

材料施工、檢試驗及品質 管制程序及重點注意事項

課程大綱

一、前言

二、材料施工檢試驗相關規定及執行

三、材料品質管制程序

四、個案討論

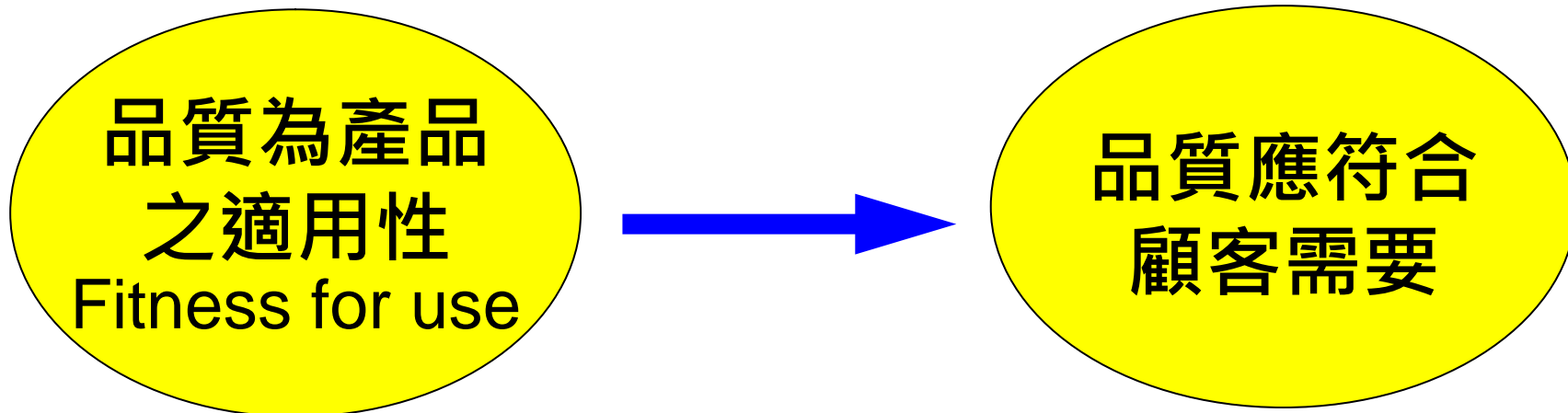
五、結語

一、前言

何謂品質？

裘蘭 J. M. Juran

現代的品質觀念
使用者導向



- ✓ 「顧客需要」經常是抽象的、不確定的、有個別差異的，要透過專業加以解析。
- ✓ 可採用品質機能展開技術(Quality Function Deployment, QFD)，探討「顧客需要」。

以路面為例

- **顧客需求**：含短期(完工時)及長期(使用一段時間後)
 1. **工作性**：容易拌和、運送、鋪築及滾壓。
 2. **平整度**：用路人最有感，含短期及長期平整度。
 3. **抗滑性(表面紋理)**：供車輛啟動、加速、轉彎及煞車等。
 4. **柔性**：受荷重不龜裂而能復原。
 5. **穩定性**：抵抗塑性變形。
 6. **抗疲勞性**：可承受重複輪重。
 7. **耐久性**：長期抵抗外力作用及氣候影響。
 8. **適當孔隙率**：減少空氣與水分滲入（排水AC及透水AC除外），又能容許瀝青受熱膨脹。
 9. **成本**：益本比最高。

品質屋 Quality House

相關性

相關程度

A：高度相關

B：中度相關

C：低度相關

：無相關

客戶需求	技術要求									
	路面結構設計	瀝青品質	粒料品質	瀝青含量	粒料級配	路面平整度	路面厚度	路面壓實度	養護	
工作性	3	8	7	5	8	5	2	7	1	
平整度	6	7	2	6	8	10	2	4	6	
抗滑性	3	3	3	3	9	4	2	2	6	
柔性	3	8	2	6	5	2	3	2	5	
穩定性	9	8	5	6	6	5	3	2	5	
抗疲勞性	9	9	3	7	4	6	8	8	5	
耐久性	9	9	3	8	4	6	8	8	8	
密緻性	1	2	3	3	9	3	2	2	3	
成本	10	6	2	8	3	2	8	8	8	

相關性

- 技術要求：為滿足路面顧客需求擬定技術要求
- 1. 路面結構設計：ESAL、材料性質、路基強度、環境。
- 2. 瀝青品質：材料品質。
- 3. 粒料品質：材料品質。
- 4. 瀝青含量：材料品質。
- 5. 粒料級配：材料品質。
- 6. 路面平整度：施工品質。
- 7. 路面厚度：施工品質。
- 8. 路面壓實度：施工品質。
- 9. 養護：使用管理。



- 工程全面品質管理 (TQM, Total Quality Management) 包括設計、材料、施工、驗收、維護五項管制

- 設計管制：工程契約文件（設計圖說等文件）清楚、明白、正確的表示品質規格或要求。
- 材料管制：使用正確之合格材料。
- 施工管制：使用正確施工方法達到品質目標。
- 驗收管制：驗證施工成果符合品質要求。

- **工程全面品質管理（續）**

- **維護管制**：有計畫的定期及非定期（汛期前、劇變後）**巡檢**，並經適當維護（保養、修復），使工程結構持續維持在要求水準。

- ✓ 在TQM活動中，經常需要辦理**材料品質檢試驗**，供作各種研判依據。

二、材料施工檢試驗相關規定及執行

- 工程品質始於設計（含**制度**設計及**工程**設計（**工程圖**及**施工規範**）），有好的工程圖說，才能期望有好的成果。
- 施工規範通常包括材料、機具、施工作業、品質檢驗、計量及計價等主要部分，本課程著重於**品質檢驗**部分。
- 老子：「**授人以魚，不如授人以漁**」。
提供品質規範？不如說明如何合理釐定品質規範。工程師縱使不參與制定規範，也要瞭解規範**原理**，才能正確應用。

• 施工規範之基本架構 (以工程會綱要規範為例)

通則

- 本章概要、工作範圍、相關章節、相關準則、資料送審

產品

- 材料(規格)、品質管理(材料檢驗及合格標準)

施工

- 準備工作(設備)、施工方法、檢驗(取樣頻率、試驗方法、合格標準)

計量計價

● 規範如何規定材料或施工品質

1. 材料規格：指定品質特性及規格界限值。

例：CNS 560規定鋼筋外觀應整齊，兩端切齊。不得有不利於使用之缺陷。（品質特性）

規定SD280之降伏強度為280~420N/mm²（規格界限值）

2. 檢驗時機：料源、進場後、施工停留點等。

3. 檢驗數量：

- 檢驗頻率：每若干量抽驗1件（國內營建界慣用，抽驗誤差不穩定）。

- 每批抽驗件數：每批材料抽驗n件（品管專業界常用，抽驗誤差穩定）。

● 規範如何規定材料或施工品質(續)

4. 檢驗方法：

- 標準方法：由專責單位制定，如CNS。
- 非標準方法：由需用者自訂，如公路總局3m直規路面平整度檢驗（無CNS，參考日本道路協會方法自訂）。

5. 檢驗結果之分析方法：統計分析。

6. 合格基準及研判方法：

7. 不合格之處理程序：

● 辦理工程材料檢試驗之時機與目的

研究發展

● **研究者**調查材料性能，如新材料研發。

工程設計

● **設計者**蒐集設計參數。

材料進場

● **施工者**自主品管、**監造者**驗證材料品質。

施工管制

● **施工者**施工控制、**監造者**驗證施工品質。

工程驗收

● **監造者**驗證工程品質。

維護管制

● **管理者**檢查結構狀況。

工程爭議

● **爭議雙方**確認實際狀況。

司法調查

● **司法機關**釐清案情，鑑定責任。

● 材料取樣送驗規定

➤ **工程會**「公共工程施工品質管理作業要點」第十三點 **規定**

(一) 廠商應依品質計畫，辦理相關材料設備之檢驗，由廠商自行取樣、送驗及判定檢驗結果；如涉及契約約定之檢驗，應由廠商會同監造單位取樣、送驗，並由廠商及監造單位依序判定檢驗結果，以作為估驗及驗收之依據。

品質管制(一級品管)

(二) 監造單位得於監造計畫明訂材料設備抽驗頻率，由監造單位會同廠商取樣、送驗，並由監造單位判定抽驗結果。

品質查證(二級品管)

執行檢試驗之單位

材料製造商

進料檢驗、製程管制及出廠檢驗

施工廠商

自主品管、施工控制（製程管制）

監造單位

驗收管制

第三者試驗室

- 政府機關：
- 學術團體：含學校、研究機構等
- 民間組織：工程顧問公司、技師事務所、獨立實驗室。

● 我國實驗室認證

➤ 執行單位：



財團法人全國認證基金會
Taiwan Accreditation Foundation



➤ 認證依據：

1. 管理標準：CNS 17025(ISO 17025)
[測試及校正實驗室能力一般要求]
2. 測試標準：CNS、ASTM、AASHTO等標準方法
或自訂方法(特殊情況)。

➤ 認證主要內容：

1. 管理制度：組織、文件、運作。
2. 設備：環境、儀器能量、維護、校正。
3. 技術能力：人員水準、操作技能、分析能力。

通過認證代表**有能力執行試驗**，是否確實執行必須仰賴職業道德與勇氣。

● TAF認可實驗室停權處置

➤ TAF 權利義務規章

- 1.警告** 例:未依據經本會認證之符合性評鑑標準、程序或規範執行符合性評鑑
- 2.暫時終止** 例:於認證範圍之能力或資源無法持續符合本會認證規定
- 3.減列** 例:無法展現維持特定認證範圍之能力
- 4.終止** 例:出具偽造或虛偽不實的資料
- 5.撤銷** 例:提供本會偽造或虛偽不實的資料，且情節重大者。

