

***2014 高雄市第 54 屆中小學科學展覽會
作品說明書**

科(類)別：土木

組 別：高職組

作品名稱：文蛤殼粉在砌磚水泥砂漿黏結強度之探究

關鍵詞：文蛤粉、水泥砂漿、磚牆
編號：4405

目錄

壹、摘要.....	P 1
貳、研究動機.....	P 2
參、研究目的.....	P 3
肆、研究設備與器材.....	P 4
伍、研究流程與方法.....	P 5
陸、研究結果	P 10
柒、討論	P 23
捌、結論	P 24
玖、參考資料	P 29

表目錄

表 1	研究設備與材料表	4
表 2	過#100 文蛤殼粉取代水泥用量水泥砂漿抗壓試體配比	7
表 3	過#200 文蛤殼粉取代水泥用量水泥砂漿抗壓試體配比	7
表 4	過#100 文蛤殼粉摻入用量水泥砂漿抗壓試體配比	7
表 5	過#200 文蛤殼粉摻入用量水泥砂漿抗壓試體配比	7
表 6	試體製作過程與測試	9
表 7	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度	10
表 8	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度	10
表 9	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度	11
表 10	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析	11
表 11	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度	12
表 12	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度	12
表 13	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度	13
表 14	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析	13
表 15	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度	13
表 16	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度	14
表 17	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度	15
表 18	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析	15
表 19	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度	16
表 20	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度	16
表 21	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度	16
表 22	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析	17
表 23	砌磚黏結強度衝擊試驗能量表	18
表 24	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之受衝擊強度	18
表 25	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天之受衝擊強度	18
表 26	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之受衝擊強度	19
表 27	過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體測試受衝擊的砌磚粘結強度分析	20
表 28	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之剪力強度	21
表 29	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天之剪力強度	21
表 30	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之剪力強度	22
表 31	過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體測試受剪力破壞的砌磚粘結強度分析	22

圖目錄

圖 1	5cm×5cm×5cm 的正立方體抗壓試體模型	6
圖 2	5cm×5.3cm×11cm 的長方體模型製作砌磚灰縫控制試體模型	6
圖 3	黏結強度衝擊破壞器	6
圖 4	剪力破壞器	6
圖 5	飽和石灰製作與浸置	8
圖 6	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	10
圖 7	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	10
圖 8	以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	11
圖 9	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	12
圖 10	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	12
圖 11	以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	13
圖 12	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	14
圖 13	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	14
圖 14	以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	15
圖 15	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	16
圖 16	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	16
圖 17	以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm ²)	17
圖 18	砌磚黏結強度衝擊試驗過程	18
圖 19	砌磚黏結強度衝擊破壞器具	18
圖 20	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之受衝擊強度分析圖	19
圖 21	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之受衝擊強度分析圖	19
圖 22	以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之受衝擊強度分析圖	19
圖 23	砌磚黏結剪力強度實驗操作圖	21
圖 24	3 天、7 天與 28 天砌磚黏結剪力強度實驗操作圖	21

圖 25 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之剪力強度分析圖	22
圖 26 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天之剪力強度分析圖	22
圖 27 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之剪力強度分析圖	22

壹、摘要

本研究抗壓強度實驗、砌磚黏結強度衝擊實驗與砌磚黏結強度減力破壞實驗，經數值分析討論整理摻入#200 篩 30%、40%文蛤殼粉其後期 28 天強度之在抗壓強度較原始配比 1：3：0 效益略高強，在黏結性與抗剪力的各項表現也能達原始配比 1：3：：0 的 95%效益，讓文蛤殼粉在砌磚水泥砂漿黏結強度有強化效益，亦在土木建築材料運用更爲之廣泛。若於允許強度範圍找尋適當摻入配比與取代性配比的可獲得各種工程所需強度應用，「文蛤殼粉」就能成爲經濟又環保的土木建築工程用料來使用，且具環保功能，讓文蛤殼進入另一個生命週期領域—「環保再生材料」。

貳、研究動機

建築興建過程中水泥砂漿建材為加強磚造主要牆體磚材間之結合用料，許多相關研究持續地研發各種強化水泥砂漿強度需求而摻入化學藥劑，而如何將自然界孕育豐富產物能有效的循環再利用賦予新價值、降低耗材成本，達到節能、環保與永續經營之材料研發是件刻不容緩要事。本研究尋求目標以台灣地域產物成主軸，在珍惜現有的微量資源下堅持尋找廢棄產物、材料製程不製造二次污染的原則議題下，並從廢棄物料探究加強磚造建築所用之水泥砂漿中水泥替代，或摻入天然材料協助增強砌磚的黏結性。

台灣沿海岸養殖物產豐富多樣，而養殖最簡易、物價成本低與長年均有穩定產值，莫過於「文蛤」，日本與歐美近年更研發以外殼研究天然無毒之塗料，而中國中藥明確記載文蛤粉可入藥，每當中秋佳節烤肉或平日快炒餐館文蛤有最便宜食用食譜，但食用後之文蛤殼則隨一般垃圾清理，不但造成廢棄容量的增加且難以處理，因決定以廢棄文蛤殼為取材加入對水泥砂漿探究可行性與對相強度的影響性。

















基於上述的發現與小組討論，我們研究的方向朝文蛤殼粉是否能成替代水泥砂漿體中水泥用量，或以摻入劑角色增強砌磚黏結強度進行探討。

參、研究目的

- 一、探討在定值水灰比條件下之文蛤殼粉對水泥砂漿試體抗壓應力(σ_c)是否具有替代性。
- 二、探討在在定值水灰比條件下文蛤殼粉對水泥砂漿試體抗壓應力(σ_c)是否具有摻入性。
- 三、探討在 0.312 定值水灰比條件下，文蛤殼粉使否具有增牆砌磚黏結性的能力。
- 四、探討在 0.312 定值水灰比條件下，文蛤殼粉使否具有增牆砌磚抗剪強度的能力。
- 五、探討文蛤殼粉在建築磚造結構材料是否具有經濟性。

