投稿類別：工程技術類

篇名：

別讓地球『碳』氣-水泥砂漿研究探討

作者：

黃滋萱。國立彰師附工。建築科三年忠班。

李宗翰。國立彰師附工。建築科三年忠班。

蔡佳勳。國立彰師附工。建築科二年忠班。

指導老師：

粘錦成老師

王秀芳老師

壹●前言

近年來新聞媒體不斷報導，北極的冰山不斷融化，北極熊無家可歸，於是我們就去找老師討論。經由和老師們討論的結果和網路提供的資料，我們知道至今人類毫無節制的消耗能源，使得地球二氧化碳濃度年年遽增，造成現今全球氣候高溫化、地球沙漠化、熱帶雨林消失……等全球暖化地球環境危機。

因此，現在全世界都在積極堆動節能減碳，而打造低碳及零污染綠建築更是當下最熱門的話題，也是未來的一大指標。我們在網路資料中得知，行政院環保署的資料顯示 2008 年二氧化碳(CO_2)排放量是 3.19 億公噸，2009 年為 3.33 億公噸，由此數據可知，台灣的二氧化碳排放量是年年在成長的，因此，我們想藉由卜作嵐材料取代水泥的配比實驗中，找到符合經濟成本又能有效達到二氧化碳(CO_2)減量設計的最佳配比。

貳●正文

一、 研究目的

(一)制定水泥砂漿抗壓強度最佳參數配比。

(二)制定添加卜作嵐材料(飛灰、爐石粉)的最佳用量。

(三)分析計算水泥砂漿添加卜作嵐材料後，其 CO_2 減量之比率。

二、 研究設備及器材

(一)試驗材料：

符合CNS第一型波特蘭水泥、飛灰、爐石粉、細粒料(#8、#16、#30)、液態壓克力樹脂。

(二)試驗設備及器材：

精密電子秤(6kgf)、水泥砂漿試模、標準篩、攪拌機、烘箱、全電腦控制抗壓機(200T)、鐵鎚、剉刀、刮刀。

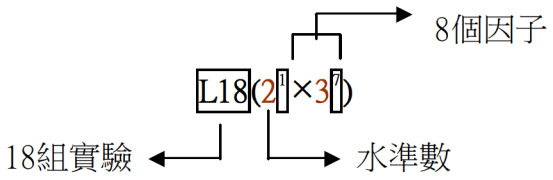
三、研究方法

本研究乃蒐集國內外水泥砂漿相關資料與參考文獻，且以田口方法為之主要實驗法，依此選定實驗品質特性、決定實驗因子及水準、決定實驗反應變數、選定實驗適當直交表，藉此設計本研究之試體、製作實驗表格而後進行實驗。本研究實驗所要探討的數據大致上可分為(一)分析建立水泥砂漿抗壓強度最佳參數(二)分析建立添加卜作嵐材料最佳參數及分析計算減碳之比率，分析結果並決定最佳參數，作成改善之依據，並配合電腦Microsoft Excel for Windows 與Qualitek-4教育版軟體進行統計分析，以客觀之立場、科學，闡明、解釋統計數字與相關因素所代表的內涵與意義。

田口方法或稱田口式品質工程，在1949 年由田口玄一博士所倡導的(2008 李輝煌)。田口方法以工程的角度事先瞭解品質問題，並利用社會損失成本作為衡量產品品質的依據。田口方法的二個主要工具為直交表和S/N 比(2009田口品質工程)，強調的重點是在產品或製程設計時就考慮品質問題，亦即如何降低產品績效的變異。田口方法是以實驗的手段（而非解析的方法）來決定設計參數，為了減少實驗的次數，田口方法依控制因數及其水準的數目選用了適當的直交表，亦即受干擾因數的影響減至最少。本研究用L18($2^1 \times 3^7$)直交表，此表適合中小型之研究，如表3-1所示。