TAF 公共工程材料實驗室認證特定規範

1. **警告** 例:實驗室存在有無法交代**來源**之**不明**測試件
 2. **暫時終止三個月** 例:紀錄或試驗報告相關資訊未能與**攝影存檔**紀錄顯示情形一致
 3. **暫時終止六個月** 例:完全查無**原始紀錄**以茲佐證或原始紀錄不齊全不足佐證
 4. **終止** 例:**未執行測試**，卻出具試驗報告者，或已出具之試驗報告經查無試驗紀錄者。
- **限制申請**：於暫時終止期間或終止後三年內，不接受停權實驗室**主管** 報告**簽署人** 同一**地址場地** 實質上與停權者實驗室**同一實驗室者** 之申請

✓ TAF 停權實驗室：TAF網站/認證名錄/處置名錄

<https://www.taftw.org.tw/directory/disposal-list/punishable/>

● 規定須經TAF認證之檢驗項目

➤ 工程會「公共工程施工品質管理作業要點」第十二點 規定

十二、機關辦理新臺幣一百萬元以上工程，應於工程及委託監造招標文件內，分別訂定下列事項：

(一) **鋼筋、混凝土、瀝青混凝土**及其他適當檢驗或抽驗項目，應由符合**CNS 17025 (ISO/IEC 17025)**規定之實驗室辦理，並出具檢驗或抽驗報告。

(二) 前款檢驗或抽驗報告，應印有依**標準法授權**之實驗室認證機構之認可標誌。

自辦監造者，應比照前項規定辦理。

● 規定須經TAF認證之檢驗項目

➤ 94年11月10日工程管字第09400415500號函

7項

➤ 98年10月29日工程管字第09800480600號函

10項



● 17項 必須由認證實驗室辦理 (報告附認可標記)

水泥混凝土

- 圓柱抗壓、鑽心試體抗壓，粒料篩分析、比重吸水率，水泥壩料抗壓。

瀝青混凝土

- 級配、含油量、厚度、密度、壓實度。

土壤

- 夯實、工地密度。

金屬

- 鋼筋、鋼筋續接器。

CLSM

- 抗壓強度。

磚

- 高壓混凝土地磚、普通磚。

規定：實驗室遴選得由**機關指定**或由**機關審查核定**

• 除工程會規定17項外，機關須訂定實驗室選擇原則

• **公路總局委外試驗機構選擇原則**

1. 試驗項目經該類**檢驗主管機關**（如原委會—放射線檢驗，環保署—環境檢測，勞委會—勞安檢測）**認可**之試驗室。
2. **政府**機關所屬試驗室。
3. **學校**試驗室。
4. 財團法人全國認證基金會（**TAF**）認可實驗室（限於認證試驗項目並在有效期限內）。
5. **政府**機關或**學校捐助**之財團法人附設試驗室。
6. 目前有**承辦中央主管機構**（如經濟部標準檢驗局）試驗**業務**之試驗室。
7. 經報公路總局核准之**其他**試驗室。

• 常用試驗標準



CNS

- 中華民國國家標準



ASTM INTERNATIONAL

ASTM

- 美國材料試驗學會

CNS常參照



AASHTO

- 美國州公路及運輸員司協會



ISO

- 國際標準化組織

國內公共工程很少用

自訂試驗方法

- 如公路總局路面平整度、標線厚度等試驗

- **非強制性**標準，在2條件下產生效力：

1. **契約**規定
2. **法律**規定

標準法第四條 國家標準採**自願性**方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

政府採購法**第二十六條**：機關辦理**公告金額**以上之採購，應依功能或效益訂定招標文件。其有**國際標準**或**國家標準**者，應從其規定。

工程會解釋：國際標準指 ISO，國家標準指 **CNS**。

國際標準或國家標準未能符合機關採購需求
自行審查、**開會審查**、**委託審查**

(政府採購法第二十六條執行注意事項第6點)



試驗標準選用

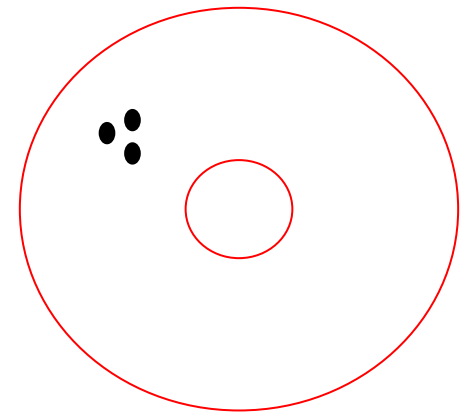
- 應依照**工程圖說**指定試驗方法
 - 同一試樣以**不同試驗方法**或在**不同條件下試驗**，常會**產生不同結果**，差異程度隨其敏感度而定。
 - ✓ **水泥混凝土**：抗壓強度在一般室溫下幾乎不受溫度影響，但受**含水狀態**影響很大。

註：試體乾燥時體積收縮且**鍵結力**增加，可承受較高之壓力。而水具潤滑作用且受力時將產生內部**孔隙壓力**，故潮濕試體之抗壓強度較乾燥試體**低**。
 - ✓ **瀝青混凝土**：力學性質受**溫度**影響很大。

註：溫度愈低，瀝青愈黏稠，黏度愈高。

試驗標準之基本架構

1. **適用範圍**：限定試驗標準之適用對象及用途。
2. **方法要義**：重點提示、限制條件等。
3. **名詞解釋**：
4. **儀器設備**：種類、容量、精度。
5. **試樣準備**：
6. **試驗步驟**：同一試驗標準可能包含
7. **記錄項目及有效位數**：數種方法
8. **計算方法**：
9. **報告項目**：
10. **精密度**（precision-重複試驗結果間之差異）與**偏差**（bias-試驗結果與正確值間之差異）。
11. **附錄**：分規定(強制要求)與參考(非強制要求)。



三、材料品質管制程序

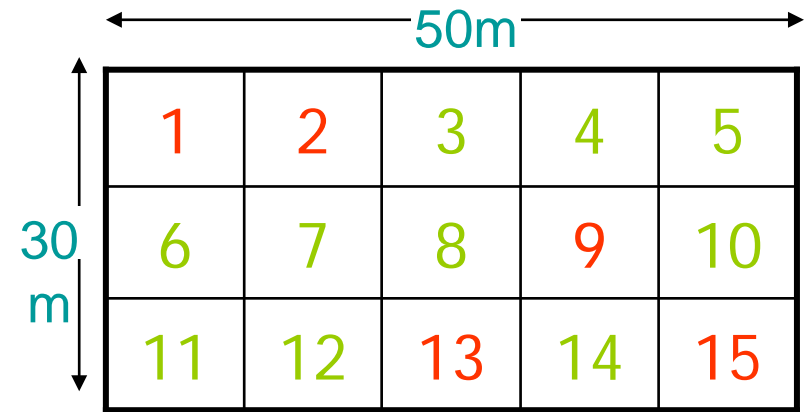
● 材料抽驗及檢試驗流程

1. 決定**取樣範圍**（**檢驗批量**）及**取樣件數**：
2. 選定**取樣位置**：取樣和試驗一樣重要。
 - **一般通用隨機抽樣**：以隨機方法選定客觀樣品
 - **簡單**隨機抽樣：由批量N件中隨機抽n件。
 - **分層**隨機抽樣：批量N件均分為n小批，每小批中隨機各抽1件。
 - **系統**抽樣： $N \div n = k$ ，由前k件中隨機抽1件，以後每k件抽1件。
 - **特殊情況採用立意抽樣**：以專業判斷選定代表性樣品。（如混凝土鑽心試驗位置之選定，選擇具代表性又對構造破壞最小處。）

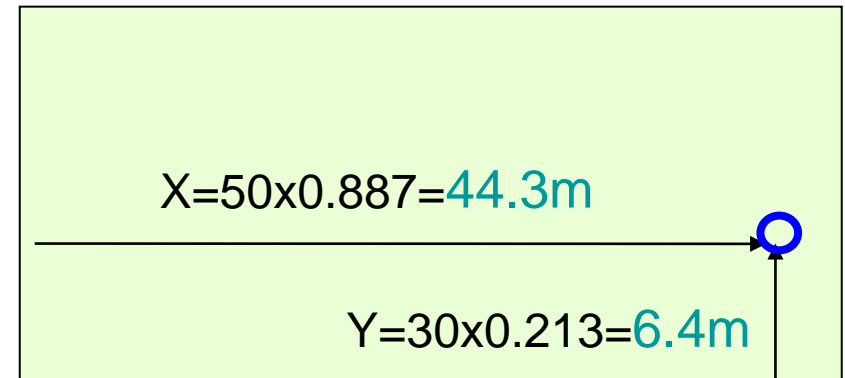
3. 採取樣品：
4. 送交試驗室：試驗室檢查樣品適用性（質）、點收樣品（量）。
5. 樣品處理：縮樣、鋸切、烘乾、濕治等。
6. 執行試驗：
7. 計算分析、撰寫試驗報告、報告審核、簽發試驗報告(直接送交委辦者)。
8. 主辦單位收取試驗報告、分析、研判及處理。