肆、研究設備與器材

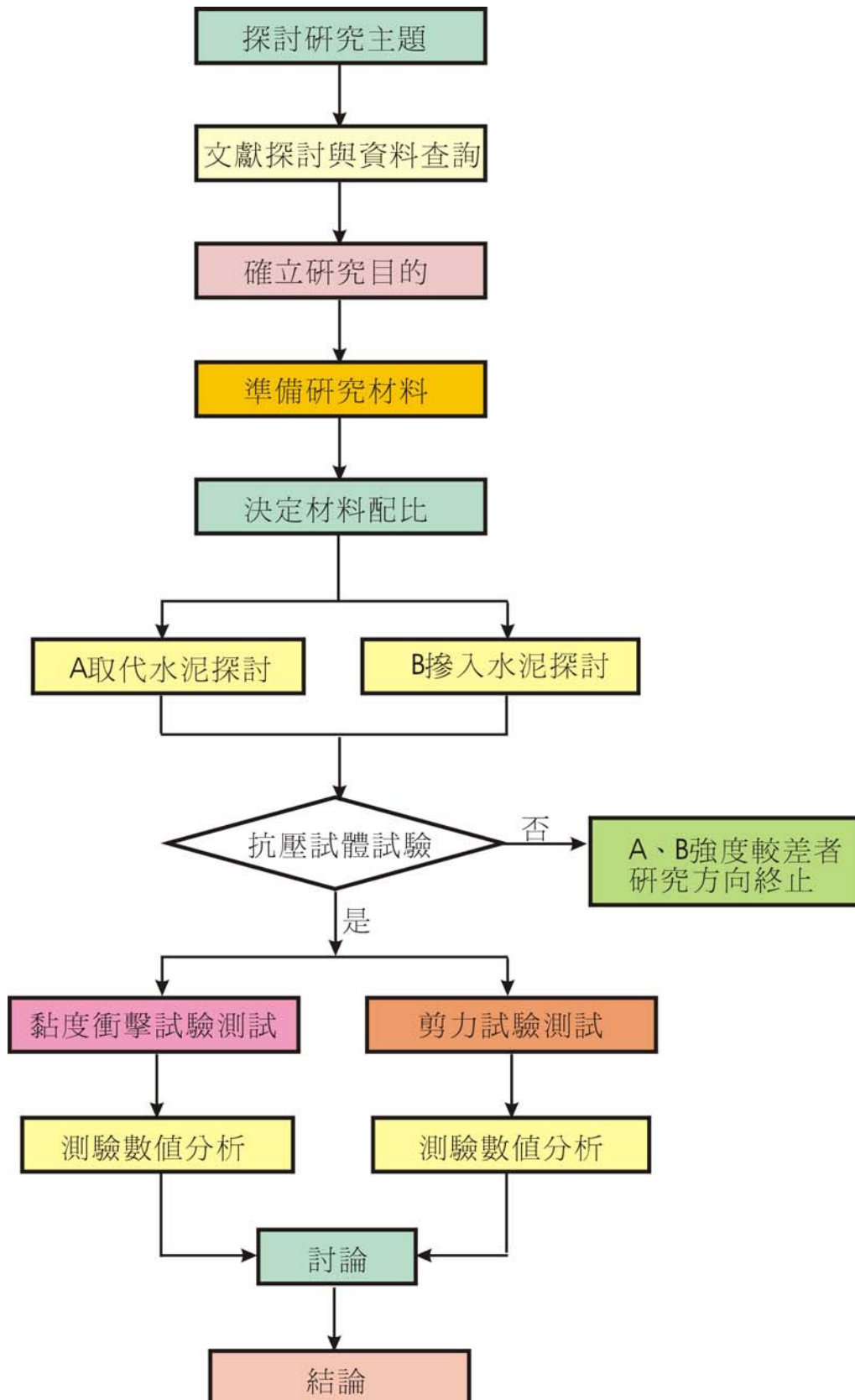
表 1 研究設備與材料表

名稱	設備器材	用途	備註	名稱	設備器材	用途	備註
電秤		測量水泥、砂子、水和魚鱗粉重量	數量 1 台	黏結性之衝擊破壞器		測量砌磚黏結材料數值	自行設計
拌和器		拌和水泥砂漿試體	數量 1 台	黏結性之剪力破壞器		測量砌磚黏結材料抗剪力強度數值	自行設計
烘箱		試體製作前文蛤殼粉末烘乾	1 台	#100、 #200 篩網		篩析文蛤殼粉末	#100、#200 各 1 個
文蛤殼研磨器		將文蛤殼研磨成粉	1 台	管鉗 板手		剪力破壞之力臂	1 把
搗棒		搗實水泥砂漿試體	1 支 壓克力材質	文蛤殼		天然摻入原料	家庭、餐館
抗壓式體模具		作為製作抗壓試體的標準模具，鐵製試體模。	尺寸 5cm×5cm ×5cm	砂		水泥砂漿成分之一	產地：屏東里港
抗壓儀器		測量抗壓應力數值	正修 科大 土木系	水泥		水泥砂漿原料之一	太陽牌 I 型卜特蘭水泥
砌磚模型		砌磚粘結強度	控制 1cm 灰縫	紅磚		砌磚粘結強度與剪力試驗材料	200mm×95mm ×53mm 切割成 50mm×50mm× 53mm

伍、研究流程與方法

一、研究流程

針對本研究主題將研究的流程規劃如下：



二、文獻探討

(一) 摻入品文蛤殼供給

目前台灣漁業養殖近 10 年來，文蛤養殖面積約在 5000~7300 公頃之間波動，產值則在 6、7~11 億元間變化，年產量由 18000 公噸增加到 26000 公噸，已超越牡蠣而躍居養殖貝類的首位。台灣的主要文蛤養殖地區為彰化、雲林、嘉義、台南等縣市，其中又以彰化與雲林兩地為最多，歷年來該兩縣市之文蛤年產量約佔全台的 60~90%。因此文蛤材料獲得方便，且能將原本食用後要棄置的文蛤成土木建築材料最價值之能源之一。

(二) 文蛤殼成分與性質

文蛤殼為台灣的大宗水產養殖產物，其外殼主要成分主要為碳酸鈣，次為磷酸鈣、碳酸鎂及貝殼硬蛋白(註 2)。碳酸鈣經加熱分解成氧化鈣與二氧化碳，其化學反應如下： $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ，若氧化鈣再與水化合則形成氫氧化鈣 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 。依據碳酸鈣在與水泥反應產物的基本性質，因此本研究小組對文蛤殼應用在砌磚之水泥砂漿體黏結強度的影響狀況更充滿研究興致。

三、研究方法

(一) 蒐集資料

研究題目前，小組成員開始蒐集相關資料，透過網際網路的搜尋與文獻書籍資料後，整理資料與老師討論，界定這項研究有可行性，並擬出研究方向。

(二) 試體模具與測試器具準備

本研究選定以水泥砂漿試體作為實驗研究對象，製作水泥砂漿抗壓強度規格 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的正立方體抗壓試體(如圖 1)，及以三分合板製作 $5\text{cm} \times 5.3\text{cm} \times 11\text{cm}$ 的長方體模型製作砌磚灰縫控制試體模型(如圖 2)；在實驗測試器具設計則自製砌磚黏結強度衝擊破壞器(如圖 3)與剪力破壞器(如圖 4)。



圖 1 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的正立方體抗壓試體模型



圖 2 $5\text{cm} \times 5.3\text{cm} \times 11\text{cm}$ 的長方體模型製作砌磚灰縫控制試體模型



圖 3 黏結強度衝擊破壞器



圖 4 剪力破壞器

(三)試體製作

水泥砂漿試體配比設定，將所有測試體之水灰比控制在 0.312。

1.抗壓試體製作

(1)抗壓試體使用配比 1 : 3 : 0(A 組)為對照組，再以 A 組配比定值下，分別以過#100 篩與過#200 篩之文蛤殼粉末取代水泥用量不同比例文蛤殼粉，**B₁~H₁** 與 **B₂~H₂** 組(表 2、表 3)。

(2)抗壓試體使用配比 1 : 3 : 0(A 組)為對照組，再以 A 組配比定值下，分別摻入以過#100 篩與過#200 篩之文蛤殼粉末不同比例文蛤殼粉，**B₃~H₃** 與 **B₄~H₄** 組(表 3)。

表 2 過#100 文蛤殼粉取代水泥用量水泥砂漿
抗壓試體配比

成分 試題	第 I 型水泥	砂子	文蛤殼粉
A	1.0	3.0	0
B1	0.8	3.0	0.2
C1	0.7	3.0	0.3
D1	0.6	3.0	0.4
E1	0.5	3.0	0.5
F1	0.4	3.0	0.6
G1	0.3	3.0	0.7
H1	0.2	3.0	0.8

單位：g

表 3 過#200 文蛤殼粉取代水泥用量水泥砂漿
抗壓試體配比

成分 試題	第 I 型水泥	砂子	文蛤殼粉
A	1.0	3.0	0
B2	0.8	3.0	0.2
C2	0.7	3.0	0.3
D2	0.6	3.0	0.4
E2	0.5	3.0	0.5
F2	0.4	3.0	0.6
G2	0.3	3.0	0.7
H2	0.2	3.0	0.8

單位：g

表 4 過#100 文蛤殼粉摻入用量水泥砂漿
抗壓試體配比

成分 試題	第 I 型水泥	砂子	文蛤殼粉
A	1.0	3.0	0
B3	1.0	3.0	0.2
C3	1.0	3.0	0.3
D3	1.0	3.0	0.4
E3	1.0	3.0	0.5
F3	1.0	3.0	0.6
G3	1.0	3.0	0.7
H3	1.0	3.0	0.8

單位：g

表 5 過#200 文蛤殼粉摻入用量水泥砂漿
抗壓試體配比

成分 試題	第 I 型水泥	砂子	文蛤殼粉
A	1.0	3.0	0
B4	1.0	3.0	0.2
C4	1.0	3.0	0.3
D4	1.0	3.0	0.4
E4	1.0	3.0	0.5
F4	1.0	3.0	0.6
G4	1.0	3.0	0.7
H4	1.0	3.0	0.8

單位：g

(2)依據文蛤殼粉「取代水泥用量」與文蛤殼粉「摻入用量」之水泥砂漿抗壓強度較優者決定砌磚黏結試體之黏結強度與剪力強度試體的選配方式，使用配比 1 : 3 : 0(A 組)為對照組，再以 A 組配比定值下，分別取代與摻入不同比例用量之文蛤殼粉，**B₁~H₁** 與 **B₂~H₂** 組或 **B₃~H₃** 與 **B₄~H₄** 組與表 2、3、4、5 相同之配比製作砌磚黏結衝擊破壞與剪力破壞之試體。

