

## 附件 12 經濟部水利署施工規範

### 多孔混凝土材料性質試驗方法

100 年 10 月 24 日經水工字第 10005254130 號函頒訂

一、適用範圍：本試驗方法僅適用於新拌多孔混凝土及硬固多孔混凝土性質試驗

二、相關試驗：

- (一) CNS11151 A3218 混凝土單位重、拌和體積及含氣量（比重）試驗法
- (二) CNS11297 A3224 混凝土圓柱試體蓋平法
- (三) CNS 10991 A1040 混凝土圓柱試體模具
- (四) CNS 1174 A3038 新拌混凝土取樣法
- (五) CNS 1231 A3044 工地混凝土試體製作及養護法
- (六) CNS 1232 A3045 混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法
- (七) CNS 1238 A3051 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法
- (八) CNS 1241 A3053 混凝土鑽心試體長度之測定法

三、試驗用器具：

- (一) 測筒：測筒由不易受水泥漿侵蝕之鋼質或其他硬質金屬製成，其最小直徑為高之 0.75 至 1.25 倍，且其容量不得少於  $0.006\text{m}^3$ 。

備考 1：該測筒可選擇新拌混凝土空氣含量試驗所使用器具。

備考 2：測筒頂緣平直度規定：以厚度為 6mm 以上之玻璃覆蓋後，無法插入 0.25mm 厚之測細規時，則該測筒頂緣得認為滿意。測筒校准應每年進行一次或準確性發生疑問時進行。

備考 3：測筒容積測定：利用直接量測法或充水法所得測筒容積之

容積誤差應在 $\pm 0.5\%$ 範圍內，用於計算測筒容積值，應以充水法所得容積值。

- (二) 磅秤：容量 50 公斤，精度 1 公克；容量 30 公斤，精度 1 公克（底部可懸掛籃網，施作硬固混凝土孔隙率）。
- (三) 鋸刀：圓頭巧工鋸刀。
- (四) 圓鍬：混合新拌混凝土用。
- (五) 搗棒：圓形直鋼棒，直徑 16mm，直徑許可差 $\pm 2$ mm；長度 500mm，長度許可差 $\pm 100$ mm，兩端製成同直徑半球形之棒梢。
- (六) 刮尺：鋼刮尺，其尺度至少為 $3 \times 20 \times 300$  mm。
- (七) 震動棒：一般手持式振動搗實混凝土用。
- (八) 試驗篩：4.75 mm CNS386（試驗篩圓篩）。
- (九) 水槽：需設置溢流口，以維持水位高度不變（施作硬固混凝土孔隙率用）
- (十) 溫度計：量測範圍 0 度至 50 度，精度 0.1 度。
- (十一) 籃網：網孔需小於 3.35mm，容量需大於 7000cm<sup>3</sup>。
- (十二) 游標卡尺：範圍至少大於 45 公分以上，精度 0.25mm 以上。
- (十三) 抗壓機：應符合 CNS9211（壓縮試驗機）規定。
- (十四) 鑽心機：具有鑽石鑽頭之鑽心機，用以鑽取圓柱試體。
- (十五) 鋸切機：具有鑽石或碳化矽切邊之鋸子用以修平鑽心試體的兩端面，該鋸子使用時應不致於有過熱或發生震動之情形。
- (十六) 混凝土圓柱試體模具：應符合 CNS10991 規定。

#### 四、取樣及混凝土強度試驗試體製作

### (一) 新拌混凝土取樣

新拌多孔混凝土取樣從送達澆置現場之多孔混凝土，參照 CNS1174 新拌混凝土取樣法採取試樣。如利用自動裝卸車等運送，由於在運搬中有時漿體會與粗骨材分離而變得不均勻，若有此等狀況時，在採取試樣前應先攪拌均勻，或是從具有品質代表性的地方採取試樣。

備考 4：採取混合試樣應儘速完成，從開始到完成不得超過 15 分鐘。

備考 5：所採取試樣運至新拌混凝土試驗或製造圓柱試體之地點，需以圓鍬以最小拌合動作將試樣拌合均勻。

備考 6：試樣取樣後 5 分鐘內，開始進行孔隙率測定及垂流量測定，並迅速完成之；進行試樣拌合均勻 15 分鐘內，需開始進行製造強度試驗之試體。從取樣至使用試樣所經過時間應儘可能縮短，保護試樣並避免受到太陽、風，及其他造成水分迅速蒸發之因素，並須避免受污染。

