

工程材料 I

教師手冊

2008 年版 / (民 97)

陳耀如、洪國珍、劉叔松

親愛的任教老師您好：

附上旭營版之工程材料 I 教師手冊，內容包含有：

- 課本勘誤頁
- 立即評量解答
- 課後習題解答

旭營文化響應環保愛地球運動，如有需要索取題庫光碟片，歡迎來信告知，敝公司即刻將電子檔案寄給您，或是您可以利用簡訊留下連絡方式，我們會與您聯絡
[來信請寄prodook.mark@hotmail.com](mailto:prodook.mark@hotmail.com)

請您告知，學校名稱、科別、老師姓名、聯絡電話。

祝

學祺

旭營文化 黃升

2008/09/01

旭營文化事業有限公司



習題

一、填充題

- 1.工程材料依其原子結構方式可分為：(1)_____材料 (2)_____材料 (3)_____材料 (4)_____材料等四類。
- 2.材料的基本性質，大致可區分為_____性質、_____性質及化學性質三種。
- 3.塑膠或橡膠等材料經過長時間後，逐漸變質而不堪使用，稱為_____現象。而金屬材料經過長時間後，逐漸發生變化，終至腐朽，稱為_____現象。
- 4.當材料所受外力保持不變，而變形卻隨時間增長而增大的現象，稱為_____。而材料承受反覆應力作用而破壞的現象，稱為_____。
- 5.比熱的單位為_____，比重的單位為_____。
- 6.比重愈大的材料，其消音率愈_____，吸音率愈_____。
- 7.當材料承受一固定施加應變作用時，內應力會隨時間增加而降低，此種現象稱為_____。

二、單選題

1. () 中華民國國家標準的代號是 (A) ACI (B) PCA (C) CNS (D) DIN (E) JIS。
2. () 彈性模數定義為 (A) 應力 / 應變 (B) 應變 / 應力 (C) 伸長量 / 應力 (D) 應力 / 伸長量 (E) 應力 / 潛變。
3. () 材料抵抗磨損、印痕、刻劃等的性能，稱為 (A) 延性 (B) 展性 (C) 硬度 (D) 韌性 (E) 耐久性。
4. () 一般材料的體膨脹係數約為線膨脹係數的 (A) 3倍 (B) 6倍 (C) 9倍 (D) 1/3倍 (E) 不一定。
5. () 熱傳導係數最大的是 (A) 銀 (B) 銅 (C) 鋼 (D) 金 (E) 鋅。
6. () 混凝土之應力—應變圖形，與下列何種材料最類似？(A) 低碳鋼 (B) 鋁 (C) 合金 (D) 鑄鐵 (E) 銅。
7. () 材料之力學或性質不會因位置不同而改變，稱為(A)均向性 (B) 均



低。水泥若長期儲藏，其微粒吸收空氣中之水份及二氧化碳而起風化作用，則其比重可降至3.00~3.05之間。通常水泥比重在3.05以下時，表示其風化情形相當嚴重，已喪失部份特性，除非將水泥再加熱至700~800°C，逐出水分，恢復原性，否則不得使用。ASTM規定水泥之比重應在3.05以上。一般而言，水泥細度高者，比重較大，強度亦較高，但水泥亦愈易風化。

水泥之單位體積重簡稱為單位重，與煅燒溫度、細度、風化程度、壓實程度及測定方法有關。鬆方狀態之單位體積重約為1250~1300kg/m³，實方狀態約為2000kg/m³，一般而言，水泥之單位體積重約為1500kg/m³，而水泥1包重量為50kg，因此30包水泥之體積約合1m³，通常1包水泥之體積可以0.033m³計之。

由比重試驗結果可測出各廠牌出品水泥之比重，並可判定水泥有無雜物摻入及其風化程度。依ASTM(C188)之規定，水泥比重試驗是以李氏比重瓶（如圖2-1）為之，瓶內液體為脫水石油，而不能用水，因水泥與水會產生水化作用而凝結。

茲將水泥比重試驗之方法說明如下：

- 1.將脫水石油由漏斗口注入李氏比重瓶(Le chatelier flask)內，至液面達0~1c.c刻劃之間。
- 2.將比重瓶置於恆溫水槽中經30分鐘，記錄水溫，並讀取瓶內油面上之刻度(V₁)。
- 3.用精密天平秤取水泥試樣64g，將水泥用小匙經由比重瓶口之漏斗，徐徐傾入比重瓶內。
- 4.水泥試樣全部傾入比重瓶後，以手持瓶輕搖瓶底或迴轉至將氣泡完全逐出為止。
- 5.將比重瓶再次置於恆溫水槽中，經30分鐘後記錄水溫，並讀取油面刻度(V₂)。
- 6.前後二次油面刻度之差即為水泥試樣所排開之體積，亦即為水泥之體積(V₂-V₁)。
- 7.將上述各值由下式求出水泥單位重(g/c.c)。
- 8.水泥單位重與4°C之水單位重1g/c.c之比，即為水泥之比重。

細粒料。反之，若該堆粒料殘留於 #4 篩之重量百分比達 85% 以上者，則稱爲一堆粗粒料。

(二) 依出產來源區分

1. 天然粒料：如河砂、河石、海砂、山砂及山石等。
2. 人造粒料：如碎石、碎砂、高爐渣碎石及膨脹頁岩等。

(三) 依比重大小區分

1. 常重粒料：一般常重粒料大部份爲天然岩石所提供，依來源可分爲河川砂石與路上砂石，依處理方法可分爲天然砂石與機軋砂石兩類，機軋砂石係將大卵石或岩塊以碎石機軋碎而得。常重粒料之比重在 2.5~2.7 之間。以常重粒料拌和之混凝土，其單位體積重約爲 2300kg/m^3 ；常重混凝土之彈性係數 $E_c = 15000\sqrt{f'_c}\text{ kgf/cm}^2$ 。
2. 輕質粒料：一般比重在 2.4 以下者，稱之爲輕質粒料，例如火山灰、膨脹頁岩、浮石、熔岩、凝灰岩、鼓風爐渣及煤渣等。以輕質粒料製作的混凝土，其單位體積重約爲 $1100\sim 1800\text{kg/m}^3$ ，較輕者甚至可低至 480kg/m^3 。輕質粒料可減輕混凝土自重，同時，由於一般輕質粒料中包含較多之孔隙，可使混凝土具有隔音和隔熱之效。但是，以輕質粒料製作之混凝土，其抗壓強度較普通混凝土爲低。
3. 重質粒料：粒料比重在 3.6 以上者，稱爲重質粒料；包括鐵礦、砂礦、重晶石，甚至鋼鐵碎塊，經擊碎篩分，分別代替粗細粒料；所做成的混凝土，其單位體積重可達 $3200\sim 4800\text{kg/m}^3$ ，具有防護放射線之功能，並可作爲加載重量或平衡重量之用。

$$G = \frac{500}{V} \quad (3-1)$$

上式中：G = 細粒料(S.S.D.)之假比重
V = 水面升高之體積(cm³)

2. 粗粒料比重之測定(CNS 488)

以四分法取樣5kg左右之粗粒料，洗淨，浸水24小時，取出後置於能吸水之布上滾動，除去粒料表面水膜，若顆粒大者，則逐顆分別擦拭之，使成為面乾內飽和狀態。

秤量此面乾內飽和之粗粒料重量，立即放入金屬網筐中，再秤量其在水中重量，則粗粒料之面乾內飽和比重可由下式求得：

$$G = \frac{W_A}{W_A - W_B} \quad (3-2)$$

上式中：G = 粗粒料(S.S.D.)之假比重
W_A = 粗粒料(S.S.D.)在空氣中之重量
W_B = 粗粒料(S.S.D.)在水中之重量

[例3-3]：以容積法測細粒料之比重，有一容器，內裝清水280 C.C.，將500g重之細粒料(S.S.D.狀態)投入後，水位上升為480 C.C.，則該粒料之比重為多少？

[解答]：細粒料之體積 = $480 \text{ c.c.} - 280 \text{ c.c.} = 200 \text{ c.c.} = 200 \text{ cm}^3$
與細粒料同體積之水重 = 200g

$$\text{細粒料比重} = \frac{\text{細粒料重}}{\text{所排開同體積水重}} = \frac{500\text{g}}{200\text{g}} = 2.5$$



(四) 混凝土之性質 及其試驗

1. 新拌混凝土之性質

- (1) 稠度
- (2) 工作性
- (3) 粒料分離
- (4) 體積變化
- (5) 試體養護

2. 硬固混凝土之性質

- (1) 強度
- (2) 耐久性
- (3) 水密性
- (4) 體積變化

3. 硬固混凝土之試驗

- (1) 破壞性試驗
 - ① 圓柱試體、抗彎試體
 - ② 鑽心試體
- (2) 非破壞性試驗

(五) 混凝土摻料

- 1. 輸氣劑
- 2. 速凝劑
- 3. 緩凝劑
- 4. 防水劑
- 5. 著色劑
- 6. 強塑劑
- 7. 卜作嵐材料

- ① 試錘
- ② 貫入試驗
- ③ 拉脫試驗
- ④ 震動波試驗
- ⑤ 成熟度試驗
- ⑥ 其他光電檢測試驗

(六) 各種混凝土

- 1. 預拌混凝土
- 2. 水中混凝土
- 3. 輕質混凝土
- 4. 預壘混凝土
- 5. 真空處理混凝土
- 6. 高強度混凝土
- 7. 高性能混凝土
- 8. 流動化混凝土
- 9. 透水混凝土
- 10. 再生混凝土



二、硬度

如以摩氏硬度比較，鑽石的摩氏硬度為10、滑石為1、石膏為2，石材的摩氏硬度介於5~7之間。（表4-2）

表4-2 摩爾硬度尺度（Mohs）

礦 物	滑石	石膏	手指甲	銅幣	鋼刀片	正長石	鋼銼	石英	黃玉	鋼玉	鑽石
比較 硬度(H)	1	2	2.5	3	5.5	6	6	7	8	9	10

三、韌性

係指石材對於反覆衝擊的持續抵抗力，對於路面石材特別重要。花崗石類的硬度高、抗壓強度亦高，破壞其表面所需的力量需相當大，其改變的表面狀況不易控制，此為硬度高、韌性低的原因使然。反觀大理石類之石材如石灰岩、大理石、蛇紋石等，其硬度較花崗石類者為低，韌性較高，破壞其表面所需力量相對較少，改變的表面狀況較易受控制。硬度高、韌性低的花崗石表面僅能以斬琢加工，硬度低、韌性高的大理石卻能雕刻琢磨成維納斯像身上栩栩如生的肌膚與衣服皺摺。

四、比重

石材的比重越大，強度往往較高，石材的比重因其成份、組織、孔隙率的不同而產生差異，石材比重的測定方式有數種，較常見的方式如下：

(4-2)

$$\text{比重} = \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

上式中：

W_1 ：約10cm×10cm×20cm之石材試體，於110℃之烘箱內烘乾至恆重，稱其重量(g)。

W_2 ：試體浸入蒸餾水中96小時後之量測水中重量(g)。

W_3 ：試體浸入蒸餾水中96小時後，取出試體，表面擦乾，稱其重量(g)。



五、孔隙率

孔隙率為石材內總空隙體積與其漲體積之比。

$$P = (1 - W / D) \times 100\% \quad (4-3)$$

上式中：P=孔隙率 (%)

W=石材單位體積重 (kg/m^3)

D=真比重，不含空隙之石粉比重。

孔隙率的高低影響石材的強度、吸水性與收縮膨脹的程度，花崗石的孔隙率約在0.5%~1.5%，大理石約在0.5%~2%，而歐洲地區常用的砂岩孔隙則在5%~25%。

六、收縮與膨脹

花崗石承受華氏1°F的溫度提昇時會產生體積 $3 \times 10^{-4}\%$ ~ $4 \times 10^{-4}\%$ 的變化，建築用砂石承受華氏1°F的溫度提昇會產生 $5 \times 10^{-4}\%$ ~ $6 \times 10^{-4}\%$ 的體積變化。石材遇熱會膨脹，與其他物質相似，但是石材遇冷後收縮卻保留膨脹時的0.02%~0.045%永久性膨脹，此即為石材造成風化破壞的原因。

七、耐酸性

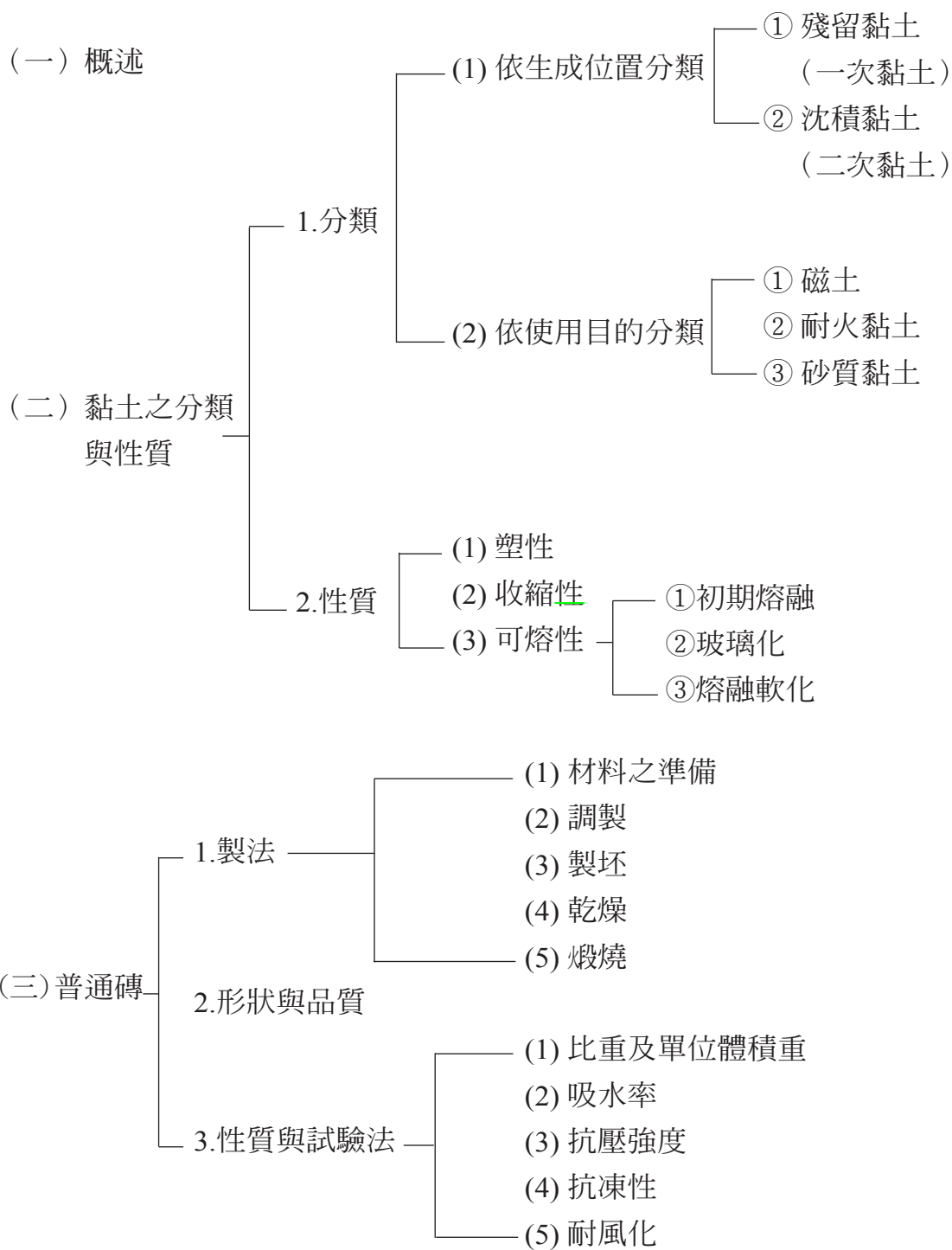
石材受酸害侵蝕，是近百年極為嚴重的情形。歐洲的歷史名城如：雅典、羅馬，現在進行的古蹟保衛戰，最大的敵人便是酸害。工業時代的空氣與水，均含有高量的腐蝕性碳酸化合物，石材經年累月地與其接觸，逐漸被侵蝕，如花崗岩經常可見的黃化、黑化、或古蹟石材的日漸崩蝕均為酸類氧化的情形。

石材的耐酸性測驗有二氧化碳與硫酸兩種。前者將石材浸入二氧化碳飽和溶液中，經一定時間後，計算石材重量損失百分率。後者將石材浸入約1%的硫酸溶液，經一定時間後，求得石材重量損失百分率。

八、抗凍性

水在4°C時體積為最小，石材之內部含有水份，受冰凍作用

本章摘要



第一章 緒 論

立即評量

1. (C) 中華民國國家標準的英文簡稱為：(A) CNN (B) ACI (C) CNS (D) ASTM。
2. (D) 有機物的基本定義是指材料的化學成份中含有何種元素？(A) 氫 (B) 氧 (C) 氮 (D) 碳。
3. (D) 下列何者是有機材料？(A) CaCO_3 (B) MgCO_3 (C) CO_2 (D) C_7H_8 。
4. (C) 比重的單位為：(A) kg/m^3 (B) kg/cm^2 (C) 無因次 (D) kg 。
5. (A) 比熱的單位為：(A) $\text{Cal/g}^\circ\text{C}$ (B) $\text{g/Cal}^\circ\text{C}$ (C) $\text{Cal/}^\circ\text{C}$ (D) 無因次。
6. (B) 線膨脹係數的單位為：(A) $\text{Cal/g}^\circ\text{C}$ (B) $1/^\circ\text{C}$ (C) $\text{Cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ (D) 無因次。
7. (B) 熱傳導係數的單位為：(A) $\text{Cal/g}^\circ\text{C}$ (B) $\text{Cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ (C) $1/^\circ\text{C}$ (D) 無因次。
8. (C) 一定時間內音波振動的次數稱為：(A) 吸音率 (B) 消音率 (C) 頻率 (D) 分貝
9. (D) 判別聲音之強弱程度，是以何者為單位？(A) 赫茲 (B) 達因 (C) 歐姆 (D) 分貝。
10. (A) 高分子材料經過長時間後逐漸產生化學變化，使性質改變而不堪使用，這種現象稱為 (A) 劣化 (B) 潛變 (C) 腐蝕 (D) 疲勞。
11. (B) 材料在比例限度內，應力和應變成正比，此種關係稱為 (A) 正弦定律 (B) 虎克定律 (C) 牛頓運動定律 (D) 庫倫定律。
12. (C) 力學性質中所謂的“Ultimate Strength”是指 (A) 彈性限度 (B) 降伏強度 (C) 極限強度 (D) 彈性係數。
13. (B) 力學性質中所謂的“Yield Strength”是指 (A) 彈性限度 (B) 降

伏強度 (C) 極限強度 (D) 彈性係數。

14. (A) 以橡皮圈套在圓形筆筒的外圍，經過一段時間後內應力會降低，此現象稱為：(A) 鬆弛 (B) 潛變 (C) 疲勞 (D) 應變硬化。
15. (B) 下列何種材料的線膨脹係數為最小？(A) 鑽石 (B) 石英 (C) 水銀 (D) 不銹鋼。
16. (C) 下列何種材料的熱傳導係數為最小？(A) 石墨 (B) 石英玻璃 (C) 棉 (D) 銀。
17. (D) 下列何種材料的彈性係數為最大？(A) 鋁 (B) 混凝土 (C) 木材 (D) 鋼鐵。

習題

一、填充題

1. 工程材料依其原子結構方式可分為：(1) 高分子材料 (2) 金屬與合金材料 (3) 陶瓷與玻璃材料 (4) 複合材料等四類。
2. 材料的基本性質，大致可區分為力學性質、物理性質及化學性質三種。
3. 塑膠或橡膠等材料經過長時間後，逐漸變質而不堪使用，稱為劣化現象。而金屬材料經過長時間後，逐漸發生變化，終至腐朽，稱為腐蝕現象。
4. 當材料所受外力保持不變，而變形卻隨時間增長而增大的現象，稱為潛變。而材料承受反覆應力作用而破壞的現象，稱為疲勞。
5. 比熱的單位為Cal/g°C，比重的單位為無因次。
6. 比重愈大的材料，其消音率愈大，吸音率愈小。
7. 當材料承受一固定施加應變作用時，內應力會隨時間增加而降低，此種現象稱為鬆弛。