(四)簡易試體養護與製作

水桶內裝滿水，加入石灰粉至水桶內攪拌，讓其液體達飽和狀態，在將試體置放養護，如圖 5。



圖 5 飽和石灰製作與浸置

(五)試體強度測試

1.抗壓強度測試

測試前至養護容器中取出試體待試體為 S.S.D 狀態，將試體編號，放置於測試儀器內，進行抗壓強度測試，並同時紀錄下實驗數據。

2.砌磚黏結強度測試

將試體編號，待試體於室內置放為 3 天、7 天及 28 天齡期，放置於黏結衝擊破壞測試器內，進行黏結強度測試，並同時紀錄下實驗數據。

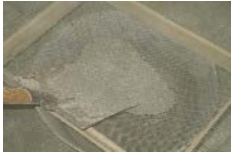
















3.砌磚黏結剪力強度試體

將試體編號，待試體於室內置放為 3 天、7 天及 28 天齡期，放置於剪力破壞測試器內，進行剪力強度測試，並同時紀錄下實驗數據。

四、試體製作過程與測試

試體依配比製作的過程與實驗測試如表 6 所示。

表 6 試體製作過程與測試

製作過程	紀錄圖
篩砂	 <p>篩細砂</p>
篩文蛤殼粉	   <p>篩文蛤殼粉 過#200 篩文蛤殼粉末 過#100 篩文蛤殼粉末</p>
重量配比	 
均勻乾拌砂與文蛤殼粉，加水均勻攪拌成攪拌水泥砂漿	 
抗壓試體製作 砌磚粘結語剪力試體製作	 
抗壓試體測試	 
砌磚粘結衝擊破壞實驗	 
砌磚剪力破壞實驗	  

陸、研究結果

一、抗壓實驗測試資料

本研究所使用以 AutoMax5 數位式 30t 電動抗壓機進行試體抗壓強度試驗。

實驗 1

(一)以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量製作 A, B₁~H₁ 試體進行抗壓試驗測試，其測試結果數據如表 7~表 9 及圖 6~圖 8 所示。

表 7 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度 以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	183.40	A	E ₁	156.25	E ₁
A	178.96		E ₁	163.05	
A	180.34		E ₁	162.90	
B ₁	154.82	B ₁	F ₁	150.05	F ₁
B ₁	160.52		F ₁	146.62	
B ₁	162.05		F ₁	144.74	
C ₁	161.05	C ₁	G ₁	140.85	G ₁
C ₁	164.62		G ₁	139.76	
C ₁	161.35		G ₁	140.50	
D ₁	175.71	D ₁	H ₁	130.72	H ₁
D ₁	165.22		H ₁	131.06	
D ₁	174.15		H ₁	127.90	

表 8 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度 以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	231.89	A	E ₁	187.93	E ₁
A	228.05		E ₁	194.56	
A	227.40		E ₁	179.25	
B ₁	194.74	B ₁	F ₁	176.19	F ₁
B ₁	192.85		F ₁	177.85	
B ₁	195.50		F ₁	177.02	
C ₁	197.60	C ₁	G ₁	164.77	G ₁
C ₁	198.04		G ₁	171.13	
C ₁	197.32		G ₁	168.46	
D ₁	213.45	D ₁	H ₁	158.83	H ₁
D ₁	207.78		H ₁	163.08	
D ₁	209.96		H ₁	159.52	

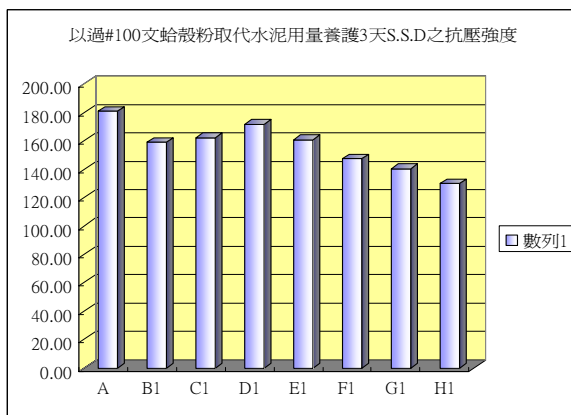


圖 6 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

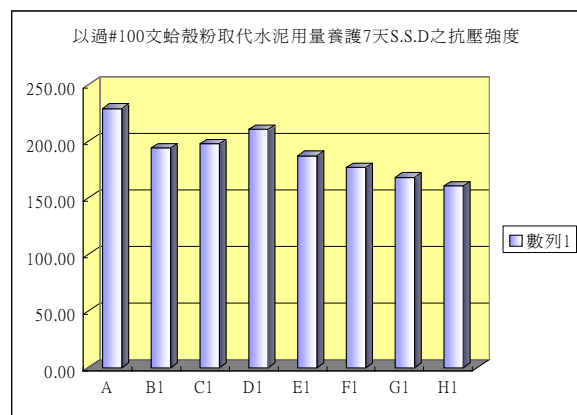
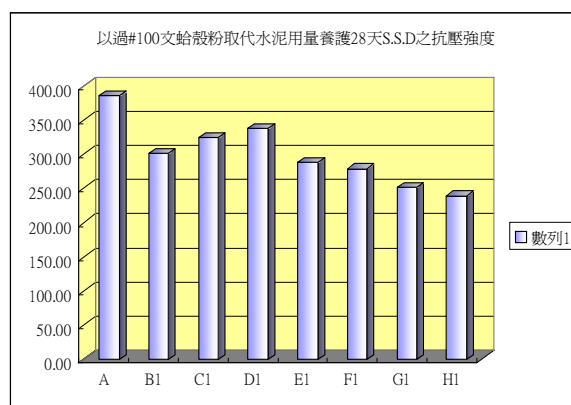


圖 7 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

表 9 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	385.05	A	385.55	E ₁	287.90
A	383.84			E ₁	291.24
A	387.75			E ₁	283.75
B ₁	295.62	B ₁	300.61	F ₁	278.40
B ₁	304.70			F ₁	275.16
B ₁	301.50			F ₁	281.54
C ₁	323.69	C ₁	323.81	G ₁	250.85
C ₁	326.15			G ₁	251.05
C ₁	321.58			G ₁	251.76
D ₁	334.20	D ₁	337.38	H ₁	238.81
D ₁	339.82			H ₁	241.60
D ₁	338.12			H ₁	236.28

圖 8 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

(二)測試數值分析討論

以過#100 文蛤殼粉不同比例取代水泥之用量水泥砂漿試體來測試抗壓強度，A 組為 1：3：0 配比之對照組，B₁~H₁ 組為實驗組，試體進行 3、7、28 天養護，經抗壓破壞所得之數值做比較分析，結果如表 10 所示。

表 10 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析

養護天數	分析
3 天	在圖表中，A 試體仍較為顯著提供應有之強度著，其他取代水泥用的是僅有 D ₁ 強度 171.69kgf/cm ² 達 A 試體之 94.9%之強度。
7 天	在 7 天的圖表中即可發現，B ₁ 至 H ₁ 試體之強度以 20%~23%增強，且強度最佳 D ₁ 僅達 A 試體 91.8%。
28 天	在 28 天裡，D ₁ 試體 337.38 kgf/cm ² 的強度較 7 天有強勁的 60.4%增長，但強度卻僅有 A 試體強度的 87.5%，其他取代是體的強度在此材齡呈現出強度的落差。
綜合討論	綜合以上分析，研究成員得知，用過#100 文蛤殼粉取代水泥用量無論在早期或後期強度均無法獲得優異的強度比，因此過#100 文蛤殼粉取代水泥不可行。

實驗 2

(一)以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量 A~H1 試體的測試結果數據如表 11~表 134 及圖 9~圖 11 所示。

表 11 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	183.40	A	E ₂	162.85	E ₂
A	178.96		E ₂	167.95	
A	180.34		E ₂	165.38	
B ₂	168.70	B ₂	F ₂	151.65	F ₂
B ₂	169.10		F ₂	157.47	
B ₂	167.42		F ₂	161.22	
C ₂	173.55	C ₂	G ₂	148.68	G ₂
C ₂	174.32		G ₂	152.44	
C ₂	168.97		G ₂	146.70	
D ₂	185.14	D ₂	H ₂	138.72	H ₂
D ₂	185.28		H ₂	136.06	
D ₂	180.55		H ₂	137.90	

