

105 年專技高考土木技師 考試試題

類科：土木技師

科目：施工法

甲、申論題部分

一、3 月份台北傳出松菸文創產生混凝土牆面爆孔產生青春痘現象：

- (一)請針對混凝土病變提出診斷策略。(10 分)
- (二)推論產生此種混凝土病變的原因。(5 分)
- (三)並請依相關規範提出施工品管方法以防範事件之發生。(5 分)

【擬答】

台北松菸文創大樓混凝土外牆表面爆點、「青春痘」事件，經研判係使用之砂石疑似摻到具膨脹性的電弧爐「還原渣」，經水滲入後導致混凝土表面膨脹、爆點剝落之現象。並非媒體誤導係因添加「爐石粉」所導致。行政院公共工程委員會公佈之施工綱要規範 03050 章「混凝土基本材料及施工一般要求」，2.1.6 節中即允許混凝土使用爐石粉作為礦物摻料。國內環保政策亦鼓勵使用爐石粉，101 大樓、台灣高鐵、85 大樓、圓山子分洪道等重大工程為提升工程品質，皆添加爐石粉以提升其混凝土強度及耐久性。「爐石粉」為國內外廣泛使用的綠色建材、環保工程材料，且其提升混凝土性能與減碳之效益已獲世界所認可，使用爐石粉取代水泥已成為全球公認之趨勢。本次事件係因電弧爐「還原渣」所引起，與爐石粉之使用無關。爐石有哪幾種？金屬冶煉過程中所產生之礦物熔渣經冷卻固結後所成之岩石泛稱為「爐石」(Slag)。而依煉鋼廠冶煉製程不同，可將爐石概略分為電弧煉鋼業爐渣(包括還原渣及氧化渣)、一貫作業煉鋼業爐石(包括水淬高爐石及轉爐石)。目前坊間將氧化渣及還原渣泛稱為「廢爐渣」，水淬高爐石則稱為「爐石粉」。目前經濟部對於爐石之再利用訂有相關之規定，整理如下所示：

爐石種類	公告再利用用途
水淬高爐石	水淬高爐爐渣粉、高爐水泥、水泥製品
電爐氧化渣	水泥生料、水泥製品原料、鋪面基底層級配料、瀝青混凝土粒料、非結構混凝土粒料
電爐還原渣	水泥生料、水泥製品原料、鋪面基底層級配料、瀝青混凝土粒料、非結構混凝土粒料 備註： 1. 還原渣用於「水泥生料」以外用途需經安定化處理，經 CNS15311 檢測其水合 7 天膨脹率低於 0.5% 2. 不鏽鋼還原渣僅限用於水泥生料及水泥製品原料

- (一)混凝土病變的原因很多，其可能之影響也多。以這種外觀呈現青春痘狀的混凝土，要知道其病變原因的方式，當然就是採集病變的部位，送至有化學鑑定能力的單位，鑑定病變的成分是否含有不當成分，即可知道是否添加不當之爐渣。

▶▶GO FIGHT WIN

- (二)由上表可知，目前煉鋼廠產出之爐石中，僅爐石粉可直接作為「熟料」添加於水泥混凝土中，還原渣因具體積膨脹問題，再利用規定尚有許多限制。部份煉鋼製程中，需添加較大量之石灰(CaO)以去除鋼液中雜質，若爐石含過量石灰，與水接觸後會生成氫氧化鈣(Ca(OH)₂)造成體積膨脹。由於硬固混凝土為剛性材料，若誤用具游離氧化鈣之爐石於水泥混凝土中，將造成混凝土發生開裂、爆點等現象。爐石粉因不含游離氧化鈣，故不會有膨脹的問題。
- (三)這應該回溯至源頭管理，由水泥端及摻料端進行管制，不能因為貪小便宜使用來路不明之摻料，依據品質管理作業要點，廠商必須提供材料設備出廠證明予監造單位審查，如能落實，就不會發生這種情形。