二、單選題

1. (C) 中華民國國家標準的代號是 (A) ACI (B) PCA (C) CNS (D) DIN (E) JIS。
2. (A) 彈性模數定義為 (A) 應力 / 應變 (B) 應變 / 應力 (C) 伸長量 / 應力 (D) 應力 / 伸長量 (E) 應力 / 潛變。
3. (C) 材料抵抗磨損、印痕、刻劃等的性能，稱為 (A) 延性 (B) 展性 (C) 硬度 (D) 韌性 (E) 耐久性。
4. (A) 一般材料的體膨脹係數約為線膨脹係數的 (A) 3倍 (B) 6倍 (C) 9倍 (D) 1/3倍 (E) 不一定。
5. (A) 熱傳導係數最大的是 (A) 銀 (B) 銅 (C) 鋼 (D) 金 (E) 鋅。
6. (D) 混凝土之應力—應變圖形，與下列何種材料最類似？(A) 低碳鋼 (B) 鋁 (C) 合金 (D) 鑄鐵 (E) 銅。
7. (D) 材料之力學或性質不會因位置不同而改變，稱為(A)均向性 (B) 均勻性 (C) 均力性 (D) 均質性。



8. (E) 材料之應力變曲線下的面積可視為材料何種性能之表徵？ (A)彈性 (B) 塑性(C) 流性(D) 剛性(E) 韌性。
9. (D) 材料受乾濕及冰凍融解之反覆作用，能抵抗磨損及化學作用等之質，稱為 (A)耐震性(B)韌性(C)可塑性(D)耐久性(E)剛性。
10. (C) 金屬中，膨脹係數最大的是 (A)銀 (B)銅 (C)鋅 (D)鋼 (E)鋁。
11. (B) 材料受外力作用，僅能產生微小變形即破壞者，稱 (A)塑性(B)脆性 (C)彈性 (D)剛性 (E)韌性。
12. (C) 金屬材料，受力若超過彈性範圍，則已進入何種範圍？ (A)韌性 (B)流性 (C)塑性 (D)剛性 (E)脆性。
13. (D) 當材料受外力而變形，但在外力除去後，材料之變形依舊，無法恢復原狀者，稱為 (A)彈性 (B)流性 (C)韌性 (D)塑性 (E)剛性。
14. (C) 材料在破壞以前，產生大量變形的能力稱為 (A)韌性 (B)硬度 (C)延性 (D)潛變 (E)剛性。
15. (E) 材料在破壞前每單位體積吸收能量的能力，稱為 (A)硬度 (B)剛性 (C)破壞能 (D)強度 (E)韌性。
16. (E) 由應力—應變曲線的直線部份斜率可得 (A)韌性 (B)降伏點 (C)極限應力 (D)潛變率 (E)彈性係數。
17. (D) 抗拉強度相同之材料，受到衝擊外力時，容易破壞的性質，稱為 (A)韌性 (B)剛性 (C)潛變 (D)脆性 (E)延展性。
18. (B) 同前題，材料受衝擊，不容易破壞之性質，稱為 (A)硬度 (B)韌性 (C)強度 (D)延性 (E)塑性。
19. (D) 應力除去後，所產生之應變是否會完全消失的一個臨界點，稱為 (A)臨界限度 (B)比例限度 (C)降伏限度 (D)彈性限度 (E)極限強度。
20. (D) 材料急劇發生極大伸長時之應力值，稱為 (A)潛變 (B)彈性限界 (C)極限強度 (D)降伏強度 (E)疲勞強度。
21. (C) 延性材料之應力應變曲線上，若應力超過降伏強度後，會再出現一段直線，亦即材料又恢復了彈性，此稱為 (A)彈性限界 (B)比例限界 (C)應變硬化 (D)降伏點 (E)極限強度。
22. (C) 下列何者錯誤？(A)1克材料，溫度升高 1°C 所需熱量卡數，稱為比

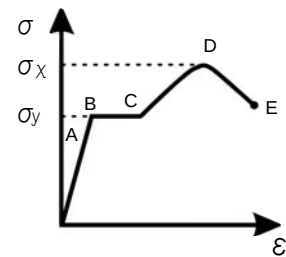
熱 (B)水之比熱為 $1 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ (C)金屬類比熱較水為大 (D)以上皆是 (E)以上皆非。

23. (B) 美國材料試驗學會之英文簡稱為：(A) CNS (B) ASTM (C) ACI (D) AASHTO (E) BS。

24. (A) 材料受力後不易變形，意指該材料之(A)剛性 (B)強度 (C)韌性 (D)硬度 (E)耐久性 大。

25. (C) 美國混凝土學會的代號是：(A) CNS (B) PCA (C) ACI (D) ASCE (E) AISC。

26. (B) 材料應力—應變曲線如右圖所示，下列何者錯誤？(A) A點之應力稱為比例限度 (B) E點之應力稱為彈性限度 (C) B點之應力稱為降伏強度 (D) D點之應力稱為極限強度 (E) CD曲線為材料應變硬化。



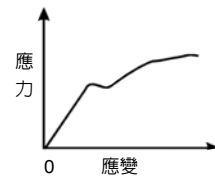
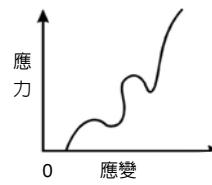
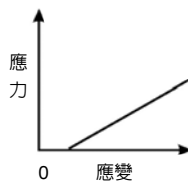
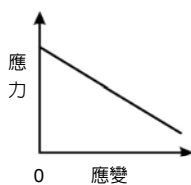
27. (D) 下列何者為鋼筋抗拉試驗之應力—應變關係曲線？

(A)

(B)

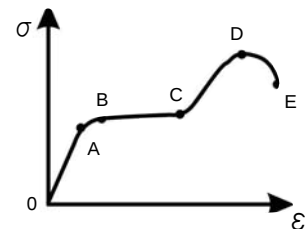
(C)

(D)



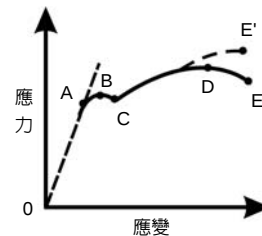
28. (C) 下列何者為鋼筋抗拉強度單位？(A) kg/m^3 (B) kg-m/m (C) kg/cm^2 (D) kg/cm (E) kg/m^2 。

29. (A) 如圖結構鋼材拉力應力—應變圖，下列敘述何者錯誤？(A)CD段為應變軟化(B) BC段為完全降伏(C)A點指彈性比例極限 (D)B點指降伏應力(E)E點為破壞點。

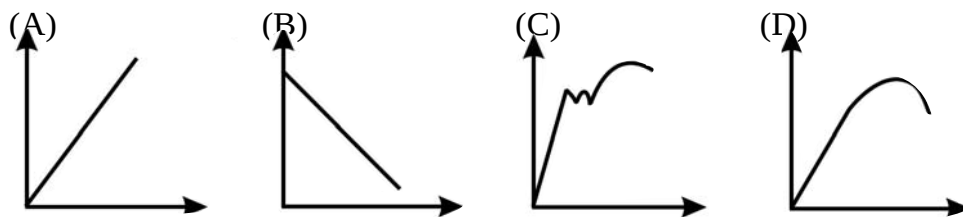


30. (C) 材料的力學性質不包括：(A)彈性模數 (B)應力 (C)比重 (D)硬度 (E)延展性。

31. (D) 一金屬材料之應力—應變曲線如圖所示，則下列何者為誤？(A) A點稱為彈性限度，超過此點，應力、應變關係不依虎克定律變化 (B) B點為上降伏點 (C) C點之應力稱為降伏強度 (D) D點之應力稱為破壞強度。



32. (C) 下列何者是屬於材料的疲勞破壞？(A) 混凝土圓柱試體受壓力作用而破碎 (B) 鋼筋受拉力作用而斷裂 (C) 橋樑長期受車輛載重作用反復振動而破壞 (D) 鐵絲遭鉗子剪斷。
33. (D) 下列何者為混凝土抗壓試體所呈現之應力—應變關係曲線：



34. (C) 在材料的應力應變圖中，其破壞時之應力值常低於極限強度，此乃是由於材料的(A)降伏現象 (B)彈性現象 (C)頸縮現象 (D)破壞現象(E)應變硬化現象。
35. (A) 若工程材料依其用途而分類，則下列中那一種分類最為合適？(A)構造物主體材料和構造物副材料 (B)天然材料和人造材料 (C)液態材料和固態材料 (D)有機材料和無機材料 (E)金屬材料和非金屬材料。
36. (E) 當材料受外力而變形，但在外力除去後，材料之變形可以復原狀之性質，稱為：(A)韌性 (B)延性 (C)塑性 (D)流性 (E)彈性。
37. (B) (1)低碳鋼 (2)塑膠 (3)木材 (4)鑄鐵以上何者為韌性材料？(A)(1)(2)(3)(4) (B)(1)(2)(3) (C)(1)(2) (D)(1)(3) (E)(1)。
38. (A) (1)玻璃 (2)塑膠 (3)鋼鐵 (4)木材 (5)瀝青以上何者為有機材料？(A)(2)(4)(5) (B)(2)(5) (C)(5) (D)(4)(5) (E)(1)(5)。
39. (B) (1)比重 (2)硬度 (3)韌性 (4)潛變 (5)彈性係數以上何者為材料之力



- 學性質？(A)(1)(2)(3)(4)(5) (B)(2)(3)(4)(5) (C)(3)(4)(5) (D)(4)(5) (E)(5)。
40. (A) (1)應變(2)脆性(3)延性(4)彈性限度(5)降伏強度以上何者為材料之力學性質？(A)(1)(2)(3)(4)(5) (B)(1)(4)(5) (C)(4)(5) (D)(1)(5) (E)(5)。
41. (E) (1)密度(2)比熱(3)含水率(4)閃火點(5)軟化點以上何者為物理性質？(A)(1)(2)(3) (B)(1)(2) (C)(1) (D)(1)(3) (E)(1)(2)(3)(4)(5)。
42. (D) 工程材料依生產方式分類可分天然材料及人造材料，下列材料何者屬於人造材料？(A)石材 (B)木材 (C)砂石 (D)石油瀝青 (E)鐵礦。
43. (A) 工程材料依化學成分分類可分為有機材料及無機材料，下列材料何者屬於無機材料？(A)石材 (B)木材 (C)塑膠 (D)石油瀝青 (E)油漆。
44. (C) 材料受到反覆應力載重多次而破壞者稱 (A)潛變 (B)震裂 (C)疲勞 (D)挫屈 (E)鬆弛。
45. (D) 混凝土之構材，在定載重下其應變仍會隨時間之增長而變大，此種現象謂之 (A)風化作用 (B)鬆馳 (C)疲勞 (D)潛變 (E)挫屈。
46. (B) 鋼筋在抗拉試驗所得應力及應變曲線上最後一點，鋼筋被拉斷是為(A)屈服點 (B)破壞點 (C)比例極限 (D)彈性極限 (E)極限強度。
47. (B) 材料之實體積（不含孔隙）與同體積4°C水之重量比，稱為 (A)虛比重 (B)真比重 (C)視比重 (D)真單位重 (E)視單位重。
48. (D) 材料受到載重長期作用而產生永久變形稱為 (A)震裂 (B)疲勞 (C)挫屈 (D)潛變 (E)衝擊。
49. (D) 混凝土抗壓強度 280kg/cm^2 ，約等於(A)2500psi (B)3000psi (C)3500psi (D)4000psi (E)7000psi。
50. (D) 1克重之材料，溫度每升高 1°C 所需之熱量，稱為比熱。水的比熱為(A) $1\text{kg/Cal}^\circ\text{C}$ (B) $1\text{Cal/kg}^\circ\text{C}$ (C) $1\text{g/Cal}^\circ\text{C}$ (D) $1\text{Cal/g}^\circ\text{C}$ (E) 1Cal/g-cm 。
51. (C) 當材料承受一固定施加應變作用時，內應力會隨時間增加而降低，此種現象稱為 (A)疲勞 (B)潛變 (C)鬆馳 (D)應變硬化。



52. (C) 若某音樂廳內部安裝之材料能完全吸音，則表示其吸音率為
(A)100 (B)10 (C)1 (D)0 (E)無限大。
53. (D) 下列有關材料比熱之敘述，何者不正確? (A)使1公克重之材料升高溫度 1°C 所需提供之熱量，稱為材料之比熱 (B)比熱常用之單位為 $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ (C)水之比熱為 $1 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ (D)混凝土材料之比熱較鋼鐵材料低。
54. (D) 對鋼材料進行拉力試驗，下列依慣常定義之各種強度，何者數值最高 (A)比例限度強度 (B)降伏強度 (C)斷裂強度 (D)極限抗拉強度。

三、問答題

1.何謂腐蝕現象？何謂劣化現象？

【答】(一)腐蝕現象

金屬材料在使用時，逐漸發生變化而失去其應有的性質，終至腐朽，此種現象稱為腐蝕。

(二)劣化現象

塑膠或橡膠等高分子材料經過長時間後，逐漸產生化學變化使性質改變而不堪使用，此種現象稱為劣化。

2.採購工程材料應遵從那些原則？

【答】採購工程材料時，應視工程的性質，選擇最適用的材料，且應遵從下列原則：

- (一) 適用：依照工程規範及標準，購置符合品質與規格之材料。
- (二) 適量：依照最高及最低存量之需要適量購買存取。
- (三) 適時：不必在開工之初就一次購買完成存放，也不是臨到施工時再購買，應依據工程進度並密切注意物價波動情況適時購入。
- (四) 合理價格：以最低的價格，購買合格的材料。
- (五) 料源可靠性：對於產地、產量及運輸情形，應經常加以調查，以確保料源的可靠性。最好同時掌握數個材料供應來源，以防

某一料源中斷，產生停工待料之情況。

3.何謂韌性與脆性？

【答】材料受外力作用直到產生破壞為止，所能吸收能量的大小，即代表此材料的韌性大小。材料若承受外力作用而產生大量變形，但仍未斷裂者，稱為韌性材料。

反之，材料若承外力作用時，僅產生微小變形即斷裂破壞者，稱脆性材料。

4.何謂延性與展性？

【答】材料承受拉力作用，長度能伸長的性質，稱為延性；受到捶擊或壓縮而能輾壓成薄片的性質，稱為展性。

5.何謂比熱？何謂比重？

【答】使1公克之材料升高 1°C 所需之熱量，稱為比熱。常用之單位為 $\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，水之比熱為 $1\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。

材料單位重與水 4°C 下單位重之比值，稱為比重，亦即材料之重量與同體積 4°C 水之重量比。比重為一無因次之純量。

第二章 水 泥

立即評量

§ 2-1~2-3-2

1. (D) 適用於中度水化熱且需抵抗中度硫酸鹽之中型巨積混凝土工程，宜使用何種水泥？(A) 抗硫水泥 (B) 早強水泥 (C) 低熱水泥 (D) 改良水泥。
2. (C) 重力式大壩等巨積混凝土工程，宜使用何種水泥？(A) 抗硫水泥 (B) 早強水泥 (C) 低熱水泥 (D) 改良水泥。
3. (A) 港灣、煙囪、污水下水道等工程，宜使用何種水泥？(A) 抗硫水泥 (B) 早強水泥 (C) 低熱水泥 (D) 改良水泥。
4. (B) CNS規定水泥中氧化鎂含量不得超過：(A) 0.6% (B) 6% (C) 2% (D) 10%。
5. (B) 普通卜特蘭水泥的初凝時間大約為：(A) 1小時以內 (B) 1.5~3小時 (C) 3~6小時 (D) 8~10小時。
6. (C) 普通卜特蘭水泥的終凝時間大約為：(A) 1小時以內 (B) 1.5~3小時 (C) 3~6小時 (D) 8~10小時。
7. (A) CNS規定水泥的初凝時間應：(A) ≥ 1 小時 (B) ≤ 1 小時 (C) ≥ 10 小時 (D) ≤ 10 小時。
8. (D) CNS規定水泥的終凝時間應：(A) ≥ 1 小時 (B) ≤ 1 小時 (C) ≥ 10 小時 (D) ≤ 10 小時。
9. (B) 卜特蘭水泥的化學成分中以何者含量為最多？(A) 矽土 (B) 石灰 (C) 礬土 (D) 氧化鐵。
10. (D) 燒製水泥的窯是：(A) 八卦窯 (B) 連續窯 (C) 輪窯 (D) 旋窯。
11. (B) 支配水泥大部份強度的是：(A) C_3A 和 C_3S (B) C_3S 和 C_2S (C) C_3A 和 C_2S (D) C_4AF 。

12. (A) 提供水泥大部份水化熱的是：(A) C_3A 和 C_3S (B) C_3S 和 C_2S
(C) C_3A 和 C_2S (D) C_4AF 。
13. (D) 構成卜特蘭水泥的主要化合物是：(A) C_3A 和 C_3S (B) C_4AF
(C) C_3A 和 C_2S (D) C_3S 和 C_2S 。
14. (C) 卜特蘭水泥中的各種化合物，水化熱最高的是：(A) C_3S (B)
 C_2S (C) C_3A (D) C_4AF 。
15. (C) 水泥凝結後，第一天所產生之強度係由何種化合物所提供？
(A) C_3S (B) C_2S (C) C_3A (D) C_4AF 。
16. (B) 水泥28天以後之強度主要係由何種化合物所提供？(A) C_3S
(B) C_2S (C) C_3A (D) C_4AF 。
17. (A) 水泥7~28天之強度主要係由何種化合物所提供？(A) C_3S
(B) C_2S (C) C_3A (D) C_4AF 。
18. (D) 下列何者不屬於混合水泥？(A) 矽灰水泥 (B) 飛灰水泥 (C)
高爐水泥 (D) 高鋁水泥。

§ 2-3-3~2-4

1. (C) 新鮮卜特蘭水泥的比重約為：(A) 3.05~3.1 (B) 3.1~3.15
(C) 3.14~3.16 (D) 3.2~3.25。
2. (C) 通常一包水泥的體積可以多少計之？(A) $0.33m^3$ (B) $0.5m^3$
(C) $0.033m^3$ (D) $0.05m^3$ 。
3. (D) 水泥比重試驗時，倒入比重瓶的液體是：(A) 清水 (B) 飽和石
灰水 (C) 稀鹽酸 (D) 脫水石油。
4. (B) 卜特蘭水泥的細度大約為多少 cm^2/g ？(A) 2300~2800 (B)
2800~3600 (C) 3600~4500 (D) 4500~5000 cm^2/g 。
5. (A) 費開針儀器無法測定水泥之 (A) 流度 (B) 初凝時間 (C) 標準
稠度 (D) 終凝時間。
6. (B) 水泥之凝結時間測定，通常吉爾摩針所測結果較費開針所測者
(A) 約快30分鐘 (B) 約緩30分鐘 (C) 約快60分鐘 (D) 約緩

60分鐘。

7. (D) 通常所謂水泥之「健性」，係指水泥的 (A) 耐久性 (B) 可塑性 (C) 剛性 (D) 安定性。
8. (B) 袋裝水泥儲存於倉庫中，堆疊高度以幾包為限？ (A) 10包 (B) 13包 (C) 15包 (D) 20包。
9. (C) 以水泥砂漿製成邊長各5cm之正立方體，是用以測試水泥之 (A) 抗彎強度 (B) 抗拉強度 (C) 抗壓強度 (D) 抗剪強度。
10. (A) 以水泥砂漿製成8字形試體，是用以測試水泥之 (A) 抗拉強度 (B) 抗彎強度 (C) 抗壓強度 (D) 抗剪強度。
11. (B) 以邊長各5cm之正立方體作水泥砂漿抗壓強度試驗，若試驗機指針達到6噸時試體破壞，則該試體的抗壓強度為多少kgf/cm²？ (A) 200 (B) 240 (C) 300 (D) 360 kgf/cm²。
12. (D) 水泥砂漿的各種強度以何者較為重要？ (A) 抗拉強度 (B) 抗彎強度 (C) 抗剪強度 (D) 抗壓強度。

習 題

一、填充題：

1. 卜特蘭水泥分爲五種：普通水泥、改良水泥、早強水泥、低熱水泥及抗硫水泥。
2. 製造水泥的原料爲石灰石和黏土，而其化學成份主要爲四種： CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 ，經煅燒後形成四種主要化合物： C_3A 、 C_3S 、 C_2S 及 C_4AF 。
3. 水泥凝結時間的測定，是用費開針或吉摩爾針。
4. 水泥之比重爲3.14～3.16，平均爲3.15，單位體積重爲1500 kg/m^3 ，水泥一包之體積爲0.033 m^3 。
5. 水泥健性不良的原因如下：游離石灰的遲緩水化作用，MgO或硫酸鹽含量太高。
6. 水泥健性試驗的方法有浸水法、煮準法、李氏健性測脹器法及增壓鍋法。
7. 試驗室對水泥的試驗項目主要包括比重、凝結、細度、健度及強度。
8. 散裝水泥儲倉每隔三個月應全部清倉一次，水泥儲存超過六個月以上，使用前應先加以檢驗。