隨機抽樣步驟

- ✓ 確認抽樣範圍（檢驗批）。
- ✓ 將檢驗批按執行方便分割成適當樣品單位（sample unit），再予以編號。
散裝材料或平面等分割成樣本單位方法：
 - ① 依包裝或載具分割：
如 $320\text{m}^3/4\text{m}^3=80$ 車
 - ② 分格法
 - ③ 座標法
- ✓ 以隨機方法選取樣品。



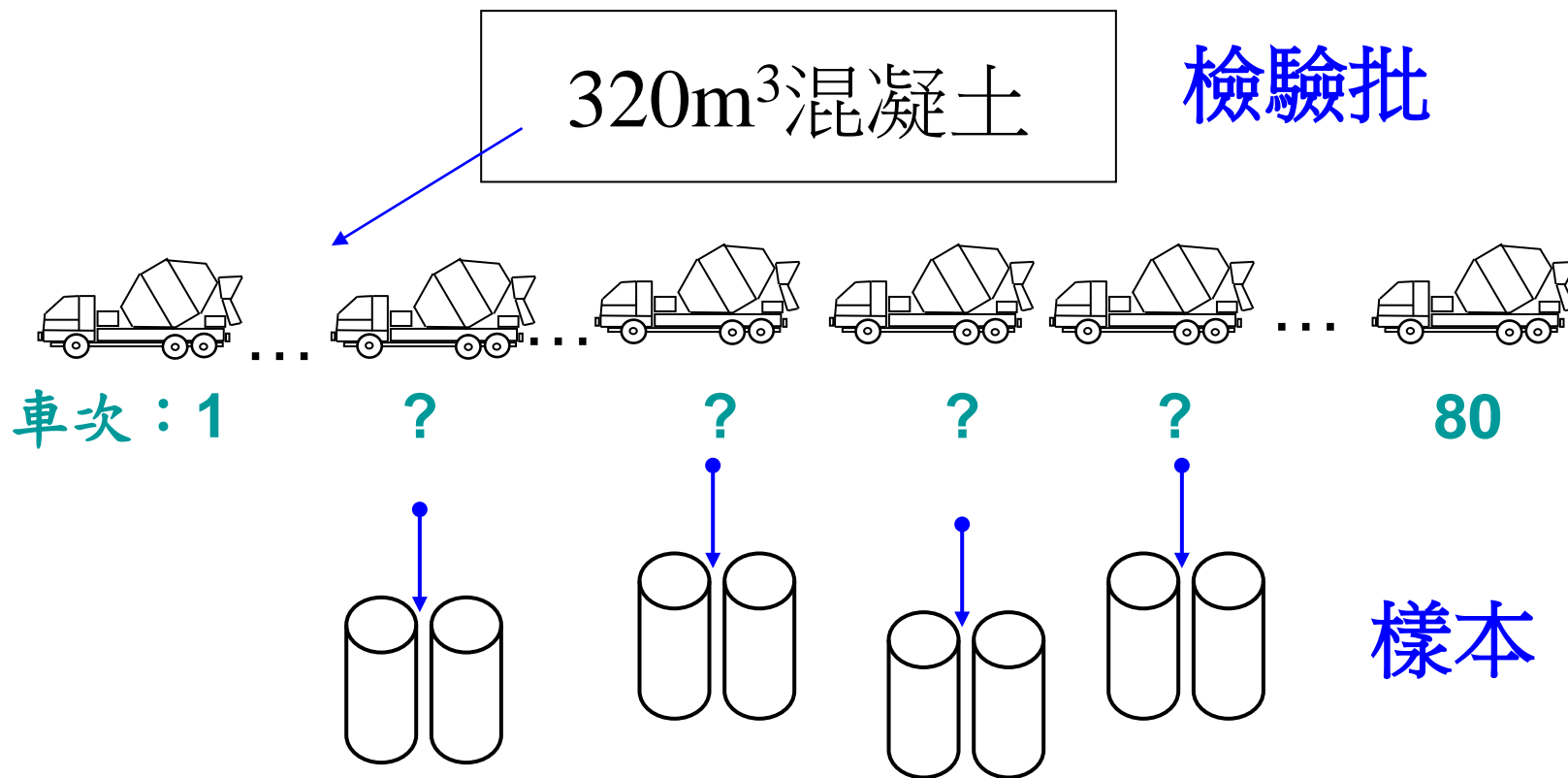
分格法



隨機數 = 0.887、0.213

座標法

混凝土抽樣案例 $320/100=3.2 \longrightarrow$ 抽驗 4 組試體

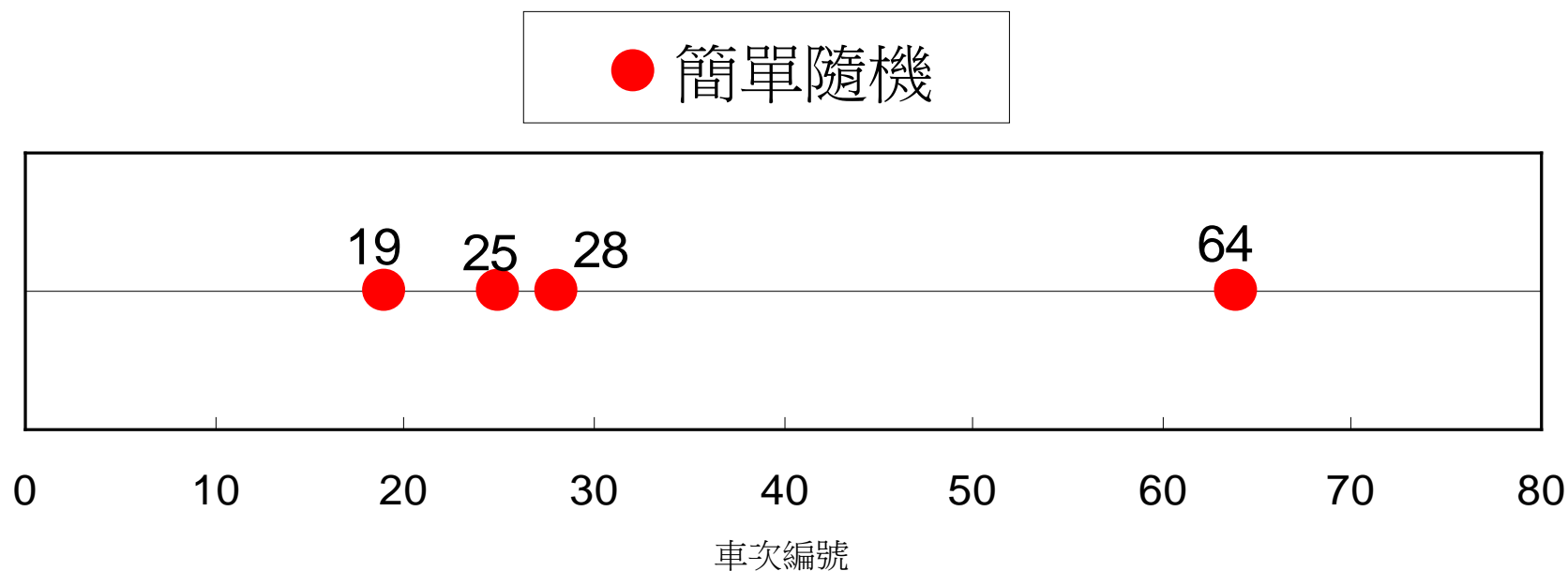


簡單隨機抽樣

4個隨機數：0.348 0.311 0.232 0.797

	(1)	(2)	(3)	(4)
No.	批量 (車)	隨機數	(1)×(2)	抽驗車次
1	80	0.348	27.8	28
2	80	0.311	24.8	25
3	80	0.232	18.5	19
4	80	0.797	63.7	64