二.面對全球化節能減碳的呼聲，身為工程技術人員，應該如何減能低耗能排碳最高的水泥用量至關重要。使用火力發電廠排放之飛灰(煤碳灰)加至混凝土工程中一節能減碳且增加混凝土壽命的重要關鍵，然而有二派學說，一派主張飛灰不能用太多，而另一派主張多用飛灰對混凝土永續耐久性有益。

- (一)請提出你的看法，(5分)並解釋所持原因為何?(5分)
- (二)申述在配比設計時，以何種添加方式將飛灰加入混凝土中(5分)，其重要訴求為何?(5分)

【擬答】

(一)設計：

雖然使用較多之飛灰有助於降低水泥使用量，但是飛灰有緩凝效果，其水化熱、凝結產物、效果均與水泥不同，貿然使用過當，恐導致整個水泥混凝土的凝結機制得重新考量，不是單純飛灰替代多少水泥的問題，所以飛灰替代水泥輒不宜過多，目前「飛灰爐石使用手冊」規範上限是 20%。不過也有用飛灰替代細粒料的想法，可是細粒料的尺度比飛灰粗，同時飛灰有凝結及水化效果，如替代細粒料，整個配比都須重新設計；在沒有特殊的設計目標或者更多參考資料之前，建議仍然依據手冊規範上限以下使用之。

(二)如前所述，飛灰目前多以替代水泥的角度添加之，所以目前許多水泥出場時即已添加一定比例之飛灰在其中。此類水泥可以抑制鹼-骨材反應，產生結晶體填塞孔隙，對混凝土長期強度發展比較有利，但是必須留意水化初期的緩凝現象，所以必要時添加強塑劑改善是有必要的。

三. 為節能簡碳，達到永續理念並增加工程的生命週期，內政部頒布「綠色混凝土」於「綠建材中」：

(一)請定義「綠混凝土」，(5分)並說明其規範要點。(5分)

(二)並請敘述其作法(5分)及重點。(5分)

【擬答】

(一)自材料、生產、製造、施工、使用、維修、拆除至處置混凝土結構物生命週期之各個階段，均能達到節能減碳、降低環境衝擊、實現永續發展之混凝土。應包含良好施工性、強度合宜性、體積穩定性、結構耐久性、廢棄物和再生材料再利用等全部或部分性質。其中，「良好施工性」代表混凝土澆置施工時減少除泵送之能量外亦可減少額外搗實與震動等耗能設施以及噪音之污染，達到節能減碳保護環境之目的；「強度合宜性」、「體積穩定性」與「結構耐久性」則完全展現出混凝土強度外，減少混凝土裂縫之產生，延長混凝土結構使用壽命進而免除建物拆除之頻率，進一步減少營建廢棄物之產生，達到環境與生態之保護；「廢棄物和再生材料再利用」則代表混凝土材料組成中含有合乎規定之工業副產物，如此可減少砂石等資源過度耗用外，並達到環保與節能減碳之要求，符合綠混凝土之中綠之理念與內涵。

綠混凝土之性質與指標目前僅考量綠混凝土的材料、生產、製造與施工階段之相關規定；且綠混凝土並不包括砂漿類材料（即無粗粒料為成份者）；所使用之再生資源材料僅限膠結材料與粗粒料，另外，根據是否使用再生粒料，而區分為：

(1)G 類高性能綠混凝土與

(2)R 類高性能綠混凝土兩類。其中，G 代表一般類(General)，係指不含再生粗粒料之混凝土，該混凝土可作為結構型混凝土，R 代表再生類 (Recycled)，係指含有再生粗粒料之混凝土，該混凝土須參照《再生混凝土施工規範草案》相關規定。