表3-1 L18($2^1 \times 3^7$)田口方法設計各組實驗的S/N比直交表

Exp	A	B	C	D	E	F	G	H	y1	y2	y3	y4	Ave	S	S/N
1	1	1	1	1	1	1	1	1							
2	1	1	2	2	2	2	2	2							
3	1	1	3	3	3	3	3	3							
4	1	2	1	1	2	2	3	3							
5	1	2	2	2	3	3	1	1							
6	1	2	3	3	1	1	2	2							
7	1	3	1	2	1	3	2	3							
8	1	3	2	3	2	1	3	1							
9	1	3	3	1	3	2	1	2							
10	2	1	1	3	3	2	2	1							
11	2	1	2	1	1	3	3	2							
12	2	1	3	2	2	1	1	3							
13	2	2	1	2	3	1	3	2							
14	2	2	2	3	1	2	1	3							
15	2	2	3	1	2	3	2	1							
16	2	3	1	3	2	3	1	2							
17	2	3	2	1	3	1	2	3							
18	2	3	3	2	1	2	3	1							



L18($2^1 \times 3^7$)實驗說明

(一) 蒐集資料

1、選定品質特性，如表3-2所示。

表3-2　最常見的四種品質特性

品質特性	理想機能	靜態或動態
望目特（nominal-the-best）	$y = m$	靜態
望小特性（smaller-the-better）	$y = 0$	靜態
望大特性（larger-the-better）	***$y = \infty$***	***靜態***
原點直線型（zero-point proportional）	$y = \beta M$	動態

註：望大品質特性將是本研究進行之目標

望大特性其品質特性強度是越大越好，換句話說，品質特性的理想機能是無窮大，其計算式為　$SN_{LTB} = -10\log_{10}[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{y_i^2})]$

2、決定控制因數並定出它們的水準(如表3-3所示)。

表 3-3　控制因素及其水準(本研究整理)

因子	說明	水準一	水準二	水準三
A	拌合時間(sec)	90秒	180秒	
B	水灰比	0.5	0.55	0.6
C	水泥含量(%)	200%	150%	100%
D	細粒料佔水泥重量之(%)	200%	250%	300%
E	細粒料粒徑(#)	通過8號篩	通過16號篩	通過30號篩
F	壓克力樹脂佔水重量之(%)	0	15%	30%
G	爐石粉佔水泥重量之(%)	5%	10%	15%
H	飛灰佔水泥重量之(%)	0	10%	20%

(二)、研究設計

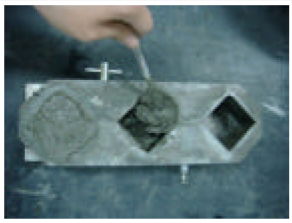
本實驗各項試體數量，如表3-4所示：

表3-4 水泥砂漿抗壓實驗試體(5×5×5 cm)

水泥砂漿抗壓試驗				
齡期	7天齡期(18組)	28天齡期(18組)	56天齡期(18組)	最佳參數
個數	18×4=72	18×4=72	18×4=72	3×4=16
共計	228個			

四、研究試體製作

表4-1 水泥砂漿抗壓試體製作(5×5×5 cm)

 圖4-1 放置材料	說明: 將八項控制因子所需材料，經由配比計算後分別置於攪拌筒中。	 圖4-2 材料攪拌	說明: 起動攪拌機並依八項控制因子所設定之因素，分別拌合90秒及180秒。
 圖4-3 置入試模	說明: 將拌合好之水泥砂漿分二層置入於水泥砂漿試模中。	 圖4-4 試體搗實	說明: 分二層，每層分別搗實32次。
 圖4-5 試體刮平	說明: 將搗實完成之水泥砂漿試體刮平。	 圖4-6 試體養護	說明: 將製作完成之新試體進行養護。