- 簡單隨機抽樣為最基本方法
- 抽樣量大時作業稍有不便
- 有時抽樣位置會局部集中。



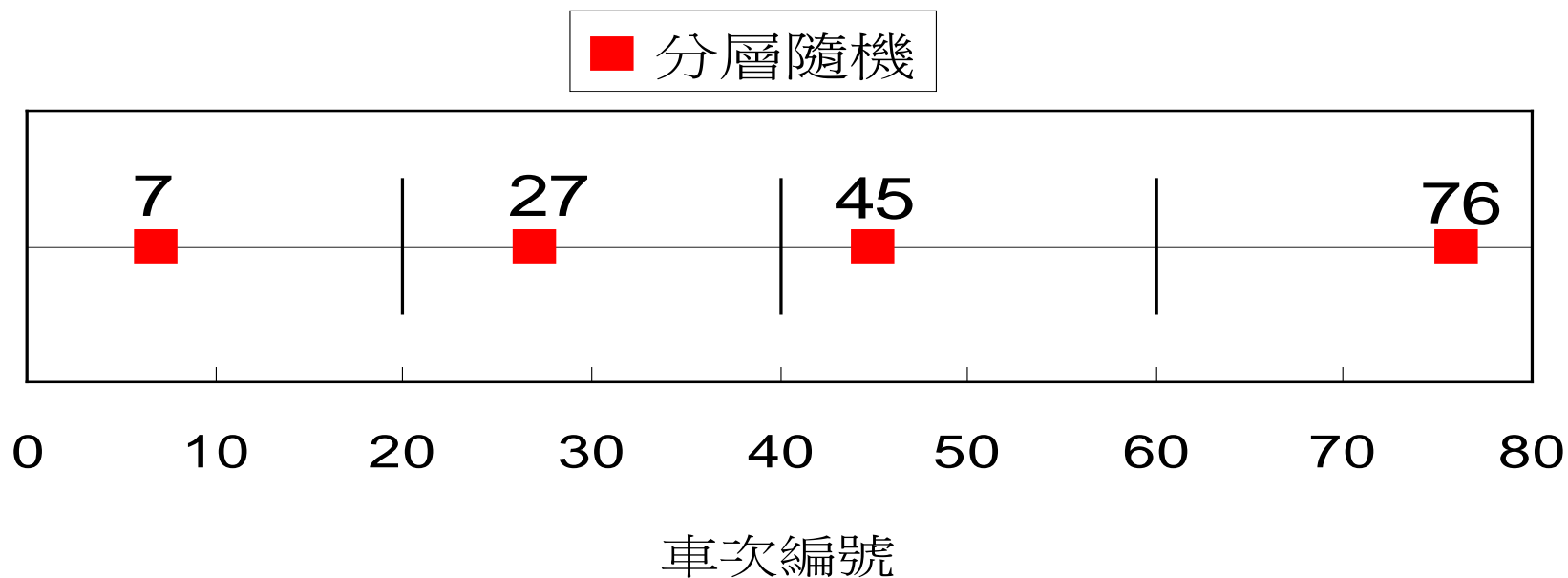
分層隨機抽樣

- 檢驗批均分為 4 小批： $80/4=20$ → 每小批 20 車
- 4 個隨機數：0.348 0.311 0.232 0.797

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
No.	小批量 (車)	隨機數	$= (1) \times (2)$	前小批 尾數	$= (3) + (4)$	抽驗車次
1	20	0.348	6.9	0	6.9	7
2	20	0.311	6.2	20	26.2	27
3	20	0.232	4.6	40	44.6	45
4	20	0.797	15.9	60	75.9	76

註：計算至小數第1位，採無條件進位至整數。

- 分層隨機抽樣法可確保樣本分散到各層，容易被接受。
- 抽樣量不多時最宜採用。

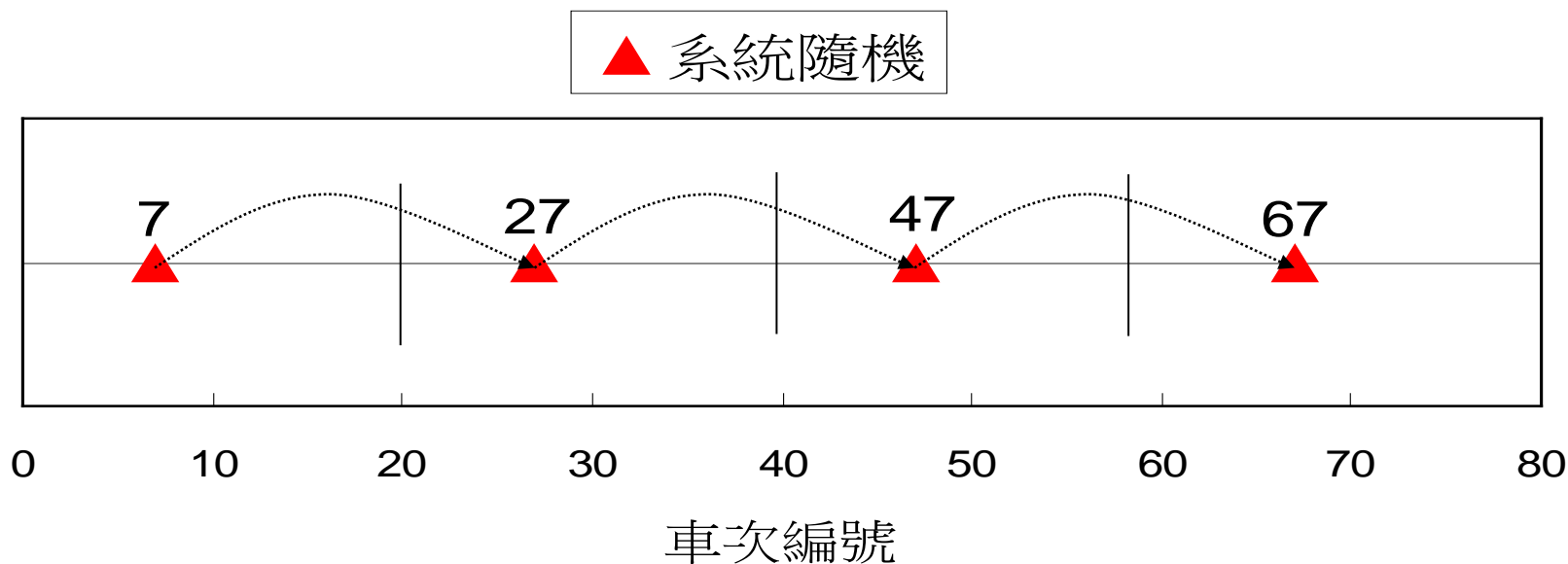


系統抽樣

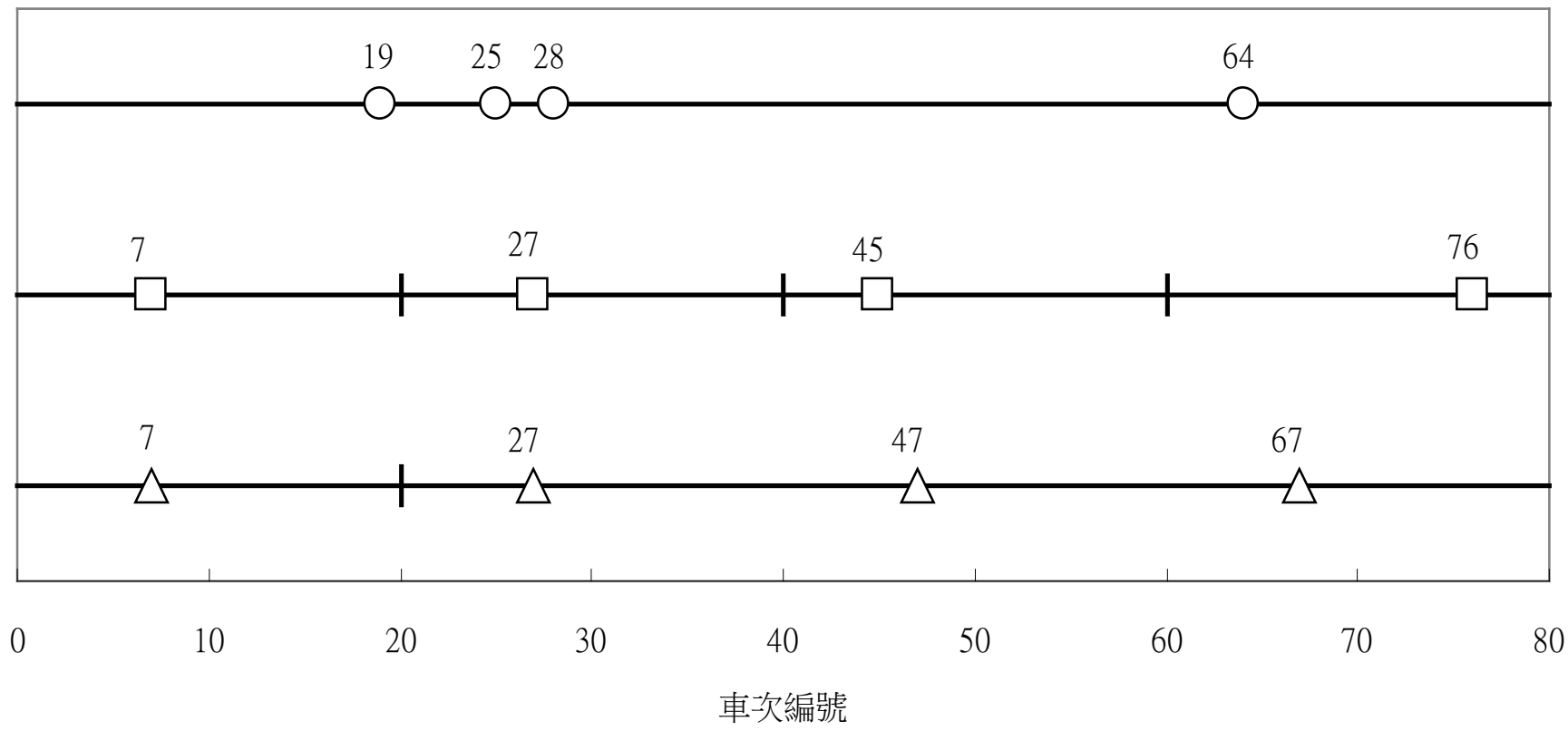
- 計算第一等分長： $k=80/4=20$
- 查得一個隨機數：**0.348**

No.	計 算	抽驗車次
1	$20 \times 0.348 = 6.9$	7
2	$7 + 20 =$	27
3	$27 + 20 =$	47
4	$47 + 20 =$	67

- 系統抽樣法最適合於檢驗批成系列排列，且大量之抽樣作業。
- 母體成週期性變化，不可採用系統抽樣法。
- 進料中或施工中避免採用系統抽樣法，以免被預測抽樣點，發生人為影響。



○ 簡單隨機抽樣 □ 分層隨機抽樣 △ 系統抽樣



試驗報告之主要內容及判讀

1. **試驗單位及相關人員**：單位名稱及地址電話、試驗者、覆核者、簽署者等。
2. **委託單位**：業主、監造者、廠商等。
3. **認證標記**：試驗項目獲TAF認證者，應顯示TAF認證標記。
4. **報告編號**：TAF要求按年份依序編號。（唯一）
5. **日期時間**：收件時間、測試時間、報告日期。
6. **樣品來源**：業主提送、監造者提送、廠商提送、試驗單位抽樣等。（不同來源有不同含意）
取樣人員、會驗人員及時間

