



國立宜蘭大學

工學院

土木工程學系

(三年級)

專題研究成果競賽

構想書

水泥漿體積對黃氏緻密配比設計影響之  
探討

組 員： 王紹恩

劉昊聿

黃詩文

指導老師： 江啟明 老師

中華民國 109 年 04 月 29 日

## 國立宜蘭大學 高教深耕計畫 工學院土木系專題研究成果競賽構想書

江啟明<sup>1</sup>、王紹恩<sup>1</sup>、劉昊聿<sup>2</sup>、黃詩文<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立宜蘭大學土木工程學系講師

<sup>3</sup> 國立宜蘭大學土木工程學系學生

\*Email: alen092847817610306011@gmail.com

auebt39125pgtm947@gmail.com

sywen811@gmail.com

### 摘要

黃氏緻密配比設計用於混凝土材料之中，為了減少水泥的用量，提高緻密度，所以將骨材的孔隙率降到最小，即利用最大單位重之骨材級配。首先，先進行骨材的單位重試驗找出最大單位重以及最小孔隙率之最佳粗細骨材之混和比例，計算水泥漿體體積孔隙率的1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5倍時所需的各材料之用量，總共30個10 cm × 20 cm之圓柱試體，設計抗壓強度均為210 kgf/cm<sup>2</sup>，於28天後將試體壓壞取得第28天強度，來觀察不同水泥漿體體積對於試體強度之差異。結果顯示其中強度最大的的確是水泥漿體體積孔隙率之1.3倍。

關鍵字：黃氏緻密配比、水泥漿體體積、抗壓強度

### 1. 前言

黃氏緻密混凝土配比設計之水泥用量之體積為骨材孔隙體積之1~1.5倍，而理論建議為1.3倍，依參考文獻研究[2]、[3]、[4]發現黃氏配比之水泥強度效益優於ACI配比設計，利用水泥漿的減少，提高天然骨材之比例，如圖1-1。本研究目的探討了不同的水泥量之漿體體積對於混凝土強度關係有何種程度上之差異。

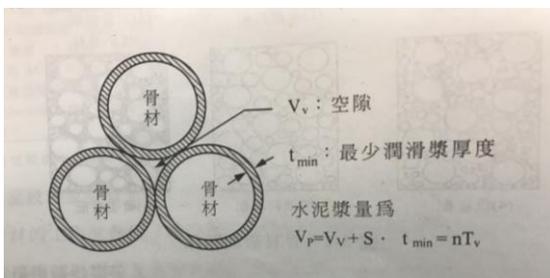


圖1-1:骨材間空隙及接觸面潤滑漿相關性圖

### 2. 研究方法與步驟

#### 2.1 黃氏緻密配比設計

##### 2.1.1 混凝土配比材料之性質

| 細骨材                        | 粗骨材                           |
|----------------------------|-------------------------------|
| 比重: 2.66 kg/m <sup>3</sup> | 比重: 2.68 kg/m <sup>3</sup>    |
| 吸水率: 0.0162%               | 吸水率: 0.0086%                  |
| 細度模數: 2.775                | 乾搗單位重: 1600 kg/m <sup>3</sup> |

