

CAPITULO 2

Prueba de lavado de agregados y prueba de salinidad de agregados finos

por
Kouji Mano

1. Introducción

Las pruebas de lavado y de salinidad de agregados que se presentan en este texto son pruebas muy importantes, ya que se trata de conceptos que influyen grandemente sobre la durabilidad del concreto, por lo tanto, son pruebas indispensables para lograr un concreto de alta calidad. Estas pruebas generalmente se realizan para evaluar la calidad de los agregados mismos, también como un parámetro de control de calidad de los agregados. El material descalificado en estas pruebas, puede ser mejorado en su calidad por medio de lavados o mezclándolo con agregados lavados con bajo contenido de arcilla y salinidad, para utilizarlo como material para la elaboración del concreto.

2. Prueba de lavado

2.1 *Objetivo de la prueba*

Cuando un agregado contiene una gran cantidad de granos muy finos, como arcilla, limo o greda, aumenta el contenido de agua en el concreto, lo cual puede afectar su resistencia y su durabilidad, o provocar fisuras por el aumento de la contracción por secado. Por lo tanto, es necesario determinar los contenidos de arcilla, limo y greda en los agregados que se utilizan para la elaboración del concreto; la prueba de lavado se realiza para este fin. Generalmente, las partículas de arcilla tienen un tamaño igual o menor a 0.002 mm, y las de limo tienen una dimensión que va de 0.062 a 0.004 mm; la prueba consiste en determinar partículas superfinas que pasan por la malla de 0.074 mm.

2.2 *Puntos de cuidado, puntos de observación*

Los resultados de la prueba se comparan con los criterios señalados en el cuadro 1. Si los valores medidos son inferiores a los criterios, la muestra se considera aceptable, si los valores medidos son superiores, la muestra se califica como inaceptable. Los agregados calificados como inaceptables no se deben utilizar sin que se tomen medidas correctivas. Por otra parte, los criterios son diferentes según el método y lugar de aplicación del concreto, por lo que los resultados de la prueba deben compararse con los criterios establecidos según el método y lugar de aplicación del caso. Cuando se aplica la prueba de lavado a grava o arena triturada, los valores de criterio difieren si el material que se pierde por lavado es, o no, polvo de roca.

Cuando un agregado es descalificado, no se puede utilizar tal como está, pero es utilizable si se toman las medidas ya mencionadas para reducir partículas finas iguales o menores a 0.074 mm.

Uno de los puntos que hay que cuidar en la prueba es no dejar que se dispersen las partículas finas contenidas en la muestra en el momento de la reducción y división (por el método de cuarteo o con un divisor), y recolectar una muestra homogénea. Para este fin, se recomienda que la muestra tenga un poco de agua en la superficie en el momento de la división. También es necesario tener cuidado para que las partículas finas iguales o menores a 0.074 mm, no salgan del recipiente en el lavado, o que no caigan fuera de la malla cuando se le vierte agua encima. Cuando se prueban agregados gruesos, hay que utilizar una malla de 1.2 mm superpuesta a la malla de 0.074 mm, para evitar que la malla de 0.074 mm se dañe por estar en contacto directo con el material grueso. La muestra que quede en la malla de 1.2 mm no hay que tirarla por equivocación.

3. Prueba de salinidad

3.1 Objetivo de la prueba

En los años recientes, la reducción de durabilidad del concreto originada por la corrosión del acero se ha convertido en un gran problema. Las causas son variadas, pero una de ellas es el uso de arena de playa en la elaboración del concreto. Por lo general, el acero en el concreto es difícil que se corroa, ya que su superficie se protege por una película pasiva formada por la reacción con el contenido alcalino del cemento.

Sin embargo, la arena de playa tiene adheridos iones de cloruro, y estos iones destruyen localmente la película pasiva, perforan la superficie y provocan la corrosión del acero. La arena de playa es comúnmente utilizada como agregado para la elaboración del concreto en las regiones al oeste de Kansai (Japón). Para proteger el acero de la corrosión y asegurar la durabilidad del concreto armado, es necesario controlar la salinidad adherida a la arena de playa; la prueba de salinidad se realiza para determinar su volumen.

3.2 Puntos de observación, puntos de cuidado

En la prueba de salinidad, hay que observar, igual que en el caso de la prueba de lavado, que los resultados se comparen con los valores de determinación establecidos según el objetivo de utilización del concreto, ya que los valores son diferentes de acuerdo con el lugar de aplicación y las especificaciones del concreto.