表 12 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	231.89	A	E ₂	197.56	E ₂
A	228.05		E ₂	195.52	
A	227.40		E ₂	193.25	
B ₂	220.48	B ₂	F ₂	184.08	F ₂
B ₂	223.64		F ₂	181.74	
B ₂	220.58		F ₂	187.06	
C ₂	225.70	C ₂	G ₂	178.12	G ₂
C ₂	227.94		G ₂	176.52	
C ₂	224.42		G ₂	180.05	
D ₂	230.55	D ₂	H ₂	168.92	H ₂
D ₂	233.95		H ₂	169.44	
D ₂	228.78		H ₂	167.42	

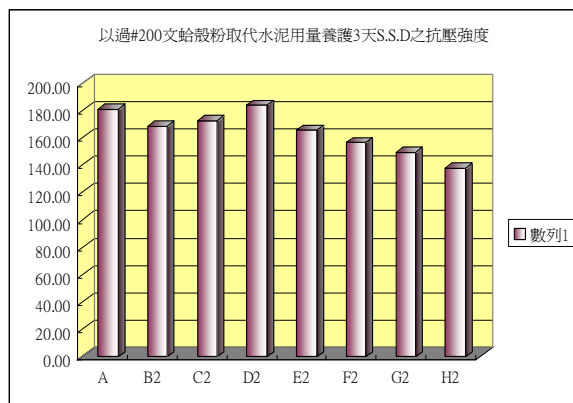


圖 9 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

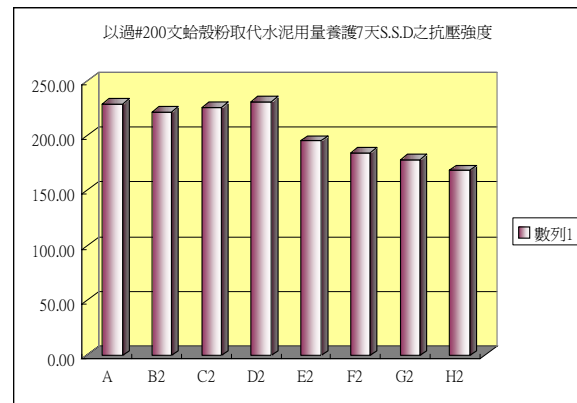


圖 10 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

表 13 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度 以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	385.05	A	E ₂	327.62	E ₂
A	383.84		E ₂	329.20	
A	387.75		E ₂	327.55	
B ₂	346.18	B ₂	F ₂	315.12	F ₂
B ₂	341.75		F ₂	315.34	
B ₂	341.55		F ₂	313.78	
C ₂	379.16	C ₂	G ₂	300.28	G ₂
C ₂	374.83		G ₂	298.63	
C ₂	374.98		G ₂	302.55	
D ₂	382.64	D ₂	H ₂	296.02	H ₂
D ₂	380.92		H ₂	292.88	
D ₂	381.58		H ₂	292.75	

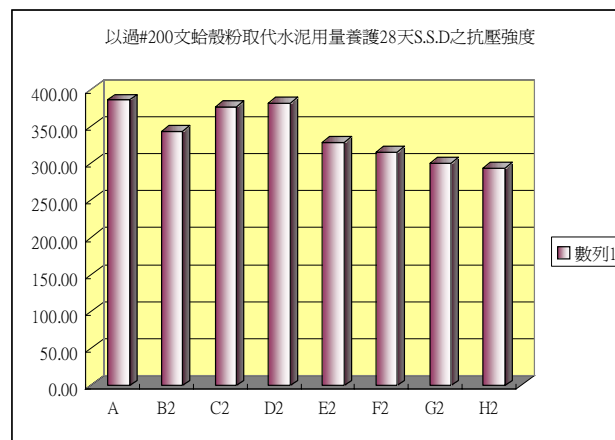


圖 11 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

(二)測試數值分析討論

以不同比例的過#100 文蛤殼粉取代水泥之比例之水泥砂漿試體來測試抗壓強度，A 組為 1 : 3 : 0 配比之對照組，B₃~H₃ 組為實驗組，試體進行 3、7、28 天養護，經抗壓破壞所得之數值做比較分析，結果如表 14 所示。

表 14 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析

養護天數	分析
3 天	在圖表中，D ₂ 試體強度 183.66kgf/cm ² 較 A 試體 180.90 kgf/cm ² 之強度高出 1.5%，且 C ₂ 試體達 A 試體之 95.2%之強度。
7 天	在 7 天的圖表中即可發現，B ₂ 至 H ₂ 試體之強度以 17.8%~20.8%增強，D ₂ 試體強度較 A 試體微高出 1.98 kgf/cm ² ，而 B ₂ 、C ₂ 強度也達到 A 試體之 96.7%，數據圖較#100 取代水泥之 7 天強度來的優異。
28 天	在 28 天裡，D ₂ 試體 381.71 kgf/cm ² 的強度卻較 A 試體強度的少成長 0.9%，其他取代試體的強度在此材齡呈現出強度的落差成長。
綜合討論	綜合以上分析，用過#200 文蛤殼粉取代水泥用量除 C ₂ 與 D ₂ 在早期有微量優勢及接 A 試體的抗壓強度，可適用於砌磚工程或較不須承受主體載重的圬工工程。

實驗 3

(一)以過#100 文蛤殼粉摻入用量 A, B₃~H₃ 試體的測試結果數據如表 15~表 17 及圖 12~圖 14 所示。

表 15 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	183.40	A	E ₃	174.55	E ₃
A	178.96		E ₃	174.25	
A	180.34		E ₃	173.70	
B ₃	169.85	B ₃	F ₃	160.54	F ₃
B ₃	174.38		F ₃	154.62	
B ₃	171.90		F ₃	156.80	
C ₃	201.54	C ₃	G ₃	146.90	G ₃
C ₃	194.75		G ₃	146.52	
C ₃	201.08		G ₃	145.74	
D ₃	215.22	D ₃	H ₃	135.74	H ₃
D ₃	215.65		H ₃	134.50	
D ₃	212.04		H ₃	133.15	

表 16 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A ₁	231.89	A	E ₃	217.50	E ₃
A ₂	228.05		E ₃	217.28	
A ₃	227.40		E ₃	214.03	
B ₃	222.65	B ₃	F ₃	199.50	F ₃
B ₃	221.87		F ₃	211.76	
B ₃	219.26		F ₃	214.04	
C ₃	232.50	C ₃	G ₃	184.56	G ₃
C ₃	230.08		G ₃	185.24	
C ₃	227.10		G ₃	184.07	
D ₃	242.42	D ₃	H ₃	163.40	H ₃
D ₃	246.05		H ₃	168.85	
D ₃	240.66		H ₃	164.32	

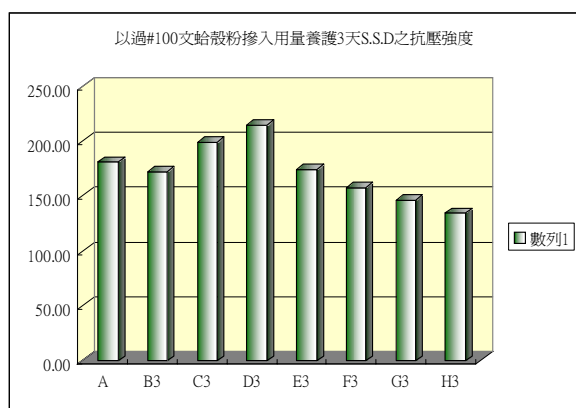


圖 12 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

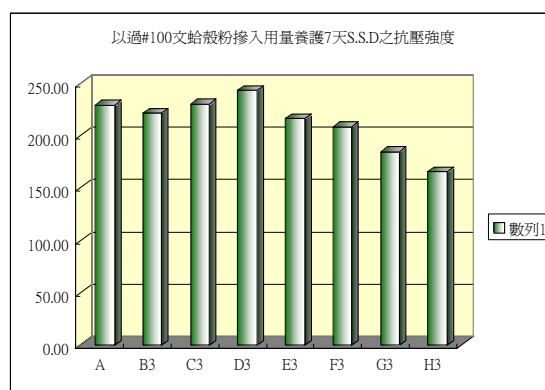


圖 13 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

表 17 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度 以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	385.05	A 385.55	E ₃	357.83	E ₃ 354.02
A	383.84		E ₃	350.75	
A	387.75		E ₃	353.48	
B ₃	364.62	B ₃ 368.43	F ₃	350.54	F ₃ 350.08
B ₃	368.64		F ₃	353.15	
B ₃	372.02		F ₃	346.55	
C ₃	402.95	C ₃ 398.99	G ₃	319.43	G ₃ 319.42
C ₃	396.75		G ₃	321.80	
C ₃	397.26		G ₃	317.03	
D ₃	406.52	D ₃ 406.73	H ₃	303.90	H ₃ 307.94
D ₃	403.65		H ₃	312.05	
D ₃	410.02		H ₃	307.87	