##### 2.1.2 飛灰取代砂之最大單位重比例為 $\alpha$

$$\alpha = \frac{W_{fly}}{W_{fly} + W_{cs}}, \alpha = 0.098$$

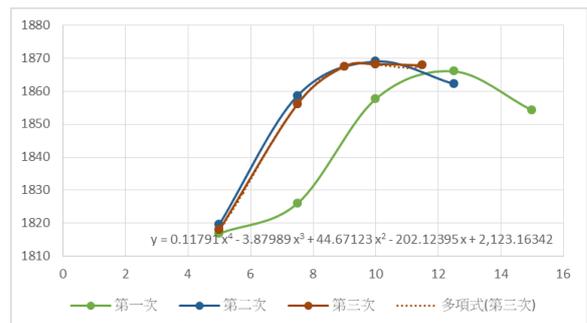


圖 2-1: 飛灰含量

2.1.3 (砂+飛灰)在混和骨材之最大單位重比例為β

$$\beta = \frac{W_{cs} + W_{fly}}{(W_{cs} + W_{fly}) + W_{ca}}, \beta = 0.415$$

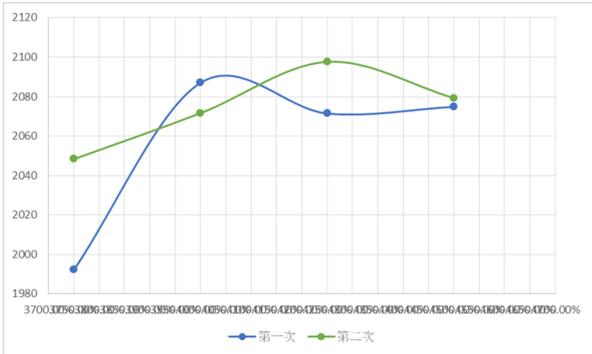


圖 2-2: 細粒料含量

2.1.4 飛灰、細骨材、粗骨材之用量

$$V_v = 1 - \left( \gamma_{fly} \frac{W_{fly}}{V} + \gamma_{CS} \frac{W_{CS}}{V} + \gamma_{ca} \frac{W_{ca}}{V} \right)$$

$$V_p = nV_v, n = 1.0 \sim 1.5$$

$$V_{agg} = 1 - V_p = \left( \gamma_{ca} \frac{W_{ca}}{V_a} + \gamma_{CS} \frac{W_{CS}}{V_a} + \gamma_{fly} \frac{W_{fly}}{V_a} \right)$$

$$W_{CS} = \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \frac{1}{\gamma_{fly}} + \frac{1}{\gamma_{CS}} + \left( \frac{1-\beta}{\beta-\alpha\beta} \right) \frac{1}{\gamma_{ca}}$$

$$W_{ca} = WCS \times \left( \frac{1-\beta}{\beta\alpha\beta} \right)$$

$$W_{fly} = WCS \times \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \right)$$

$V_{agg}$ : 骨材體積, 0.78  
 $V_p$ : 漿體體積, 0.22  
 $V_v$ : 孔隙體積, 0.22

| 材料  | 用量(kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|------------------------|
| 粗骨材 | 1210.073               |
| 細骨材 | 774.302                |
| 飛灰  | 84.126                 |

2.1.5 水泥、爐石粉之用量及拌合水量

$$V_p = \gamma W + \frac{C}{\gamma C} + \frac{W_{s\lambda}}{\gamma_{s\lambda}}$$

當爐石粉取代水泥重量比為ξ時，

$$V_p = \frac{(W/C) * C}{\gamma W} + \frac{C}{\gamma C} + \frac{[\xi / (1-\xi)] * C}{\gamma_{s\lambda}}$$

假設設計強度所需之水膠比為λ，查依所用水泥混凝土之經驗圖表，則

$$\lambda = W/B = W / (C+P), \lambda = 0.684$$

$$P = W_{s\lambda} + W_{fly}$$

$$W = \lambda C + \lambda W_{s\lambda} + \lambda W_{fly}$$

$$\frac{W_{s\lambda}}{\lambda}$$

$$\xi = C + W_{s\lambda}, \xi = 0.05$$

$$W_{s\lambda} = \xi / (1-\xi) * C$$

$$C = \frac{V_p - \frac{\lambda W_{fly}}{\gamma W}}{\left[ \frac{\lambda}{\gamma W} + \frac{1}{\gamma C} + \frac{\xi}{(1-\xi)} \left( \frac{\lambda}{\gamma W} + \frac{1}{\gamma_{s\lambda}} \right) \right]}$$

$$W = (C+P) * \lambda$$

W: 拌合水重

C: 水泥重

P: 波索蘭材料

B: 膠結材料

$W_{s\lambda}$ : 爐石單位重(kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$ : 水之比重

$\gamma_{s\lambda}$ : 爐石之比重

$\gamma_c$ : 水泥之比重

| 材料 | 比重(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----|------------------------|
| 水  | 1000                   |
| 爐石 | 2.8                    |
| 水泥 | 3.15                   |

2.1.6 決定強度和坍度

| 強度(kg/m <sup>2</sup> ) | 坍度(cm) |
|------------------------|--------|
| 210                    | 18 以上  |