試驗報告之主要內容及判讀

7. **樣品識別**：種類、廠牌、型號、批號、外觀辨識等。
(鋼筋爐號)
8. **試驗方法**：
 - **標準方法**：制定單位、編號、方法(若同一試驗標準包括數種試驗方法時，如A法、B法等)。
 - **非標準方法**：說明試驗依據或試驗過程。
9. **試驗條件**：特殊情形加註試樣處理、試樣狀況、溫濕度等。
10. **試驗結果**：項目、個別值、平均值、單位等。
11. **建議及附註**：

混凝土抗壓強度 試驗報告範例



交通部公路總局材料試驗所
地址：24242 新北市新莊區新泰路 211 號
電話：(02)2993-6183~5 傳真：(02)2990-9482



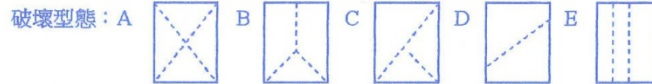
試驗報告

委託單位：交通部公路總局 工程處 第三工務段 第1頁共1頁
試驗編號：試結內字第10711號
聯絡資訊：02-261 工程司 收件時間：107.12.19 10:55
樣品來源：委託單位 工程司及 營造 君於 107.12.19 10:45送達本所 試驗時間：108.01.02 11:10~11:35
報告日期：108.01.08
樣品種類：混凝土圓柱試體
工程名稱：大橋及其連絡道路 段新建工程
承包 商：營造股份有限公司 試體數量：3個
抗壓日期時間：108.01.02 11:25~11:35 設計強度：350 kgf/cm² (水中)
結構部位：基樁 2-2 取樣人員：工程司及 營造 君
會驗人員：註4

試驗方法：CNS 1232 (2002)

試驗結果：

試體編號 (取樣部位)	試體平均 尺寸(cm)		材齡 (天)	製模 日期	最大 荷重 (kgf)	抗壓面積 (cm ²)	修正 係數	抗壓強度		破壞 型態	試體或蓋 平缺陷
	直徑	高度						(kgf/cm ²)	MPa		
1-1	14.98	29.4	29	107.12.04	89731	176.244	1.00	509	49.9	A	無
1-2	15.05	29.4	29	107.12.04	93419	177.895	1.00	525	51.5	A	無
1-3	15.03	29.4	29	107.12.04	90879	177.422	1.00	512	50.2	A	無



- 註：1、試體編號、結構部位、設計強度、取樣人員及製模日期之內容由委託單位提供，委託單位要求抗壓日期：108.01.02。
2、試體製作單位：營造股份有限公司、養護單位：營造股份有限公司、養護方式：濕治、養護溫度：21~25°C、養護時間：107.12.05~107.12.19、允收強度462 kgf/cm² (以上資料由委託單位提供)。
3、試體於107.12.19 14:40置入本所養治池養護至108.01.02 11:10。
4、委託單位 工程司於108.01.02 11:10到達本所進行會驗。
5、試驗時試體乾濕狀態：潮濕；試體承壓面處理：磨平，處理單位：本所。
6、抗壓強度單位換算：1 kgf/cm² = 0.0981MPa。
7、試驗結果僅對試驗樣品有效。
8、本實驗室為公共工程材料實驗室認證服務計畫認可實驗室。

※※※ 以下空白 ※※※

試驗者

工程員

科長

結構科
科長

報告簽署人
所長

材料試驗所
所長

107.10 5,000

工程委員會

1.試驗單位

2.委託單位

6.樣品來源

7.樣品資訊

8.試驗方法

10.試驗結果

11.建議及備註

1.試驗相關人員

3.TAF標記

4.試驗編號

5.日期與時間

6.會驗人員

9.試驗條件

鋼印

試驗結果之處理

1. 收取試驗報告
2. 確認報告內容正確：工程名稱、委託單位、樣品編號、試驗方法、報告項目、試驗結果（注意合理性）等。
3. 計算分析：依工程圖說規定方法計算品質指標，如
 - 平均數 公路總局施工說明書第09972
 - 全距 章「鋼橋油漆」規定漆膜厚度
 - 標準差 平均值、最小值及標準差
 - 合格率（PWL-Percentage Within Specification Limits）（良率）
 - 其他統計量

4. **判讀**：與工程契約規定值比對，判定是否合格。

5. **行動**：

- **合格**：驗收。
- **不合格**：按規定程序處理。

不合格之處理

按契約規定，通常有以下處理方式

1. 退換合格材料

- 標線材料規格不符時可換料再驗

2. 複驗確認

- 如鋼筋檢驗不合格，按CNS 560規定可再加倍抽樣重驗。

3. 以更準確方法再確認

- 如混凝土試體強度不足，規範常規定可辦理鑽心試驗，供進一步判定。

註：模製試體強度與現場混凝土強度差異甚大，鑽心強度最接近現場混凝土強度。

不合格之處理

4. 施工改善

- 如路基土壤壓實度不夠，要求再滾壓使達規定值。

5. 補強

- 場鑄基樁強度不足，規範常規定採補樁加強。

6. 減價收受

- 不合格但在條件容許下，可減價收受。（政府採購法第72條）

7. 拆除重建

- 應予拆除重做，拆除重做之費用及衍生費用，概由承包商負擔。

2. 複驗確認

7.4 重驗

CNS 560 [鋼筋混凝土用鋼筋]

重驗依下列規定。

- (a) 機械性質試驗不合格之鋼筋依 CNS 14570 之 9.8 進行重驗，並決定合格與否。
- (b) 單支取樣之質量、尺度或化學成分檢驗不符合表 3、表 8 或表 11 之規定時，得再重取 2 支試樣重驗，若該 2 支試樣皆符合規定時，該批鋼筋視為合格。

註：複驗要有明確規定，不是抽驗到合格為止。

材料實際合格率 = 50 % ，採隨機抽驗：

(1) 抽驗 1 次之合格機率 = 50% 。

(2) 第 1 次不合格再抽驗 1 次，有 1 次合格之機率 = 75% 。

(3) 第 2 次不合格再抽驗 1 次，有 1 次合格之機率 = 87.5% 。

($1 - 0.5^3$)

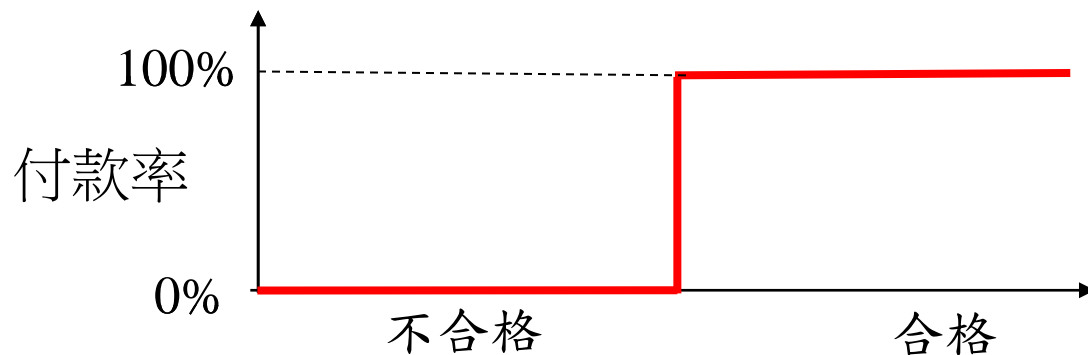
6.減價收受

- 政府採購法第七十二條第二項規定：「驗收結果與規定不符，而不妨礙安全及使用需求，亦無減少通常效用或契約預定效用，經機關檢討不必拆換或拆換確有困難者，得於必要時減價收受」。
- 品質成效為漸變式，不是一刀兩斷式。
 - 減價規定最好列入施工契約，減少爭議。
 - 公路總局施工說明書75年開始參考美國聯邦公路總署（FHWA）規範等，明文規定對混凝土及AC採用減價收受，減少很多執行困擾。此項作法領先國內其他單位。

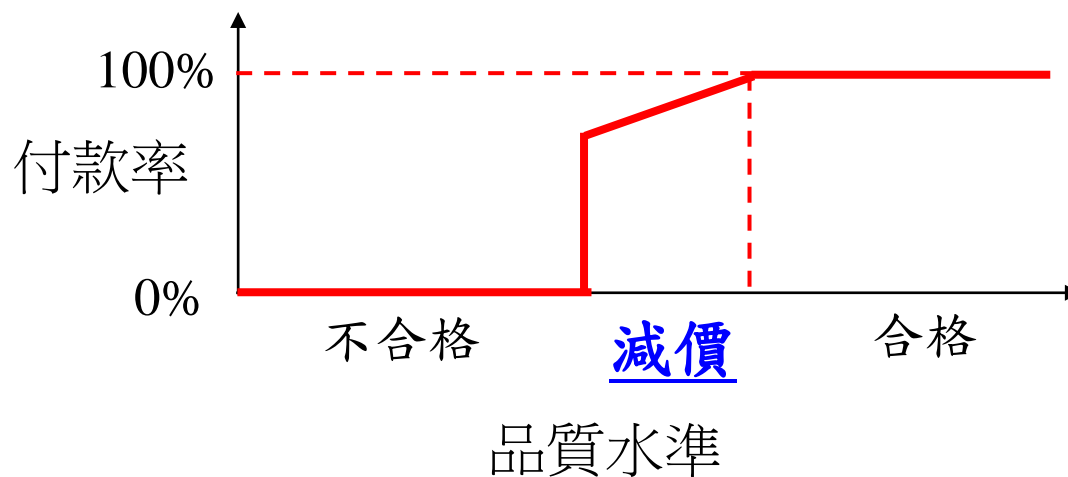
三段式規格 (調整型規格)