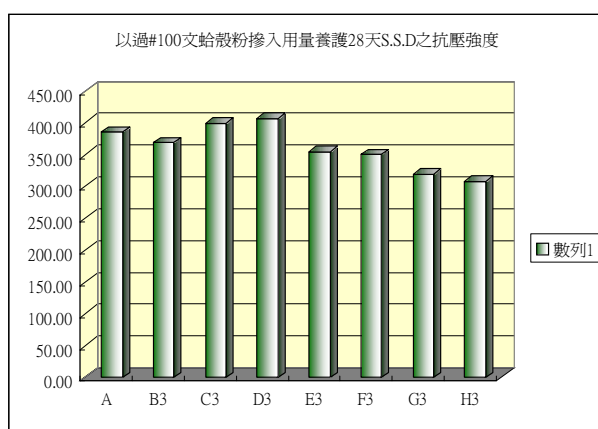


圖 14 以過#100 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

(二)測試數值分析討論

以不同比例的過#100 文蛤殼粉摻入水泥之比例之水泥砂漿試體來測試抗壓強度，A 組為 1：3：0 配比之對照組，B₃~H₃ 組為實驗組，試體進行 3、7、28 天養護，經抗壓破壞所得之數值做比較分析，結果如表 18 所示。

表 18 以過#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析

養護天數	分析
3 天	在圖表中，C ₃ 試體與 D ₃ 試體強度 199.12kgf/cm ² 、214.30 kgf/cm ² 較 A 試體 180.90 kgf/cm ² 之強度高出 10%與 18.46%，且 B ₃ 、E ₃ 達 A 試體之 95%以上之強度。
7 天	在 7 天的圖表中即可發現，B ₃ 試體強度不及 A 試體，C ₃ 試體強度幾乎等於 A 試體雖微高出 0.78 kgf/cm ² ，只有 D ₃ 試體強度仍高於 A 試體約 6%。
28 天	B ₃ 試體強達到 A 試體的 95.5%，C ₃ 、D ₃ 試體強度卻較 A 試體強度高出 3.7~5.5%，其他摻入粉末試體的強度在此材齡強度並無優勢。
綜合討論	綜合以上分析，用過#100 文蛤殼粉摻入水泥砂漿，D ₃ 試體在早期及後其強度表現雖未有大幅度的優於 1：3：0 之 A 試體，D ₄ 配比可適用於一般工程，結構則於再做 56 天以上之試體研究，B ₃ 、C ₃ 可用於較不須承載的工程。

實驗 4

(一) 以過#200 文蛤殼粉摻入用量 A、B₄~H₄ 試體的測試結果數據如表 19~表 21 及圖 15~圖 17 所示。

表 19 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	183.40	A	E ₄	174.67	E ₄
A	178.96		E ₄	175.05	
A	180.34		E ₄	177.42	
B ₄	174.62	B ₄	F ₄	163.80	F ₄
B ₄	178.10		F ₄	159.35	
B ₄	180.27		F ₄	157.14	
C ₄	208.35	C ₄	G ₄	150.80	G ₄
C ₄	205.67		G ₄	153.30	
C ₄	211.87		G ₄	147.50	
D ₄	228.71	D ₄	H ₄	140.20	H ₄
D ₄	224.22		H ₄	134.90	
D ₄	227.45		H ₄	137.05	

表 20 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	231.89	A	E ₄	223.62	E ₄
A	228.05		E ₄	227.84	
A	227.40		E ₄	226.52	
B ₄	231.52	B ₄	F ₄	208.05	F ₄
B ₄	229.94		F ₄	216.28	
B ₄	224.15		F ₄	213.45	
C ₄	241.02	C ₄	G ₄	193.78	G ₄
C ₄	239.75		G ₄	185.84	
C ₄	237.38		G ₄	187.52	
D ₄	249.08	D ₄	H ₄	167.02	H ₄
D ₄	252.65		H ₄	167.42	
D ₄	254.16		H ₄	165.60	

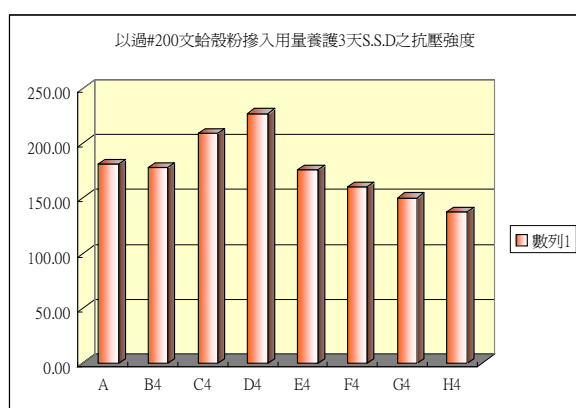


圖 15 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

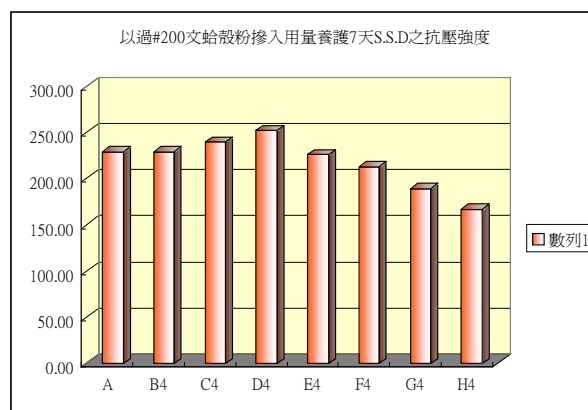
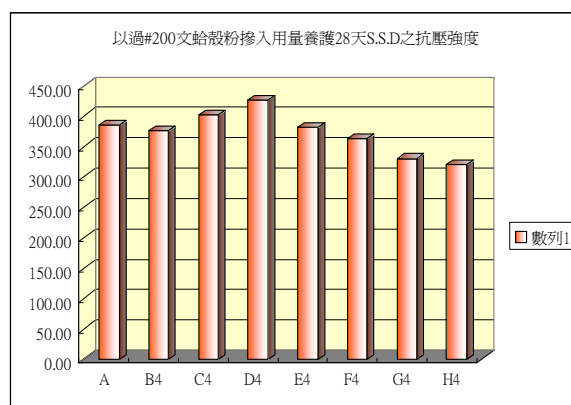


圖 16 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

表 21 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度

以 4kgf/cm²/sec 測試

試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c	試體編碼	抗壓應力 σ_c	平均抗壓應力 σ_c
A	385.05	A 385.55	E ₄	383.90	E ₄ 381.59
A	383.84		E ₄	379.05	
A	387.75		E ₄	381.83	
B ₄	375.76	B ₄ 375.91	F ₄	363.74	F ₄ 363.17
B ₄	376.90		F ₄	363.00	
B ₄	375.08		F ₄	362.78	
C ₄	401.30	C ₄ 401.79	G ₄	331.54	G ₄ 330.29
C ₄	405.46		G ₄	332.02	
C ₄	398.62		G ₄	327.32	
D ₄	422.85	D ₄ 425.85	H ₄	321.05	H ₄ 319.97
D ₄	429.05		H ₄	317.43	
D ₄	425.64		H ₄	321.42	

圖 17 以過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天 S.S.D 之抗壓強度(單位為 kgf/cm²)

(二)測試數值分析討論

以不同比例的過#200 文蛤殼粉摻入水泥之比例之水泥砂漿試體來測試抗壓強度，A 組為 1 : 3 : 0 配比之對照組，B₄~H₄ 組為實驗組，試體進行 3、7、28 天養護，經抗壓破壞所得之數值做比較分析，結果如表 22 所示。