2.1.7 決定SP用量及拌合用水量

依黃氏配比設計建議 SP 用量為水泥用量的 1%

用水量 - SP 用量 = 拌合用水量

2.1.8 材料用量(表 2-1, 拌合體積為 0.0276 m<sup>3</sup>)

|     | 1.0    | 1.1    | 1.2    |
|-----|--------|--------|--------|
| 粗骨材 | 28.417 | 27.615 | 26.814 |
| 細骨材 | 18.183 | 17.67  | 17.158 |
| 飛灰  | 1.976  | 1.92   | 1.864  |
| 水泥  | 4.712  | 4.765  | 4.817  |
| 爐石  | 0.248  | 0.251  | 0.254  |
| 水   | 4.697  | 4.696  | 4.695  |
| 強塑劑 | 0.047  | 0.048  | 0.048  |
|     | 1.3    | 1.4    | 1.5    |
| 粗骨材 | 29.405 | 28.499 | 28.654 |
| 細骨材 | 18.816 | 18.236 | 18.335 |
| 飛灰  | 2.044  | 1.981  | 1.992  |
| 水泥  | 5.506  | 5.566  | 5.842  |
| 爐石  | 0.29   | 0.293  | 0.307  |
| 水   | 5.307  | 5.307  | 5.510  |
| 強塑劑 | 0.055  | 0.056  | 0.058  |



### 3. 混凝土試體抗壓試驗結果

待28天齡期，將混凝土試體放上抗壓機。依程序操作抗壓機，將混凝土試體壓至破壞，記錄抗壓機上之試驗數據，如表3-1。由於有些數據差異太大，因此不納入計算。

|                 |                     |                 |                     |      |                     |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|------|---------------------|
| 編號              | kgf/cm <sup>2</sup> | 編號              | kgf/cm <sup>2</sup> | 編號   | kgf/cm <sup>2</sup> |
| 1.01            | 165.513             | 1.11            | 154.787             | 1.21 | 153.407             |
| 1.02            | 175.479             | <del>1.12</del> | <del>120.340</del>  | 1.22 | 117.581             |
| 1.03            | 204.854             | 1.13            | 211.468             | 1.23 | 194.508             |
| <del>1.04</del> | <del>132.512</del>  | 1.14            | 195.644             | 1.24 | 218.081             |
| 1.05            | 163.186             | 1.15            | 176.899             | 1.25 | 184.202             |
| 編號              | kgf/cm <sup>2</sup> | 編號              | kgf/cm <sup>2</sup> | 編號   | kgf/cm <sup>2</sup> |
| 1.31            | 187.002             | 1.41            | 152.028             | 1.51 | 167.283             |
| 1.32            | 185.136             | 1.42            | 150.689             | 1.52 | 151.784             |
| 1.33            | 203.556             | 1.43            | 197.632             | 1.53 | 132.472             |
| 1.34            | 210.088             | 1.44            | 180.713             | 1.54 | 190.045             |
| 1.35            | 161.725             | 1.45            | 143.305             | 1.55 | 208.506             |

### 4. 結果與討論

此實驗結果與黃兆龍博士提出的黃氏緻密配比混凝土理論大致相同，在理論中提到，當水泥漿所占體積為1.3倍孔隙體積時，會造就出最大抗壓強度，而此次實驗的水泥為1.3倍孔隙體積時，也剛好造就出最大抗壓強度，但是此次實驗的抗壓強度均未能達到210kgf/cm<sup>2</sup>，也導致水泥強度效益，如圖4-1，比ACI配比還要低，造成此結果的原因為拌合不均勻、每層未充分搗實。而此次也計算出了混凝土產量，如圖4-2，水泥因子，如圖4-3。

### 5. 結論

大部分數據都沒有達到設計強度，可能因為本次試驗是利用拌合機完成，在過程中將配比材料分成三顆試體之量以及兩顆試體之量，拌和出五顆試體，造成均勻度不平均。

### 6. 參考文獻

1. 黃兆龍，混凝土性質與行為
2. 江啟明、吳孟哲、黃建安，2015，ACI與黃氏配比設計之探討
3. 江啟明、陳宣瑋、陳宥鈺、陳耀偉，2016，ACI與黃氏配比設計之探討
4. 江啟明、陳又嘉、張怡茹、李陳妍安，2018，養護環境對ACI與黃氏配比強度影響之探討