二、單選題：

1. (C) 水泥的單位體積重爲 (A) 2300kg/m^3 (B) 3150kg/m^3 (C) 1500kg/m^3 (D) 1900kg/m^3 (E) 1200kg/m^3 。
2. (B) CNS規定水泥中MgO之含量不得超過(A)3% (B)6% (C)8%(D)10% (E)0.6%。
3. (C) 水泥倉庫地板應高出地面(A) 10cm (B) 20cm (C) 30cm (D) 50cm (E) 100cm 以上。
4. (B) 袋裝水泥若露天儲存時，須墊高 (A)5cm (B) 10cm (C) 30cm (D) 50cm (E)60cm，而且最好當天用完。
5. (A) 散裝水泥儲倉，每隔多久須徹底清除一次？ (A)三個月 (B)六個月



- (C)一個月 (D)半個月 (E)一年。
6. (E) 水泥儲存超過多久以上，使用前須先加以檢驗？ (A)一個月 (B)三個月 (C)一年 (D)二個月 (E)六個月。
7. (C) 華格納 (Wagner) 濁度計和布蘭 (Blaine) 氣透儀是用於測定水泥之何種性質？ (A)顏色 (B)比重 (C)細度 (D)稠度 (E)凝結時間。
8. (D) 浸水法 (薄餅試驗) 是用以測定水泥的 (A)比重 (B)凝結 (C)細度 (D)健度 (E)強度。
9. (B) 吉爾摩針和費開針可用以測定水泥的(A)比重 (B)凝結 (C)細度 (D)健度 (E)強度。
10. (A) 測定水泥的標準稠度是用 (A)費開針 (B)吉爾摩針 (C)風分機法 (D)比重瓶 (E)濁度計。
11. (B) 測定水泥的抗壓、抗拉強度，其試體是以何者製作的？ (A)純水泥漿 (B)水泥砂漿 (C)混凝土 (D)水泥石灰砂漿。
12. (A) 水泥砂漿抗壓強度試體是(A)邊長5cm之正方體 (B)8字形試體 (C) 4×4×16 cm之長方體 (D)15cm ϕ ×30cmh之圖柱試體(E)15×15×53cm之長立方體。
13. (B) 水泥砂漿抗拉強度試體是(A)邊長5cm之正方體 (B)8字形試體 (C) 4×4×16 cm之長方體 (D)15cm ϕ ×30cmh之圖柱試體(E)15×15×53cm之長立方體。
14. (C) 水泥砂漿抗彎強度試體是(A)邊長5cm之正方體 (B)8字形試體 (C) 4×4×16 cm之長方體 (D)15cm ϕ ×30cmh之圖柱試體(E)15×15×53cm之長立方體。
15. (E) 港灣工程、煙囪、污水下水道混凝土澆置，宜使用第幾種水泥？ (A) I (B) II (C) III (D) IV (E) V。
16. (D) 澆置水壩、基礎等巨積混凝土，應使用第幾種水泥？ (A) I (B) II (C) III (D) IV (E) V。
17. (A) 一般建築物澆置混凝土常使用第幾種水泥？ (A) I (B) II (C) III (D) IV (E) V。
18. (B) 水化作用產生之熱量較低，同時尚能抵抗中等程度鹽作用，一般適用於水壩、橋墩、橋臺等構造物 (A)普通卜特蘭水泥 (B)改良卜



特蘭水泥 (C)早強卜特蘭水泥 (D)低熱卜特蘭水泥 (E)抗硫卜特蘭水泥。

19. (C) 用於需要早期強度時，則使用卜特蘭水泥第幾種？ (A)第一種 (B)第二種 (C)第三種 (D)第四種 (E)第五種。
20. (B) 在土木工程界中應用最廣水泥為 (A)天然水泥 (B)卜特蘭水泥 (C)矽灰水泥 (D)高鋁水泥 (E)高爐水泥。
21. (C) 水泥與水拌和而成之水泥漿，經相當時間則喪失其黏性，而為可塑性，此種逐漸自泥狀開始固結不致潰壞之現象謂 (A)強化 (B)風化 (C)凝結 (D)水化作用 (E)乾縮。
22. (E) 當水泥與水起水化作用，其水泥漿完全失去可塑性時，謂之 (A)初凝 (B)中凝 (C)間凝 (D)後凝 (E)終凝。
23. (D) 吉爾摩試驗是用以測定 (A)水泥細度 (B)水泥之比重 (C)細骨材之品質 (D)水泥之凝結時間 (E)水泥之健度。
24. (D) 水泥之細度以比表面積表示，其單位為下列何者？(A) kg/m^2 (B) g/m^2 (C) cm^2/kg (D) cm^2/g (E) cm^2 。
25. (C) 卜特蘭水泥原料之配合，雖因各地原料成份之差異不同，但製成品之成分則大抵相似。其原料中之化學成分，何者含量最多？ (A)氧化鋁(Al_2O_3) (B)氧化矽(SiO_2) (C)石灰(CaO) (D)氧化鐵(Fe_2O_3) (E)氧化鎂(MgO)。
26. (A) 欲判知水泥之風化程度，可用何種試驗測知？ (A)比重試驗 (B)細度試驗 (C)稠度試驗 (D)濁度試驗 (E)凝結試驗。
27. (C) 利用沈澱原理測出水泥之比表面積是 (A)篩析法 (B)氣透儀法 (C)濁度計法 (D)風分機法 (E)薄餅法。
28. (B) 以李氏比重瓶測水泥之比重，若水泥試樣為64克，第一次油面刻度為0.8cc，第二次油面刻度為21.5cc，則水泥之比重為(A)3.15 (B)3.09 (C)3.05 (D)3.02 (E)以上皆非。
29. (B) 上題之水泥 (A)完全未風化 (B)可能略有風化，但尚合乎規定 (C)風化嚴重，不合乎規定 (D)以上皆非 (E)無法判別。
30. (C) 水泥漿顯示何種性質為終凝？ (A)塑性 (B)韌性 (C)脆性 (D)強度(E)硬度。

31. (A) 何種熟料礦物對水泥水化熱貢獻最大？(A) C_3S 及 C_3A (B) C_2S 及 C_3A (C) C_3A 及 C_4AF (D) C_4AF 及 C_3S (E) C_3S 及 C_2S 。
32. (A) 何種熟料礦物對水泥強度貢獻最大？(A) C_3S 及 C_2S (B) C_2S 及 C_3A (C) C_3A (D) C_4AF (E) C_3S 及 C_3A 。
33. (A) 在卜特蘭水泥之化學成份中，含量居第二的是 (A) SiO_2 (B) CaO (C) Al_2O_3 (D) Fe_2O_3 (E) MgO 。
34. (B) 袋裝水泥，如每包重與規定重量相差在多少%以上，得予拒收？(A) 1% (B) 2% (C) 3% (D) 5% (E) 10%。
35. (C) 水泥漿之抗壓試驗，砂漿試體應保持何種狀態？(A) 烘乾 (B) 風乾 (C) 飽和面乾 (D) 濕潤 (E) 以上皆可。
36. (D) 水泥之細度大，(A) 品質較佳 (B) 比重較大 (C) 強度較高 (D) 以上皆是 (E) 以上皆非。
37. (C) 卜特蘭水泥成份中，含量最多者為 (A) SiO_2 (B) Al_2O_3 (C) CaO (D) Fe_2O_3 (E) MgO 。
38. (A) 水泥砂漿或混凝土乾燥後，如其自身體積收縮或膨脹量很大，主要係因水泥之何種性質不佳之故？(A) 健性 (B) 細度 (C) 吸水性 (D) 比重 (E) 強度。
39. (A) 水泥儲存一個月，強度約減少 (A) 5% (B) 10% (C) 20% (D) 25% (A) 30%。
40. (B) 水泥砂漿的正確用水量，用何種儀器量測？(A) 吉爾摩針 (B) 流度台 (C) 坍度試驗 (D) 維卡針 (E) 比重瓶。
41. (B) 通常水泥砂漿中正確的含水量，為其標準流度值在多少時之水量？(A) 85~100% (B) 100~115% (C) 65~80% (D) 115~130% (E) 130~150%。
42. (D) 作水泥之凝結時間試驗，必須有一定之加水量，所加之水量與水泥試樣重之比稱為 (A) 坍度 (B) 流度 (C) 水灰比 (D) 標準稠度 (E) 水密。
43. (A) 水泥之化合物中，含量最多者為 (A) C_3S (B) C_2S (C) C_3A (D) C_4AF (E) K_2O 。
44. (C) 水泥漿會發生閃凝現象的原因是 (A) 石膏脫水 (B) 游離水灰的遲緩



- 水化作用 (C)C₃A含量太高 (D)MgO含量太高 (E)用水量太高。
45. (E) 水泥漿會發生健性不良的原因，下列何者為非？ (A)煨燒不足 (B)磨粉不細 (C)游離石灰太多 (D)氧化鎂太多 (E)磨粉太細。
46. (B) 水泥漿會發生假凝現象是因為 (A)C₃A含量太高 (B)石膏脫水 (C)游離石灰的影響 (D)MgO含量太高 (E)石膏太多。
47. (C) 水泥若吸收空氣中之水分及CO₂，則 (A)比重會增加 (B)強度會增加 (C)水化速度會減緩 (D)以上皆是 (E)以上皆非。
48. (D) 水泥細度愈大 (A)儲存時愈容易風化 (B)混凝土愈容易產生龜裂現象 (C)強度愈大 (D)以上皆是 (E)以上皆非。
49. (C) 下列敘述何者正確？ (A)袋裝水泥之儲存，堆疊時應上下對齊，井然有序 (B)袋裝水泥倉庫，應多留設窗戶，使空氣流通 (C)袋裝水泥如每袋淨重與標示相差在2%以上，得予拒收 (D)以上皆是 (E)以上皆非。
50. (A) 下列何種水泥可以增進混凝土的早期強度？ (A)高鋁水泥 (B)矽灰水泥 (C)高爐水泥 (D)輸氣水泥 (E)以上皆非。
51. (D) 各種卜特蘭水泥之齡期在幾天時，其強度大致相同？ (A)3天 (B)7天 (C)28天 (D)90天 (E)一年。
52. (C) 卜特蘭水泥的製造過程，吾人稱之為 (A)一磨一燒 (B)一磨二燒 (C)二磨一燒 (D)二磨二燒。
53. (C) 下列何者不是試驗室檢驗水泥品質之項目？ (A)比重 (B)凝結 (C)密度 (D)健度 (E)強度。
54. (C) 何種水泥硬化時間較快，又稱為“一天水泥”？ (A)高爐水泥 (B)早強水泥 (C)高鋁水泥 (D)改良水泥。
55. (B) 何種水泥又稱為“二天水泥”？ (A)高爐水泥 (B)早強水泥 (C)高鋁水泥 (D)改良水泥。
56. (C) 下列有關水泥健性之敘述，何者正確？ (A)水泥凝結固化後，因本身體積收縮而破裂，稱之為無健性 (B)以雷氏試驗法測試水泥之健性必須製作直徑7.6公分、中央厚度1.3公分之圓試餅 (C)水泥中之游離石灰含量過多會導致健性不佳 (D)水泥若置於倉庫一段時間，其健性會減少。

57. (C) 水泥之四項重要化合物中，以下列哪一項所產生之水化熱最大？
(A) C_2S (B) C_3S (C) C_3A (D) C_4AF 。
58. (A) 下列何者可以用來描述水泥粉末顆粒的比表面積 (cm^2/g)？(A) 細度
(B) 強度 (C) 流度 (D) 稠度。
59. (B) 下列有關水泥之性質，何者是用篩析法進行測試？(A) 強度 (B) 細度
(C) 稠度 (D) 流度。

三、問答題

1. 卜特蘭水泥有那五種？試分別說明其特性及用途。

【答】卜特蘭水泥因其四種主要化合物 C_2S 、 C_3S 、 C_3A 、 C_4FA 及添加物石膏之含量不同，一般可區分為五種不同工程用途之水泥：

(一) 第一型卜特蘭水泥(I)

即所謂普通卜特蘭水泥，為一種可供一般性使用之水泥，適用於無特殊要求之混凝土構造物，如路面、橋梁、房屋結構及圬工工程等。

(二) 第二型卜特蘭水泥(II)

即所謂改良卜特蘭水泥，亦稱為中度抗硫水泥，由於此種水泥之水化熱較普通卜特蘭水泥低，且發熱速率較為緩慢，所以適用於中度水化熱之中型巨積混凝土，改良水泥亦可應用於需抵抗中度硫酸鹽之工程。

(三) 第三型卜特蘭水泥(III)

即所謂早強卜特蘭水泥，此種水泥之硬化速率較普通卜特蘭水泥快，在拌和後3~5天內即能達到普通水泥28天齡期之強度，所以適用於需要早期強度之工程，如希望提早拆除模板，構造物要盡速使用，冷天要縮短養護時間等。

(四) 第四型卜特蘭水泥(IV)

即所謂低熱卜特蘭水泥，可減少體積變化，故特別適用於巨積混凝土工程，如重力式大壩。

(五) 第五型卜特蘭水泥(V)

即所謂抗硫卜特蘭水泥，此種水泥由於 C_3A 含量較少，因此具

有抵抗硫酸鹽侵蝕之能力，其水化熱和抗壓強度均較普通水泥為低。抗硫水泥適用於需要抵抗高度硫酸鹽侵蝕之工程，如港灣、煙囪、涵洞、污水下水道等。

2. 卜特蘭水泥的主要化合物有那些？試分別說明其特性。

【答】卜特蘭水泥的主要化合物有 C_2S 、 C_3S 、 C_3A 、 C_4AF 四種，為影響水泥品質之主要因素，現將各水泥化合物之特性分別敘述如下：

(一) 矽酸二鈣(C_2S)

C_2S 之特性為水化熱低，水化速度慢，為水泥材料晚期強度之來源，水泥中 C_2S 含量多者，其晚期強度將較高。

(二) 矽酸三鈣(C_3S)

C_3S 之特性為水化熱高，水化速度快，可提供水泥之早期強度。 C_3S 雖能增加早期強度，但晚期強度增加緩慢。

(三) 鋁酸三鈣(C_3A)

C_3A 之發熱量最大，水化速度快，水泥凝結後，第一天所產生之強度，即係由 C_3A 所提供。但是 C_3A 因水化熱太高，導致工作性差，收縮大且晚期強度低則為其缺點。

(四) 鋁鐵酸四鈣(C_4AF)

C_4AF 之水化熱低，水化速度最慢，其早期強度及晚期強度均低，此外， C_4AF 也可抵抗硫酸鹽侵蝕。

3. 試述水泥之初凝、終凝及硬化的情形。

【答】水泥與水拌和即起化學反應，稱為水化作用，水化作用可分為凝結與硬化兩階段。凝結與硬化並無明顯之界限，在拌和後短時間內，水泥漿將會顯現出塑性狀態，此即水泥開始凝結，由拌和至此現象發生所需之時間，稱為水泥初凝時間。水泥初凝後，再經一段時間將完全失去可塑性且凝結成一具脆性之固體，此時水泥顆粒已完成凝結作用，稱為終凝。終凝的混凝土已具有脆性，但尚無強度與硬度，稍加壓力即崩潰。之後隨著時間，混凝土之強度及硬度逐漸增加而形成硬固狀態，稱為硬化。

4. 水泥健性不良的原因為何？如何改進？

【答】水泥在水化作用過程中，發生大量的收縮與膨脹，使水泥砂漿或混

凝土，發生彎曲變形、龜裂等現象，此現象乃因水泥的健性不良所引起。

水泥健性不良的原因如下：

(一) 游離石灰的遲緩水化作用：

水泥中的原料配合比例不當(可能石灰太多)，或煅燒溫度不足，或因磨粉不細，使石灰原料沒有形成化合物，而成游離石灰。水泥粉末中，若含有游離石灰，由於其包裹在水泥顆粒中，因此無法立即水化，在水泥已經凝結成形之後，才開始水化作用，放出水化熱，而形成異常膨脹或畸變，導致混凝土破裂。

(二) 氧化鎂或硫酸鹽含量太高：

水泥中的氧化鎂(MgO)或硫酸鹽含量太高，凝結時體積膨脹，使混凝土龜裂，亦會形成健性不良的破壞。

水泥健性的改進方法如下：

- (一) 水泥在製造過程中，生料磨得愈細，則煅燒得愈透徹，將可以減少燒塊中游離石灰的存在。
- (二) 燒塊添加石膏後之研磨，若磨得愈細，則游離石灰不為水泥顆粒所包裹，可與水泥同時水化。
- (三) 將健性不良的水泥風乾數日，使游石灰預先水化。

5.水泥發生假凝現象的原因為何？如何改進？

【答】假凝亦稱早凝，其發生的原因是水泥生料煅燒至1450℃的高溫而成半熔狀態，熟料，加入石膏研磨時燒塊的溫度太高，而使石膏脫水，形成無水石膏或半水石膏，若加水拌和後不久，水泥漿就會產生凝結的現象。但假凝（早凝）現象並不會產生過多的水化熱，因此只要延長拌和時間或重新拌和（不必加水）即可消除此現象。假凝現象無害於混凝土品質，但會暫時降低工作性，影響施工。

6.試述袋裝水泥倉庫的設置要領。

【答】儲存袋裝水泥之倉庫應設置於地面排水良好地區，倉庫應能防風、防雨及防潮，周圍應設排水溝。倉庫地板須高出地面30cm公上，並鋪設油毛氈或塑膠布，以免水泥吸收水氣。為減少風化作用，倉庫四周不留窗戶。水泥應依進庫日期分別堆疊，先進庫的水泥應先使

用。堆疊時上下層最好縱橫交錯，使重量平均分佈；而且應緊接互靠，儘量減少空氣流通，堆疊高度以13包為限，長期儲存時高度在7包以下，每隔10天或半個月，上下層翻疊一次，使袋面倒置，避免水泥經久壓而硬固。

第三章 混凝土

立即評量

§ 3-1~3-2

1. (B) 以富配比拌和之混凝土，其特性為：(A) 稠度軟，所用粒料粗 (B) 稠度軟，所用粒料細 (C) 稠度硬，所用粒料粗 (D) 稠度硬，所用粒料細。
2. (A) 一般混凝土中之孔隙大約佔全體積的 (A) 1~2% (B) 2~4% (C) 5~6% (D) 8~10%。
3. (C) 以重質粒料拌和之混凝土，其特性下列何者為錯誤？(A) 具有防護放射線之功能 (B) 可作為加載重量之用 (C) 具有隔音隔熱之效 (D) 可作為平衡重量之用
4. (B) 細粒料之細度模數，下列何者合乎CNS之規定？(A) 2 (B) 2.5 (C) 3.5 (D) 7。
5. (D) 關於粒料之細度模數，下列敘述何者錯誤？(A) 篩析及格之級配，其細度模數一定合乎規定 (B) 細度模數合乎規定，其級配不一定及格 (C) 不同級配之粒料，可能有相同的細度模數 (D) 細度模數愈大，所需水泥愈多。
6. (C) 粗粒料之細度模數，下列何者較理想？(A) 3 (B) 5 (C) 7 (D) 9。
7. (A) 粒料由風乾狀態至面乾內飽和狀態所吸收之水量稱為：(A) 有效吸水量 (B) 吸水量 (C) 含水量 (D) 表面含水量。
8. (D) 粒料空隙率減小時，下列敘述何者為錯誤？(A) 可得耐久性較大之混凝土 (B) 可增大混凝土之水密性及磨損抵抗 (C) 可減少拌和水量 (D) 會增加水泥用量。
9. (C) 以洛杉磯試驗機測試粗粒料之硬度，是以幾號篩進行篩分析？(A) #4號 (B) #8號 (C) #12號 (D) #16號。

10. (A) ASTM規定，粗粒料之磨損率不得超過 (A) 50% (B) 40% (C) 30% (D) 15%。
11. (D) 欲防止或降低粒料之鹼性反應，下列方法何者為錯誤？(A) 儘量使用低鹼水泥 (B) 添加輪氣劑 (C) 添加飛灰 (D) 添加氯化鈣。
12. (B) CNS規定，硫酸鈉試驗方法是用以測試粒料之 (A) 磨損率 (B) 物理健性 (C) 化學健性 (D) 空隙率。

