Assessment of Portland Limestone Cement in Nigeria	2023	牌PLC	永續性推廣	researchsquare	
124	Portland Limestone Cement [technote]	2023	牌PLC	永續性推廣	Federal Highway Administration	
125	Understanding the Influence of Different Limestone Sources on Portland Limestone Cement Characteristics and Advancements in Green Cement	2024	牌PLC	綜合	International Journal of Recent Research in Civil and Mechanical Engineering (IJRRCME)	
126	ACI-ASCC Survey on Portland-Limestone Cement Concrete	2024	牌PLC	綜合	Concrete International	
127	Performance Improvement of Portland-limestone cement by mechanochemical activation	2024	牌PLC	微觀結構	Cement and Concrete Research	

128	Technical Evaluation of Portland-Limestone Cement as a Replacement for Ordinary Portland Cement	2024	PL/PLC	耐久性	the SPE Eastern Regional Meeting
129	Performance of Conventional AAR: Reactivity Testing Methods to Evaluate Portland Limestone Cement Maturations	2024	PL/PLC	耐久性	Proceedings of the 13th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete
130	Thaumasite formation in Portland-limestone cement mortars: Effect of wetting/drying cycles and continuous immersion in different sulfate sources	2024	PL/PLC	耐久性	Wear
131	Minimizing the Risk for Portland-Limestone Cement Concrete Slabs	2024	PL/PLC	耐久性	concreteinternational
132	Impacts of advanced metals recovery on municipal solid waste incineration bottom ash: aggregate characteristics and performance in portland limestone cement concrete	2024	PL/PLC	永續性議題	Waste Management
133	Life Cycle Cost and Environmental Impacts of Portland Limestone Cement and Calcium Sulfoaluminate Cement as Alternative Binders in Concrete	2024	PL/PLC	永續性議題	Pavement, Roadway, and Bridge Life Cycle Assessment 2024
134	Influences of alumina type and sulfate content on hydration and physicochemical changes in Portland-limestone cement	2024	PL/PLC	水化性質	Construction and Building Materials
135	Optimal Limestone Content on Hydration Properties of Ordinary Portland Cement with 5% Ground Granulated Blast-Furnace Slag	2024	PL/PLC	水化性質	Materials
136	Novel sustainable steel fiber reinforced preplaced aggregate concrete incorporating Portland limestone cement	2024	PL/PLC	力學性質	Scientific Reports
137	Strength Behavior of Cohesive Soil Reinforced with Portland Limestone Cement and Palm Oil Fuel Ash	2024	PL/PLC	力學性質	International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)
138	Mechanical properties and durability of concrete made with portland limestone cement	2003	PLC + SCMs	綜合	AC Special Publication
139	Use of mineral admixtures to prevent thaumasite formation in limestone cement mortar	2003	PLC + SCMs	耐久性	Cement and Concrete Composites
140	Portland-Limestone Cement: State-of-the-Art Report and Gap Analysis for CSA A300	2007	PLC + SCMs	綜合	University of Toronto
141	Use of Low-CO2 Portland limestone cement for pavement construction in Canada	2010	PLC + SCMs	綜合	International Journal of Pavement Research and Technology
142	Evaluation of Portland-Limestone Cement Concretes Containing High Volume of Fly Ash	2010	PLC + SCMs	綜合	Master's Thesis, University of Concordia
143	Use of Low-CO2 Portland Limestone Cement for Pavement Construction in Canada	2010	PLC + SCMs	綜合	International Journal of Pavement Research and Technology
144	Field Trials of Concretes produced with portland limestone Cement	2010	PLC + SCMs	耐久性	Concrete International
145	The durability of concrete produced with portland-limestone cement: Canadian studies	2010	PLC + SCMs	耐久性	Portland Cement Association
146	Determining the effect of intergrading limestone with portland cement on the durability of concrete with and without SCM	2010	PLC + SCMs	耐久性	Master's Thesis, THE UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK
147	Properties of Concrete Made With Portland Limestone Cement Partially Replaced by Rice Husk Ash	2011	PLC + SCMs	綜合	ResearchGate
148	Properties of self-compacting portland pozzolana and limestone blended cement concretes containing admixtures: resistance levels of degradation	2011	PLC + SCMs	新拌性質	Materials and Structures
149	Sulfate Resistance and Properties of Portland- Limestone Cements	2012	PLC + SCMs	耐久性	Doctor of Philosophy Department of Civil Engineering University of Toronto
150	Durability/performance potential and strength of blended Portland limestone cement concrete	2013	PLC + SCMs	耐久性	Cement and Concrete Composites
151	Durability of Concrete Produced with Portland Limestone Cement	2013	PLC + SCMs	耐久性	3rd Specialty Conference on Applied Mechanics
152	Equivalent Durability Performance of Portland Limestone Cement	2013	PLC + SCMs	耐久性	Concrete International
153	Long Term Behaviour of Portland Limestone Cement Concrete Exposed to Combined Chloride and Sulfate Environments: The Effect of Limestone Content and Mineral Admixtures	2013	PLC + SCMs	耐久性	Advanced Materials Research
154	The effect of chlorides on the thaumasite form of sulfate attack of limestone cement concrete containing mineral admixtures at low temperature	2013	PLC + SCMs	耐久性	Construction and Building Materials

155	Use of mineral admixtures to improve the resistance of limestone cement concrete against thaumateis form of sulfate attack	2013	PLC+SCMs	耐久性	Cement and Concrete Composites	90%PLC+10% Metakaolin 80%PLC+20% Natural Pozzolana 70%PLC+30% F-Fly Ash 50%PLC+50% Slag (75-60%PLC+25-40%F-Fly Ash (75-60%PLC+25-40%F-Fly Ash 60%PLC+40%Slag (85-50%PLC+15-50%Metakaolin 90%PLC+10%Metakaolin 85%PLC+15%Slag (90-60%PLC+10-40%Clay Pozzolana
156	Improving Concrete Sustainability and Performance with Use of Portland-Limestone Cement Synergies	2013	PLC+SCMs	永續性推廣	Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board	80%PLC+20% Fly Ash
157	A study on hydration, compressive strength, and porosity of Portland-limestone cement mixes containing SCMs	2014	PLC+SCMs	耐久	Cement and Concrete Composites	(60-40%PLC+40-60%Fly Ash (50-30%PLC+50-70%Slag
158	Performance of Portland Limestone Cement Concrete Pavements Canadian Field Trials Show Equivalence	2014	PLC+SCMs	耐久	Magnitude of the Korea Institute for Structural...	(85-70%PLC+15-10%F-Fly Ash
159	Influence of Clay Pozzolana on Some Properties of Portland Limestone Cement	2014	PLC+SCMs	力量性質	Construction Research Congress 2014	(90-60%PLC+10-40%Clay Pozzolana
160	Performance of Portland Limestone Cements	2014	PLC+SCMs	力量性質	Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board	80%PLC+20% Fly Ash
161	Benefits of Portland-Limestone Cement for Concrete with Rounded Gravel Aggregates and Higher Fly Ash Replacement Rates	2015	PLC+SCMs	耐久	Transportation Research Board 94th Annual Meeting	(60-40%PLC+40-60%Fly Ash (50-30%PLC+50-70%Slag (60-40%PLC+40-60%Fly Ash 60%PLC+40%Fly Ash (50-30%PLC+50-70%Slag 30%PLC+40-60%Slag+30-10%Fly Ash 50%PLC+30%Slag+20%Fly Ash 50%PLC+25-40%Slag+25-10%Fly Ash 40%PLC+30-50%Slag+30-10%Fly Ash
162	Performance and sustainability benefits of concrete containing portland-limestone cement	2015	PLC+SCMs	耐久	Phd thesis Mississippi State University	75%PLC+25%Fly Ash 75%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume 60%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume (85-65%PLC+15-35%Fly Ash (80-40%PLC+20-60%Slag 75%PLC+25%Fly Ash+5%Silica Fume 70%PLC+25%Slag+5%Silica Fume 75%PLC+25%Fly Ash 92%PLC+8%Silica Fume 80%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume (85-65%PLC+15-35%Metakaolin 75%PLC+15%Fly Ash+10%Metakaolin 70%PLC+20%Fly Ash+10%Metakaolin