五、研究試體實驗

表5-1　水泥砂漿抗壓實驗

 圖5-1 試體秤重	說明: 將每組砂漿編號並秤重，記錄其重量。	 圖5-2 試體置放機台	說明: 將水泥砂漿試體置於抗壓實驗機台正中間。
 圖5-3 試體加載	說明: 啟動機器並由電腦全程操作(2.5kgf/秒)。	 圖5-4 記錄及清理	說明: 記錄破壞後之抗壓強度、拍照並列印報表。

六、研究實驗數據

(一) 實驗數據

1、實驗一：水泥砂漿7天抗壓強度

將試體L1~L18試體置於廠內7天後逐一進行抗壓實驗，記錄相關數據、製表並計算標準偏差(S)、試體平均強度(Ave)、改善前及改善後品質(S/N)，獲得最佳參數並呈現其結果(表6-1~6-2、圖6-1所示)。

表 6-1　7 天水泥砂漿試體因子對 S/N 比的反應表

	A	B	C	D	E	F	G	H
Level 1	41.73	43.35	40.00	41.17	41.00	44.75	41.50	41.73
Level 2	41.76	42.18	42.62	42.30	42.02	41.79	40.17	42.81
Level 3		39.7	42.63	41.77	42.22	38.70	43.58	40.70

表 6-2　7 天水泥砂漿試體抗壓強度相關數據

Ave	S	改善前 S/N	改善後 S/N	最佳參數
132.8 142.5	7.63	41.75	**51.15**	A2、B1、C3、D2、E3、F1、G3、H2

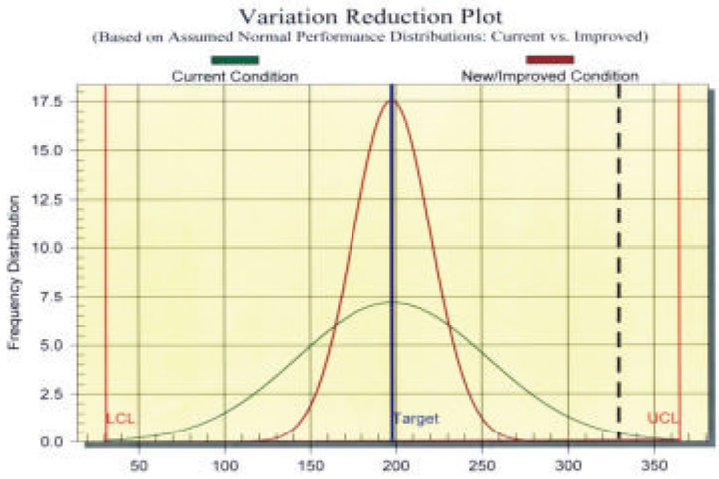


圖 6-1　7 天改善前、後製程比

2、實驗二：水泥砂漿28天抗壓強度

將試體L1~L18試體置於廠內28天後逐一進行抗壓實驗，記錄相關數據、製表並計算標準偏差(S)、試體平均強度(Ave)、改善前及改善後品質(S/N)，獲得最佳參數並呈現其結果(表6-3~6-4、圖6-2所示)。

表6-3　28天水泥砂漿試體因子對S/N比的反應表

	A	B	C	D	E	F	G	H
Level 1	**45.92**	**46.73**	44.28	44.96	45.11	**47.51**	45.39	45.04
Level 2	45.11	45.48	**46.22**	**46.25**	45.66	45.15	44.01	**46.34**
Level 3		44.30	46.04	45.34	**45.77**	43.89	**47.15**	45.17

表 6-4　28 天水泥砂漿試體抗壓強度相關數據

Ave	S	改善前 S/N	改善後 S/N	最佳參數
197.8 332.9	12.86	45.52	**53.28**	A1、B1、C2、D2、E3、F1、G3、H2