§ 3-3~3-4

1. (D) 依照CNS規定，下列何種混凝土拌和用水為不需特別檢驗即可使用者？(A) 河川水 (B) 地下水 (C) 工業用水 (D) 自來水。
2. (A) CNS規定，以非自來水拌和之混凝土，其7天及28天之抗壓強度不得低於控制試樣之 (A) 90% (B) 85% (C) 80% (D) 75%。
3. (C) CNS規定，以非自來水拌和之混凝土，水泥凝結時間與控制試樣之差異，其規定為何？(A) 初凝不晚於1小時，終凝不早於1.5小時 (B) 初凝不晚於1.5小時，終凝不早於1小時 (C) 初凝不早於1小時，終凝不晚於1.5小時 (D) 初凝不早於1.5小時，終凝不晚於1小時。
4. (B) 水灰比影響混凝土強度之理論，是那一國人於西元1918年首先發表的？(A) 英國人 (B) 美國人 (C) 義大利人 (D) 德國人。
5. (A) 卜特蘭水泥係那一國人於西元1824年所發明？(A) 英國人 (B) 美國人 (C) 義大利人 (D) 德國人。
6. (C) 水膠比 (W/B) 之意義為：(A) 水之重量/水泥加上卜作嵐材料之重量 (B) 水加上液態摻料之重量/水泥之重量 (C) 水加上液態摻料之重量/水泥加上卜作嵐材料之重量 (D) 水之重量/水泥之重量。
7. (D) 混凝土添加卜作嵐材料對於強度的助益主要在於：(A) 第1天強度 (B) 3天內強度 (C) 7~28天強度 (D) 28天以後之強度。

8. (B) 粗粒料粒徑超過幾cm者過多時，不適用坍度試驗？(A) 2.5cm (B) 5cm (C) 7.5 cm (D) 10 cm。
9. (B) 作坍度試驗時，自開始填充試樣至提起模具之過程，必須在幾分鐘內完成？(A) 1分鐘 (B) 2.5分鐘 (C) 5分鐘 (D) 10分鐘。
10. (C) 高性能混凝土所添加之摻料，下列何者為非？(A) 飛灰 (B) 強塑劑 (C) 輸氣劑 (D) 高爐爐渣。
11. (A) 混凝土之含水量少且工作性差，但抗壓強度較高，適合於巨積混凝土之構造物，這是何種坍度之混凝土？(A) 近零坍度 (B) 正常坍度 (C) 剪力坍度 (D) 崩陷坍度。
12. (C) 混凝土鑲心試體試驗時，對每一個混凝土可疑處至少應鑲取幾個代表性試體？(A) 1個 (B) 2個 (C) 3個 (D) 5個。
13. (D) 所謂“破裂模數”，是指混凝土的何種強度？(A) 抗壓強度 (B) 抗拉強度 (C) 抗剪強度 (D) 抗彎強度。

§ 3-5~3-6

1. (D) 添加輸氣劑對混凝土的影響，下列何者為非？(A) 增加耐久性 (B) 增加水密性 (C) 增進工作性 (D) 增加混凝土與鋼筋間之握裹力。
2. (C) 輕質混凝土的優點，下列何者為非？(A) 自重較小，基礎也可減小 (B) 有隔音隔熱之效 (C) 乾縮及潛變較普通混凝土為小 (D) 熱傳導係數較小。
3. (A) 所謂“HSC”，是指 (A) 高強度混凝土 (B) 高性能混凝土 (C) 流動化混凝土 (D) 自充填混凝土。
4. (B) 所謂“HPC”，是指 (A) 高強度混凝土 (B) 高性能混凝土 (C) 流動化混凝土 (D) 自充填混凝土。
5. (C) 下列何種混凝土，不具備高流動性？(A) HPC (B) SCC (C) HSC (D) HFC。
6. (D) 下列何種混凝土，其水灰比較高？(A) HPC (B) HFC (C)

HSC (D) CLSM。

7. (C) 高性能混凝土的特性，下列何者錯誤？(A) 高強度 (B) 高流動性 (C) 高水灰比 (D) 高耐久性。
8. (D) 下列何種混凝土，具高流動性、免搗實、可自充填、可染色、容易辨識管線類別，特別適合於道路與管線開挖之回填工程？(A) 高性能混凝土 (B) 高強度混凝土 (C) 高早強混凝土 (D) 控制低強度混凝土。
9. (B) 下列何種混凝土運用在工程上，既達資源回收之目的，同時亦可解決環保問題？(A) 高性能混凝土 (B) 再生混凝土 (C) 滾壓混凝土 (D) 透水混凝土。
10. (A) 各種混凝土摻料中，會造成鋼筋腐蝕的是：(A) 氯化鈣 (B) 輸氣劑 (C) 緩凝劑 (D) 高性能減水劑。
11. (D) 水泥混凝土路面要求須具備早強、耐磨、抗壓、抗彎、收縮等性能，較佳的方法是：(A) 使用卜特蘭水泥第三種 (B) 添加強塑劑 (C) 添加輸氣劑 (D) 採用真空處理混凝土。

習 題

一、填充題

1. 混凝土係由水泥、水及粒料，按適當配合比例混合而成。
2. 水泥、水及細粒料(砂)拌和而成之混合體，稱為水泥砂漿；若僅係水泥與水混合者，稱為水泥漿體。
3. 水中混凝土之施工方法，有吊斗法與特密管施工法兩種。
4. 一般混凝土必須同時滿足強度、耐久性、經濟性等三種基本要求，才能稱之為優良混凝土。
5. 粒料的細度模數(F.M)，只能表示粒料的粗細程度，而不能表示粒料的級配狀況。
6. 依CNS規定，細粒料的細度模數應在2.3～3.1之間。
7. 粗粒料的細度模數以介於5.5～7.5之間為佳。
8. 硬固混凝土的性質有強度、耐久性、水密性、體積穩定性。
9. 混凝土的耐久性為抵抗各種破壞外力如物理、化學、和機械作用之能力。
10. 混凝土坍度試驗後，其坍度的類型有近零坍度、正常坍度、剪力坍度和崩陷坍度。
11. 灌注預壘混凝土所用的特製水泥砂漿，係於普通水泥砂漿中，添加了鋁矽土和助注劑。

二、單選題

1. (E) 有關粒料之含水，呈風乾狀態係指 (A)粒料內部與表面均無水份 (B) 粒料內部與表面均有水份但不飽和 (C)粒料內部充滿水份，表面有游離水 (D)粒料內部充滿水份，表面無水 (E)粒料內部有水但不飽和，表面無水。
2. (C) 影響混凝土之強度及耐久性之最重要的一項因素為 (A)粗粒料 (B) 水泥 (C)水灰比 (D)附加物 (E)細粒料。
3. (D) 混凝土在灌置與搗實時，工作難易的程度稱為 (A)稠度 (B)流動性 (C) 坍度 (D)工作性 (E)塑性。
4. (B) 混凝土之抗拉強度約為其抗壓強度之 (A)1/5 (B)1/10 (C)1/20 (D)1/50 (E)1/100。
5. (E) 粒料之單位體積重，在於粒料的比重與粒度而異，且 (A)與表面含水量無關 (B)表面含水量對石子與砂之影響程度相同 (C)砂之含水量愈多則單位體積重愈大 (D)與表面含水量有關，顆粒愈細者含水量之影響愈小 (E)與表面上含水量有關，顆粒愈細者，含水量之影響愈大。
6. (E) 混凝土發生分解，主要原因乃是由於溫度及氣候上之變化而有交替之凍融現象，及交替之乾濕現象，使混凝土本身發生脹縮作用，而導致混凝土之破裂，此種現象謂之 (A)化學作用 (B)磨損作用 (C)水化作用 (D)塑性作用 (E)風化作用。
7. (C) 具有良好隔熱性能之混凝土為 (A)真空混凝土 (B)重質混凝土 (C) 輕質混凝土 (D)預壘混凝土 (E)噴射混凝土。
8. (D) 粒料之含水狀態依其程度不同有所不同，當粒料顆粒表面無水，內部含有水份但不飽和時，此種狀態是屬於 (A)潮濕狀態 (B)面乾內飽和狀態 (C)烘乾狀態 (D)風乾狀態 (E)以上皆非。
9. (B) 適用於水中混凝土，巨積混凝土及灌置普通混凝土有困難之場合，用於構造物之修補亦具成效者為 (A)預力混凝土 (B)預壘混凝土 (C)預拌混凝土 (D)預鑄混凝土 (E)重質混凝土。
10. (A) 配合比為1:2:4的A、B兩種混凝土，A混凝土坍度為O"，B混凝土

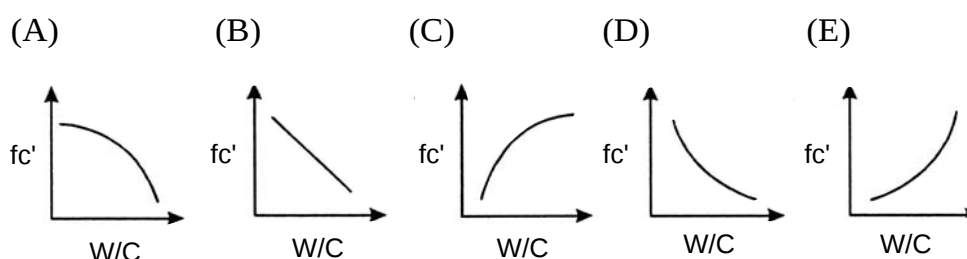


坍度為4"，搗實均良好，其餘條件均相同。設A、B混凝土強度分別為 f_A 、 f_B ，潛變為 ϵ_A 、 ϵ_B ，下列何者為「正確」？(A) $f_A > f_B$ ， $\epsilon_A < \epsilon_B$ (B) $f_A < f_B$ ， $\epsilon_A < \epsilon_B$ (C) $f_A < f_B$ ， $\epsilon_A > \epsilon_B$ (D) $f_A > f_B$ ， $\epsilon_A > \epsilon_B$ (E) $f_A > f_B$ ， $\epsilon_A = \epsilon_B$ 。

11. (B) 下列敘述何者為「錯誤」？(A)通過4號篩(篩孔淨徑為4.76mm)者為細粒料 (B)粒料細度模數(F.M)可表示出粒料之級配 (C)粒料不潔淨或含有害物質，一般可藉水洗去 (D)粗粒料之細度模數大於細粒料之細度模數 (E)粒料F.M愈大，所需水泥愈少。
12. (B) 依CNS規定水泥混凝土抗壓試驗標準試體為
(A)10cm Φ $\times$ 30cm (B) 15cm Φ $\times$ 30cm (C)15cm Φ $\times$ 20cm (D)10cm Φ $\times$ 20cm (E)15cm Φ $\times$ 25cm 之圓柱體。
13. (B) 在工地模型板中預先放置粗粒料並安裝灌漿管，然後將砂漿用壓力灌滿粗粒料間的空隙，如是製成混凝土謂之：(A)預力混凝土 (B)預壘混凝土 (C)預拌混凝土 (D)輕質混凝土 (E)重質混凝土。
14. (D) 下列有關混凝土用之粒料須具備性質的敘述，何者為錯誤？(A)粒料中摻雜之有害物質應儘量減少 (B)須有相當程度的抗磨損性能及抗壓強度 (C)須具有耐久性 (D)顆粒尺寸大小須一致 (E)顆粒形狀須近於球形。
15. (D) 選出錯誤的敘述：(A)冷天澆置混凝土可使用速凝劑 (B)熱天澆置混凝土可使用緩凝劑 (C) CaCl_2 為一種速凝劑 (D)通常 CaCl_2 之用量為水泥重之4% (E)巨積混凝土應注意內部溫度之控制。
16. (E) 下列敘述，何者錯誤：(A)混凝土之工作性，係指混凝土灌置與搗實時之難易程度 (B)混凝土須具有適宜之工作性，否則灌置與搗實工作不易進行，影響混凝土之品質 (C)根據坍度試驗結果可迅速評估混凝土之工作性 (D)坍度微小之混凝土可能有良好之工作性 (E)坍度值18~25公分之混凝土，工作性佳。
17. (D) 水中澆灌混凝土時，下列何者錯誤：(A)須使用適當方法，如漏斗法，吊斗法澆置 (B)模板必須十分緊密以防止漏漿 (C)若為流動之水，模板外須加設圍堰，以減低水之流速，使其在每分鐘3公尺以內 (D)可用任何方法加以搗實 (E)澆置時工作不可中斷，

應連續澆置。

18. (D) 輕質混凝土通常係指 (A)粗粒料較輕之混凝土 (B)細粒料為輕質之混凝土 (C)水泥為輕質之混凝土 (D)粗粒料及細粒料均為輕質之混凝土。
19. (D) 混凝土7天之抗壓強度約為28天之抗壓強度的 (A)1/5 (B)1/4 (C)1/3 (D)2/3 (E)3/4。
20. (D) 新拌混凝土坍度試驗法之填模方法為(A)分二層，每層搗實15次 (B)分二層，每層搗實25次 (C)分三層，每層搗實15次 (D)分三層，每層搗實25次 (E)分四層，每層搗實15次。
21. (C) 除非有指明固定載重，一般而言，鋼筋混凝土之單位重量(kg/m^3)為： (A)2200 (B)2300 (C)2400 (D)2500 (E)1500 kg/m^3 。
22. (B) 混凝土在工程材料應用上最優越之力學性質是： (A)抗拉強度 (B)抗壓強度 (C)抗剪強度 (D)抗彎強度 (E)抗扭強度。
23. (D) 下列曲線中何者可以代表混凝土抗壓強度(f_c')與水灰比(W/C)之關係？



24. (C) 欲增加混凝土坍度但不降低混凝土之強度時應採用的摻料（附加劑）是： (A)速凝劑 (B)輸氣劑 (C)減水劑 (D)抗凍劑 (E)防水劑。
25. (A) 混凝土圓柱試體之直徑15cm，高30cm，進行抗壓試驗，壓至53000kgf時破壞，則此混凝土試體之抗壓強度為： (A)300kgf/ cm^2 (B)235kgf/ cm^2 (C)117kgf/ cm^2 (D)1766kgf/ cm^2 (E)3533kgf/ cm^2 。
26. (A) 用於混凝土之粗細粒料一般是以美國標準篩幾號篩為分界：



(A)#4篩 (B)#8篩 (C)#16篩 (D)#30篩 (E)#100篩。

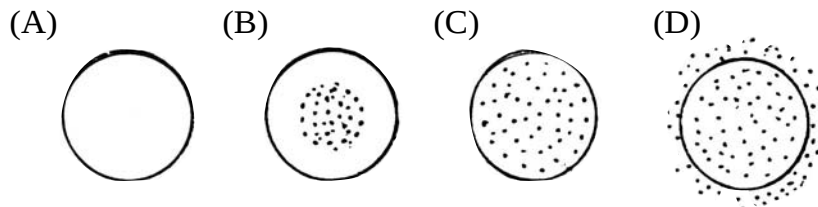
27. (B) $\frac{\text{面乾飽和重} - \text{乾燥重}}{\text{乾燥重}} \times \%$ ，其值係表示該材料之：(A)含水率 (B)吸水率 (C)透水率 (D)有效吸水率 (E)表面含水率。
28. (D) 優良的石材，下列各種性質中，何者不正確？(A)比重大，抗壓强度高 (B)孔隙率愈小愈佳 (C)彈性係數大，抗壓强度高 (D)吸水率愈大愈好。
29. (E) 洛杉磯試驗機主要用來測粗粒料的：(A)耐久性 (B)吸水率 (C)含泥量 (D)孔隙比 (E)硬度。
30. (C) 下列有關預拌混凝土之敘述，何者為錯誤：(A)在混凝土預拌廠拌和 (B)預拌混凝土運送到工地的時間須加限制 (C) 每個預拌廠生產的預拌混凝土的強度固定，無法改變 (D)運輸途中，經監造者同意，可酌加緩凝劑 (E)澆置所需之壓送機、輸送管須依規定實施。
31. (B) 新拌混凝土之性質可利用坍度試驗測知其：(A)抗壓強度 (B)稠度 (C)耐久性 (D)體積變化 (E)硬度。
32. (C) 以比重為2.6之粗細粒料，依一般混凝土配比拌製，使用於樓房建築之混凝土單位重約為：(A)300kg/m³ (B)1300kg/m³ (C)2300kg/m³ (D)3300kg/m³ (E)4300kg/m³。
33. (B) 在混凝土拌和過程中，可用矽灰作為添加摻料(Admixture)，下列何者非為混凝土添加矽灰材料之目的？(A)減小水化熱 (B)提高早期強度 (C)改善工作度 (D)減少水泥用量 (E)增加水密性。
34. (A) 混凝土坍度試驗所用之截頭圓錐筒，其頂徑、底徑、高度之尺寸為：(A) 10cm; 20cm; 30cm (B)10cm; 30cm; 20cm (C)15cm; 20cm; 30cm (D)15cm; 30cm; 30cm (E)20cm; 10cm; 30cm。
35. (C) 下列何者為量度新拌混凝土稠度(Consistency)的儀器 (A)李氏測脹器 (B)吉爾摩針 (C)坍度試驗儀 (D)平版試驗儀 (E)流度台。
36. (A) 將水泥、水、粗細粒料按指定配比，在混凝土拌和廠拌和後，立刻運至工地使用之混凝土稱為 (A)預拌混凝土 (B)預力混凝土 (C)機拌混凝土 (D)輸氣混凝土 (E)預壘混凝土。

37. (D) 下列敘述何者為真？ (A)混凝土之水灰比，一般均大於1.0 (B)一般混凝土之坍度應在30公分以上才適用 (C)正常之混凝土粒料吸水率可達50% (D)水泥吸收空氣中之水份，顆粒變粗，其比重常變小 (E)以上皆非。
38. (B) 下列敘述何者不正確？ (A) 混凝土粒料之比重一般在2.5~2.7之間 (B) 混凝土細粒料之細度模數一般大於5.0 (C) 正常之水泥比重在3.15左右 (D) 混凝土之細粒料通過10mm篩號必須達百分之百才算合格 (E) 粗粒料之F.M在5.5~7.5間。
39. (C) 下列敘述何者不正確？ (A)粗粒料最大粒徑愈大，混凝土之強度愈高 (B)粗粒料粒徑愈大，混凝土愈易生分離現象 (C)粒料之細度模數愈大，表示粒料愈細 (D)混凝土中粗粒料用碎石比用卵石所需砂量為多 (E)粒料含量愈多，混凝土收縮愈小。
40. (B) 下列敘述何者不正確？ (A)混凝土採用碎石比用卵石之工作度差 (B)混凝土所用之砂愈細，水泥愈省 (C)水泥愈細，早期強度愈高 (D)混凝土用碎石比用卵石需較多之水泥 (E)溫度愈高，混凝土工作性愈差。
41. (B) 一般用於澆置建築物樓版之混凝土，其粗細粒料所占體積百分比約為： (A)95% (B)75% (C)55% (D)35% (E)15%。
42. (B) 下列何者不是硬固混凝土體積變化之原因？ (A)水泥之水化作用 (B)凝結收縮 (C)溫度 (D)碳化作用 (E)乾縮。
43. (A) 已知一混凝土配比設計採用之水灰比為0.58，且知每單位體積(M^3)之混凝土中使用6包水泥，則每 M^3 混凝土中拌和水之量為： (A)174kg (B)174cc (C)157kg (D)517cc (E)1740kg。
44. (A) 有關混凝土摻合劑之使用，下列何者為誤？ (A)為提早拆模可使用氯化鈣($CaCl_2$)，但其用量不可超過拌和水重量之2% (B)矽灰可減低混凝土之水化熱，但亦使其早期強度降低 (C)著色劑應不退色，遇鹼性物質不生反應，且對混凝土之品質無不良之影響 (D)防水劑可減少混凝土之吸水性、透水性，但對其他性質有不良之影響，使用時須注意 (E)輸氣劑會減少混凝土強度。
45. (D) 有關水灰比對混凝土性質之影響，在其他條件不變的情形下，下

列何者為真？ (A)水灰比值愈高，則混凝土強度愈大 (B)水灰比值愈低，則混凝土收縮愈大 (C)水灰比值愈高，則混凝土工作性差 (D)水灰比值愈高，則混凝土水密性差 (E)水灰比值低，則混凝土耐久性差。