表 22 以過#200 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓試體分析

養護天數	分析
3 天	在圖表中，C ₄ 試體與 D ₄ 試體強度 208.63kgf/cm ² 、226.79kgf/cm ² 較 A 試體 180.90 kgf/cm ² 之強度高出 15.3%與 25.4%，且 B ₄ 、E ₄ 達 A 試體之 95%以上之強度。
7 天	B ₄ 、E ₄ 試體強度雖不及 A 試體但其強度值已達 A 試體的 98%以上，C ₃ 、D ₃ 試體高於 A 試體 4.5~9.8%強度效能。
28 天	在分析圖表中發現 28 天與 7 天的抗壓強度 B ₄ 、E ₄ 試體強度雖不及 A 試體但其強度值已達 A 試體的 95%以上，C ₄ 、D ₄ 試體高於 A 試體 4.2~9.2%強度效能。
綜合討論	綜合以上分析，用過#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿，C ₄ 、D ₄ 試體配比可穩定地運用於一般工程，低承載結構也可參考，若要在精細則於再做 56 天以上之相關試體研究；而 B ₄ 、E ₄ 可用於較不須承載的工程。

由實驗 1 至實驗 5 的測試數值中「過#100 與#200 文蛤殼粉摻入水泥之比例之水泥砂漿試體」可以驗證本研究以摻入方式是可行性的，而取代水泥用量則無法成立證明其可行性；且後段研究主題「砌磚黏結強度衝擊實驗測試」與「砌磚黏結剪力破壞實驗測試」則選用抗壓強度較優異的不同比例摻入式進行實驗 5 與實驗 6 之研究探討。

二、砌磚粘結強度衝擊實驗測試資料

經由抗壓強度試驗之結果，「文蛤殼粉摻入水泥砂漿方案之抗壓強度」較「取代水泥砂漿方案之抗壓強度」為優質。因此砌磚粘結強度衝擊實驗以「過#100 文蛤殼粉」與「過#200 文蛤殼粉」摻入用量，製作「A, B₃~H₃」與「A, B₄~H₄」試體進行實驗 5 單擺式砌磚黏結強度衝擊實驗測試，以承受衝擊能量來呈現不同比例文蛤殼粉摻入水泥砂漿應用在砌磚黏結之強度表現，操作如圖 18、19，衝擊能量依單擺每間隔 10°動力位能計算所得能量值如表 23 所示。

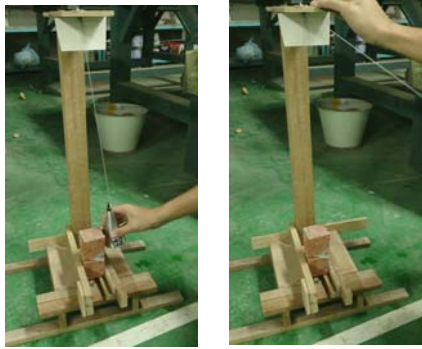


圖 18 砌磚黏結強度衝擊試驗過程

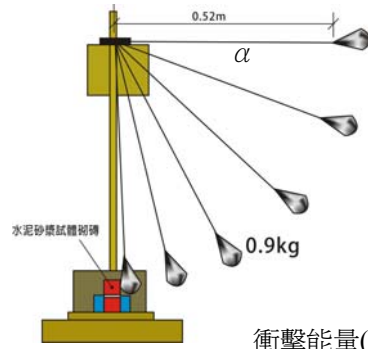


圖 19 砌磚黏結強度衝擊破壞器具

表 23 砌磚黏結強度衝擊試驗能量表

角度	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
能量(N-m)	4.59	3.79	3.02	2.29	1.64	1.07	0.61	0.28	0.07

實驗 5

(一)以過#100 文蛤殼粉摻入用量 A~H₂ 試體的測試結果數據如表 24~表 26 及圖 20~圖 22 所示。

表 24 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量 養護 3 天之受衝擊強度

試體編碼	受衝擊能量(N-m)
A	26.54
B ₃	26.54
B ₄	63.26
C ₃	35.72
C ₄	77.03
D ₃	44.90
D ₄	95.39
E ₃	35.72
E ₄	72.44
F ₃	31.13
F ₄	54.08
G ₃	26.54
G ₄	49.49
H ₃	35.72
H ₄	49.49
以上數值以各試體 10°~90°次數測試之結果值累計記載	

表 25 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量 養護 7 天之受衝擊強度

試體編碼	受衝擊能量(N-m)
A	178.01
B ₃	109.16
B ₄	214.73
C ₃	155.06
C ₄	233.09
D ₃	141.29
D ₄	256.04
E ₃	122.93
E ₄	205.55
F ₃	104.57
F ₄	173.42
G ₃	81.62
G ₄	122.93
H ₃	54.08
H ₄	90.8
以上數值以各試體 10°~90°次數測試之結果值累計記載	

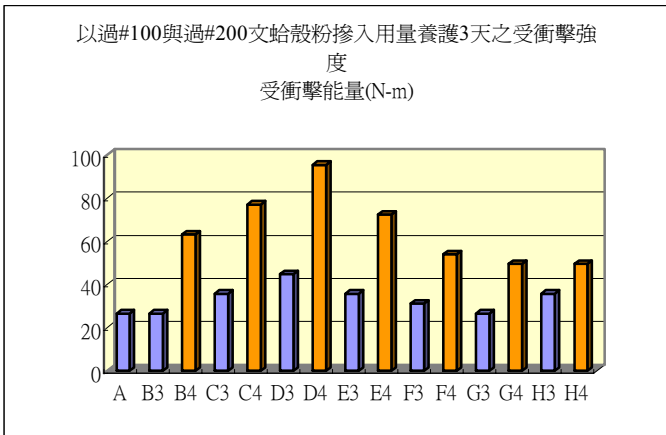


圖 20 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 3 天之受衝擊強度分析圖

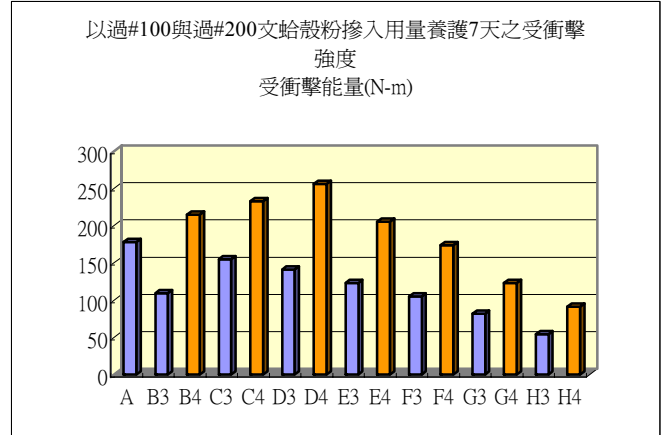


圖 21 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 7 天之受衝擊強度分析圖

表 26 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之受衝擊強度

試體編碼	受衝擊能量(N-m)
A	301.94
B ₃	196.37
B ₄	265.22
C ₃	210.14
C ₄	292.76
D ₃	237.68
D ₄	297.35
E ₃	168.83
E ₄	260.63
F ₃	150.47
F ₄	219.32
G ₃	127.52
G ₄	196.37
H ₃	90.80
H ₄	132.11

以上數值以各試體 10°~90°次數測試之結果值累計記載

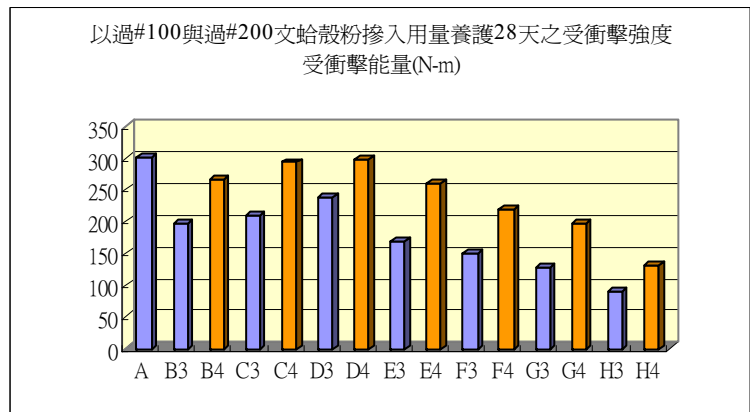


圖 22 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量養護 28 天之受衝擊強度分析圖

(二)測試數值分析討論

以不同比例的過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體 B₃~H₃與 B₄~H₄來測試受衝擊的砌磚粘結強度，A 組為 1：3：0 配比之對照組，試體進行 3、7、28 天 10°~90°多數次衝擊承受能量(受衝擊能量 N-m)來呈現砌磚粘結強度，所得數值做比較分析，結果如表 27 所示。