備考 7：取樣數量：用於強度試驗之試樣不得少於  $0.028 \text{ m}^3$ 。

### (二) 混凝土強度試驗試體製作

由新拌多孔混凝土採取試樣，製作直徑 15 公分、高度 30 公分之圓柱試體（1 組 5 個）。將試樣分 3 層等容量的混凝土製入模具內，利用搗棒依每層 25 次搗實各層。搗實最底層時須貫穿該層深度，並均勻分佈於表面，搗實上層時搗棒需貫穿下一層約 25mm。在第 3 層搗實結束後，以軸向上壓力每平方公分  $0.05 \pm 0.0025$  公斤重加壓物在試體表面上，並用震動棒震動試體模約 30 秒，最後利用鏟刀沿著模具邊緣刮除混凝土，使其表面與容器的上緣一致，且無大於 3mm 以上的凹陷或突出。若充填不足則須

在搗實頂層時加入具代表性混凝土試樣，充填過量之混凝土須移除。

備考8：試體製作場所應為平整、堅固的表面，無震動或其他擾動的情形。

備考9：施加軸向上壓力每平方公分  $0.05 \pm 0.0025$  公斤重加壓物在試體表面方式則可利用直徑  $14.5\text{cm} \pm 0.2\text{cm}$ ，厚度  $6.5\text{cm} \pm 0.2\text{cm}$  之圓形鐵塊作為加壓物。

### (三) 硬固多孔混凝土鑽心試體取樣

參照 CNS1238 (混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法) 施作。鑽取試體時應垂直於混凝土平面，且不應接近模版接縫處或明顯澆置單元的邊緣。試體鑽出後擦拭表面鑽心用水並允許表面水氣蒸發，當表面氣乾時，將試體個別置於塑膠袋或不吸水容器中，封口以防止水氣損失。試體置於常溫下避免太陽直射。

每組包含 3 個鑽心試體。試體直徑不小於  $9.4\text{cm}$ ，鑽心試體蓋平後的適當長度應為直徑的  $1.9 \sim 2.1$  倍。若鑽心試體為蓋平前的長度小於直徑的  $95\%$  或蓋平後的試體長度小於直徑，該試體不得做為抗壓強度試體。

## 五、試驗程序

### (一) 新拌多孔混凝土性質測定

#### 1. 孔隙率測定

(1) 將試樣分 3 層等容量的混凝土置入測筒內，利用搗棒依每層 25 次搗實各層。搗實最底層時須貫穿該層深度，並均勻分佈於表面，搗實上層時搗棒需貫穿下一層約  $25\text{mm}$ 。在第 3 層搗實結束的階段，以軸向上壓力每平方公分  $0.05 \pm 0.0025$  公斤重加壓物在試體

表面上，並用震動棒震動測筒約 30 秒，最後利用刮刀沿著模具邊緣刮除混凝土，使其表面與容器的上緣一致。

(2) 將填滿試樣測筒秤重，得測筒與試樣重總重  $W_1$ 。稱重後，將水緩慢注入試樣孔隙裡，當水面到達容器上緣時，量測充滿水、試樣及測筒總重  $W_2$ 。增加水重量為  $W_w = W_2 - W_1$ 。

(3) 計算：孔隙率  $P$  計算利用下式：

$$P = \frac{V_w}{V_A} \times 100\%$$

式中：

$P$ ：新拌多孔混凝土孔隙率 (%)

$V_w$ ：注入水之體積 ( $\text{cm}^3$ )。 $V_w = W_w / D_w$ ，其中  $D_w$  為水密度，該密度需依試驗時水溫進行修正。不同水溫水密度見表 1。

$V_A$ ：測筒體積 ( $\text{cm}^3$ )

## 2. 垂流量試驗

(1) 將試樣一次填入試驗圓篩內，利用刮尺將試樣抹平使其表面與試驗圓篩的上緣一致，量測試樣及試驗篩總重  $W_1$ 。

(2) 將填滿試樣之試驗篩水平提起，應緣離地約 5 公分，然後自由落下，重複前述步驟，共計 25 次，完成後將試驗篩底部漿體擦拭乾淨，量測試樣及試驗篩總重  $W_2$ 。試驗前後試樣重量差  $W_3 = W_2 - W_1$