46. (C) 6000psi高強度混凝土之抗壓強度約為：(A)600 (B)490 (C)420 (D)350 (E)280 kg/cm²。

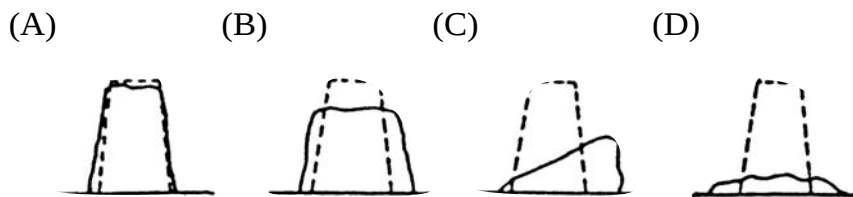
47. (B) 下列何者為粒料氣乾狀態的圖形：



48. (B) 以下何者對混凝土強度之影響最大？(A)水泥品牌 (B)水灰比 (C)濕治養護 (D)拌和溫度 (E)粒料強度。

49. (A) 理想之粒料顆粒形狀為何？(A)圓球形 (B)不規則多角形 (C)扁平形 (D)立方形 (E)長條形。

50. (B) 量度新拌混凝土稠度之坍度試驗，下列何者為正常坍度之圖形：



51. (B) 美國標準篩，篩號100號者每in²面積中具有多少篩孔？(A)100 (B)10,000 (C)1,000,000 (D)1,000 (E)100,000 個。

52. (B) 細粒料之細度模數較適宜之範圍為：(A)1.7~2.2 (B)2.3~3.1 (C)3.2~3.8 (D)3.9~5.1 (E)5.5~7.5。

53. (B) 一般混凝土施工，其最短之養護時間為：(A)3 (B)7 (C)21 (D)28 (E)90 天。

54. (D) 為防止混凝土澆置時發生粒料分離現象，下列敘述何者正確？(A)梁之澆置應由中央開始，逐漸進向兩端 (B)版之澆置，應從整

體樓版之近端開始澆置 (C)牆與柱之澆置，混凝土不宜經垂直落管，而應直接倒入 (D)如發生粒料分離現象，應將粗粒料移至水泥砂漿處。

55. (C) 計算混凝土材料配合比例時，粒料重量係假設為何種狀態計算？
(A)烘乾狀態 (B)風乾狀態 (C)面乾內飽和狀態 (D)濕潤狀態 (E)半濕潤狀態。
56. (D) 混凝土工程中，坍度試驗最主要之目的為： (A)調查混凝土之含水量 (B)調查混凝土強度 (C)調查混凝土比重 (D)調查混凝土施工難易程度 (E) 調查混凝土中之水泥含量。
57. (B) 4000psi混凝土之強度，約等於： (A)350 (B)280 (C)210 (D)175 (E)140 kgf/cm²。
58. (D) 鋼筋混凝土之最大缺點為： (A)自重小 (B)耐久性差 (C)抗拉強度小 (D)自重大 (E)維護費用高。
59. (D) 於混凝土配比設計中，已知用水量為180kg/m³，若採用水灰比為0.5，則水泥用量為：(A)90 (B)120 (C)180 (D)360 (E)540 kg/m³。
60. (C) 以下有關混凝土性質之敘述何者正確？
(A)拌和完畢後之混凝土可加水增加其工作度 (B)混凝土之抗拉強度與其抗壓強度不相關 (C)混凝土硬化後其體積可能膨脹亦可能收縮 (D)混凝土之潛變是一種短期應變 (E)混凝土受碳化作用，體積會縮小，重量會減少。
61. (C) S.S.D.狀態為粒料含水情況之一，係指： (A)乾燥狀態 (B)氣乾狀態 (C)面乾內飽和狀態 (D)濕潤狀態 (E)爐乾狀態。
62. (D) 以下有關混凝土材料之敘述何者不正確？ (A)水灰比對混凝土強度的影響最大 (B)通常輕質混凝土強度越大單位重亦越重 (C)拌和水中含有氯化物會使混凝土強度降低 (D)氯化鈣可做為混凝土之緩凝劑 (E)氯化鈣可促進混凝土之工作性。
63. (B) 在設備完善的混凝土拌和廠，利用電腦控制配料機，將混凝土各項拌和材料拌和後，裝置於拌和車運送至工地使用之混凝土為：
(A)預力混凝土 (B)預拌混凝土 (C)預鑄混凝土 (D)預壘混凝土 (E)輸氣混凝土。

64. (D) 具有防護核子輻射作用之混凝土為： (A)真空處理混凝土 (B)巨積混凝土 (C)輕質混凝土 (D)重質混凝土 (E)水中混凝土。
65. (D) 美國標準篩，篩號50號者其每平方英吋面積中具有多少篩孔？ (A)50 (B)500 (C)250 (D)2500 (E)5000 個。
66. (B) 一般混凝土之彈性模數為： (A) $12000\sqrt{f_c'}$ (B) $15000\sqrt{f_c'}$ (C) $20000\sqrt{f_c'}$ (D) $25000\sqrt{f_c'}$ (E) $1500\sqrt{f_c'}$ kgf/cm²。
67. (B) 下列對混凝土材料之敘述何者不正確？ (A)細粒料料細度愈小需水泥量愈多 (B)水灰比愈大，混凝土之強度愈高 (C)水泥愈細，凝結時間愈短 (D)粗粒料最大粒徑愈大需水泥量愈少 (E)水泥愈細，混凝土之早期強度和晚期強度均較高。
68. (C) 混凝土細粒料之篩分析試驗，下列各級篩號何者正確？
(A) $3/8"$, #4, #8, #16, #32, #60, #120
(B) $3/8"$, #4, #8, #16, #32, #64, #128
(C) $3/8"$, #4, #8, #16, #30, #50, #100
(D) $3/8"$, #5, #10, #20, #30, #60, #120。
69. (A) 氯化鈣於混凝土之摻料屬於 (A)速凝劑 (B)緩凝劑 (C)減水劑 (D)輸氣劑 (E)防水劑。
70. (A) 配比設計時，若已知水灰比為0.5，且拌和水為150公斤，（粗、細粒料均為面乾內飽和狀態），則需幾包袋裝水泥？ (A)6 (B)8 (C)10 (D)12 (E)14 包。
71. (C) 下列有關混凝土試驗的敘述，何者為錯誤？ (A)單位重試驗可評估混凝土是否材料分離 (B)坍度試驗可評估混凝土的工作度 (C)抗彎試驗試體尺寸與抗壓試驗相同 (D)含氣量試驗可測定混凝土中空氣的含量 (E)抗拉試驗試體尺寸與抗壓試驗相同。
72. (C) 下列有關混凝土的敘述，何者為錯誤？ (A)水中混凝土澆置時不可中斷，必須連續澆置 (B)輸氣混凝土的工作性佳、透水性低 (C)輕質混凝土的強度佳、導熱度低、隔音效果差 (D)預壘混凝土使用飛灰，其早期強度較低 (E)水中混凝土澆置時不可搗實。
73. (B) 材料內含有水分之重量與材料乾燥時重量之比值，稱為 (A)吸水率 (B)含水率 (C)透水比 (D)孔隙率 (E)表面含水率。

74. (C) 坍度試驗為量度新拌混凝土稠度的方法之一，試驗時將混凝土填滿坍度模，以刮刀將模頂刮平後，立即將坍度模向上垂直舉起，而混凝土即下坍。所謂「坍度」為 (A)混凝土高度，以公分表示 (B)混凝土下陷高度，以公分表示 (C) 混凝土高度與模高之差 (D) 混凝土下陷高度與模高之比。
75. (D) 混凝土之強度，一般均以其抗壓強度表示之，如未特別說明，一般均指 (A)7 (B)14 (C)21 (D)28 天之抗壓強度。
76. (B) 某混凝土配比設計，選用之水灰比為0.5，則使用200公斤拌合水，需用袋裝水泥 (A)6包 (B)8包 (C)10包 (D)12包。
77. (B) 混凝土澆置完成後應作養護，其主要目的為 (A)增加美觀 (B)增加強度 (C)防止收縮 (D)預防雨淋。
78. (D) 海砂屋之危害，係因海砂內含有甚多何種元素，易使鋼筋生銹膨脹，造成結構之損壞？ (A)氧離子 (B)氫離子 (C)鈉離子 (D)氯離子。
79. (C) 混凝土養護之主要目的為 (A)避免發生白華現象 (B)縮短硬化時間 (C)防止硬化時所需水份之蒸發 (D)防止貓狗等動物進入踐踏 (E)增加美觀。
80. (B) 某圓柱形混凝土試體之尺寸為直徑15cm，高30cm，今置於壓力機試驗，加壓至37.1t時，該試體即破裂，則此混凝土之抗壓強度為 (A)175 (B)210 (C)280 (D)350 (E)420 kgf/cm^2 。
81. (E) 下列何種附加劑之減水率可達20%~30%，效用及其性能較一般減水劑為佳？(A)緩凝劑 (B)速凝劑 (C)輸氣劑 (D)防水劑 (E)強塑劑。
82. (C) 混凝土養護池中加入何物，可提供較好的水化環境？ (A)水玻璃 (B)石膏 (C)石灰 (D)矽酸鈣 (E)氯化鈉。
83. (D) 假設七天養護齡期之混凝土強度2000Psi則28天強度約為 (A)105 (B)140 (C)170 (D)210 (E)280 kgf/cm^2 。
84. (B) 混凝土中加入輸氣劑可造成 (A)增加強度 (B)抵抗冰凍損害 (C)降低耐久性 (D)縮短養護期間 (E)降低工作性。
85. (D) 混凝土坍度試驗時，坍度量測之敘述，下列何者正確： (A) 將新



- 拌混凝土一次全部裝入坍度模中 (B)每層搗實15次 (C)提起坍度模時必須轉動 (D)自開始填充試樣至提起模具，其操作必須在2.5分鐘以內完成 (E)以單手操作坍度模把手，將坍度模拉起。
86. (D) 下列有關混凝土附加劑之敘述何者為錯誤？ (A) 冷天混凝土澆置常需用速凝劑 (B)緩凝劑使用不當會造成混凝土不凝固 (C)氯化鈣為速凝劑 (D) 緩凝劑適用於特別需要早期強度之工程 (E)防水劑會使混凝土強度降低。
87. (B) 坍度試驗常用於測定新拌混凝土之稠度，一般直接澆注之鋼筋混凝土版、樑、牆等最常使用之坍度值約為 (A)0~2.5cm (B)7.5~10cm (C)15~17.5cm (D)20~22.5cm (E)25~30cm。
88. (A) 適用於大壩施工、蓄水池及水庫等之特殊混凝土為 (A)巨積混凝土 (B)輕質混凝土 (C)噴凝土 (D)無坍度混凝土 (E)早強混凝土。
89. (D) 可改善混凝土工作度、增加凍融之抵抗性之混凝土摻料為 (A)減氣劑 (B)防水劑 (C)緩凝劑 (D)輸氣劑 (E)速凝劑。
90. (D) 美國標準篩篩號#4之篩孔淨距為4.76mm，篩號#16之篩孔淨距為 (A)0.149mm (B)0.297mm (C)0.59mm (D)1.19mm (E)2.38mm。
91. (A) 最能增加混凝土強度者為 (A)降低水灰比 (B)增加拌和時間 (C)增加粗粒料用量 (D)增加細粒料用量 (E)添加輸氣劑。
92. (B) 在混凝土澆置過程中，若用水量超過水化作用所需之水量，則對混凝土性質之影響，何者正確： (A)減低工作性 (B)降低強度 (C)增加水密性 (D)減少坍度 (E)降低流度。
93. (E) 下列有關混凝土工作性之敘述何者有誤？ (A)添加水可提高工作性 (B)添加輸氣劑可提高工作性 (C)粗粒料成圓球形者工作性較佳 (D)添加緩凝劑可提高工作性 (E)粒料為均勻級配者，工作性較佳。
94. (D) 一般混凝土中，粒料占混凝土體積之比例約為(A)6~18% (B)26~38% (C)46~58% (D)66~78% (E)86~98%。
95. (A) 篩分析計算中，規定之各號標準篩上粒料累積停留重量百分數之和，除以100所得之值，稱為 (A)細度模數 (B)重量模數 (C)累積模數 (D)停留模數 (E)體積模數。

96. (C) 標準混凝土圓柱抗壓試體之高度為直徑之多少倍？
(A)1倍 (B)1.5倍 (C)2倍 (D)2.5倍 (E)3倍。
97. (A) 在材料、工作度及試驗條件均相同下，下列不同水灰比的混凝土，那一個水灰比可得最高之混凝土抗壓強度？ (A)0.4 (B)0.5 (C)0.6 (D)0.7 (E)0.8。
98. (A) 粒料的細度模數(F.M)越大，係指該粒料之顆粒越 (A)粗 (B)細 (C)圓 (D)尖 (E)扁。
99. (B) 下列有關混凝土材料的敘述，何者為正確？ (A)通過4號篩者為粗粒料 (B) 混凝土材料應滿足安全、經濟及耐久性三個基本要求 (C) 粒料主要是當作粘結材料 (D)任何液體均可當作拌和用水 (E)粗粒料顆粒應大小均勻一致。
100. (B) 將26.5kg之粗粒料放入烘箱內烘乾後，稱得其重為25.0kg，則其含水量為 (A)5.5% (B)6.0% (C)6.5% (D)7.0% (E)0.6%。
101. (C) 以搗棒搗實法測定粒料之單位體積重，所測得粒料單位體積重約為 (A)1000~1100kg/m³ (B)1300~1400kg/m³ (C)1600~1700kg/m³ (D) 1900 ~2000kg/m³ (E)2300~2400kg/m³。
102. (A) 細粒料篩分析所用之美國標準篩，下列篩號那一個沒有使用？ (A)# 20 (B)# 30 (C)# 50 (D)# 100 (E)# 16。
103. (B) 若一般混凝土材料配合不變，其中坍度大小與用水量有關，若坍度欲增減1公分，則須將單位用水量施以約為多少百分比的增減？ (A)0.3% (B)1.2% (C)2.4% (D)3.6% (E)5%。
104. (D) 每立方公尺之水中混凝土，水泥之含量至少應有幾包？ (A)5包 (B)6包 (C)7包 (D)8包 (E)10包。
105. (D) 預拌車將混凝土送到工地時，下列何者為現場可立即檢驗的項目？(A)強度 (B)水灰比 (C)水泥細度 (D)坍度 (E)健度。
106. (A) 輕粒料混凝土之功用，下列敘述何者不正確？ (A)可增強抗壓能力 (B) 可減輕重量 (C)可隔音 (D)可隔熱 (E)使混凝土乾縮增大。
107. (B) ASTM規定粒料之工地採樣可用 (A)二分法 (B)四分法 (C)六分法 (D) 八分法 (E)十二分法。
108. (E) CNS規定，細粒料之級配，任一篩號之各別停留量，不得超過總

重之 (A) 10% (B) 20% (C) 25% (D) 35% (E) 45%。

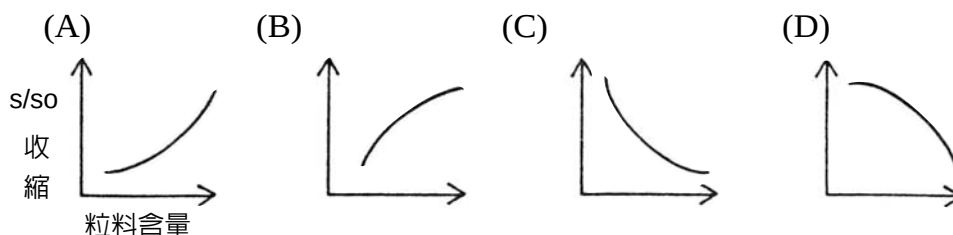
109. (D) CNS規定，混凝土作配比設計時，若所採用細粒料之F.M與實際試驗所得細粒料之F.M相差多少以上時，該細粒料不得使用？

(A) ± 2 (B) ± 1 (C) ± 0.5 (D) ± 0.2 (E) ± 0.1 。

110. (E) 砂經篩分析後秤得各篩停留重(g)如下，試求該細粒料之F.M為多少？ (A) 4.04 (B) 2.85 (C) 2.97 (D) 3.01 (E) 3.04。

篩 號	3 / 8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	底盤
各篩停留重(g)	0	50	100	200	250	300	90	10

111. (C) 下圖橫座標為粒料含量，縱座標為混凝土收縮量，則何者正確？



112. (D) 若粗粒料之級配良好，則混凝土之何種材料可減少？ (A) 水泥 (B) 細粒料 (C) 拌和水 (D) 以上皆是 (E) 以上皆非。

113. (C) 有粗粒料一堆經篩析後，積留於各號標準篩上之重量，分別是： $3/2"$ —200g, $3/4"$ —600g, $3/8"$ —600g, NO.4—400g, NO.8—200g，則該粒料之F.M為 (A) 2.2 (B) 4.2 (C) 7.1 (D) 3.1 (E) 8.1。

114. (C) 混凝土3天強度約為7天強度之 (A) $1/3$ (B) $2/3$ (C) $1/2$ (D) 2倍 (E) $3/2$ 。

115. (D) 混凝土之各種強度中，下列敘述何者正確？ (A) 抗壓 > 抗彎 > 抗剪 > 抗拉 (B) 抗壓 > 抗剪 > 抗拉 > 抗彎 (C) 抗壓 > 抗彎 > 抗拉 > 抗剪 (D) 抗壓 > 抗剪 > 抗彎 > 抗拉 (E) 抗壓 > 抗拉 > 抗剪 > 抗彎。

116. (A) 粒料由烘乾狀態成為面乾內飽和狀態，內部空隙所吸收的水份，稱為 (A) 吸水量 (B) 有效吸水量 (C) 表面水量 (D) 含水量 (E) 以上皆非。

117. (B) 坍度試驗適用於何種混凝土？ (A)零坍度 (B)中等坍度 (C)軟拌和 (D)崩陷坍度 (E)以上都適合。
118. (B) 坍度值18~25cm，水泥砂漿外流，粗粒料留在中央，是屬於 (A)近零坍度 (B)崩陷坍度 (C)剪力坍度 (D)正常坍度。
119. (A) 關於真空混凝土，下列敘述何者錯誤？ (A)混凝土內部為真空，因此具有隔音隔熱之效 (B)混凝土強度增大 (C)水灰比較小 (D)乾縮量減少 (E)磨損抵抗力增加。
120. (D) 下列何者為破壞性試驗？ (A)衝錘 (B)超音波試驗 (C)貫入試驗 (D)抗壓試驗 (E)拉脫試驗。
121. (E) 下列何者為非破壞性試驗？ (A)鑽心試驗 (B)載重試驗 (C)圓柱試體抗拉試驗 (D)硬固混凝土水泥含量試驗 (E)貫入試驗。
122. (E) 造成混凝土水密性不佳的主要孔隙為 (A)輸氣孔隙 (B)陷氣孔隙 (C)粒料本身之孔隙 (D)膠體孔隙 (E)毛細管孔隙。
123. (A) 唯一對混凝土水密性有助益的是何種孔隙？ (A)輸氣孔隙 (B)陷氣孔隙 (C)粒料本身之孔隙 (D)膠體孔隙 (E)毛細管孔隙。
124. (D) 下列何者屬於新拌混凝土的性質？ (A)強度 (B)耐久性 (C)水密性 (D)飾面難易度 (E)體積穩定。
125. (C) 下列何者屬於硬固混凝土的性質？ (A)工作性 (B)塑性 (C)水密性 (D)稠度 (E)飾面難易度。
126. (D) 以特密管澆灌水中混凝土，特密管之下端應經常保持幾公分浸沒於新澆置之混凝土中，以維持其封閉狀態？ (A)10~20cm (B)30~50cm (C)50~100cm (D)100~200cm (E)200~300cm。
127. (E) 輕質混凝土的特性，下列何者為非？ (A)隔音、隔熱性佳 (B)熱傳導係數較小 (C)強度較差 (D)可增大空間之利用 (E)乾縮及潛變減小。
128. (C) 機械拌和之混凝土，適當之拌和時間一般約需： (A)30分鐘 (B)10分鐘 (C)2.5分鐘 (D)1分鐘 以上。
129. (B) 粗粒料重5kg，經與440g之鋼珠12個同時放入洛杉磯試驗機內，轉動500轉後，秤得殘留於NO.12篩上之重為3100g，則該粒料之磨損率為 (A)12% (B)38% (C)62% (D)88% (E)19%。