163	Evaluation of the effect of tricalcium aluminate content on the severity of sulfate attack in Portland cement and Portland limestone cement mortars	2015	PLC+SCMs	耐久性	Cement and Concrete Composites	75%PLC+25%Fly Ash 75%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume 60%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume (85-65%PLC+15-35%Fly Ash (80-40%PLC+20-60%Slag 75%PLC+25%Fly Ash+5%Silica Fume 70%PLC+25%Slag+5%Silica Fume 75%PLC+25%Fly Ash 92%PLC+8%Silica Fume 80%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume (85-65%PLC+15-35%Metakaolin 75%PLC+15%Fly Ash+10%Metakaolin 70%PLC+20%Fly Ash+10%Metakaolin
164	Varying fly ash and slag contents in Portland limestone cement mortars exposed to external sulfates	2015	PLC+SCMs	耐久性	Construction and Building Materials	75%PLC+25%Fly Ash 92%PLC+8%Silica Fume 80%PLC+15%Fly Ash+5%Silica Fume (85-65%PLC+15-35%Metakaolin 75%PLC+15%Fly Ash+10%Metakaolin 70%PLC+20%Fly Ash+10%Metakaolin
165	Davis wade stadium expansion and renovation: Performance of concrete produced with portland-limestone cement, fly ash, and slag cement	2015	PLC+SCMs	力量性質	Journal of Materials in Civil Engineering	50%PLC+30%Slag+20%Fly Ash
166	Hydration and microstructural development of portland limestone cement-based materials	2016	PLC+SCMs	耐久	PhD thesis Georgia Institute of Technology	85%PLC+15%Fly Ash 80%PLC+15%Fly Ash 60%PLC+40%Slag 75%PLC+25%Fly Ash 85%PLC+15%Fly Ash 92%PLC+8%Silica Fume 70%PLC+25%Slag+5%Silica Fume 75%PLC+25%Fly Ash 95%PLC+5% Silica Fume
167	Sulfate Resistance of Mortar and Concrete Produced with Portland-Limestone Cement and Supplementary Cementing Materials: Recommendation for ASTM C595/ASHTO M 240	2016	PLC+SCMs	耐久性	Portland Cement Association	85%PLC+15%Fly Ash 80%PLC+15%Fly Ash 60%PLC+40%Slag 75%PLC+25%Fly Ash 85%PLC+15%Fly Ash 92%PLC+8%Silica Fume 70%PLC+25%Slag+5%Silica Fume 75%PLC+25%Fly Ash 95%PLC+5% Silica Fume
168	RESISTANCE OF CONCRETE INCORPORATING PORTLAND LIMESTONE CEMENT TO SULFURIC ACID	2016	PLC+SCMs	耐久性	RESILIENT INFRASTRUCTURE	70%PLC+30% F-Fly Ash 95%PLC+5% Silica Fume
169	Durability of pavement concrete with replacement of cement by flyash and portland limestone cement	2016	PLC+SCMs	耐久性	Master's Thesis: North Carolina at Charlotte	80%PLC+20%Fly Ash
170	Synergistic potential of fly ash in concrete featuring Portland-limestone cement	2017	PLC+SCMs	耐久	AC Materials Journal	80%PLC+20%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 80%PLC+20%Fly Ash 65%PLC+35%Slag
171	Carbonation of portland limestone cement (PLC) concrete systems	2017	PLC+SCMs	耐久性	3RD MEETING: THE CORVALLIS WORKSHOPS In association with Cement and Concrete Research	80%PLC+20%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 80%PLC+20%Fly Ash 65%PLC+35%Slag
172	Potential of portland-limestone cement to improve performance of concrete made with high slag cement and fly ash replacement rates	2017	PLC+SCMs	力量性質	Journal of Testing and Evaluation	80%PLC+20%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 80%PLC+20%Fly Ash 65%PLC+35%Slag
173	Admixture compatibility in metakaolin-portland-limestone cement blends	2018	PLC+SCMs	耐久	Materials and Structures	(90-70%PLC+10-30%Metakaolin
174	Portland-Limestone Cement with Fly Ash: Freeze-Thaw Durability and Microstructure Studies	2018	PLC+SCMs	耐久性	Master's Thesis: North Dakota State University	71%PLC+29%Fly Ash 63%PLC+37%Fly Ash