- 實際上，工程品質經常不是「合用」或「不合用」二分法，技術上很難明確確定出分界點。
- 工程品質比較適合採用三分法：合用、灰色帶、不合用。

二段式規格



三段式規格



獎勵式：高於要求規格付款 > 100%

三段式規格

公路總局施工說明書第02742章 瀝青混凝土鋪面

平整度標準差，mm		付款百分率
一般公路	快速公路	
≤ 2.8	≤ 2.4	100
2.9		99
3.0	2.5	98
3.1	2.6	96
3.2	2.7	94
3.3		92
3.4	2.8	90
> 3.4	> 2.8	採取改善措施

- 瀝青混凝土厚度：
公路總局施工說明書第02742章要求

$$\bar{X} \geq 0.9T + 0.295R$$

- ✓ \bar{X} = 該批次樣品厚度平均值(cm)
- ✓ T = 設計厚度(cm)
- ✓ R = 全距，為該批次厚度最大值與最小值之相差值(cm)
- ✓ 係數0.9意義 = 代表大於90%設計厚度未影響結構功能，未滿90%設計厚度會影響結構功能。
- ✓ 係數0.295意義 = 代表使用1組5顆試體，全距要乘係數0.295，是依據施工說明書附錄1而來。

➤ 瀝青混凝土厚度： $\bar{X} \geq 0.9T + 0.295R$

公路總局施工說明書附錄1節錄AASHTO R9-81內容

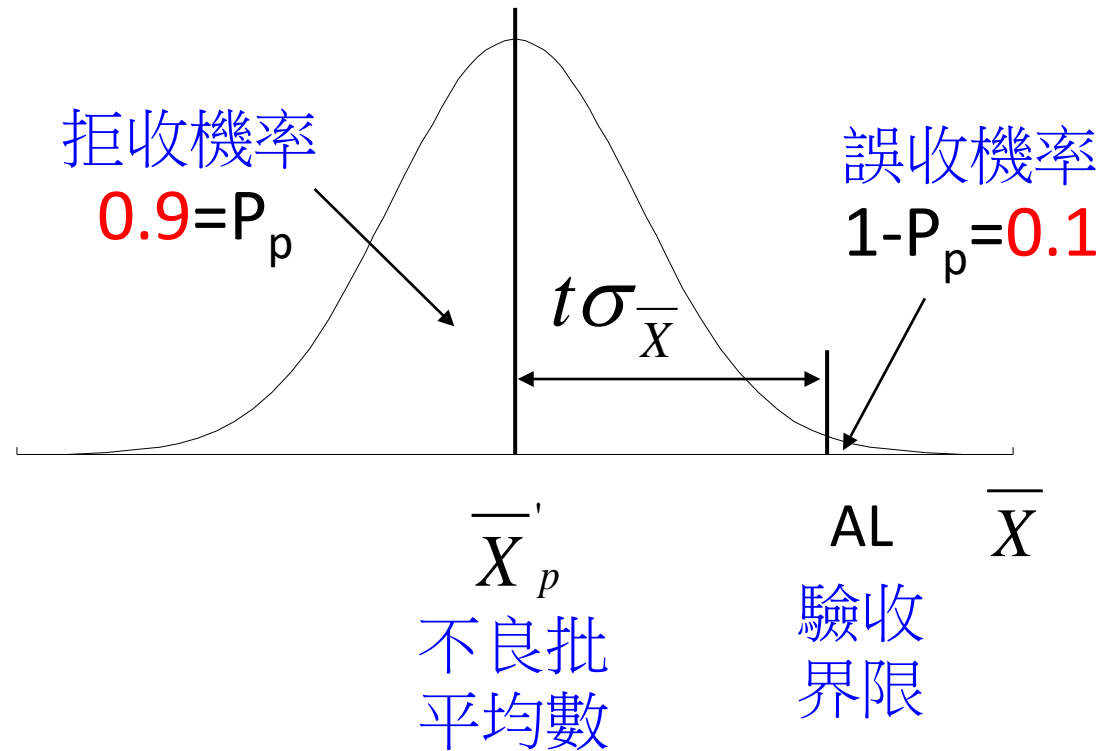
重要性等級	檢驗樣本大小(n)	驗收界限	驗退不良批之機率(P_p)
嚴重(Critical)	9	$\pm 0.376R$	0.995
主要(Major)	7	$\pm 0.271R$	0.95
次要(Minor)	5	$\pm 0.295R$	0.90
合約(Contractual)	4	$\pm 0.237R$	0.80

註：AASHTO R9業經數次大改版，目前版本已不提供明確建議值，需由規範制定者按統計原理自行發展。

次要級驗收界限計算

$n=5$, $d_2=2.326$, 採用 **t分配** ($df=4$)

$$\begin{aligned}AL &= \bar{X}'_p + t\sigma_{\bar{X}} \\ &= \bar{X}'_p + t \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\bar{R}}{d_2} \\ &= \bar{X}'_p + 1.533 \frac{1}{\sqrt{5}} \frac{\bar{R}}{2.326} \\ &= \bar{X}'_p + 0.295\bar{R}\end{aligned}$$



查表或用EXCEL查t分配 = T.INV(P,df) = T.INV(0.1,4) = -1.533

➤ **瀝青混凝土厚度規範：考量施工精密度**

例如：甲及乙鋪面設計厚度都是5.0公分，甲鋪面5顆試體分別為4.0、4.5、5.0、4.0及5.0公分；乙鋪面5顆試體分別為4.5、4.5、4.5、4.5及4.5公分。

- ✓ 依施工品質來看，**乙鋪面均勻性較佳**。
- ✓ 依平均值來看，**甲及乙鋪面都為4.5cm**，比較不出差別。
- ✓ 以 $\bar{x} \geq 0.9T + 0.295R$ 驗收，**甲鋪面**應大於等於4.795cm，唯平均值只有4.5cm，判定**不合格**。
- ✓ **乙鋪面**應大於等於4.5cm，平均值為4.5cm，判定**合格**。

賞罰分明的規範



Guide Specifications for Highway Construction

Table B-1. Pay Adjustment for Ride Quality

IRI for each 0.1-mi (100-m) section in./mi (m/km)	Pay Adjustment Schedule 1 ^a \$/0.1 mi (\$/100 m)	Pay Adjustment Schedule 2 ^b \$/0.1 mi (\$/100 m)	Pay Adjustment Schedule 3 ^c \$/0.1 mi (\$/100 m)
30 or less (0.47 or less)	\$\$\$\$\$\$	\$\$\$\$\$\$	\$\$\$\$\$\$
31 to 40 (0.47 to 0.63)	\$\$\$\$\$\$	\$\$\$\$\$\$	\$\$\$\$\$\$
41 to 45 (0.64 to 0.71)	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$
46 to 50 (0.72 to 0.79)	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
51 to 55 (0.80 to 0.87)	\$\$	\$\$	\$\$
56 to 59 (0.88 to 0.93)	\$	\$	\$
60 to 65 (0.94 to 1.03)	0	0	0
66 to 69 (1.04 to 1.09)	-\$	0	0
70 to 74 (1.10 to 1.17)	-\$	0	0
75 to 79 (1.18 to 1.25)	-\$	0	0
80 to 84 (1.26 to 1.33)	-\$	0	0
85 to 95 (1.34 to 1.50)	-\$	0	0
Higher than 95 (1.50)	*Corrective Action	*Corrective Action	*Corrective Action

^a

四、個案討論

混凝土圓柱試體抗壓強度試驗

引用標準：

1. 品質規定：CNS 3090 [預拌混凝土]
2. 取樣：CNS 1174 [新拌混凝土取樣法]
3. 試體製作及養護：CNS 1231 [工地混凝土試體製作及養護法]
4. 試體蓋平：CNS 11297 [混凝土圓柱試體蓋平法]
5. 試驗：CNS 1232 [混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法]