130. (C) 有一空桶重3kg，其容積為10公升，將粗粒料倒入空桶中，倒滿為止，秤得空桶加粒料重19.2kg，則粒料之單位體積重為 (A)2220kg/m³ (B)1920kg/m³ (C)1620kg/m³ (D)1320kg/m³ (E)1700kg/m³。
131. (A) 前題之粒料比重若為2.62，則粒料之空隙率為 (A)38.2% (B)49.3% (C)61.8% (D)65.5% (E)26.2%。
132. (E) 下列何種混凝土工程其所需坍度為最小？ (A)版、樑 (B)柱、牆 (C)鋼筋混凝土基礎 (D)樓梯 (E)無筋混凝土基礎。
133. (A) 下列何種混凝土工程其所需坍度為最大？ (A)柱、牆 (B)鋼筋混凝土基礎 (C)無筋混凝土基礎 (D)道路及路面 (E)巨積混凝土。
134. (E) 在鋼筋密集的高層建築澆置高強度混凝土，最適宜添加何種摻料？ (A)速凝劑 (B)緩凝劑 (C)輸氣劑 (D)減水劑 (E)強塑劑。
135. (E) 澆置混凝土時添加輸氣劑最主要之目的為 (A)工作性 (B)增加強度 (C)美觀 (D)經濟性 (E)抗凍融性。
136. (A) 下列何種材料，不屬於卜作嵐材料？ (A)苦土 (B)爐石粉 (C)飛灰 (D)稻殼灰。
137. (C) 添加卜作嵐材料對混凝土的影響，下列何者為錯誤？ (A)降低粒料鹼性反應 (B)防止熱裂縫之產生 (C)提高早期強度 (D)提高長期強度。
138. (A) 已知一混凝土配比設計，每單位體積(m³)之混凝土中使用6包水泥，水180Kg，卜作嵐材料100Kg，則水灰比為多少？ (A)0.6 (B)0.5 (C)0.45 (D)0.33。
139. (C) 承上題，則水膠比為多少？ (A)0.6 (B)0.5 (C)0.45 (D)0.33。
140. (D) 混凝土中添加何種摻料可以明顯的減低水的滲透性，又稱為「減滲劑」？ (A)強塑劑 (B)速凝劑 (C)輸氣劑 (D)卜作嵐材料。
141. (B) 可大幅增加混凝土坍度，減少用水量，又稱為「高性能減水劑」的是：(A)速凝劑 (B)強塑劑 (C)輸氣劑 (D)卜作嵐材料。
142. (C) 高強度混凝土的製作原則下列何者為錯誤？ (A)高水泥用量 (B)高水泥強度 (C)高水灰比 (D)採用粗砂。
143. (A) 高性能混凝土的配比主要有兩項添加物，即：(A)卜作嵐材料和



強塑劑 (B)強塑劑和輸氣劑 (C)輸氣劑和速凝劑 (D)速凝劑和緩凝劑。

144. (C) 正常拌和之混凝土材料其化學性質通常屬於：(A)鹽性 (B)酸性 (C)鹼性 (D)中性。
145. (C) 混凝土中之粒料，若表面無附著水，但內部之孔隙皆為水飽和狀態，稱為：(A)烘乾狀態 (Oven-dry) (B)氣乾狀態 (Air-dry) (C)面乾內飽和狀態 (Saturated Surface-dry) (D)溼潤狀態(Wetting)。
146. (B) 混凝土配比設計中，水與水泥用量之比值稱為：(A)水固比 (B)水灰比 (C)灰固比 (D)固水比。
147. (D) 下列何者是試驗室檢驗混凝土工作度之方法？(A)抗壓試驗 (B)抗彎試驗 (C)抗拉試驗 (D)坍度試驗。
148. (B) 下列有關混凝土化學摻料之敘述，何者不正確？
(A)添加輸氣劑可以增加混凝土之水密性
(B)使用緩凝劑可以增加水泥水化速率
(C)工程上所稱之強塑劑就是一種高性能減水劑
(D)使用速凝劑可以提升混凝土之早期強度。
149. (D) 爲了提高混凝土之抗凍性，可於混凝土中加入下列何種化學添加劑之效果最佳？(A)緩凝劑 (B)減水劑 (C)著色劑 (D)輸氣劑。
150. (A) 有關新拌混凝土之工作性，下列何者為一般常用試驗方法？(A)坍度試驗 (B)鑽心試驗 (C)抗壓試驗 (D)抗彎試驗。
151. (C) 混凝土配比設計的水灰比越高，則下列性質何者正確？(A)強度越高 (B)水密性越高 (C)工作度越高 (D)耐久性越高。
152. (A) 有一容器，內裝清水250C.C.，將500g重之細粒料 (S.S.D.) 投入後，水位上升為440 C.C.，求該細粒料之比重為多少？(A)2.63 (B)2.53 (C)2.36 (D)2。
153. (D) 有粗粒料試樣一堆，烘乾 (O.D.) 後重量為2100g，在面乾內飽和 (S.S.D.) 狀態下之重量為2160g，飽和試樣在水中重量為1360g，則該試樣的假比重 (面乾內飽和比重) 為多少？(A)2.4 (B)2.5 (C)2.6 (D)2.7。
154. (B) 承上題，該試樣的吸水率為多少？(A)2.78% (B)2.86% (C)3.02%

(D)4.4%。

155. (C) 有一量筒注滿清水時重量為700g，將S.S.D.狀態之細粒料500g投入量筒中，則量筒內之清水部分溢出，再秤其滿水位（內裝有細粒料）時之重量為1000g，試求該細粒料之比重為多少？

(A)2.7 (B)2.6 (C)2.5 (D)2.4。

三、問答題

1.試分述混凝土中黏結材和填充材的功用為何？

【答】(一)黏結材(水泥漿)之功用：

- 1.被覆粒料表面，將粗細粒料膠結成一體。
- 2.填充粒料間之空隙。
- 3.未凝結前，有潤滑作用，使混凝土具有流動性，便於施工;凝固後使混凝土逐漸產生強度，且具有水密性。

(二)填充材(粒料)之功用：

- 1.作為廉價之填充料，增加成品體積，降低成本。
- 2.抵抗載重、磨損、防止水分滲透及減少風化作用。
- 3.提高混凝土整體強度。
- 4.減少因水泥漿凝結硬固所產生的體積收縮變化量。

2.混凝土作為構造材料，有那些優缺點？試分別列出。

【答】(一)造型容易 (二)成本低廉 (三)取材容易 (四)生產容易 (五)澆置容易 (六)抗壓強度大 (七)耐久性佳 (八)耐火性佳。

但混凝土作為構造材料時，亦有下列缺點：

(一)自重較大 (二)抗拉強度低 (三)修改及拆除困難 (四)容易發生龜裂 (五)模板費用大 (六)品質不易控制

3.試繪簡圖說明混凝土坍度試驗的四種類型。

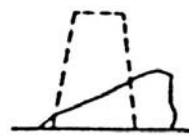
【答】



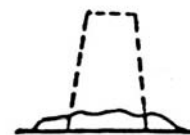
(a)近零坍度



(b)正常坍度



(c)剪力坍度



(d)崩陷坍度

1.近零坍度

如圖中(a)所示，此種坍度之混凝土，其含水量少且工作性差，但抗壓強度較高，適合於巨積混凝土之結構物。

2. 正常坍度

如圖中(b)所示，此種坍度之混凝土由於含水量適中，所以工作性與抗壓強度皆屬於適當範圍內，一般結構物可採用此類混凝土，既可獲得優良之工作性，同時亦提供足夠之抗壓強度。

3. 剪力坍度

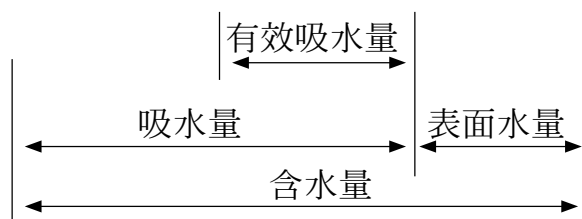
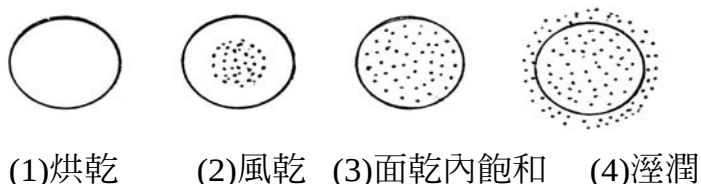
如圖中(c)所示，其坍陷係由於混凝土錐體抗剪強度不足而產生，此種坍度通常顯示混凝土缺少塑性及黏結力，工作性不佳。

4. 崩陷坍度

如圖中(d)所示，此種坍度之混凝土係屬貧配合(少漿配合)或拌和水過多，其坍度值約在18~25cm，水泥砂漿外流，粗粒料留在中央，澆置困難，工作性不佳。

4. 粒料的含水狀況有那四種？試分別簡要說明之。

【答】粒料之含水情況可分為下列四種情形，如圖所示，並說明如下：



1. 烘乾狀態(簡稱為O.D)

又稱爐乾狀態或絕對乾燥狀態，係將粒料試體烘乾到重量不再減少(恆重)之乾燥狀態。

2. 風乾狀態(簡稱為A.D)

又稱氣乾狀態，係將粒料置於空氣中，自然風乾而放出水份，直至表面無水份，而其內部稍含水份，然未飽和之狀態。

3.面乾內飽和狀態(簡稱為S.S.D)

面乾內飽和狀態係粒料之表面無附著水，但內部之每一孔隙皆為水所飽和時之狀態。

4.濕潤狀態(Wetting)

濕潤狀態係粒料內部孔隙每一部分皆為水所飽和，且表面有附著水之狀態。

5.混凝土中之孔隙有那幾種？是如何形成的？

【答】混凝土中必定有孔隙存在，孔隙之來源如下：

- 1.陷氣空隙：澆置混凝土時，由於壓實不完全所遺留下來陷入空氣所形成的孔隙。
- 2.膠體孔隙：水泥與水起水化作用後產生的水泥膠體所含有之孔隙，不過此種孔隙比起毛細管孔隙甚為微小。
- 3.粒料本身的孔隙：此種孔隙較水泥膠體孔隙為大。
- 4.毛細管孔隙：此種孔隙之成因乃由於拌和時，用水量超過水泥水化作用所需之水量，在混凝土凝固過程中，由於水分之蒸發，絕對體積縮小而形成錯綜分佈且互相連續的孔隙。
- 5.輸氣孔隙：拌和混凝土時所加入的輸氣劑，在混凝土內形成獨立分開的孔隙，可以中斷浮水路徑，減少浮水，降低透水性。

6.影響混凝土耐久性的外在作用有那些？試分別敘述之。

【答】混凝土之耐久性為抵抗各種破壞外力如物理、化學及機械作用之能力，茲分述如下：

1.物理(風化)作用

風化作用使混凝土發生分解，主要原因乃由於溫度及氣候上之變化而有交替之凍融現象，以及交替之乾濕現象，而使混凝土本身發生膨脹收縮作用，導致混凝土之破裂。

2.化學(酸鹼)作用

(a)粒料之鹼性反應

(b)硫酸鹽作用

3.機械(磨損)作用

行人及車輛等，對混凝土樓板與路面會造成磨損作用，水流對於水

工構造物有沖刷、孔蝕作用，均會造成水工構造物的損害。

7.新拌混凝土與硬固混凝土的體積變化有那些？其原因為何？試分述之。

【答】

1.新拌混凝土之體積變化

(1)浮水與凝結收縮：

新拌混凝土由於粒料吸收一部分水，及游離浮到表面之蒸發或流失，因而體積發生收縮。

(2)塑性收縮：

混凝土澆置後，當其尚在塑性狀態所發生之收縮，再為塑性收縮。此種收縮之發生以夏天最常見，若混凝土養護環境溫度太高或風太大，則混凝土表面散熱與水分散失速率太快，裂縫因此產生。

2.硬固混凝土之體積變化

(1)由於水泥之水化作用：純粹由於水泥水化作用而產生之體積變化，稱為自生體積變化，此種變化可為膨脹或為收縮。

(2)由於溫度變化：不受束制之混凝土，將隨溫度的升降而膨脹或收縮。

(3)乾縮：水化水泥所產生的水泥糊體，由於乾燥而發生收縮，稱為乾縮。

(4)碳化作用：混凝土暴露在含有二氧化碳之空氣中，則重量增加，同時發生碳化收縮。

8.試述添加輸氣劑對混凝土的影響。

【答】輸氣劑對混凝土之影響如下：

- (一) 增強混凝土對冰凍融解之抵抗性，進而增加混凝土的耐久性，此為添加輸氣劑最主要之目的。
- (二) 增加混凝土的水密性，並可減少浮水現象。
- (三) 因為添加輸氣劑所造成的微細氣泡具有潤滑之功能，因此可增進混凝土的工作性。
- (四) 混凝土強度略有降低。
- (五) 可減少細粒料用量。



(六) 降低混凝土與鋼筋間之握裹力。

9.試述添加速凝劑對混凝土的影響。

【答】最常使用之速凝劑為氯化鈣(CaCl_2)，使用氯化鈣對混凝土之影響如下：

- (一) 可以提高混凝土之早期強度，構造物可提早使用，並可縮短養護時間。
- (二) 使用氯化鈣可略增工作度，並減少浮水現象。
- (三) 使用於寒中混凝土，提高早期強度，增加早期之發熱量防止凍結甚為有效。
- (四) 加氯化鈣之混凝土，乾縮作用增加甚巨，有時可增大50%
- (五) 混凝土如果受硫酸鹽侵蝕，不宜使用氯化鈣。
- (六) 氯化鈣會促使粒料之鹼性反應加速進行，因此使用氯化鈣時應特別注意。
- (七) 氯化鈣之使用，將造成鋼筋腐蝕，故僅適用於純混凝土。

10.何謂強塑劑？其特性為何？

【答】強塑劑一種高性能減水劑，稱為強塑劑，又稱為SP劑，其效用及性能遠較一般減水劑為佳，其特性如下：

- (一) 減水率可達20~30%，此普通減水劑大1.5~2倍。
- (二) 減少空氣之輸入，含氣量減少，可提高混凝土之強度及品質。
- (三) 對凝結和硬化無延緩作用。
- (四) 對鋼結構無腐蝕性。
- (五) 安定性大而無藥害。

11.試述預拌混凝土的優點及缺點。

【答】預拌混凝土有以下之優點：

- (一) 由於在拌和廠內精密控制材料配合比及拌和，因此可得品質優良的混凝土。
- (二) 混凝土可隨時供應，工地上因拌和混凝土而使工程延遲之情況可避免。
- (三) 工地不需設置混凝土拌和設備，對都市內工地狹窄之處，尤為

便利。

(四) 混凝土單價一定，工程費容易計算。

(五) 混凝土費用可減低。

預拌混凝土之缺點為在搬運途中會減少坍度，若為輸氣混凝土會減少空氣量，輸送過程中，材料容易發生析離現象，以及混凝土之稠度不能在工地調整。

12. 水中混凝土的施工應注意那些事項？

【答】水中混凝土應富於流動性，以利澆置。施工時，應注意事項如下：

- (一) 每 m^3 混凝土中之水泥含量，至少應在8包以上。
- (二) 細粒料用量需較多，約佔全部粒料重量之45~50%。
- (三) 粗粒料粒徑不宜太大，最好介於4~5cm之間。
- (四) 混凝土之坍度須在10.2~17.8cm (4~7in) 之間。
- (五) 水溫在 2°C 以下時，應停止澆灌作業。
- (六) 水中混凝土之模板，必須十分緊密，以防漏漿，水流速度應控制在每分鐘3m以內。
- (七) 灌置水中混凝土時，不能用任何方法搗實。
- (八) 澆置工作必須連續。

13. 試述輕質混凝土的優缺點。

【答】輕質混凝土的優點為：

- (一) 自重較小，構造物各部分之斷面積可減少，基礎也可減小。
- (二) 柱與樑之斷面積減小，可增大有效空間。
- (三) 保溫、隔熱、隔音及耐火性較佳。
- (四) 熱傳導係數較小。

輕質混凝土之缺點為：

- (一) 強度及耐久性較普通混凝土差。
- (二) 彈性係數較低。
- (三) 乾縮及潛變較普通混凝土為大。
- (四) 鋼筋與混凝土間之握裹力較差。

14.何謂預壘混凝土？其特性為何？

【答】將級配優良而清潔的粗粒料，預先填緊於模板內，並安裝灌漿管，接著於粗粒料間充填水分，然後，將特製之水泥砂漿藉由高壓注入模板內以填充孔隙，直至模板內殘餘之空氣與水分，完全被水泥砂漿排出，如是製成之混凝土，即為預壘混凝土。

- (一) 由於添加鋁矽土，因此水泥用量較少，水化熱較低，可減少因凝結收縮所引起的裂縫，混凝土的水密性及耐久性較佳。
- (二) 預壘混凝土早期強度較低，但晚期強度則較高。
- (三) 因使用高壓注入特製水泥砂漿，可減少蜂窩現象之產生，降低孔隙率，進而提高抗壓強度。
- (四) 適用於水中混凝土結構物。
- (五) 由於添加助注劑，因此混凝土黏結力較強，又可使用混凝土凝結時發生膨脹，故適合於構造物的修補。
- (六) 水泥用量少，可降低工程成本。

15.真空處理混凝土的特性為何？

【答】真空處理混凝土之特性如下：

- (一) 水灰比減小：真空處理裝置，可以在30分鐘以內，將深度15～30cm以內的水分吸收而除去20～30%。
- (二) 強度增加：由於水灰比減小，混凝土之強度自然增加。
- (三) 收縮量減少：經真空處理後之混凝土收縮量比材齡28天之普通混凝土約少20%。
- (四) 磨損抵抗增加：由於強度增加，表面硬度增大，其磨損抵抗自然增大。
- (五) 凍結融解抵抗性增大。

第五章 陶瓷製品

立即評量

1. (D) 黏土中最主要成份為 (A) 矽土和石灰 (B) 石灰和礬土 (C) 礬土和苦土 (D) 矽土和礬土。
2. (C) 黏土中的何種化合物不會造成其軟化點之下降？(A) Fe_2O_3 (B) Na_2O (C) Al_2O_3 (D) MgO 。
3. (B) 下列何者不屬於一次黏土？(A) 磁土 (B) 耐火黏土 (C) 陶土 (D) 高嶺土。
4. (C) 普通磚煅燒所需溫度大約在 (A) 1580°C 以上 (B) 1250°C 以上 (C) $800\sim 1000^\circ\text{C}$ (D) $600\sim 800^\circ\text{C}$ 。
5. (A) 耐火磚之熔點在幾 $^\circ\text{C}$ 以上？(A) 1580°C (B) 1380°C (C) 1250°C (D) 1000°C 。
6. (B) 目前台灣地區各工地現場所普遍使用之紅磚尺寸為 (A) $230\text{mm}\times 110\text{mm}\times 60\text{mm}$ (B) $210\text{mm}\times 100\text{mm}\times 60\text{mm}$ (C) $210\text{mm}\times 110\text{mm}\times 50\text{mm}$ (D) $220\text{mm}\times 110\text{mm}\times 60\text{mm}$ 。
7. (D) 大陸北方常使用青磚砌造房屋，其目的主要為：(A) 增加磚塊強度 (B) 防止風化 (C) 美觀 (D) 增加磚塊耐凍性。
8. (C) 奈米科技應用在磁磚、馬桶、洗臉盆等陶瓷製品，其最顯著的功效為：(A) 增加強度 (B) 耐久性 (C) 抗菌防污 (D) 顏色美觀。
9. (C) 一奈米 (nm) = ? (A) 10^{-3}m (B) 10^{-6}m (C) 10^{-9}m (D) 10^{-10}m 。
10. (A) 奈米防污防塵磁磚的原理主要是應用光觸媒技術，目前最常應用的光觸媒材料是：(A) 二氧化鈦 (B) 二氧化矽 (C) 二氧化碳 (D) 二氧化硫。

習題

一、填充題

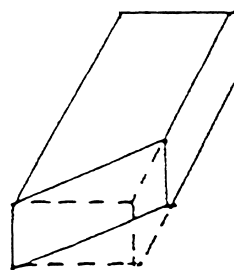
- 1.黏土若依生成時所處之位置，可分為殘留黏土和沈積黏土。
- 2.黏土若依其使用目的，可分為磁土、耐火黏土、砂質黏土。
- 3.黏土的性質，較重要者有塑性、收縮性和可熔性。
- 4.黏土的熔融狀態，大致可分為三個階段：（1）初期熔融（2）玻璃化（3）熔融軟化。
- 5.普通磚之製造過程為（1）材料之準備（2）製坯（3）乾燥（4）煨燒。
- 6.依CNS之規定，建築用普通磚之尺寸為230mm × 110mm × 60mm。
- 7.小口瓷磚之大小為 60mm × 108mm，二丁掛瓷磚之大小為 60mm × 227mm。
- 8.瓷磚之鋪貼方法大致可分為硬底工法、軟底工法和預貼工法。
- 9.為配合磚之砌疊，中國國家標準對普通磚尺寸之規定：長為寬之2倍加10mm。