175	Crimp Strand Development of Self-compacting Portland-Limestone Cement Concrete	2018	PLC+SCMs	耐久性	Irreg Scholars Conference in Australia	95%PLC+5% Silica Fume
176	Understanding the choice binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolons	2019	PLC+SCMs	耐久性	Construction and Building Materials	(85-90%PLC+5-10%Metakaolin (75-70%PLC+20%Fly Ash+5-10%Metakaolin (80-70%PLC+20-30%Fly Ash (80-60%PLC+20-40%Fly Ash 65%PLC+35%Slag 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume
177	Sulfate resistance of Portland limestone cement systems containing greater than 15% limestone	2019	PLC+SCMs	耐久性	Cement and Concrete Composites	80%PLC+20%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 80%PLC+20%Fly Ash 65%PLC+35%Slag 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume

176	Development of Specifications for Portland-Limestone Cement	2019	PLC+SCMs	耐久性	South Dakota Department of Transportation	80%PLC+20%Fly Ash
179	MICROSTRUCTURAL INVESTIGATION OF PORTLAND- LIMESTONE CEMENT CONCRETE WITH POZZOLANIC MATERIALS AFTER LONG-TERM EXPOSURE TO SULFATE ENVIRONMENT	2019	PLC+SCMs	耐久性	Department of Engineering	70%PLC+30% Natural Pozzolana 50%PLC+50% Slag 90%PLC+10% MetaKaolin
180	Furthering Understanding of Concrete Containing Portland-Limestone From Mechanical Property Measurements on Concrete and Cement Paste	2019	PLC+SCMs	力学性质	PhD Thesis, Mississippi State University	60%PLC+40%Fly Ash 60%PLC+40%Fly Ash 50%PLC+30%Slag+20%Fly Ash 50%PLC+30%Slag+20%Fly Ash
181	The effect of partial replacement of Nigerian Portland limestone cement with rice husk ash agricultural waste in concrete	2019	PLC+SCMs	力学性质	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	0%–70%PLC+(5–30)%Rice Husk Ash
182	Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland-Limestone cement	2020	PLC+SCMs	疲劳	AC Materials Journal	80%PLC+20%Fly Ash
183	Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems. Linking laboratory and field performances	2020	PLC+SCMs	耐久性	Construction and Building Materials	80%PLC+20%Fly Ash (60–80)%PLC+(20–40)%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 65%PLC+35%Slag
184	Long-term thaumasite sulfate attack on Portland-limestone cement concrete: A multi-technical analytical approach for assessing phase assemblage	2020	PLC+SCMs	耐久性	Cement and Concrete Research	70%PLC+30% Natural Pozzolana 50%PLC+50% Slag 60%PLC+10% MetaKaolin 92%PLC+6%Silica Fume 85%PLC+15%Fly Ash
185	Field Performance of Portland Limestone Cement Concretes Exposed to Cold-Temperature Sulfate Solutions	2020	PLC+SCMs	耐久性	External Sulfate Attack – Field Aspects and Lab Tests	75%PLC+25%Fly Ash+5%Silica Fume 65%PLC+35%Fly Ash
186	Response of Portland Limestone Cement Concrete to High Concentration Chloride-Based Salts	2020	PLC+SCMs	耐久性	Transportation Association of Canada 2020 Conference and Exhibition	(80–70)%PLC+(20–30)%Fly Ash
187	Alumina-rich pozzolan modification on Portland-limestone cement concrete: Hydration kinetics, formation of hydrates and long-term performance evolution	2020	PLC+SCMs	水化性质	Construction and Building Materials	(95–90)%PLC+(5–10)%MetaKaolin 75%PLC+20%Fly Ash+5%MetaKaolin 70%PLC+20%Fly Ash+10%MetaKaolin
188	Impact of the Use of Portland-Limestone Cement on Concrete Performance as Plain or Reinforced Material	2021	PLC+SCMs	综合	CALTRANS	75%PLC+25%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 50%PLC+50%Slag 50%PLC+25%Slag+25%Fly Ash
189	The Pozzolanic Reactivity Test and the Properties of Portland Limestone Cement	2021	PLC+SCMs	疲劳	PhD Thesis, Oregon State University	75%PLC+25%Fly Ash 75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 50%PLC+50%Slag 50%PLC+25%Slag+25%Fly Ash