表 27 過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體測試受衝擊的砌磚粘結強度分析

養護天數	分析
3 天	在圖表中，所有摻入文蛤殼粉試體的承受能量強度較 A 試體為高，其中 B ₄ 、C ₄ 、D ₄ 強度高出 A 試體近 1 倍，其他試體亦有高出 A 試體 30%以上之強度。
7 天	B ₄ 、C ₄ 、D ₄ 試體強度仍高於 A 試體，其中 F ₄ 試體有 A 試體的 97.4%衝擊承受能，除此外其他配比試體強度則低於 A 試體效能值。
28 天	在分析圖表中發現 28 天衝擊承受能量強度以 A 試體強度最高，C ₄ 、D ₄ 試體強度達 A 試體的 96%以上效能。

綜合以上分析，摻入過#100 及#200 文蛤殼粉之水泥砂漿在 3 天效益較為顯著，經討分析應是文蛤殼粉主成分碳酸鈣的增加使水泥砂漿產生早強；從 7 天與 28 天試體表現較佳的 C₄、D₄ 的配比來看，可穩定地運用於一般砌磚工程，以及圬工工程或低承載結構的也可參考價值性，若要運用在主構造材料應用則須再做 56 天以上之混凝土相關試體研究，因 28 天 C₄、D₄ 所能承受衝擊能量僅能達 A 試體 96%~97%之效益強，因此摻入文蛤殼粉在實驗 5 砌磚黏結強度衝擊測試中獲得驗證。

三、砌磚黏結剪力強度實驗測試資料

經以「過#100 文蛤殼粉」與「過#200 文蛤殼粉」摻入用量之砌磚黏度結強度衝擊實驗，雖可由本研究自製砌磚黏結強度衝擊破壞器測試獲得水泥摻入文蛤殼粉後之黏結性與未摻入的能量差異性，但對其實質材料檢視本研究小再製作剪力破壞測試器，並再製作「A，B~3H3」與「A，B4~H4」試體進行實驗 6 測試如圖 23~24。

(一)本實驗操作方式

之控制尺寸為 3 天及 7 天採用自重 1.4kg 得管鉗鉸手重心距旋轉中心 7.5cm，並在其距旋轉中心 24.25cm 掛置施力(W)，28 天為使掛置施力(W)能順利將水泥砂漿砌磚試體破壞，其掛至位置以加設鐵管後距旋轉中心 45cm 處為施力點。

(二)本實驗數值原理架構與操作

數值換算如下： $M=1.4 \times 7.5+W \times 24.25$ (3 天、7 天)及 $M=1.4 \times 7.5+W \times 45$ (28 天)

$F = M / 0.327 \times R$ 。(依據螺桿力學原理所得，如圖 23 與說明)

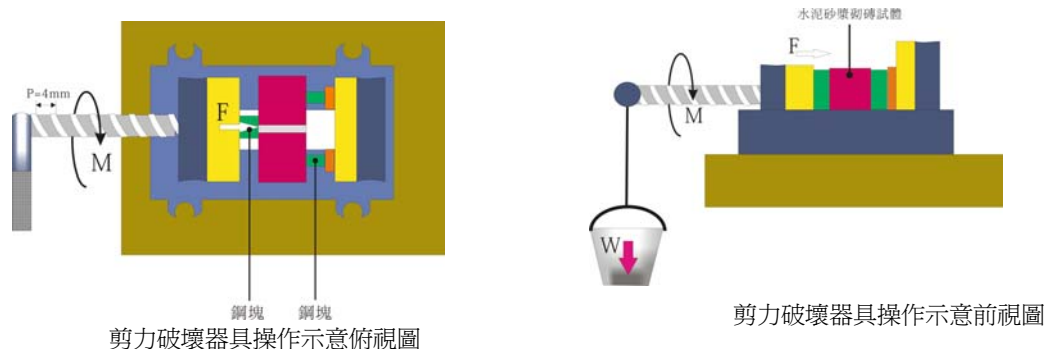


圖 23 砌磚黏結剪力強度實驗操作

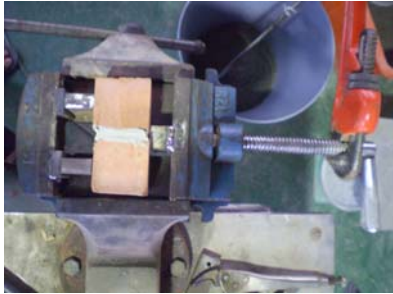
螺桿推力說明

剪力破壞器具所用夾具虎鉗其本規格如下：

1.螺桿 P=4mm 2.摩擦係數 0.25 3.螺桿直徑 18mm

則螺距斜度 $\tan \theta = 4/18 \pi$, $\theta = 4.05^\circ$; 摩擦角 $\tan \phi_s = 0.25$, $\phi_s = 14.04^\circ$

4. $M = FR \tan(\theta + \phi_s)$; 因此 $M = F \times 9 \times \tan(18.09^\circ)$ $\therefore F = M/9 \times 0.327$



剪力破壞操作



3 天、7 天剪力破壞操作設置



28 天剪力破壞操作設置

圖 24 3 天、7 天與 28 天砌磚黏結剪力強度實驗操作圖

(三)本實驗砌磚黏結剪力強度實驗測試實驗結果數據如表 27~表 29 及圖 25~圖 27 所示。

表 28 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 3 天之剪力強度

試體編碼	施力 kg(W)	力矩 (M)kg-cm	剪力 (F)kgf
A	4	107.5	36.53
B ₃	5.2	136.6	46.42
B ₄	5.6	146.3	49.71
C ₃	5	131.75	44.77
C ₄	5.8	151.15	51.36
D ₃	4.8	126.9	43.12
D ₄	5.6	146.3	49.71
E ₃	4	107.5	36.53
E ₄	5	131.75	44.77
F ₃	3.5	95.375	32.41
F ₄	4.2	112.35	38.18
G ₃	4	107.5	36.53
G ₄	4.2	112.35	38.18
H ₃	4.6	122.05	41.47
H ₄	5.0	131.75	44.77

表 29 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 7 天之剪力強度

試體編碼	施力 kg(W)	力矩 (M)kg-cm	剪力 (F)kgf
A	14.7	366.975	124.69
B ₃	13.8	345.15	117.28
B ₄	14.6	364.55	123.87
C ₃	14.2	354.85	120.57
C ₄	19.6	485.8	165.07
D ₃	16.3	405.775	137.88
D ₄	16.8	417.9	142.00
E ₃	11.4	286.95	97.50
E ₄	13.2	330.6	112.33
F ₃	8.4	214.2	72.78
F ₄	9.2	233.6	79.37
G ₃	7.6	194.8	66.19
G ₄	8.5	216.625	73.61
H ₃	10	253	85.97
H ₄	11.6	291.8	99.15

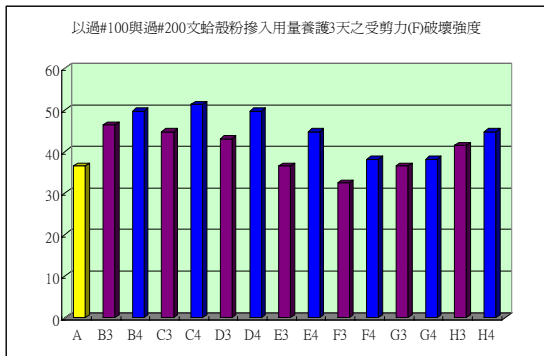


圖 25 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 3 天之剪力強度分析圖

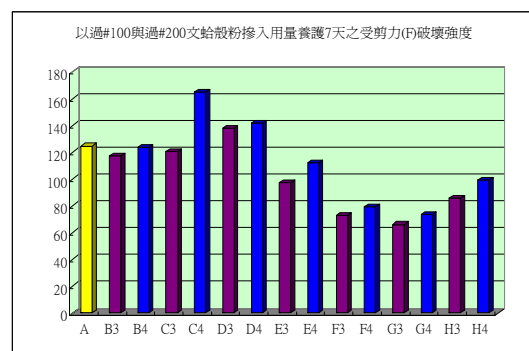


圖 26 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 7 天之剪力強度分析圖

表 30 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 28 天之剪力強度

試體編碼	施力 kg(W)	力矩 (M)kg-cm	剪力 (F)kgf
A	11.2	514.5	174.82
B ₃	9	415.5	141.18
B ₄	9.4	433.5	147.30
C ₃	9.1	420	142.71
C ₄	11	505.5	171.76
D ₃	10.6	487.5	165.65
D ₄	10.2	469.5	159.53
E ₃	8.3	384	130.48
E ₄	8.8	406.5	138.12
F ₃	7	325.5	110.60
F ₄	7.2	334.5	113.66
G ₃	6.5	303	102.96
G ₄	6	280.5	95.31
H ₃	7.2	334.5	113.66
H ₄	7.6	352.5	119.78