二、單選題

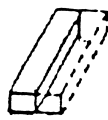
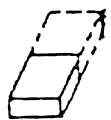
- 1.（B）一般砌磚之水平接縫寬度應為（A）0.5（B）1（C）1.5（D）2（E）3公分。
- 2.（A）CNS規定建築用普通磚的尺度，其長×寬×厚為：（A）230×110×60mm（B）210×100×50mm（C）230×115×60mm（D）220×110×50mm（E）以上皆非。
- 3.（E）我國國家標準，規定一等磚的抗壓強度為：（A）70kgf/cm²以上（B）80kgf/cm²以上（C）90kgf/cm²以上（D）100kgf/cm²以上（E）150kgf/cm²以上。
- 4.（C）在規格較高的磚工中，磚的吸水量以不超過磚重的：（A）10%（B）12%（C）15%（D）19%（E）23%。
- 5.（D）砌磚前應先將磚浸水或澆水，使磚充分濕潤乃是為了：（A）省灰漿（B）易於施工（C）增加磚的體積（D）避免降低灰漿的強度（E）以上皆非。

6. (C) 清水磚牆砌造完成後隔一段相當時間，牆面上常發生白華（凝霜）現象，應用何種藥品消除？(A) 稀釋硫酸液 (B) 稀釋硝酸液 (C) 稀釋鹽酸液 (D) 稀釋醋酸液 (E) 稀釋穩潔液。
7. (C) 普通磚規格，其長×寬×厚為 $230\times 110\times 60\text{mm}$ ，今砌一面積為 10m^2 的1/2B磚牆，約需磚塊：(A) 350～450塊 (B) 550～650塊 (C) 650～750塊 (D) 800～900塊 (E) 1100～1300塊。
8. (D) 磚構造物下述何者為正確？(A) 磚可用在拉力構材 (B) 耐震性良好 (C) 製磚材料不易得到故價昂 (D) 耐久且抗風化力強 (E) 磚牆只能用於非承重牆。
9. (A) 今以台灣所產紅磚尺寸為 $23\times 11\times 6\text{cm}$ ，設橫縫 8mm ，豎縫 10mm ，現砌1/2B之磚牆，若不計損耗，則每 m^2 面積需要磚塊數為 (A) 62塊 (B) 65塊 (C) 67塊 (D) 70塊 (E) 130塊。
10. (E) 砌磚前磚塊在下列何種情況下最為合適：(A) 磚塊事先不必作任何處理 (B) 隨砌隨澆水 (C) 充分吸水，表面有溢水時 (D) 洗淨磚面即可 (E) 洗淨磚面，充分吸水，但無表面水時。
11. (C) 砌1B紅磚牆高 3m 長 5m 約須紅磚幾塊？(A) 1000塊 (B) 1500塊 (C) 2000塊 (D) 2500塊 (E) 3000塊。
12. (A) 製坯時尺寸 (A)較成品尺寸大 (B)較成品尺寸小 (C)與成品尺寸同 (D)與成品尺寸無關 (E) 以上皆非。
13. (B) 二等磚之尺寸許可差 (A) $\leq 1.5\%$ (B) $\leq 2\%$ (C) $\leq 3\%$ (D) $\leq 4\%$ (E) $\leq 10\%$ 。
14. (A) 適於陶瓷器製造者為 (A) 磁土 (B) 耐火黏土 (C) 砂質黏土 (D) 砂土 (E) 泥炭土。
15. (C) 適合製造普通磚之原料為 (A) 磁土 (B) 耐火黏土 (C) 砂質黏土。
16. (D) 門窗之拱磚、圓柱磚、弧形建築物，宜用 (A) 多孔磚 (B) 空心磚 (C) 釉磚 (D) 異形磚 (E) 鋼筋磚。
17. (D) 最節省燃料的磚窯是 (A) 上通氣窯 (B) 下通氣窯 (C) 八卦窯 (D) 隧道窯 (E) 霍夫曼窯。
18. (D) 磚瓦之大量生產，最適宜 (A) 上通氣窯 (B) 下通氣窯 (C) 八卦窯 (D) 隧道窯 (E) 旋轉窯。

19. (B) 建築技術規則規定磚之單位體積重為為每 m^3 (A) 1,800kg (B) 1,900kg (C) 2,000kg (D) 2,300kg (E) 2,400kg。
20. (B) 1/2B清水磚牆，其橫面磚塊尺寸相當於 (A) 一丁掛 (B) 二丁掛 (C) 三丁掛 (D) 四丁掛 (E) 小口磚。
21. (D) 黏土對於製模關係方面最特殊之性質是 (A) 收縮性 (B) 可熔性 (C) 膨脹性 (D) 塑性 (E) 耐久性。
22. (A) 黏土顆粒完全熔融，稱為何種狀態？(A) 玻璃化 (B) 熔融軟化 (C) 初期熔融 (D) 水化 (E) 硬化。
23. (C) 如右圖之磚是 (A) 七五大截角 (B) 七五小截角 (C) 大截角 (D) 小截角 (E) 以上皆非。
24. (A) 外牆貼馬賽克，高10m,長5m，需馬賽克幾才？(A) 550才 (B) 650才 (C) 750才 (D) 850才 (E) 950才。
25. (C) 外牆貼二丁掛瓷磚，每 m^2 需瓷磚幾塊？(A) 11塊 (B) 36塊 (C) 65塊 (D) 81塊 (E) 144塊。
26. (E) 黏土加熱而引起表面熔融之難易性，稱為 (A) 塑性 (B) 收縮性 (C) 膨脹性 (D) 體積穩定性 (E) 可熔性。
27. (D) 山格錐用以測定黏土之 (A) 塑性 (B) 收縮性 (C) 韌度 (D) 熔融度 (E) 硬度。
28. (A) 黏土之粒徑，依土壤力學之定義，為介於 (A) 0.001~0.005mm (B) 0.01~0.05mm (C) 0.1~0.5mm (D) 0.05~0.1mm (E) 0.5~1mm之間。
29. (B) 在鋪貼瓷磚以前，先以1:3水泥砂漿打底層，再在底層砂漿上塗抹佈膠再鋪貼面磚，這種施工方法是屬於：(A) 底貼法 (B) 硬貼法（平壓鋪貼法）(C) 軟貼法（直接鋪貼法）(D) 網仔目 (E) 預貼工法。
30. (D) 下列有關面磚之敘述，何者為錯誤？(A) 二丁掛瓷磚尺寸為 $23 \times 6\text{cm}$ (B) 馬賽克每一尺見方為一片，叫一才 (C) 軟貼法施工較費工、費時 (D) 硬貼法施工目前較不常用 (E) 外牆貼馬賽克每坪約需用36才。



31. (C) 在貼瓷磚前打底用之水泥砂漿，其配合比例通常為 (A) 一份水泥一份細砂 (B) 一份水泥二份細砂 (C) 一份水泥三份細砂 (D) 二份水泥四份細砂。
32. (A) 依中國國家標準CNS382之規定，進行磚吸水率試驗，普通磚經吸水後之重量為3340g，乾燥後之重量為3036g，其吸水率為：(A) 10% (B) 9% (C) 1% (D) 0.1% (E) 0.01%。
33. (D) 有關截角磚的敘述如下：①七五磚、半磚、對開磚三者中，以七五磚體積最大②半磚之體積為半條磚之1/2③對開磚與半條磚的體積相等。以上敘述正確者為：(A) ①②③ (B) ①② (C) ②③ (D) ①③ (E) ①。
34. (C) 一丁掛之尺寸為 (A) 23cm×6cm (B) 11cm×6cm (C) 23cm×3cm (D) 11cm×3cm (E) 6cm×3cm。
35. (C) 砌磚前，磚塊在何種情況下施工最適當？(A) 烘乾狀態 (B) 氣乾狀態 (C) 充分吸水表面乾燥 (D) 溢水狀態 (E) 熔融狀態。
36. (C) 設兩柱柱心間距330cm，兩柱斷面尺寸皆為30cm×30cm，樑底高為300cm，則在其間砌一道1/2B磚牆，依CNS標準所需之磚塊數約為：(A) 400 (B) 500 (C) 600 (D) 700 (E) 800塊。
37. (A) CNS規定建築用一等磚長與寬之公差不得超過：(A) 1.5% (B) 2% (C) 2.5% (D) 3% (E) 5%。
38. (D) 「羊羹」係指將整磚鑿切成下列何種形狀？
(A) 3/4 (B) 1/2 (C) 1/4 (D) 1/2 (E) 以上皆非。



39. (D) 正常狀況下，0.5B磚牆每平方公尺所需標準紅磚數量約：(A) 40 (B) 45 (C) 50 (D) 65塊 (E) 130塊。
40. (A) 五塊紅磚浸於水中24小時後擦乾其表面稱得平均重為3kg，烘乾至恆重後稱得其平均重為2.5kg，則此紅磚之吸水率為(A) 20 (B) 16.7 (C) 2 (D) 1.67 (E) 5%。
41. (C) 二丁掛的尺寸為 (A) 227×120mm (B) 227×80mm (C) 227×60mm



- (D) $227 \times 30\text{mm}$ (E) $110 \times 60\text{mm}$ 。
42. (C) 一外牆擬黏貼馬賽克，則每平方公尺需多少馬賽克？(A) 7 (B) 9 (C) 11 (D) 13 (E) 36 才。
43. (A) 黏貼瓷磚時，通常在水泥漿內加入何種材料，以加強其黏性？(A) 海菜粉 (B) 強力膠 (C) 爐渣 (D) 火山灰 (E) 石膏。
44. (B) 根據中華民國國家標準規定，普通磚為配合磚間的砌疊，磚之長度規定為寬的2倍加多少mm？(A) 5mm (B) 10mm (C) 15mm (D) 20mm (E) 25mm。
45. (A) 通常普通磚的製造應為下列那一種程序？(A) 粘土預備—製坯—乾燥—煅燒 (B) 製坯—粘土預備—煅燒—乾燥 (C) 粘土預備—乾燥—煅燒—製坯 (D) 煅燒—製坯—粘土預備—乾燥 (E) 以上皆非。
46. (B) 我國磚之品等分級中，若燒製良好，形狀整齊，稜角方正，吸水率在19%以下，抗壓強度在 100kgf/cm^2 以上者，為幾等磚？(A) 一等磚 (B) 二等磚 (C) 三等磚 (D) 四等磚 (E) 五等磚。
47. (B) 台灣地區磚之尺寸大小，若長為 230mm ，寬為 110mm ，則高為多少mm？(A) 70mm (B) 60mm (C) 80mm (D) 50mm (E) 40mm。
48. (B) 磚石構造之水泥砂漿，其配合比不得低於1:3且耐壓強度不得低於(A) 25kgf/cm^2 (B) 50kgf/cm^2 (C) 75kgf/cm^2 (D) 100kgf/cm^2 (E) 120kgf/cm^2 。
49. (B) 磚石構造本身之強度取決於：(A) 磚之品質 (B) 水泥砂漿之配合比 (C) 磚工與品質 (D) 品質與養護 (E) 磚之吸水率。
50. (B) 通常每塊紅磚之重量約為 (A) 1~2kg (B) 2~3kg (C) 3~4kg (D) 4~5kg (E) 5~6kg。
51. (D) 紅磚的頂面大小相當於何種瓷磚？(A) 一丁掛 (B) 二丁掛 (C) 四丁掛 (D) 小口瓷磚 (E) 三丁掛。
52. (B) 紅磚的順面大小相當於何種瓷磚？(A) 一丁掛 (B) 二丁掛 (C) 四丁掛 (D) 小口瓷磚 (E) 三丁掛。
53. (D) 防止磚構造物產生白華現象最根本的方法是 (A) 用稀硫酸刷洗 (B) 用稀鹽酸刷洗 (C) 塗上明礬水 (D) 選用優良品質的磚塊 (E) 用清水刷洗。

54. (B) 台灣鄉下閩南式三合院房屋屋頂常鋪設 (A) 琉璃瓦 (B) 紅瓦 (C) 文化瓦 (D) 西班牙瓦 (E) 水泥瓦。
55. (A) 日本木構造建築物屋頂常鋪設 (A) 文化瓦 (B) 琉璃瓦 (C) 紅瓦 (D) 西班牙瓦 (E) 石綿瓦。
56. (D) 中國傳統建築或現今廟宇之屋頂多鋪設 (A) 紅瓦 (B) 文化瓦 (C) 水泥瓦 (D) 筒板瓦 (E) 石綿瓦。
57. (D) 瓷磚之特性，下列何者為錯誤？(A) 抗熱性(B) 耐久性(C) 抗污性 (D) 韌性 (E) 耐磨損性。
58. (D) 原住民傳統石屋，其屋頂多鋪設 (A) 紅瓦 (B) 石綿瓦 (C) 筒板瓦 (D) 石板瓦 (E) 水泥瓦。
59. (A) 在台灣地區，全瓷化瓷磚之吸水率應在多少以下？(A) 1% (B) 2% (C) 5% (D) 10% (E) 15%。
60. (A) 下列何種瓷磚之吸水率最小？(A) 工業瓷 (B) 瓷質 (C) 石質 (D) 陶質 (E) 缸質。
61. (C) 下列何者不是浴廁地磚之性質？(A) 吸水率小 (B) 止滑性 (C) 大尺寸 (D) 耐磨性 (E) 抗壓強度。
62. (A) 燒成溫度最高的瓷磚是 (A) 全瓷化 (B) 半瓷化 (C) 陶化 (D) 半陶化 (E) 四者一樣高。
63. (A) 瓷磚玻璃化程度最重要的反應為 (A) 吸水率 (B) 耐久性 (C) 強度 (D) 比重 (E) 耐磨性。
64. (D) 下列何種材料應用於提高結構物耐震能力的補強工作最不具實質效果？(A) 混凝土 (B) 纖維複合材料 (FRP) (C) 鋼材料 (D) 瓷磚。
65. (B) 瓷磚建材中俗稱「二丁掛」者，依照日本規格其單片之寬度為：(A) 30公釐 (B) 60公釐 (C) 90公釐 (D) 120公釐。
66. (D) 若普通磚之孔隙率高，則下列何者亦會愈高？(A) 硬度 (B) 抗壓強度 (C) 耐凍融性 (D) 吸水率。
67. (C) 一奈米(nm)等於多少米？(A) 10^{-3}m (B) 10^{-6}m (C) 10^{-9}m (D) 10^9m 。
68. (A) 目前政府對「奈米材料」的定義，是指尺寸介於多少範圍之間的材料？(A) 1~100 nm (B) 1~100 μm (C) 10~100 nm (D) 10~100 μm 。

69. (B) 應用「奈米光觸媒」的技術在磁磚及陶瓷製品上，最主要的目的是 (A)增大強度 (B)抗菌防污防塵 (C)美觀 (D)增加耐久性。
70. (C) 奈米防污防塵磁磚的製造，主要是利用何者作為光觸媒？(A)二氧化矽(B)鎂合金 (C)二氧化鈦 (D)鎳鉻合金。
71. (C) 陶器與瓷器的分類方法，下列敘述何者不正確？(A)陶器坯體不透明 (B)陶器坯體斷面會吸水 (C)陶器不上釉，瓷器有上釉 (D)瓷器燒成溫度較高。
72. (D) 陶器與瓷器的分類方法，下列敘述何者不正確？(A)陶器質鬆且多孔 (B)瓷器質地緻密白嫩，呈半透明 (C)陶器敲擊聲音沉濁 (D)陶器坯體已達玻璃化。

三、問答題

1.黏土依其使用目的，如何分類？試說明之。

【答】黏土若依其使用目的又可分類如下：

- 1.磁土：亦稱陶土或高嶺土，屬於一次黏土；其矽土及礬土之含量在90%以上，為最純粹之黏土，多作為製造陶瓷器之原料。
- 2.耐火黏土：屬二次黏土，可耐1580℃以上之高溫，為製造耐火磚、爐襯之原料。
- 3.砂質黏土：係含多量細砂之黏土，若其黏土中磁土含量在10~50%之間者，稱為低級黏土，可作為製造普通磚及陶管之原料。

2.何謂黏土的可溶性？用何種方法測定？

【答】可溶性為黏土加熱後，熔融的難易度，又稱熔融度，為黏土之重要性質。測定黏土可溶性之方法，通常使用山格錐，山格錐是一種熔融高溫度計，於溫度600~2000℃之間分為59種。在測定材料之可溶性時，將三個相鄰號數之三角錐，與黏土製品一同放入窯內加熱，隨著溫度之升高，若其中有一錐尖彎曲而倒向台面時，該號錐相當之溫度，即為窯之溫度。

3.黏土的熔融狀態，可分為那三個階段？試說明之。

【答】黏土之熔融狀態，大致可分為下列三個階段：

1.初期熔融：

黏土顆粒互相附著之階段，稱為熔融狀態。在此狀態下之製品，粗糙而不精細，以刀刀刻之有條痕狀之損害。

2.玻璃化：

黏土顆粒完熔融，成為化合狀態，燒成為不吸水性之堅固成品，其外形不因外力而損壞。

3.黏滯性(熔融軟化)：

溫度過高，以致該製品不能保持原來形狀而成軟化狀態。

4.CNS將普通磚分為幾等？其規定為何？

【答】CNS382中，將普通磚按其品質分為二等；一等磚須燒製良好，形狀整齊，稜角正確，表面平整，色澤一致，無彎曲裂紋，砂眼等弊，而無顯著排泄雜物雜色，擊之發出金屬性清音，吸水率在15%以下，抗壓強度在 $150\text{kg} / \text{cm}^2$ 以上，尺寸之許可差不超過 $\pm 1.5\%$ 。而二等磚須燒製良好，形狀整齊，稜角方正，表面尚平，輕微之裂紋，或缺點甚少，吸水率在19%以下，抗壓強度在 $100\text{kg} / \text{cm}^2$ 以上，尺寸之許可差不超過 $\pm 2\%$ 。

5.磚構造物產生白華現象之原因為何？如何消除或防止？

【答】磚構造物砌築完成後，其表面常生白色結晶之斑點，有損外觀，稱為白華，又稱白花或滲斑。這是因為存在於磚內部或水泥砂漿所含的硫酸鈣、硫酸鉀及碳酸鉀等無機鹽類，經雨水滲透溶化而浮出牆面，經日曬水份蒸發後，形成白粉狀的風化物而殘留於牆面。消除白華的方法如下：

1.以清水刷洗牆面數次，即可清除大部分因鹽酸鉀、碳酸鉀或氯化鉀等形成的白華。

2.以肥皂水、明礬水等塗刷牆面，可使牆面具有相當之防水性，以防止水份的滲透侵蝕。

3.白華中以硫酸鈣居多，且最難清除，一般採用鹽酸稀釋液試刷，再以清水沖可獲致良好效果。

以上各種方法，雖能暫時消除白華現象，但日後磚構造物再經雨水滲透，白華現象依舊發生；因此，根本之對策，乃是選擇品質優良的磚；或是在構造物施工時，儘量採取防水施工法，使磚構造物具有不透水性，才是治本之道。

6.常見之黏土瓦有那幾種？試簡述其用途及特徵。

【答】常見之黏土瓦依其形狀及使用地區不同，主要有紅瓦、文化瓦、筒板瓦及西班牙瓦等，茲分述如下：

- 1.紅瓦：又稱薄瓦，為台灣較老住宅所常見，現今鄉村仍有為數不少建築物使用紅瓦屋頂。
- 2.文化瓦：又稱日本瓦，為日本木構造建築物所常用。有紅色、黑色，最近則有琉璃瓦式之產品。
- 3.筒板瓦：又稱中國瓦或琉璃瓦，為中國傳統式建築或現今之廟宇建築所常用，顏色有紅、黃、綠、藍等多種，係以半圓形筒瓦和弧形之板瓦鋪蓋而成。屋頂並有多種附屬瓦件，如簷口之筒瓦頭、滴水瓦、屋脊瓦、勾頭、正吻、仙人及走獸等。
- 4.西班牙瓦：形狀與中國瓦相似，亦是以筒瓦、板瓦之方式組合極成，尺寸則稍有不同，其屋頂之附屬瓦片則不若中國瓦之多樣且富於變化。