190	Performance of Concrete Pavement Incorporating Portland Limestone Cement in Cold Weather	2021	PLC+SCMs	疲劳	Sustainability	85%PLC+15%Fly Ash
191	The effects of reduced paste volume in Portland limestone cement concrete	2021	PLC+SCMs	新鲜性质	Magazine of Concrete Research	80%PLC+20%Fly Ash
192	Portland limestone cement for reduced shrinkage and enhanced durability of concrete	2021	PLC+SCMs	耐久性	Magazine of Concrete Research	80%PLC+20%Fly Ash 70%PLC+30%Fly Ash 95%PLC+5%Silica Fume 75%PLC+25%Fly Ash
193	Chloride binding of Portland limestone cement containing supplementary cementitious materials	2021	PLC+SCMs	耐久性	Master's Thesis, Oregon State University	75%PLC+20%Fly Ash+5%Silica Fume 75%PLC+25%Natural Pozzolana 50%PLC+50%Slag 50%PLC+25%Slag+25%Fly Ash 30%PLC+(5–15)%MetaKaolin+(35–60)%Fly Ash
194	Green Bricks Made with Ternary Mixtures of MetaKaolin-Fly Ash-Portland Limestone Cement	2021	PLC+SCMs	力学性质	UEEC	
195	Electrical and transport properties of cement mortar made using Portland Limestone cement	2022	PLC+SCMs	综合	Advances in Civil Engineering Materials	
196	Heat of Hydration, Shrinkage, and Flexural Strength of Portland Limestone Cement Mortar	2022	PLC+SCMs	综合	Advances in Civil Engineering Materials	
197	A Study on Portland Limestone Cement Blended with Aerobond Bone Ash	2022	PLC+SCMs	综合	American Journal of Chemical Engineering	(97.5–87.5)%PLC+(2.5–12.5)%MetaKaolin+12.5–10)%Animal Bone Ash
198	Performance of Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete (FRC) Utilizing Portland Limestone Cement	2022	PLC+SCMs	综合	Materials of Today's State University of New Jersey	80%PLC+20%Fly Ash
199	The Influence of Biomass Fly Ash on the Rheology and Pozzolanic Properties of Portland Limestone Cement Paste	2022	PLC+SCMs	新鲜性质	ISSRN	(95–75)%PLC+(5–25)%Biomass Fly Ash
200	Durability of Portland Limestone Cement Concrete	2022	PLC+SCMs	耐久性	Concrete International	(75–70)%PLC+(25–30)%Fly Ash 80%PLC+20%Fly Ash 70%PLC+30%Fly Ash 70%PLC+25%Fly Ash+5%Silica Fume 65%PLC+35%Slag
201	Mechanical properties and electrical resistivity of Portland limestone cement concrete systems containing greater than 15% limestone and supplementary ...	2022	PLC+SCMs	力学性质	Cement	
202	Improvement in the Properties of Concrete Containing Rice Husk Ash as a Partial Replacement for Portland Limestone Cement	2022	PLC+SCMs	力学性质	International Journal of Engineering Research	(95–70)%PLC+(5–30)%Rice Husk Ash

203	Compressive strength and bulk reactivity of portland limestone cement composites with high-density polyethylene plastic resin as a partial fine aggregate replacement	2022	PLC + SCM +	力学性质	Matsters Thesis, California State University	75%PLC + 25%Fly-Ash 60%PLC + 40%Slag
204	The effect of including biomass on the rheological and pozzolanic properties of Portland limestone cement-case study	2023	PLC + SCM +	材料性质	Sustainable Structure	(05-75%)PLC + (5-25%)Biomass Fly Ash
205	Exposure of Portland-Limestone Cement – Metakaolin Paste to Cold Chloride-Sulfate Environment: NMR Spectroscopy Assessment of Structural Changes in Hydrated Phases and Relation to Chloride Ingress Investigating the Influence of Portland Limestone Cement Combined with Sugarcane Bagasse Ash and Different Types of Fly Ash on the Mechanical Properties of Engineered Cementitious Composites	2023	PLC + SCM +	耐久性质	International RILEM Conference on Synnergizing Expertise towards Sustainability and Resilience of Cement based Materials and Concrete Structures	
206	Quantification of critical chloride threshold of reinforcing steel embedded in portland limestone cement systems containing supplementary cementitious materials	2023	PLC + SCM +	力学性质	Matsters Thesis, Louisiana State University	ECC