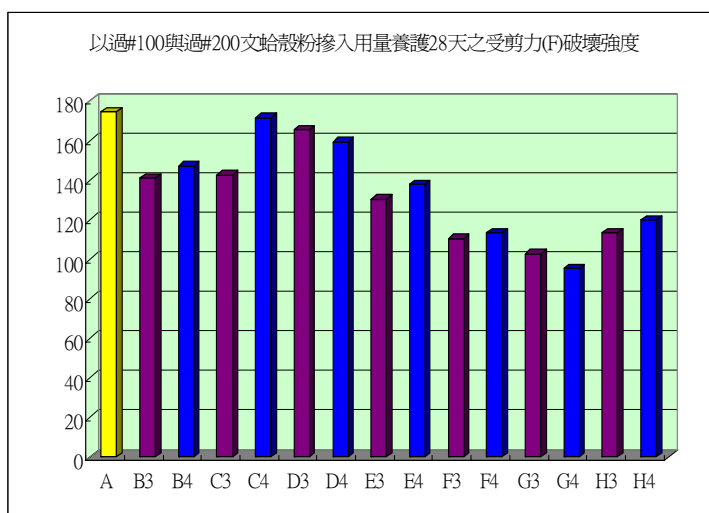


圖 27 以過#100 與過#200 文蛤殼粉摻入用量
養護 28 天之剪力強度分析圖

(二) 測試數值分析討論

以不同比例的過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體 B₃~H₃ 與 B₄~H₄ 來測試受剪力強度，A 組為 1：3：0 配比之對照組，試體進行 3、7、28 天剪力破壞測驗呈現砌磚粘結強度，所得數值做比較分析，結果如表 31 所示。

表 31 過#100、#200 文蛤殼粉摻入水泥砂漿砌磚試體測試受剪力破壞的砌磚粘結強度分析

養護天數	分析
3 天	在圖表數據中，所有摻入文蛤殼粉試體的承受剪力強度除 F ₃ 低於 A 試體，以及 E ₃ 、G ₃ 剪力強度與 A 試體相同外，其他則高出 A 試體，而以 C ₄ 較顯著可承受 51.36kg 之剪力，B ₄ 與 D ₄ 強度相同。
7 天	B ₃ 、C ₄ 、D ₄ 試體強度仍高於 A 試體，B ₄ 試體則與 A 試體相近，除此外其他配比試體強度則低於 A 試體效能值。
28 天	在分析圖表中發現 28 天衝擊承受能量強度以 A 試體強度高達 147.82kg，僅有 C ₄ 、試體強度達 A 試體的 98.2% 以上效能。

綜合以上分析，摻入過#100 及#200 文蛤殼粉之水泥砂漿製作成砌磚黏結強度剪力破壞測試在 3 天效益較為顯著，與在衝擊破壞測試結果相同；從 7 天與 28 天試體表現較佳的 C₄、D₄ 的配比來看，其中更以 C₄ 具有穩定強度，運用於一般砌磚工程、圬工工程或低承載結構的也可參考價值性。若要運用在主構造材料應用則須再做 56 天以上之混凝土相關試體研究，因 28 天僅 C₄ 試體所能承受剪力破壞達 A 試體 98.2%，但在實驗 6 砌磚黏結強度剪力破壞測試中獲得#200 文蛤殼摻入比例 1：3：0.3 可有提升砌磚所需之初期強度，應用性獲得驗證。

柒、討論

本研究試著將台灣西部沿海「文蛤」養殖，將食用後之外殼加以磨成粉後，以不比例用量取代水泥製成水泥砂漿試體方式與不比例用量摻入製成水泥砂漿試體，除了針對研究文蛤殼粉在水泥砂漿的性質進行實驗 1 至實驗 6 的研究設計與測試，整合所有實驗之結果與發現分述如下：

- 一、以當作水泥替代方案經抗壓實驗探究後，無論在過#100 篩與過#200 篩文蛤殼粉，僅能過#200 篩 1：3：0.4 後期效益高於原始 1：3 水泥砂漿強度，其他除 1：3：0.3 達到原始 1：3 水泥砂漿強的 95%以上，但整體而言則偏向無法取代之水泥效益。
- 二、以摻入水泥砂漿方案經抗壓實驗探究後，在過#100 篩與過#200 篩文蛤殼粉，在 3 天有呈現早強現象，後期則有過#200 篩文蛤殼粉 C₄ 配比 1：3：0.3 與 D₄ 配比 1：3：0.4 的抗壓牆強度較原始 1：3 水泥砂漿強度效益優異，所以摻入方式在水泥砂漿的效益是正向的，也給本研究探討摻入文蛤殼粉水泥砂漿砌磚黏結強度之衝擊實驗與剪力破壞實驗提供一個好的選擇指向。
- 三、以摻入水泥砂漿方案經砌磚黏結強度之衝擊與剪力破壞實驗探究後，以過#200 篩在 3 天強度表現最佳，中後期(7 天、28 天)之抗衝擊與耐剪力效益可與原始 1：3 水泥砂漿抗衡者有 C₄ 配比 1：3：0.3 與 D₄ 配比 1：3：0.4 方式，其強度均達原始 A 試體的 95%，若更精確的討論整理 C₄ 配比是效益高達 95%，所以摻入方式在水泥砂漿的效益是亦是正向成長，摻入文蛤殼粉水泥砂漿砌磚黏結強度強化獲得驗證其可行性。

捌、結論

在 0.312 定值水灰比條件下，在本研所有實驗中，#200 文蛤殼粉確實有增強砌磚黏結性的能力，而其中 1:3:0.4 黏結性的能力為最優異，其次為 1:3:0.3 配比，而有的的是在剪力強度中，1:3:0.3 為效益較顯著，在抗壓強度數值效益比下摻入水泥用量#200 文蛤殼粉 30%、40%其強度表現較對照組原始配比 1:3:0 優異，。至於#100 文蛤殼粉取代水泥用量抗壓強度效益呈現其無法取代之應用性，但若以砌磚、磁磚鋪貼實習課程的黏結材料中取代水泥用量，可使磚材與磁磚獲得應有之戰時性黏著力，應可於日輕易後將材料拆解重複使用，減少實習材料的浪費。

若從土木工程方向檢視實驗結果的資料後，證實摻入水泥用量過#200 篩 30%與 40%文蛤殼粉可以是當提升水泥砂漿強度，可以讓抗壓強度提升，使得砌磚工程時所需初期黏結強度獲得強化，可以讓緊跟與砌磚工程的其他巧工工程的施作得以在更堅固的構造體下進行裝修。且#200 篩、40%文蛤殼粉其後期 28 天強度之在抗壓強度較原始配比 1:3:0 有略高強效益，在黏結性與抗剪力的各項表現也能達原始配比 1:3:0 的 95%效益，讓文蛤殼粉在土木工程材料運用更為之廣泛，尤其在承載結構應用讓文蛤殼進入另一個生命週期領域—「環保再生材料」。

如果依經濟性而言，取代會比摻入來的更有價值，雖然在抗壓強度不及原本 1:3:0 的強度，但在取代水泥的量上，我們發現#200 篩文蛤殼粉配比 0.6:3:0.4 的強度在所有取代的配比中，強度為較好雖未能完全達取代應用效益，也可以利用在非主體結構上，並且環保的時代能夠減少資源的浪費也為地球近一份心力。研究組員經過一系列實驗後，摻入適當量文蛤殼粉之水泥砂漿試體無論抗壓或應用在砌磚黏結性的衝擊承受能量與抗剪力強度展現皆有高效能提升，有助於需要較高的初期強度與黏結性的工程應用。

在允許強度範圍找尋適當摻入配比與取代性配比的可獲得各種工程所需強度應用，「文蛤殼粉」就能成為經濟又環保的土木工程用料來使用，且具環保功能，進而達到綠建築指標。

玖、參考資料

參考書籍

1. 蔡得時(民 89.8)，材料試驗，台北市，矩陣出版股份有限公司。
2. 沈永年等(民 97.5)，木工程材料試驗（修訂版），全華圖書。
3. 陳正鈞(民 85.2)，建築材料適用性分析和施工法(二版)，台北市，詹氏圖書。
4. 洪敏雄等(民 97.12)，。工程材料 I，台北市，全華圖書。