Los iones de cloruro están adheridos no sólo a la arena de playa sino también a arenas de río de suelos cercanos a la desembocadura al mar (algunas partes de la tierra estaban debajo del mar en épocas antiguas). Por otra parte, es necesario tener suficiente cuidado, ya que los agregados ligeros también pueden contener iones de cloruro.

Al realizar la prueba, no hay que utilizar agua de llave para lavar instrumentos o para disolver los iones de cloruro contenidos en los agregados; siempre debe utilizarse agua purificada para evitar que se detecten iones existentes en el agua de llave como resultado. En el momento del secado, los iones de cloruro se pegan al recipiente, por lo que se debe colocar la muestra directamente en el mismo frasco que se utiliza para disolver los cloruros, para ponerla a secar allí mismo. La reacción entre nitrato de plata y ácido crómico ocurre en el estado neutral o en el área ácida, y el volumen de reacción puede variar según la temperatura. Por lo tanto, es importante realizar este proce-

dimiento siempre bajo las mismas condiciones. También es necesario realizar una prueba en blanco del agua utilizada. Para la titulación es conveniente tener cierta habilidad, por lo que se recomienda que la realice una persona experimentada.

La salinidad de los agregados se puede eliminar con relativa facilidad si se lavan con agua dulce, como se puede ver en la prueba de lavado. Los agregados que presenten mayor salinidad que el valor de la norma establecida, pueden ser utilizados eliminándoles la sal hasta que queden dentro del valor establecido, o mezclándolos con otros agregados que contengan poca salinidad.

Cuando se utilizan agregados que señalen una alta salinidad en el concreto, a veces se tienen que tomar algunas medidas para neutralizar los efectos negativos, como aumentar el recubrimiento del concreto que cubre las varillas de refuerzo o utilizar aditivos anticorrosivos.

Cuadro 1

1.	Nombre de la prueba	Prueba de lavado de agregados.
2.	Objetivo de la prueba	Conocer el volumen de partículas finas que contienen agregados utilizados para la elaboración de concreto.
3.	Muestra	1) Agregados finos ----- 1,000 g. 2) Agregados gruesos con tamaños máximos de alrededor de 10 mm ----- 2 kg. 3) Agregados gruesos con tamaños máximos de alrededor de 20 mm ----- 5 kg. 4) Agregados gruesos con tamaños máximos de alrededor de 40 mm o más ----- 10 kg.
4. Método de prueba	Resumen	Conocer el volumen total de partículas finas (arcilla, limo) que contiene el agregado para determinar si es apto o no para la elaboración del concreto.
	Norma aplicable	JIS A 1103 (Método de la prueba de lavado).
	Instrumentos para la prueba	1) Balanza o báscula: con precisión igual o mayor al 0.1% del peso de la muestra. 2) Mallas: de 74 μm y de 1190 μm determinadas en JIS Z 8801. 3) Recipiente: suficientemente grande para que la muestra no salte fuera cuando se lava violentamente con agua.
	Detalles del método	1) La muestra se seca a una temperatura de 100 - 110°C hasta que llegue al peso constante; se divide en dos por el divisor de muestra. Para una prueba se utiliza la mitad.

4. Método de prueba	<p>Detalles del método</p>	<p>2) Se mide el peso de la muestra (W_{d1}) con precisión de hasta un 0.1%.</p> <p>3) Se mete la muestra en el recipiente, se le agrega agua hasta que la muestra quede cubierta. Se mezcla la muestra violentamente con el agua, para que las partículas finas se separen de las partículas gruesas y queden suspendidas en el agua.</p> <p>El agua de lavado se vierte inmediatamente sobre las dos mallas superpuestas, la de 1.2 mm sobre la de 0.074 mm, evitando, hasta donde sea posible, que las partículas grandes salgan del recipiente.</p> <p>4) Se vuelve a agregar agua a la muestra en el recipiente, se mezcla y se vierte el agua de lavado sobre las dos mallas superpuestas. Se repite esta maniobra hasta que el agua de lavado se haga transparente.</p> <p>5) Las partículas que quedaron sobre las dos mallas superpuestas se regresan al recipiente.</p> <p>La muestra se seca a una temperatura de 100-100°C, hasta llegar al peso constante, y se mide con precisión de hasta un 0.1% (W_{d2}).</p> <p>6) Cálculo del resultado:</p> <p>Se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula, y el resultado se redondea en dos dígitos significativos.</p> $A = \frac{W_{d1} - W_{d2}}{W_{d1}} \times 100$ <p>A: Porcentaje de la masa que pasa por la malla de 0.074 mm</p>
5. Método de evaluación	<p>Normas aplicables</p>	<p>JIS A 5004 (Arena triturada para la elaboración del concreto).</p> <p>JIS A 5308 (Concreto premezclado).</p> <p>JIS A 5005 (grava para la elaboración del concreto).</p> <p>Manual del Colegio de Ingenieros Civiles</p> <p>Colegio de Arquitectos de Japón (JASS 5)</p>