7.瓷磚依其瓷化程度可分為那五種？試分別列出其吸水率。

【答】瓷磚依其瓷化程度可分成陶質、缸質、石質、瓷質及工業瓷五種，其吸水率如下表所示：

材料	瓷化程度	吸水率
陶質	未瓷化	15%以上
缸質	半瓷化	6～15%
石質	半瓷化～全瓷化	1～6%
瓷質	全瓷化	1%以下
工業瓷	全瓷化	0.5%以下

8.試述瓷磚鋪貼的軟底、硬底工法？並比較其優缺點。

【答】1.硬底工法：又稱平壓鋪貼法。其施工方法係先以1：3水泥砂漿在
施工面上作底層粉刷，表面並作刮糙（刷毛）處理，以增加附著
力。於砂漿硬化後，再以純水泥漿加海菜粉為黏劑黏貼，較大
塊之瓷磚則須填加樹脂。硬底工法之優點在施工快速，瓷磚與素
地間平滿；但缺點則為瓷磚必須隨素地黏貼，無法校正素地之缺
點，而且因使用之黏劑厚度較薄，附著力較差，瓷磚容易形成
「膨管」現象（瓷磚與素地間有空氣存在），甚至脫落。硬底工法較
適合於牆面瓷磚之黏貼，至於地則較適合小塊瓷磚之黏貼。

2.軟底工法：又稱漿砌工法或直接鋪貼工法。其施工方式係不必作底
層粉刷，而直接以1：3或1：2水泥砂漿將瓷磚鋪貼。軟底工法之優
點在於可固定較大面積之瓷磚，且稜角線條可隨水線調整以彌補素
地不平或其他缺憾，施工面較美觀，且因作為黏劑之水泥砂漿厚度
較大，因此較堅固，瓷磚不易脫落。其缺點則為較費工費時，而且
鋪貼牆面時灰漿常無法填滿而造成空隙，容易滲水或躲藏螞蟻、蟑
螂等昆蟲，較不衛生。因此軟底工法較不適合於牆面瓷磚之鋪貼，
但對於地坪鋪貼大塊瓷磚時，則頗為適合。

9.試述瓷磚鋪貼的預貼工法。

【答】預貼工法係為配合高層鋼骨構造建築物外牆施工而設。其施工方法
係先將瓷磚鋪貼於地面之模板上，瓷磚正面朝下，組合鋼筋後，直
接澆置混凝土，拆模後就形成預鑄混凝土帷幕牆，再以吊裝機械吊
裝於鋼骨結構之外牆即可。

第四章 石材

立即評量

1. (B) 安山岩依成因而言，是一種 (A) 火成岩 (深成岩) (B) 火成岩 (噴出岩) (C) 水成岩 (D) 變質岩。
2. (C) 下列何種岩石係黏土質，且具有“層狀”之組織？ (A) 石灰岩 (B) 大理石 (C) 頁岩 (D) 砂岩。
3. (A) 下列何種岩石硬度大、耐火性高，具有美麗的柱狀節理，澎湖縣之桶盤島產量頗豐？ (A) 玄武岩 (B) 花崗岩 (C) 安山岩 (D) 黏板岩。
4. (D) 石英岩是由何種岩石所變質而成？ (A) 花崗岩 (B) 石灰岩 (C) 頁岩 (D) 砂岩。
5. (B) 大理石是由何種岩石所變質而成？ (A) 花崗岩 (B) 石灰岩 (C) 頁岩 (D) 砂岩。
6. (A) 片麻岩是由何種岩石所變質而成？ (A) 花崗岩 (B) 石灰岩 (C) 頁岩 (D) 砂岩。
7. (C) 黏板岩是由何種岩石所變質而成？ (A) 花崗岩 (B) 石灰岩 (C) 頁岩 (D) 砂岩。
8. (B) 質地細緻，紋理優美，多呈墨綠色、暗綠色，磨光後非常適合室內裝飾之用，為台灣花蓮地區所盛產，是指： (A) 大理石 (B) 蛇紋石 (C) 花崗岩 (D) 黏板岩。
9. (C) 如以摩式硬度比較，鑽石的摩式硬度為 (A) 1000 (B) 100 (C) 10 (D) 1。
10. (D) 石材的摩式硬度介於 (A) 3~5 (B) 4~6 (C) 6~8 (D) 5~7。
11. (B) 造成石材風化破壞的主要原因是： (A) 石材受熱膨脹不均勻 (B) 石材遇熱會膨脹，冷卻後不會恢復原狀 (C) 石材比重太大 (D) 石材中含有雜質。

12. (C) 世界上最普遍被採用為雕像石材者為：(A) 花崗岩 (B) 大理石 (C) 石灰岩 (D) 砂岩。
13. (A) 下列何種岩石產量豐富，為台灣地區各工地現場普遍使用之優良混凝土粒料？(A) 砂岩 (B) 石灰岩 (C) 頁岩 (D) 花崗岩。

習題

一、選擇題

1. (B) 最古老的石造建築物為 (A) 萬里長城 (B) 金字塔 (C) 羅浮宮 (D) 歌德式教堂 (E) 希臘神廟。
2. (E) 石材適用的場合為 (A) 建築物 (B) 橋樑 (C) 雕像 (D) 傢具 (E) 以上皆是。
3. (C) 花崗石類較不適合用在何種場合？(A) 戶外地坪 (B) 室內地坪 (C) 刻工細微的雕像 (D) 斧鑿痕重的雕像 (E) 室外壁材。
4. (A) 大理石類較不適合用在何種場合？(A) 戶外地坪 (B) 室內壁材 (C) 刻工細微的雕像 (D) 浴廁地坪 (E) 浴室壁材。
5. (C) 請判斷下列何者不是花崗石類石材？(A) 南非黑 (B) 印度黑金 (C) 木紋石 (D) 黑珍珠 (E) 蒙地卡羅。
6. (D) 請判斷下列何者不是大理石類石材？(A) 蛇紋石 (B) 粉蝶石 (C) 西班牙紅 (D) 香檳鑽 (E) 金峰石。
7. (D) 有關抗壓強度的敘述，何者為誤？(A) 單位為 kg/cm^2 (B) 花崗石類的抗壓強度較高 (C) 抗壓強度較低的石材可能是大理石類 (D) 石材的抗壓強度與抗拉強度相等。
8. (C) 孔隙率大的石材，下列敘述何者為誤？(A) 比重較小 (B) 抗壓強度較低 (C) 較不易產生風化作用 (D) 較不耐酸性侵蝕。
9. (D) 要採用大理石雕花欄杆，應向何種單位洽購最為直接？(A) 採石場 (B) 第一加工廠 (C) 第二加工廠 (D) 異形加工廠 (E) 水刀加工廠。
10. (E) 飯店門廳地坪要採用多顏色，多花樣之石材地坪，應向何種單位洽購最為直接？(A) 採石場 (B) 第一加工廠 (C) 第二加工廠 (D) 異形加工廠 (E) 水刀加工廠。
11. (B) 下列敘述何者錯誤？(A) 石材之孔隙率愈高，其吸水率愈高 (B) 石材之吸水率愈高，其抗凍性愈大 (C) 工程上應選用吸水率較低者 (D) 以上皆是。
12. (D) 大理石不適宜作為室外裝修用材，主要是因為何種缺陷？(A) 強度不足 (B) 耐火性差 (C) 吸水率大 (D) 耐久性差 (E) 色澤不美麗。

13. (E) 石材於高溫下會產生破壞是因為 (A) 石材為熱之良導體 (B) 高溫時石材易成熔融狀態 (C) 石材孔隙會吸熱 (D) 石材組織太細緻 (E) 石材受熱膨脹不均。
14. (C) 建築石材的耐久性，係依據其抵抗何種作用的能力而定？(A) 強度 (B) 比重 (C) 風化 (D) 吸水率 (E) 膨脹率。
15. (A) 有一石材，長100cm，寬40cm，厚10cm，則該石材是屬於 (A) 板石 (B) 塊石 (C) 楔形石 (D) 粗琢石。
16. (B) 石材12cm×15cm×90cm，則該石材為 (A) 板石 (B) 角石 (C) 楔形石 (D) 粗琢石。
17. (B) 所謂塊石1才，為 (A) 1平方尺 (B) 1立方尺 (C) 10尺×1寸×1寸 (D) 1尺×1寸×1寸 (E) 6尺×6尺。
18. (B) 塊石1m³=？才 (A) 360 (B) 36 (C) 11 (D) 100 才。
19. (A) 板石1m²=？才 (A) 11 (B) 36 (C) 10 (D) 100 才。
20. (B) 石材5塊，尺寸各為60cm×90cm×150cm，則材積為若干？ (A) 30才 (B) 150才 (C) 300才 (D) 1500才。
21. (A) 厚度1.5cm之板石20塊，每塊長60cm，寬45cm，則全部材積為若干？(A) 60才 (B) 90才 (C) 180才 (D) 270才。
22. (C) 下列四種石材，那一種之耐久性最佳？(A)大理石 (B) 石灰岩 (C) 花崗岩 (D) 砂岩。
23. (C) 下列何種岩石是黏土質？(A)砂 (B)大理石 (C)頁岩 (D)花崗岩。
24. (B) 下列何種岩石是石灰質？(A)砂 (B)大理石 (C)頁岩 (D)花崗岩。
25. (A) 由火山灰或火山砂等堆積而凝固者是 (A) 凝灰岩 (B) 石灰岩 (C) 砂岩 (D) 頁岩 (E) 板岩。
26. (E) 石灰岩的變質岩為 (A) 花崗岩 (B) 玄武岩 (C) 安山岩 (D) 正長岩 (E) 大理石。
27. (B) 岩石經造山運動的擠壓或受地心熱力的侵入，使岩石重行組織而改變者，謂之 (A) 火成岩 (B) 變質岩 (C) 水成岩 (D) 沈積岩。
28. (B) 下列何者為變質岩？(A) 玄武岩 (B) 石英岩 (C) 白雲石 (D) 石灰岩。
29. (B) 大理石屬於： (A) 沈積岩 (B) 變質岩 (C) 火成岩 (D) 水成岩。

30. (B) 花崗石是屬於：(A) 變質岩 (B) 火成岩 (C) 水成岩 (D) 沈積岩。
31. (A) 依岩石的成因來區分，下列何者不屬於火成岩 (A) 大理石 (B) 花崗岩 (C) 輝長岩 (D) 安山岩 (E) 玄武岩。
32. (D) 原住民用板岩構築房屋，板岩屬於 (A) 沈積岩 (B) 火成岩 (C) 水成岩 (D) 變質岩。
33. (A) 下列何者為酸性深成岩，係岩漿於地下深處，慢慢冷卻而生成，其結晶顆粒較粗，而質地堅固？(A) 花崗岩 (B) 輝長岩 (C) 安山岩 (D) 玄武岩。
34. (A) 水成岩中，因黏土凝固不完全，所形成板狀組織，易成薄層且容易剝離者，稱為 (A) 頁岩 (B) 粘板岩 (C) 片岩 (D) 粘片岩。
35. (A) 由岩漿直接形成之岩石，稱為 (A) 火成岩 (B) 水成岩 (C) 變質岩 (D) 碎屑岩。
36. (B) 厚度小於15cm，且寬度為厚度的三倍以上，並有一定長度的石材，稱為 (A) 塊石 (B) 板石 (C) 楔形石 (D) 粗琢石。
37. (A) 下列何者屬於火成岩？(A) 玄武岩 (B) 石灰岩 (C) 砂岩 (D) 大理石。
38. (A) 下列何者屬於水成岩？(A) 石灰岩 (B) 花崗岩 (C) 安山岩 (D) 大理石。
39. (A) 作為混凝土粒料最優良的石材是 (A) 石英岩 (B) 石灰岩 (C) 花崗岩 (D) 黏板岩。
40. (A) 寬度小於3倍厚度，且有一定長度者，稱為 (A) 塊石 (B) 板石 (C) 楔形石 (D) 粗琢石 (E) 以上皆非。
41. (D) 下列何種石材有較佳的耐火性？(A) 花崗岩 (B) 大理石 (C) 片麻岩 (D) 石英岩。
42. (C) 下列何者為最原始的岩石？(A) 大理石 (B) 石灰岩 (C) 花崗岩 (D) 頁岩 (E) 砂岩。
43. (D) 原住民房屋，鋪設屋頂的石材是 (A) 花崗岩 (B) 大理石 (C) 砂岩 (D) 黏板岩。
44. (C) 在現代建築中，石材較不適合作為何種材料使用？(A) 石雕 (B) 地板鋪設 (C) 柱樑主體構件 (D) 鋪貼帷幕牆。
45. (A) 下列何種岩石，最常用來作為製成水泥之原料？(A) 石灰岩 (B)

石英岩 (C) 玄武岩 (D) 花崗岩。

二、問答題

1.試述石材之優點與缺點。

- 【答】1.優點：石材容易取得，具備高抗壓強度，耐磨損、耐久、不燃，具備美麗的外觀，可運用在不同的場合。
- 2.缺點：脆性、抗拉、抗彎強度差，自重過大，不適宜作為構架用。

2.簡述火成岩、沈積岩（水成岩）及變質岩之成因。

【答】1.火成岩：

熔融狀的岩漿經由地殼變化而移動至地殼冷卻、凝固作用而成。如岩漿處於高層較深處，經高壓長時間冷卻而成，即成為火成岩中之深成岩。如岩漿處於地表裂縫處，經噴出迅速凝結而成則為火成岩中之噴出岩。

2.沉積岩(水成岩)：

岩石經由破壞、風蝕或分解與火山灰、有機物等經由風或水的搬運被帶至較低處，形成沉積物，經長時間的壓力、凝結作用而成。

3.變質岩：

火成岩或沉積岩受地殼變動或地熱或其他自然力的影響，原先的組織或礦物產生變化便形成另一種岩石者稱之。

3.試述石材之花崗石類與大理石類的差別？

- 【答】花崗石類泛指火成岩如花崗、安山、玄武岩等，使用在建築物外牆、地坪，質地堅硬、紋理均勻細密、耐磨耗性佳，然雕琢困難，無法作精細的線腳處理。大理石類泛指變質岩類之大理、蛇紋、玉石及沉積岩之石灰等，使用在建築物的內牆、較少踩踏的地坪，質地較軟易因大量的踩踏使表面產生割痕失去光澤，其紋理變化豐富、色澤柔美，有時具有如木紋、如雲霧、如峰巒的外觀，美學上

提供相當揮灑的可能，因其較柔軟，雕琢較易，建築上的線腳、雕刻或雕像採用者多。

4.試述石材表面處理之種類與說明？

【答】表面斬琢而成之粗糙面，業界稱為燒面；表面經由金鋼砂磨琢而成，稱為光面或鏡面。燒面與光面的搭配在建築物的外牆與地坪使用頗多，唯常見於花崗石類，大理石類較少運用燒面處理。

5.何謂石材的韌性、孔隙率？

【答】1.韌性：

指石材之破壞強度與硬度不同。花崗石類的硬度高、抗壓強度亦高，破壞其表面所需的力量需相當大，其改變的表面狀況不易控制，此為硬度高、韌性低的原因使然。反觀大理石類的硬度低、韌性卻高，破壞其表面所需力量相對較少，改變的表面狀況較易受控制。硬度高、韌性低的花崗石表面僅能以斬琢加工，硬度低、韌性高的大理石卻能雕刻琢磨成維納斯像身上栩栩如生的肌膚與衣服皺摺。

2.孔隙率：

孔隙率為石材內總空隙體積與其漲體積之比。孔隙率的高低影響石材的強度、吸水性與收縮膨脹的程度。

6.試述石材風化破壞的原因？

【答】石材遇熱會膨脹，與其他物質相似，但是石材遇冷後收縮卻保留膨脹時的0.02%~0.045%永久性膨脹，此即為石材造成風化破壞的原因。

7.試述石材工廠的種類？及其作業的特性？

【答】1.採石場：

礦山附近設置採石場，業者於採石場將石礦割成適合卡車運搬的



尺寸，稍大於 $1.5\text{m} \times 2.8\text{m} \times 1.2\text{m}$ 的尺寸，稱為原石。

2. (俗稱“大剖廠”)

第一加工廠內的吊車將原石吊運、切割成方整的石塊再運至拉鋸平台，同時鋸出數十片石板，如以 $1.5\text{m} \times 2.8\text{m} \times 1.2\text{m}$ 石塊，拉鋸成50片 $2\text{m} \times 150\text{m} \times 280\text{m}$ 的石板。

石板再經水洗研磨成光滑石板，經篩選準備運送第二加工廠。

3. 第二加工廠：

營造廠統計所有工地現場須使用的尺寸與數量，至第二加工廠選石、訂貨，第二加工廠即根據訂單裁切成相同或不同的尺寸，如：第一加工廠運來的 $2\text{m} \times 150\text{m} \times 280\text{m}$ 的石板可裁成8塊 $2\text{m} \times 60\text{m} \times 60\text{m}$ 及其他的零料。

依尺寸裁切好的石板再依要求磨光、磨邊或燒面處理，加工完畢運進這築工地施工。裁切剩餘的零料可作成門檻、踢腳等用途。

4. 異形加工廠：

石材可切割成不同的形狀，因應特殊的需求，如包圓柱、轉角收邊、造型扶手…等。

5. 水刀加工廠：

不同顏色、紋理的石材可以拼貼成美麗的圖案，美麗的圖案由瑣細的形狀組成，其接合面必須絕對正確，就有賴水刀的切割成形，再拼貼而成。

8. 試述常用石材的規格種類？

【答】1. 板石：厚度小於 15cm ，且寬度為厚度之3倍以上，並有一定之長度者，稱為板石。

2. 塊石：寬度小於3倍厚度，且具有一定長度者，亦稱為角石。

3. 楔形石：石面略近於方形，沿長方向石面逐漸縮小，垂直於石面的長度為石面邊長的1.5倍以上，又稱為間知石。

9. 試述板石、塊石、楔形石的定義與使用場合？

【答】1. 板石：

使用在貼石工法的牆面或地坪，面積在 $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ 以內範圍的厚度約為 1.5cm 厚，面積大於 $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ 甚至擴大到 $90\text{cm} \times 90\text{cm}$ 範圍的厚度約為 1.8cm 厚。

2.塊石：

使用在砌石工法，在古代建築中，塊石乃作為房屋結構的主體；在新建築工法中，塊石的功用式微，不再擔任結構的重任，而較多利用於裝修的層次，尤以景園建築利用率高。

3.楔形石：

使用的場合為戶外地坪鋪面，配合粗砂的擠壓、磨擦作用，將一塊塊楔形石打入地面的砂土中，並用輕型夯實機夯實，完成的表面除具有典雅美麗的外觀外，尚可承受大型車輛輾壓、雨水透水性良好、地下管線維修容易等許多優點。

10.試述石材的材積單位？

【答】石材採用的單位有兩種，一種是立方公尺(m^3)，一種是“才”（立方尺，一尺約30公分）。採用塊石時，討論連絡用的單位是 m^3 ，所用的“才”是立方尺；採用板石時，討論連絡用的是 m^2 ，所用的“才”卻是平方尺（ $1\text{尺} \times 1\text{尺}$ 或 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ ），此為吾人所需瞭解者。

11.試述石材的維護方法？

【答】因應石材的特性須特別注意下列破壞狀況與維護措施：

1.防止破裂：

搬運、施工過程中容易不慎碰裂，搬運前須用繩、木、布綑綁保護小心搬運。

2.防止刮傷：

施工中如有泥漿沾附，切勿用金屬片刮拭，須用木片或塑膠片刮除；施工後的石材地坪，如離完工交屋尚有時間差距，宜敷設瓦楞紙板保護表面免受其他施工人員踩踏刮傷。

3.防止受侵蝕：

孔隙率大的石材施工前應先塗樹脂保護膜，施工後表面應清潔打臘，並禁止用酸類清洗。

4.防止施工縫吐白

12.試述防止石材施工縫吐白的方法？

【答】防治原則就嚴防水份進入下工縫，最好的方法就是勾縫填滿樹脂或矽利康，或採用防水水泥砂漿黏結，或壁面石材作高低縫銜接。

13.石材受冰凍作用，為何會破裂？如何測定石材之抗凍性？

【答】水在4℃時體積為最小，石材之內部含有水份，受冰凍作用時，將使體積膨脹；解凍後，體積又收縮；至常溫時，體積復膨脹；如此反覆的膨脹收縮，導致石材破裂。測定石材的抗凍性，一般用冰凍試驗。