207	The thaumassite form of sulfate attack in Portland limestone cement mortars stored in magnesium sulfate solution	2024	PLC + SCM +	耐久性质	Materials and Structures	
208	The effect of triethanolamine and limestone powder on strength development and formation of hardened Portland cement structure	2002	OPC + 石灰石	耐久性质	Cement and Concrete Composites	
209	Simultaneous influences of microsilica and limestone powder on properties of portland cement paste	2005	OPC + 石灰石	力学性质	ISCE VICE Joint Seminar on Concrete	
210	Full mill grinding of portland cement, limestone, and fly ash: Impact on particle size, hydration rate, and strength	2010	OPC + 石灰石	综合	Ceramics – Silikaly	
211	Effects of Limestone powder on the Fluidity of Ordinary Portland Cement Paste	2013	OPC + 石灰石	综合	Cement and Concrete Composites	
212	Ternary mixture of portland cement, blast furnace slag and limestone: mechanical strength and durability	2013	OPC + 石灰石	材料性质	Journal of the Korean Ceramic Society, 2013	
213	EFFECT OF LIMESTONE ON THE HYDRATION CHARACTERISTICS OF PORTLAND-POZZOLANA CEMENT MORTARS	2013	OPC + 石灰石	耐久性质	Journal of Construction	
214	13C chemical shift anisotropies for carbonate ions in cement minerals and the use of 13C, 27Al and 29Si MAS NMR in studies of Portland cement including limestone additions	2013	OPC + 石灰石	材料性质	Al-Akshas, B. S. I.	
215	Effect of Portland Cement (current: ASTM C150/AASHTO M85) with Limestone and Process Addition (ASTM C495/AASHTO M127) on the Performance of Concrete for Pavement and Bridge Decks	2013	OPC + 石灰石	材料性质	Cement and Concrete Research	
216	High-volume natural volcanic pozzolan and limestone powder as partial replacements for portland cement in self-compacting and sustainable concrete	2014	OPC + 石灰石	综合	Illinois Center for Transportation	
217	Heat of hydration of Portland high-calcium fly ash cement incorporating limestone powder: Effect of limestone particle size	2014	OPC + 石灰石	综合	Cement and Concrete Composites	
218	Portland limestone cement-based mortar for post installed rebars in hardened concrete	2014	OPC + 石灰石	材料性质	Construction and Building Materials	
219	Effects of portland cement replacement with limestone on the properties of hardened concrete	2014	OPC + 石灰石	力学性质	Bulletin of the Transilvania University of Brasov	
220	Performance of PLC concrete incorporating chemical and mineral admixtures	2014	OPC + 石灰石	力学性质	Cement and Concrete Composites	
221	Effect of nanolimestone particles on hydration and flexural strength of Portland limestone cement pastes	2015	OPC + 石灰石	综合	Master's Thesis, American University in Cairo	
222	Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar	2015	OPC + 石灰石	材料性质	Driving Profit and Sustainability	
223	Effects of ultrafine limestone powder on some properties of Portland cement	2015	OPC + 石灰石	材料性质	Construction and Building Materials	
224	Durability of Portland Cement-Calcined Clay-Limestone Blends	2016	OPC + 石灰石	综合	International Journal of Science and Engineering Applications	
225	An alternative quality control technique for mineral chemistry analysis of Portland cement-grade limestone using shortwave infrared spectroscopy	2016	OPC + 石灰石	综合	PhD thesis, Aarhus University	
226	Influence of curing duration on thaumassite formation of Portland-limestone cement pastes	2016	OPC + 石灰石	耐久性质	Remote sensing	
227	Thermodynamic modeling of hydrated white Portland cement-metakaolin-limestone blends utilizing hydration kinetics from 29Si MAS NMR spectroscopy	2016	OPC + 石灰石	耐久性质	Journal of Wuhan University of Technology (Material, Sci. Ed.)	