5. Método de evaluación Criterios de determinación		JIS A 5004	JIS A 5005	JIS A 5308		
	Agregados finos	7.0	-	Civil	Construc.	
				3.0(5.0) 5.0(7.0)	3.0	
	Agregados gruesos	-	1.0	1.0		
	Manual del Colegio de Ingenieros Civiles			JASS 5		
	No reforzado / Reforzado	Pavimentación	Presas	Clase I	Clase II	Clase III
	3.0(5.0) 5.0(7.0)	3.0(5.0)	3.0(5.0) 5.0(7.0)	2.0	3.0	5.0
	1.0(1.5)			Clases I y II 1.0(1.5)		
	<i>Los valores entre paréntesis () se dan cuando se pierde únicamente polvo de roca y no de arcilla ni limo en la prueba de lavado de arena y de grava.</i>					
	6. Expresión del resultado	Se redondea en dos dígitos significativos, según JIS Z 8401 (Método de redondeo de cifras).				

Cuadro 2

1.	Nombre de las pruebas	Prueba de salinidad de agregados normales; prueba de salinidad de agregados para la elaboración del concreto ligero de uso estructural.
2.	Objetivo de la prueba	Averiguar el contenido de sales en agregados.
3.	Muestras	1) Agregados normales 1,000 g 2) Agregados ligeros 500 g
4. Método de prueba	Resumen	Identificar el volumen de sales contenidas en los agregados utilizando el indicador de cromato de potasio y solución de nitrato de plata, para determinar su aptitud como agregados para la elaboración del concreto.
	Normas aplicables	JASS 5T - 202 (Prueba de salinidad de los agregados normales). JIS A 5002 (Agregados para la elaboración del concreto ligero de uso estructural).
	Instrumentos para la prueba y reactivos	Frasco de boca ancha (1 litro), pipetas (1 ml y 5 ml), bureta (25 ml), matraz (300 ml) balanza (con capacidad de pesado de 2 kg y precisión de 1 g), indicador de cromato.

4. Método de prueba	Instrumentos para la prueba y reactivos	do de potasio (5W/V%), solución de nitrato de plata de N/10.
	Detalles de la prueba	<p>1) Se pesa 1,000 g de muestras (500 g en el caso de agregados ligeros), se mete en el frasco, se seca a una temperatura de 105 - 110°C hasta llegar al peso constante, y se mide el peso seco absoluto.</p> <p>2) Se agrega 500 ml de agua purificada a la muestra, se tapa el frasco y se deja reposar durante 24 h. Después de 24 h, se sacude el frasco colocándolo boca abajo, tres veces con un intervalo de 5 min, para extraer sales. Se deja reposar un rato, después del cual se saca 50 ml del líquido superior con una pipeta y se traslada a un matraz.</p> <p>3) Se le agrega 1 ml del indicador de cromato de potasio, y se hace la titulación con la solución de nitrato de plata de N/10. Se considera como el fin de la titulación cuando el color rojo no se extinga al mezclar el líquido con vibración, y se registra el consumo A (ml) de la solución de nitrato de plata de N/10.</p> <p>4) Por separado, se mide 50 ml de agua purificada, y se hace una prueba en blanco con el método mencionado en 3. Se registra el consumo B (ml) de la solución de nitrato de plata de N/10.</p> <p>5) Cálculo del resultado: La salinidad se expresa en porcentaje del peso, convertido en NaCl, de acuerdo con la siguiente fórmula:</p> $\text{Salinidad (convertida en NaCl)} = \frac{0.0058 * (A - B) * 10}{W} = 100(\%)$ <p>*Se utiliza el valor de 0.00584 en JIS A 5002.</p> <p>6) La prueba debe ser repetida más de dos veces y se toma como resultado el valor promedio.</p>
5. Método de evaluación	Se señala en el cuadro 3.	
6. Expresión del resultado	Se redondea en el tercer decimal según JIS Z 8401.	