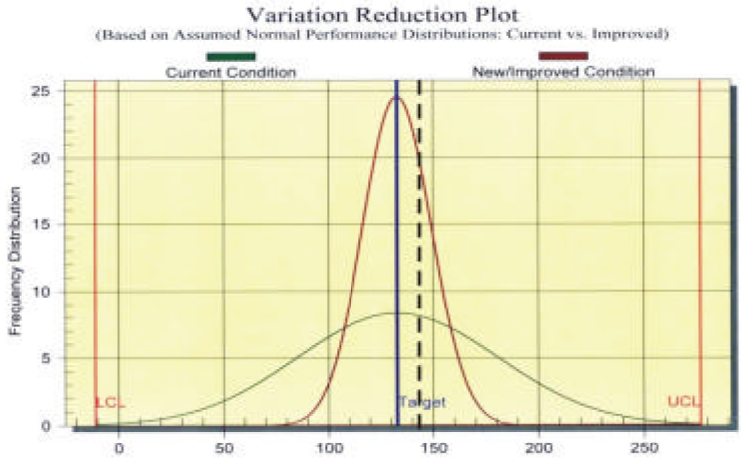


圖 6-2　28 天改善前、後製程比

3、實驗三：水泥砂漿56天抗壓強度

將試體L1~L18試體置於廠內56天後逐一進行抗壓實驗，記錄相關數據、製表並計算標準偏差(S)、試體平均強度(Ave)、改善前及改善後品質(S/N)，獲得最佳參數並呈現其結果(表6-5~6-6、圖6-3所示)。

表 6-5　56 天水泥砂漿試體因子對 S/N 比的反應表

	A	B	C	D	E	F	G	H
Level 1	46.36	47.15	44.95	46.45	46.21	**47.87**	46.29	46.12
Level 2	**46.61**	**47.72**	**47.37**	**46.62**	**47.01**	46.13	45.44	**47.31**
Level 3		44.6	47.14	46.39	46.24	45.45	**47.73**	46.02

表 6-6　56 天水泥砂漿試體抗壓強度相關數據

Ave	S	改善前 S/N	改善後 S/N	最佳參數
220.2 330.2	16.92	46.49	**52.83**	A2、B2、C2、D2、E2、F1、G3、H2

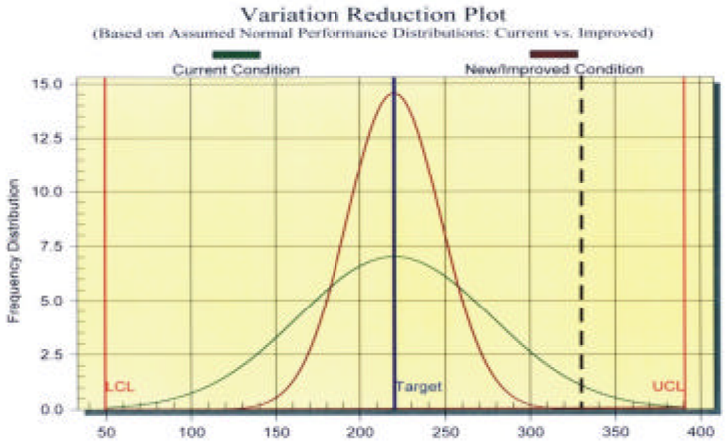


圖 6-3　56 天改善前、後製程比

七、討論與建議

(一)卜作嵐材料之選用應注意材料之活性，以達到試體強度穩定之效果　。

(二)確認改善後之最佳參數：

本研究主體為18組實驗組，實驗所得之最佳參數(爐石粉15%、飛灰10%)，藉由最佳參數再做一組最佳參數試體來確認此組之抗壓強度是高於否另18組之其平均強度。

(三)控制因子之選定：

因本研究實驗之8個因子為專家學者以及眾多老師討論後之結果，拌合時間太長會影響細粒料粒徑，故選擇最適當之90秒與180秒為拌合時間；然而水灰比太高會導致水泥砂漿強度降低，所以本研究水灰比採用在0.5至0.6之間；又從相關文獻之報告中，得知爐石粉與飛灰可取代水泥之用量來增加水泥砂漿之強度，因此分別取最適合用量約為在5%至15%以及0%至20%之間，作為本研究控制因子之選定**(2005黃兆龍)**。