228	Effects of triisopropyl amine, sodium chloride and limestone on the compressive strength and hydration of Portland cement	2016	OPC + 石灰石	材料性质	Cement and Concrete Research	
229		2016	OPC + 石灰石	材料性质	Construction and Building Materials	

230	Modified poly (carboxylate ether)-based superplasticizer for enhanced flowability of calcined clay-limestone-gypsum blended Portland cement	2017	OPC+石灰石	新拌性質	Cement and Concrete Research	
231	Properties, sustainability and elevated temperature behavior of concrete containing Portland limestone cement	2017	OPC+石灰石	永續性推廣	AIP Conference Proceedings	
232	Lowering cement clinker: A thorough, performance based study on the use of nanoparticles of SiO2 or montmorillonite in Portland limestone nanocomposites	2018	OPC+石灰石	綜合	The European Physical Journal Plus	
233	The Behavior of Portland Limestone-Calcined Clays Cement at 5° C	2018	OPC+石灰石	耐久性	Key Engineering Materials	
234	Performance Studies on Portland-Limestone Cement in Sulfate Environments	2018	OPC+石灰石	耐久性	Master's Thesis, South Dakota School of Mines and Technology	
235	Research on properties and the hydration of Portland limestone cement with diethanol-isopropanolamine	2018	OPC+石灰石	水化性質	Ceramics	
236	CALCIUM SULFOALUMINATE CEMENT CLINKER INFLUENCE ON THE HYDRATION OF PORTLAND-LIMESTONE CEMENT	2018	OPC+石灰石	水化性質	International Workshop on Calcium Sulfoaluminate Cements 2018	
237	Fresh and hardened properties of self consolidating Portland limestone cement mortars: Effect of high volume limestone powder replaced by cement	2019	OPC+石灰石	綜合	Construction and Building Materials	
238	Quantification methods for chloride binding in Portland cement and limestone systems	2019	OPC+石灰石	耐久性	Cement and Concrete Research	
239	Synergistic effect of metakaolin and limestone on the hydration properties of Portland cement	2019	OPC+石灰石	水化性質	Construction and Building Materials	
240	Effects of fly ash on Portland limestone cement under sulfate attack at low temperature	2020	OPC+石灰石	耐久性	Magazine of Concrete Research	
241	The effect of sugarcane bagasse ash on the properties of Portland limestone cement	2020	OPC+石灰石	力學性質	Engineering, Technology & Applied Science Research	
242	Modified blended limestone-Portland cement binder: Evaluation of 4 different sodium silicates	2021	OPC+石灰石	綜合	Cement and Concrete Composites	
243	Effect of Bogue Potential Phases of Clinker on the Mechanical Strength of Fly ash Limestone Based Portland Composite Cement	2021	OPC+石灰石	新拌性質	Journal of Cement Based Composites	
244	Influence of Portland-Limestone Cement Composition on Sulfate Attack Performance	2022	OPC+石灰石	耐久性	PCA	
245	Limestone replacements by fine crushed concrete and ceramic wastes during the production of Portland cement	2023	OPC+石灰石	綜合	Journal of Sustainable Cement-Based Materials	
246	Study of Microstructure, Crystallographic Phases and Setting Time Evolution over Time of Portland Cement, Coarse Silica Fume, and Limestone (PC-SF-LS) Ternary Portland Cements	2023	OPC+石灰石	綜合	Crystals	
247	Fresh, hardened and durability properties of concrete made with flyash and limestone based Portland composite cement	2023	OPC+石灰石	綜合	Journal of Asian Concrete Federation	
248	About thaumasite formation in Portland-limestone cement pastes and mortars—effect of heat treatment at 95° C and storage at 5° C	2023	OPC+石灰石	耐久性	Cement and Concrete Composites	
249	Reducing Greenhouse Gas Emissions Using Cellulose Nanocrystals, Ordinary Portland Cement, and Limestone	2023	OPC+石灰石	永續性推廣	ACI Materials Journal	
250	The properties and hydration of a calcined coal series metakaolin-limestone-Portland cement system	2024	OPC+石灰石	水化性質	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	