Cuadro 3
Criterios de determinación de salinidad

Normas y especificaciones	Salinidad por especificación	Valor máximo permisible por indicación escrita	Consideraciones (Medidas de anticorrosión).
Comunicado del Ministerio de Construcción 759 (24-x-77)		Igual o menor al 0.2% en NaCl	Se establecen diferentes medidas por combinación de condiciones en dos casos: $0.04 < \text{NaCl} \leq 0.1$ y $0.1 < \text{NaCl} \leq 0.2$.
Colegio de Arquitectos de Japón (JASS 5). Especificación estándar para obras de concreto reforzado	Igual o menor al 0.1% en NaCl		Tomar medidas necesarias cuando el valor supera al 0.02%.
JIS A 5002 (Agregados para concreto ligero de uso estructural)		Agregados ligeros artificiales: $\leq 0.01\%$ Naturales y de subproducto: $\leq 0.01\%$	
JIS A 5308 (Concreto premezclado) Anexo agregado		Igual o menor al 0.1% en NaCl	En el caso de agregados destinados a la construcción, pedir el acuerdo del comprador si contienen más de 0.04%.
Colegio de Ingenieros Civiles. Manual de estándares de concreto	A juicio del ingeniero responsable		En la aplicación del valor de 0.1% como el nivel máximo permisible.
Corporación Pública de Vivienda y Ordenamiento Urbano. Especificaciones comunes para obras	Igual o menor al 0.04% de agregados en NaCl	Igual o menor al 0.1% en NaCl	Cuando supera al 0.04% (1) mantener relación agua-cemento < 55%, (2) revenimiento < 18cm, (3) utilizar aireante reductor de agua, (4) respetar rigurosamente el grosor del recubrimiento.

Corporación Pública de Carreteras. Especificaciones comunes para las obras de construcción	Igual o menor al 0.04% de agregados en NaCl		
Ministerio de Correos. Especificaciones estándares de obras de construcción	Igual o menor al 0.01% de agregados en NaCl	Igual o menor al 0.2% excepto Okinawa, donde se permite hasta 0.3%	Agregación de agentes anticorrosivos: (0.04-0.1% : 1 litro/m ³ igual o mayor al 0.1%: 3 litro/m ³).
Ministerio de Educación. Especificaciones estándares de obras de construcción	Igual o menor al 0.02% NaCl	Igual o menor al 0.1% NaCl	(1) Relación agua-cemento <55%, (2) revenimiento <18 cm, (3) aumentar un centímetro el grosor mínimo de recubrimiento
Agencia de Instalaciones para Defensa. Especificaciones comunes para obras de construcción	Igual o menor al 0.1% NaCl		Si no hay anotaciones específicas, a juicio del inspector de la obra.
Corporación Pública de Telégrafos. Especificaciones comunes para las instalaciones y edificios	Igual o menor al 0.1% de agregado en NaCl	Igual o menor al 0.3% en NaCl	Agregación de 3 litro/m ³ de agente anticorrosivo; revenimiento igual o menor a 18 cm.
Ministerio de Construcción. Especificaciones comunes para las obras de construcción.	Igual o menor al 0.04% NaCl	Igual o menor al 0.1% en NaCl	(1) Relación agua cemento igual o menor al 50%, (2) aumentar 1 cm el grosor mínimo del recubrimiento.

CAPITULO 3

Prueba de desgaste de agregados y prueba de estabilidad de agregados

por
Kenzou Kishi

1. Introducción

Las pruebas de desgaste y de estabilidad que se mencionan en este texto son pruebas que se realizan para conocer la calidad de los agregados para la elaboración de concretos que se utilizan bajo condiciones especiales o con objetivos especiales. Por lo tanto, estas pruebas no se ejecutan con tanta frecuencia como otras pruebas más comunes, como la prueba de peso específico o de factor de absorción, o de clasificación por mallas. Sin embargo, no por eso son menos importantes, ya que son conceptos estipulados en las normas JIS, para conocer la calidad de los agregados utilizados para el concreto premezclado y para otros concretos especiales.

2. Prueba de desgaste

2.1 *Objetivo de la prueba*

Los concretos que se usan para carreteras o para obras de protección se desgastan en la superficie de mortero por la abrasión de llantas y olas, y exponen los agregados gruesos paulatinamente. Después de este proceso, el volumen de desgaste posterior depende mucho de las propiedades que tienen los agregados gruesos mezclados en el concreto. Para conocer estas propiedades, se realiza esta prueba.

2.2 *Puntos de observación, puntos de cuidado*

Hay que observar si los resultados de la prueba están de acuerdo con los criterios de determinación señalados en el cuadro 1, y si los resultados no están de acuerdo con estos criterios, los agregados tienen que ser sustituidos. Si no se consiguen agregados que cumplan con los criterios establecidos, se tendrá que mejorar la resistencia al desgaste del concreto, para lo cual se requiere de una alta tecnología.