(二)綠混凝土應具有下列部份或全部性質與條件：

1. 有害物質零排放(零污染)：綠混凝土之組成材料中不得含有石棉、毒重金屬之物質，亦不得含有放射線物質，亦不得排放有毒廢氣。
2. 高能源使用效率(節能製程)：綠混凝土於混凝土廠之產製過程中，使用再生能源發電設備，減低耗能機械設備；且綠混凝土可設計具有高流動性質，方便施工，以減少施工能耗。
3. 廢棄物循環再利用(材料環保性)：採用再生資源材料，包括工農業廢棄物（如飛灰、爐石或矽灰、稻殼灰等卜作嵐摻料）或營建拆除廢棄物（如玻璃、橡膠、磚塊或廢混凝土等），做為膠結材料或再生粗粒料，達到廢棄物再利用，降低對環境衝擊。
4. 強度穩定且耐久性佳(永續性能)：綠混凝土產自軟硬體具佳之混凝土廠，在專業（有證照）從業人員操作下，嚴選材料，並應用卜作嵐材料，標準製程經過嚴謹品管作業後所產製，強度品質穩定，耐久性能佳。

綠混凝土須分別針對混凝土組成材料、產製設備與拌和廠組織、配比、混凝土之新拌、硬固與耐久性能進行指標與評核，綠混凝土分為 G 類綠混凝土（不含再生粗粒料）與 R 類綠混凝土（含再生粗粒料），其中檢核項目主要分為四個部份：

1. 有害物質零排放：為確保人體健康，綠混凝土之組成材料須符合綠建材標章之通則規定，不得含有害人體之物質。

▶▶GO FIGHT WIN

2. 產製設備與拌和廠組織：為確保綠混凝土產製的品質穩定可靠，須有完善之產製設備與健全之拌和廠組織，須評核拌和廠之產製設備、原料管制、人員組織與文件紀錄，以符合綠混凝土之強度(品質)穩定性與節能製程性質。
3. 配比設計：為減少混凝土產製所排放之二氧化碳排放量，應儘量採用國內所生產製造之材料，這些材料來自品質控制嚴謹的廠商，配比中採用卜作嵐材料降低水泥量、降低拌和水量、控制水灰比、降低水膠比、增加粒料、水泥量與卜作嵐材料-膠結材用量比，且可採用部份再生粗粒料(50%以上)，而所有品質須符合安全性與耐久性之要求，達成廢棄物循環利用與品質耐久性質。
4. 綠混凝土性能評估：分為新拌性能與耐久性能。新拌性能部份係檢核混凝土之坍度、坍流度等，確保其工作度，減少泵送與機械搗實廢之能耗；而耐久性能部份，則是利用目視檢視表面狀況及檢測混凝土氯離子穿透性、表面電阻與計算 56 天水泥強度效益等，以確保耐久性，增加壽命，增進服務性，降低維修，減少品質不良、再建造所耗費之資源，以符合綠混凝土之品質耐久性與節能製程性質。

G 類綠混凝土與 R 類綠混凝土之評核項目當中，差別僅於 R 類綠混凝土須增填「再生粗粒料用量大於 50%」並須提供「粗粒料來源產地證明」及品質資訊包括比重、吸水率及不純物含量等。

四. 土木工程向來非常保守，面對全球自動化的新潮流，土木技術人員必須考慮納入先進科技，不斷精進，創新工法才能達到土木工程的利基。

(一)請提出至少二種可以改變現行施工技術的方法。(10 分)

(二)並請敘述採用之基本理論為何?(10 分)

【擬答】

(一)二種可以改變現行施工技術的方法：

1. BIM (建築資訊模型, Building Information Modeling) :

建築資訊模型是建築學、工程學及土木工程的新工具。被定義成由完全和充足資訊構成以支援生命週期管理，並可由電腦應用程式直接解釋的建築或建築工程資訊模型。簡言之，即數位技術支撐的對建築環境的生命週期管理。它是建築過程的數位展示方式來協助數位資訊交流及合作。將建築資訊模型視為參數化的建築 3D 幾何模型，此外這個模型中，所有建築構件所包含的資訊，除了幾何外，同時具有建築或工程的資料。這些資料提供程式系統充分的計算依據，使這些程式能根據構件的資料，自動計算出查詢者所需要的準確資訊。此處所指的資訊可能具有很多種表達型式，諸如建築的平面圖、立面、剖面、詳圖、三維立體視圖、透視圖、材料表或是計算每個房間自然採光的照明效果、所需要的空調通風量、冬、夏季需要的空調電力消耗等等。