4-1 材料品質規定

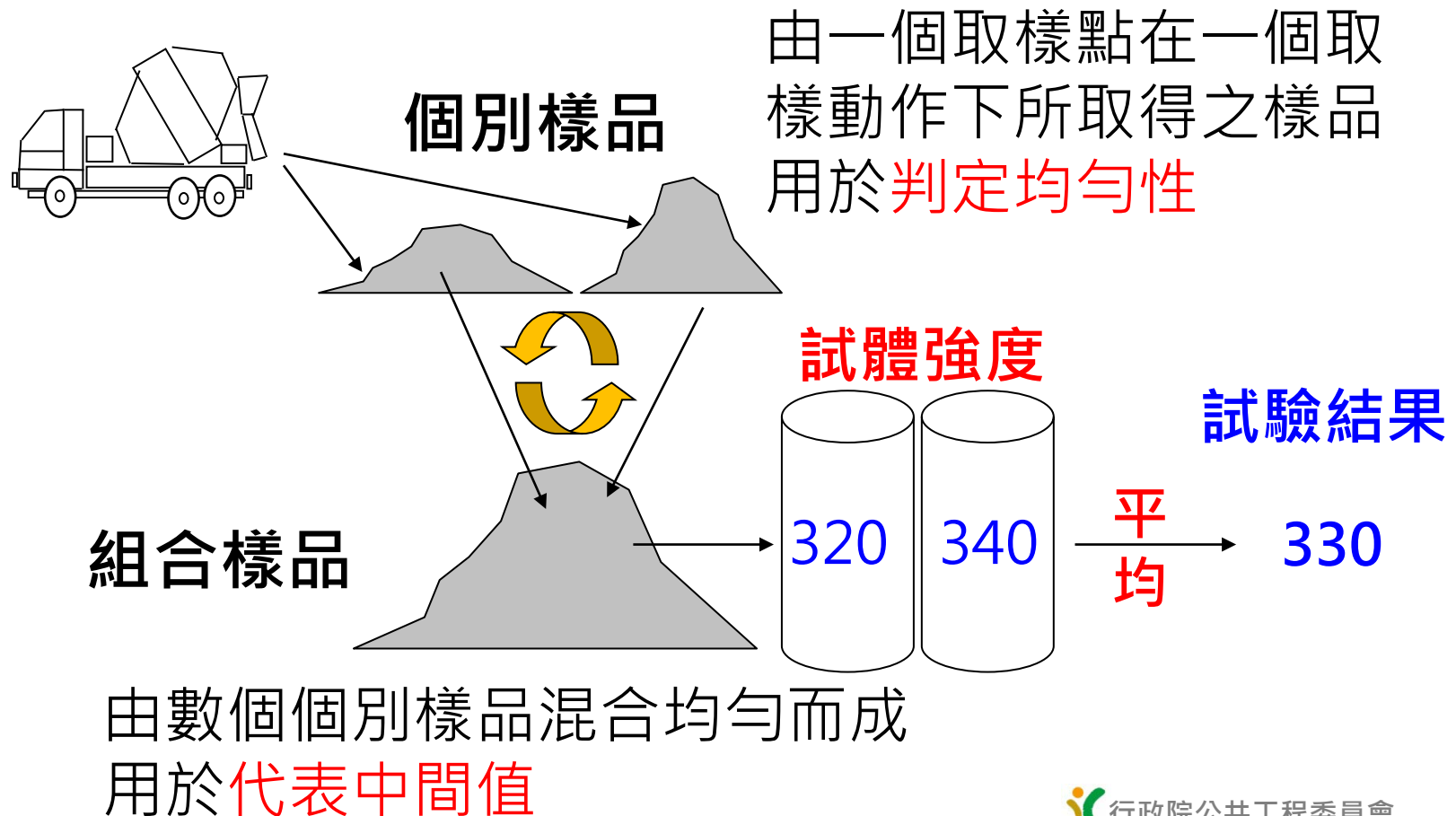
CNS 3090 [預拌混凝土]

- 17.4：每日每種混凝土每**120m³**至少試驗一次強度。標準試體應以CNS 1231之規定製作及養護。

註：公路總局施工說明書03310章「結構用混凝土」
§3.2.2-用於檢驗混凝土抗壓強度之樣本量不得小於
以下規定：

- A.澆置之各種配比混凝土，**每天**各至少取樣一組。
- B.連續澆置之混凝土，每**100m³**至少取樣一組。
- C.版或牆之澆置面積每**450m²**至少取樣一組。

- 18.2 應由依第17節取得之**組合樣品**每一組製作**2件以上**標準試體，每一組**試驗結果**應為同一**樣品**所作各試體於規定齡期測得**試體強度**之**平均值**。



但如其中一試體強度偏低之結果顯然由於不當之取樣、模製、處理、養護或試驗而造成時，可予剔除，而以其餘試體強度計算試驗結果。

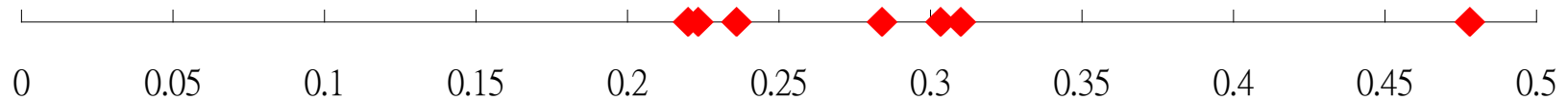
(以工程技術觀點調查異常原因，由專業研判去除異常值。)

技術原因不明確時
使用統計學之極值檢定法去除異常值

CNS 11771
ASTM E178

Dixon法：只有一個可疑值時之檢定

- 某樣品經試驗7次，結果為：0.220、0.223、0.236、0.284、0.303、0.310、0.478，懷疑0.478異常偏大，技術理由不明，此值是否可捨棄？



$$r_{10} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{0.478 - 0.310}{0.478 - 0.220} = 0.651 \quad ; \quad r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$$

(最大值可疑) (最小值可疑)

CNS 11771 ASTM E178

TABLE 2 Dixon Criteria for Testing of Extreme Observation (Single Sample)^A

n	Criterion	Significance Level (One-Sided Test)		
		10 percent	5 percent	1 percent
3	$r_{10} = (x_2 - x_1)/(x_n - x_1)$ if smallest value is suspected;	0.886	0.941	0.988
4	$= (x_n - x_{n-1})/(x_n - x_1)$ if largest value is suspected	0.679	0.765	0.889
5		0.557	0.642	0.780
6		0.482	0.560	0.698
7		0.434	0.507	0.637

0.651 > 捨棄界限值0.507，故以冒險率5%捨棄0.478
 (判定0.478為異常值)。

18.4 每種混凝土之全部強度試驗結果須滿足下列規定

18.4.1 任何連續3組強度試驗結果之平均值 $\geq f_c'$

18.4.2 $f_c' \leq 35\text{MPa}$: 任何一組強度試驗結果 $\geq f_c' - 3.5\text{ MPa}$

18.4.2 $f_c' > 35\text{MPa}$: 任何一組強度試驗結果 $\geq 0.9f_c'$

【舉例】 $f_c'=28\text{ Mpa}$

No	試體強度1	試體強度2	試驗結果	3組移動平均數
1	32.0	34.0	33.0	
2	34.5	33.7	34.1	
3	28.0	30.0	29.0	32.0
4	30.0	33.7	31.9	31.7
5	24.0	25.0	24.5(合格)	28.5
6	23.8	25.0	24.4 (不合格)	26.9 (不合格)
		合格條件	≥ 24.5	≥ 28.0

4-2 取樣

CNS 1174 [新拌混凝土取樣法]

- 1.適用範圍：

本標準規定如何從工地新拌混凝土中，取出具**代表性試樣**進行試驗以決定是否符合規範品質要求之取樣法。

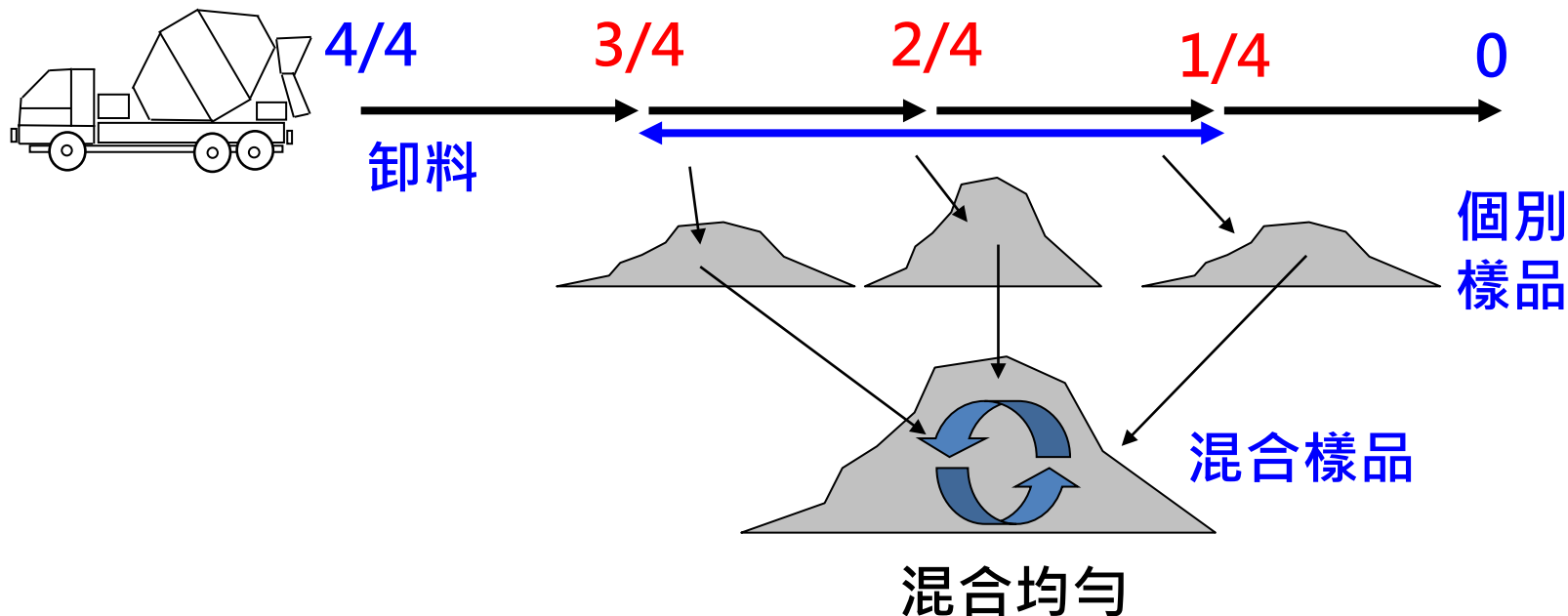
註1：除經試驗方法特別規定，如求**稠度之均勻性**或**拌和機效率**等試驗外，應採取**混合試樣**。本標準未說明以上特別試驗之取樣法，僅建議採用**隨機抽樣**以符合整體規範要求。