(3) 計算：垂流量  $Q$  利用下式計算：

$$Q = \frac{W_3}{W_1} \times 100\%$$

式中：

$Q$ ：新拌多孔混凝土垂流量（%）

$W_1$ ：新拌多孔混凝土試驗重（g）

$W_3$ ：試驗前後試樣重量差（g）

## （二）硬固多孔混凝土性質測定

### 1. 圓柱試體抗壓強度與鑽心試體抗壓強度測定

抗壓強度試驗方法參照 CNS1232 混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法。試驗時需雙面蓋平，參照 CNS11297（混凝土圓柱試體蓋平法）。

### 2. 孔隙率測定

（1）圓柱試體體積量測：採量測尺度計算圓柱試體體積法。在試體之中間高度處量測試體兩相互垂直之直徑 2 次，量測時至少須準確至 0.25mm，取其平均值為試體直徑，以決定試體之橫斷面積（ $a$ ）；試體高度則以量測試體任一直徑兩端之高度，準確至直徑之  $\frac{1}{20}$ ，取其平均值為試體高度（ $h$ ）。圓柱試體計算方式為  $V_1 = a \times h$ 。

（2）量測後將試體置入試驗水槽內，讓試體在水中吸水 24 小時以上後，將試樣置入籃網內（註 1）測定水中重量  $W_1$ 。此時，為了不讓空氣滯留試體內，應在水中滾動試體，以充分去除空氣。

（3）將試體自然放置空氣中 24 小時，使試體呈表乾狀態，再測定空氣中重量  $W_2$ 。

註 1：試驗前應先將籃網放入水中秤重或是歸零，試樣必須完全浸入水中。該方式是參照 CNS488 粗粒料比重及吸水率試驗法。

(3) 計算

硬固多孔混凝土之孔隙率  $A(\%)$  以下式求得：

$$A(\%) = \left(1 - \frac{W_2 - W_1}{D_w \times V_1}\right) \times 100\%$$

式中： $A$ ：混凝土之孔隙率

$W_1$ ：試體之水中重量 (g)

$W_2$ ：24 小時自然放置後之空氣中重量 (g)

$V_1$ ：試體體積 ( $\text{cm}^3$ )

$D_w$ ：水密度 (依測試時水溫之水密度，可參考表 1)

(4) 將個別試體孔隙率取平均值做為該硬固混凝土孔隙率。

六、報告：試驗結果之有效數字依 CNS 規定辦理。可不出具 TAF logo 報告。

表 1 不同水溫之水密度對照表

溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>
18.0	0.99860	22.0	0.99777	26.0	0.99679	30.0	0.99565	34.0	0.99440	38.0	0.99300
18.1	0.99858	22.1	0.99775	26.1	0.99676	30.1	0.99562	34.1	0.99437	38.1	0.99296
18.2	0.99856	22.2	0.99773	26.2	0.99673	30.2	0.99559	34.2	0.99434	38.2	0.99292
18.3	0.99854	22.3	0.99770	26.3	0.99671	30.3	0.99556	34.3	0.99431	38.3	0.99288
18.4	0.99852	22.4	0.99768	26.4	0.99668	30.4	0.99553	34.4	0.99428	38.4	0.99284
18.5	0.99850	22.5	0.99766	26.5	0.99665	30.5	0.99550	34.5	0.99425	38.5	0.99280
18.6	0.99848	22.6	0.99764	26.6	0.99663	30.6	0.99547	34.6	0.99422	38.6	0.99276
18.7	0.99847	22.7	0.99761	26.7	0.99660	30.7	0.99544	34.7	0.99419	38.7	0.99272
18.8	0.99845	22.8	0.99759	26.8	0.99657	30.8	0.99541	34.8	0.99416	38.8	0.99268
18.9	0.99843	22.9	0.99756	26.9	0.99654	30.9	0.99538	34.9	0.99413	38.9	0.99264
19.0	0.99841	23.0	0.99754	27.0	0.99652	31.0	0.99540	35.0	0.99410	39.0	0.99260
19.1	0.99839	23.1	0.99752	27.1	0.99649	31.1	0.99537	35.1	0.99406	39.1	0.99256
19.2	0.99837	23.2	0.99749	27.2	0.99646	31.2	0.99534	35.2	0.99402	39.2	0.99252
19.3	0.99835	23.3	0.99747	27.3	0.99643	31.3	0.99531	35.3	0.99398	39.3	0.99248
19.4	0.99833	23.4	0.99745	27.4	0.99641	31.4	0.99528	35.4	0.99394	39.4	0.99244
19.5	0.99831	23.5	0.99742	27.5	0.99638	31.5	0.99525	35.5	0.99390	39.5	0.99240
19.6	0.99829	23.6	0.99740	27.6	0.99635	31.6	0.99522	35.6	0.99386	39.6	0.99236
19.7	0.99827	23.7	0.99737	27.7	0.99632	31.7	0.99519	35.7	0.99382	39.7	0.99232
19.8	0.99825	23.8	0.99735	27.8	0.99629	31.8	0.99516	35.8	0.99378	39.8	0.99228



溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>	溫度 T°C	水密度 g/cm <sup>3</sup>
19.9	0.99823	23.9	0.99732	27.9	0.99627	31.9	0.99513	35.9	0.99374	39.9	0.99224
<b>20.0</b>	<b>0.99821</b>	<b>24.0</b>	<b>0.99730</b>	<b>28.0</b>	<b>0.99624</b>	<b>32.0</b>	<b>0.99510</b>	<b>36.0</b>	<b>0.99370</b>	<b>40.0</b>	<b>0.99220</b>
20.1	0.99819	24.1	0.99727	28.1	0.99621	32.1	0.99506	36.1	0.99367		
20.2	0.99816	24.2	0.99725	28.2	0.99618	32.2	0.99502	36.2	0.99364		
20.3	0.99814	24.3	0.99723	28.3	0.99615	32.3	0.99498	36.3	0.99361		
20.4	0.99812	24.4	0.99720	28.4	0.99612	32.4	0.99494	36.4	0.99358		
<b>20.5</b>	<b>0.99810</b>	<b>24.5</b>	<b>0.99717</b>	<b>28.5</b>	<b>0.99609</b>	<b>32.5</b>	<b>0.99490</b>	<b>36.5</b>	<b>0.99355</b>		
20.6	0.99808	24.6	0.99715	28.6	0.99607	32.6	0.99486	36.6	0.99352		
20.7	0.99806	24.7	0.99712	28.7	0.99604	32.7	0.99482	36.7	0.99349		
20.8	0.99804	24.8	0.99710	28.8	0.99601	32.8	0.99478	36.8	0.99346		
20.9	0.99802	24.9	0.99707	28.9	0.99598	32.9	0.99474	36.9	0.99343		
<b>21.0</b>	<b>0.99799</b>	<b>25.0</b>	<b>0.99705</b>	<b>29.0</b>	<b>0.99595</b>	<b>33.0</b>	<b>0.99470</b>	<b>37.0</b>	<b>0.99340</b>		
21.1	0.99797	25.1	0.99702	29.1	0.99592	33.1	0.99467	37.1	0.99336		
21.2	0.99795	25.2	0.99700	29.2	0.99589	33.2	0.99464	37.2	0.99332		
21.3	0.99793	25.3	0.99697	29.3	0.99586	33.3	0.99461	37.3	0.99328		
21.4	0.99791	25.4	0.99694	29.4	0.99583	33.4	0.99458	37.4	0.99324		
<b>21.5</b>	<b>0.99789</b>	<b>25.5</b>	<b>0.99692</b>	<b>29.5</b>	<b>0.99580</b>	<b>33.5</b>	<b>0.99455</b>	<b>37.5</b>	<b>0.99320</b>		
21.6	0.99786	25.6	0.99689	29.6	0.99577	33.6	0.99452	37.6	0.99316		
21.7	0.99784	25.7	0.99687	29.7	0.99574	33.7	0.99449	37.7	0.99312		
21.8	0.99782	25.8	0.99684	29.8	0.99571	33.8	0.99446	37.8	0.99308		
21.9	0.99780	25.9	0.99681	29.9	0.99568	33.9	0.99443	37.9	0.99304		