2. 3D 列印：

近幾年興起的 3D 列印，在克服了堆疊材料的限制之後，對於工程的使用更添利基。

可以將需要大量人力之工程，透過 3D 列印大量製作，大幅減少人力以及成本；甚至人類未來想移居外太空，也不再需要先運送大量建築人力，只需 3D 列印機進駐，即可完成先期工程施作，前景可期。

(二)採用之基本理論：

1. BIM：依據創造此一概念者所賦予的定義，建築資訊模型是指建築物在設計和建造過程中，創建和使用的"可計算數位資訊"。而這些數位資訊能夠被程式系統自動管理，使得經過這些數位資訊所計算出來的各種檔案，自動地具有彼此吻合、一致的特性。它是建築過程的數位展示方式來協助數位資訊交流及合作。將建築資訊模型視為參數化的建築 3D 幾何模型，此外這個模型中，所有建築構件所包含的資訊，除了幾何外，同時具有建築或工程的資料。這些資料提供程式系統充分的計算依據，使這些程式能根據構件的資料，自動計算出查詢者所需要的準確資訊。
2. 3D 列印：將所有電腦中之尺寸參數，利用大型 3D 列印機堆疊材料打印出成品，是 CAD、CAM 走出工廠，與工程合而為一的展現；除了結合機電、工程之外，如再結合正秀的人工智慧，等於人類不再需要好費大量腦力人力設計工程施作工程，只需簡單交代機器人指令之後，短時間之內即可坐享成果，的確對現在缺工嚴重的工程業而言，不啻是黑暗中的黎明，可以幫助營造業再破繭而出。

五.10月故宮南院發生防火塗料假造案，凸顯類似頂新集團假油的事件，顯現出「後端查核」的重要性。請提出：

(一)如何應用大數據、資訊技術(IT)及人工智慧納入雲端的查核手法中?(10分)

(二)並請敘述所採理由為何。(10分)

【擬答】

本案檢調查出，提供材料的廠商對外宣稱取得英國公司 Phoenix 獨家授權的 270 型、168 型薄膜膨脹型防火塗料，還出具英國實驗室的檢驗報告，塗抹在建物的 H 形鋼樑後，高溫防火時效達一、兩個小時，藉此向內政部營建署等單位申請核准在台使用；事實上完全沒有經過原廠認證。

國內外大型物流或賣場業者，均已透過大數據、資訊技術及人工智慧納入雲端查核的手法，決定賣場、客群以及商品的定位，更藉此降低成本，提高公司獲利，成效卓著。例如最近全聯的案例即為一例。

(一)如何應用大數據、資訊技術及人工智慧納入雲端查核的手法中：

廠商出場時均有相關出廠證明文件，加上進出口報關等，等於每個過程都會有紀錄；業主在使用這些材料時，只要從網路查尋這些履歷資料，自然而然可以確保材料得正確性及有效性。這些只要將材料的條碼全程申報並上網，一路到使用者均與列入管制，隨時透過網路、雲端勾稽，自然可以避免造假仿冒的可能，排除有心人居中牟利的機會。

(二)採用之基本理論：

這應該是很普通的物流管理的觀念，就是全程管控產品的運送時間地點，除了避免造假掉包可能之外，更可以精準掌控物流的過程與進度；也能藉由這些資料的回饋，消除產品製造與運送過程的障礙，找出最經濟的做法，減少成本，增加產品的競爭力，潛力實在不可限量。

祝 金榜題名