註：CNS 3090 §11.4-拌和機均勻性便捷校驗，取卸料約**15%**及**85%**之二個**個別樣品**分別測定坍度，比較其差異。

2. 取樣一般規定

- 2.1 採取混合試樣應儘速完成，從開始到完成不得超過15分鐘。
 - 2.1.2 混合試樣拌和均勻15分鐘內，須開始進行製造強度試體。
- 2.3 正常取樣工作應在混凝土輸送至模板之混凝土輸送設備上取樣，但規範可要求於其他地點取樣，如混凝土泵之出口等。
- 註：公路總局施工說明書03310章「結構用混凝土」§3.2.2：除另有規定外，在混凝土輸送至澆置位置，取樣製作混凝土圓柱試體，每組取樣至少製作3個試體，該次各試體之平均值當成該次之試驗結果。

- 3. 取樣步驟須特別注意取得確能代表原來混凝土及其狀況之試樣，其步驟規定如下：
 - 3.3 自攪拌車取樣：在每盤拌妥之混凝土卸出至 $1/4 \sim 3/4$ 之間，以一定間隔分 2 次以上取樣，並依試驗目的混合成一試樣。



4-3 試體製作規定

CNS1231 [工地混凝土試體製作及養護法]

- 2. 要義與應用
 - 2.2 當試體係依本標準之規定製作及標準養護時，其強度試驗結果可應用於下列目的。
 - (1) 規定強度之驗收。
 - (2) 查核配比對強度之適用性。
 - (3) 品質控制。

– 2.3 當試體係依本標準之規定製作及於**現場養護**時，其強度試驗結果可應用於下列目的。

- (1) 決定結構物是否具有能力承受使用需求。
- (2) 與標準養護之試體測試結果，或不同現場試驗法下之試體其測試結果做比較。（註：與其他工地試驗方法之測試結果作比較）
- (3) 結構物中混凝土養護與保護方式的適切性。
- (4) 拆除模板或支撐的時間需求。

– 4.1 圓柱試體：

抗壓及劈裂試驗用試體應為直立澆置、硬固之圓柱形試體，長度為直徑的兩倍，圓柱試體直徑應至少為粗粒料標稱尺寸的3倍(ASTM C31為標稱最大粒徑)。除非另有規定，作為規範需求強度的驗收條件時，應使用試體尺寸為150mm × 300 mm者；若工程契約圖說有規定，可使用100mm × 200mm 者。

• 7. 試體製作

7.2 澆置圓柱試體

(1) 選擇適合的搗棒尺度(詳表1)，或適合的內部振動器。



表1 搗棒尺度需求(部分)

圓柱試體直徑 mm	搗棒尺度mm	
	直徑	長度
< 150	10	300
150	16	500

7.5 修飾：搗實完成後，以鏟刀刮除多餘的混凝土試樣並修飾表面，施以需要最小之處理使試體表面獲得與模具邊緣成同一平面之平坦面，且無大於3mm以上的凹陷或凸起。

– 8.1.2 初期養護：

於試體製作及修飾完成後，立即儲存於溫度 $16\sim 27^{\circ}\text{C}$ 且可防止試體水分散失的環境中48小時，對於混凝土配比材料設計強度 40 MPa 以上者，初期養護的溫度應介於 $20\sim 26^{\circ}\text{C}$ 。應避免試體受到陽光直接照射或受到直接之輻射加熱。

– 8.1.3 後期養護

- (1) 圓柱試體：當初期養護完成並拆模後，須在30分鐘內將試體移至 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之養護水槽或濕養室中養護，養護過程必須使試體表面保持有游離之水分。



– 8.2 工地養護：

試體儲存位置應儘可能接近其所代表的結構物附近，並儘可能給予試體表面與結構物構件相同的保護方式，提供試體與結構物相同的環境溫度及濕度，在此種狀態下養護的試體，其所得到的試驗結果可代表其特定之養護方式，亦可用以決定結構物是否具有能力承受使用需求、拆模時間等。

- 9. 運送試體至實驗室：

運送前，試體的養護及保護須依第8節之規定處理，且運送必須在混凝土試體達到終凝狀態後至少8小時才可進行。在運送過程中，應使用適當的填充材料以保護試體不會因震動而損傷。為避免運送過程水分散失，可用塑膠袋、濕麻布包覆、覆以濕砂、木屑、或密封之塑膠模等。整個運送過程不得超過4小時。

— 註：一般混凝土終凝約8~10小時。

4-4 試體蓋平

CNS 11297〔混凝土圓柱試體蓋平法〕

1. 硫磺灰漿蓋平（早期通用，硫磺氣有礙健康）
2. 高強度燒石膏蓋平（目前通用）
3. 純水泥漿蓋平（工地用）
4. 端面研磨（各蓋平法比較之基準）



端面研磨



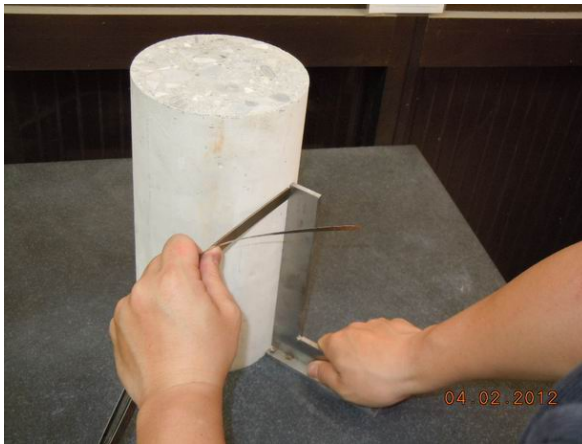
端面研磨刀

4-5 抗壓強度檢驗法

CNS 1232 [混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法]

- 5.試體

- 5.2 試體兩端之面應在試體中心軸之垂直面**0.5度**內，其**平面度**大於**0.05mm**時，應依CNS 11297[混凝土圓柱試體蓋平法]規定加以蓋平、鋸平或磨平。



垂直檢測



平面度檢測

- 5.3 在試體之中間高度處量測試體兩相互垂直之直徑兩次，量測時需準確至0.25mm，取其平均值為試體直徑，以決定試體之橫斷面面積。



量測試體直徑



量測試體高度

• 6. 試驗步驟

- 6.1 試體自養護處所取出後，應儘速進行抗壓試驗。
- 6.2 試體須在濕潤狀態試驗者，試體自養護處所移至試驗機試驗期間，應以最方便之方法保持濕潤狀態，在進行試驗時試體亦應保持濕潤狀態。
試體在其他狀態試驗者，在進行試驗時試體應保持原有乾濕狀態。
- 試體乾燥體積收縮且鍵結力增加(分子愈接近凡得瓦力增加)，水具潤滑作用降低水化產物機械互鎖且受力時將產生內部孔隙壓力，故潮濕試體之抗壓強度較乾燥試體低。

- 6.5 加壓時壓力應連續地增加，不得有振動現象發生。若試驗機為液壓式，其加壓速率應維持在每秒鐘1.5 ~ 3.5 kgf/cm²之間。

在預估最大抗壓荷重之上半段加壓時間內，可用稍高之速率加壓，當試體即將破壞前發生快速降伏現象時，試驗機之加壓速率不得再予調整，應加壓直至試體破壞，並記錄最大荷重。

- 抗壓速率較慢，生成較多裂縫、潛變更大，故抗壓速率愈快強度愈高。



試體抗壓試驗

• 7. 計算

- 7.1 試體之抗壓強度以試驗時試體所承受之最大荷重除以平均斷面積而求得。計算時應計算至1 kgf/cm²。
- 7.2 若試體之高度直徑比小於 1.8 時，由第5 節計算得之值應乘以表3 所列之修正係數。

表3 試體高度直徑比小於 1.8 時之抗壓強度修正係數

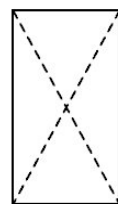
高度/直徑	1.75	1.50	1.25	1.00
修正係數	0.98	0.96	0.93	0.87

註：試體長徑比小，強度高。

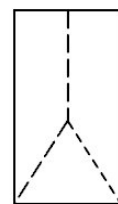
8. 報告：報告內容應包括下列各事項

- 8.1 試體編號。
- 8.2 試體直徑及高度mm。
- 8.3 試體斷面積 cm^2 。
- 8.4 最大荷重kgf { N }
- 8.5 抗壓強度 kgf/cm^2 { MPa }
- 8.6 特殊情形之破壞型態(需用時)。
- 8.7 試體或蓋平之缺陷。
- 8.8 試體之齡期。

圖 2 試體破壞型態



錐形破壞
(A)



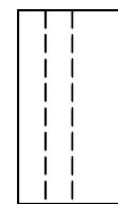
錐形兼劈裂破壞
(B)



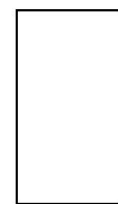
錐形兼剪力破壞
(C)



剪力破壞
(D)



柱狀破壞
(E)



其他(依綜合破壞形狀繪製)
(F)

五、結語

1 營建工程材料之變異性甚高，需仰賴試驗獲取品質客觀資料，材料試驗在工程品管中佔重要地位。

2 取樣、試體製作、樣品處理、試驗作業及使用儀器設備等均會影響試驗結果，均應謹慎從事。

3 材料施工、檢試驗及品質管制需運用統計技術。

4 檢試驗結果之研判需要工程專業。

5 規範所定抽驗比例甚低，應強調現場專業判斷，
不可賴抽驗把關。

簡報完畢，敬請指教