參●結論

一、制定水泥砂漿抗壓強度最佳參數配比

(一)改善前水泥砂漿 7 天抗壓強為 132.8kgf/cm^2、改善後 142.5kgf/cm^2。改善後增強 7.3%。

(二)改善前水泥砂漿 28 天抗壓強度為 197.8kgf/cm^2、改善後 332.9kgf/cm^2。改善後增強 68.3%成效顯著。

(三)改善前水泥砂漿 56 天抗壓強度 220.2kgf/cm^2、改善後 330.2kgf/cm^2。改善後增強 50%成效顯著。

本研究籍由田口方法制定出水泥砂漿抗壓強度之最佳參數組合,其所得之各項數據如下所示。

(一)水泥砂漿7天抗壓強度最佳參數組合：A2、B1、C3、D2、E3、F1、G3、H2

(二)水泥砂漿28天抗壓強度最佳參數組合：A1、B1、C2、D2、E3、F1、G3、H2

(三)水泥砂漿56天抗壓強度最佳參數組合：A2、B2、C2、D2、E2、F1、G3、H2

二、制定添加卜作嵐材料(飛灰、爐石粉)的最佳用量。

(一)添加 15%爐石粉於 7 天、28 天、56 天水泥砂漿抗壓強度分別平均增強為 22.1%、20%、85.5%，相較其他組數為佳，故添加 15%爐石粉為最佳用量。

(二)添加 10%飛灰於 7 天、28 天、56 天水泥砂漿抗壓強度分別平均增強為 16.6%、15.7%、17.4%，相較其他組數為佳，故添加 10%飛灰為最佳用量。

三、分析計算水泥砂漿添加卜作嵐材料後，其 CO_2 減量之比率。

(一)藉由本實驗得知添加 15%爐石粉與添加 10%飛灰取代水泥用量，將有效減低 25%之 CO_2 排放量。

(二)以 2010 年台灣累計生產約 1610.08 萬噸水泥來計算**(註一)**,落實本實驗之計劃,將可**減少 402.52 萬噸的 CO_2 排放量**,等同約 **10500 座**的大安森林吸 CO_2 量(一年平均約吸收 386 公噸的 CO_2)**(註二)**，又相當於多種了**約 3.5 億棵**樹木。

(三)因全球暖化日趨嚴重，地球能源消耗殆盡，如何推動低碳節能成為重要議題，本研究希望藉由卜作嵐材料取代水泥用量來降低 CO_2 排放量，呼籲重視 地球能源的永續發展,並建構打造臺灣邁向低碳之永續城市。

肆●引註資料

一、書籍類：

(1)黃兆龍(2005)。混凝土性質與行為。台北市：詹氏書局。

(2)陳耀如、洪國珍、劉叔松(2007)。工程材料Ⅰ。台北市：旭營文化事業有限公司。

(3)田口品質工程(2009)。參數水準最佳化之實例。彰化縣：皮托科技股份有限公司。

(4)林憲德(2006)。綠色建築。台北市：詹氏書局。

(5)李輝煌(2008)。田口方法品質設計的原理與實務。台北市：高立圖書公司。

二、期刊論文類：

(1)楊國隆(2005)。應用田口方法制定最適論文排版格式。黃埔學報，48，51-56。

三、電子網路資料：

(註一) 2009 社區有品!!他好/我好/你好/!!-環保全民

http://tc.moe.gov.tw/yoblog.aspx?b_class=4&b_no=4

(註二) 臺北市大安地政事務所-地球的肺 由我們來守護 2011 百萬森林計畫

http://www.tala.taipei.gov.tw/ct.asp?xItem=1288244&ctNode=27343&mp=111061