Como puntos de cuidado en la ejecución de la prueba, hay que mencionar los referentes a la muestra y los referentes al dispositivo. Cuando la muestra contiene una gran cantidad de granos planos o blandos, el volumen de desgaste aumenta, por lo que es muy importante observar cuidadosamente la muestra antes de realizar la prueba, previendo la necesidad de análisis y de identificación de causas del resultado. En cuanto al dispositivo, hay que tener cuidado en el cálculo de la masa total de bolas de acero, ya que sus masas no son uniformes y, por tanto, no es suficiente tener la cantidad establecida de bolas, ya que no siempre coincide con el método establecido en la masa total. Si existe una fisura entre el cuerpo principal del dispositivo y la tapa de entrada de la muestra, por esa fisura se dispersan partículas finas durante la rotación. Esto hace que el resultado sea incorrecto. Es necesario poner atención al orden de atornillado de la tapa, para que ésta quede fijamente cerrada.

3. Prueba de estabilidad

3.1 Objetivo de la prueba

El concreto, sometido al congelamiento y deshielo, presenta fisuras o el fenómeno de formación de laminillas que provoca la exfoliación en el estrato superficial. La resistencia al congelamiento del concreto se define principalmente por la pasta de cemento, pero los agregados también influyen en ella. En forma ideal, la resistencia al congelamiento de los agregados debe ser examinada como concreto ya aplicado y en uso, pero la prueba correspondiente es muy complicada. Por esta razón, en esta prueba de estabilidad se utilizan cristales de sulfato de sodio que presentan una presión similar a la de expansión por congelamiento, para simular la resistencia de agregados frente a los efectos negativos del congelamiento.

3.2 Puntos de observación, puntos de cuidado

Primero hay que observar si el resultado de la prueba está dentro de los criterios establecidos de determinación que aparecen en el cuadro 2. Si el resultado está fuera de los criterios, es necesario identificar las causas. El estado de destrucción de los agregados sometidos a la prueba de estabilidad se puede dividir en dos tipos: desintegración y desgarre. La desintegración se debe, mayoritariamente, a las características del material del agregado; se observa, generalmente, en los agregados ligeros de peso específico reducido y factor de absorción grande y, sobre todo, en los agregados que absorben agua rápidamente. El desgarre se presenta muchas veces por causas que no tienen su origen en el material mismo, como las fisuras o grietas existentes en los agregados. Sobre todo, en el caso de los agregados producidos por la trituración, como grava, que son rocas trituradas, es necesario tener cuidado ya que las fisuras que se encuentran en los agregados provocan un resultado negativo en esta prueba.

Como se puede deducir de lo arriba mencionado, cuando la causa de un resultado no satisfactorio es la integración, que se origina en el material mismo, es necesario desechar los agregados y sustituirlos por otros, pero si la causa está en las fisuras ocasionadas por la trituración del material, a veces se puede modificar el resultado por el mejoramiento de los procesos de fabricación que reducen las fisuras en los agregados.

Con relación al dispositivo de la prueba, hay que aclarar que a los agregados ligeros artificiales no se puede aplicar este método, ya que el sulfato de sodio puede ser acumulado en los agregados y la masa de la muestra resulta ser mayor después de la prueba que antes.

La pérdida en masa de estabilidad se calcula por la diferencia entre la muestra que queda en la misma malla antes y después de la prueba. Aunque se trata de mallas del mismo número, si son dos mallas diferentes, la dimensión real de las mallas puede variar, y así afectar el resultado de la prueba. Consecuentemente, se recomienda utilizar la misma malla que se utilizó antes para la maniobra después de la misma. Cuando no se lleva a cabo con suficiente cuidado el proceso de clasificación de granos por mallas, se toma como material destruido en proceso de la prueba algo que no se ha destruido en este proceso. En este sentido, es muy importante hacer la clasificación de muestra por mallas con sumo cuidado.

Cuadro 1

1.	Nombre de la prueba	Prueba de desgaste de agregados.
2.	Objetivo de la prueba	Conocer la resistencia al desgaste de los agregados que se utilizan para la elaboración del concreto.
3.	Muestra	<p>(1) Tipo: gravas de río, grava, etc.</p> <p>(2) Medidas: 2.5 - 80mm (Existen clasificaciones granulométricas de A a G).</p> <p>(3) Masa: 5,000 g o 10,000 g.</p> <p>(4) Tratamiento previo: Se clasifica por mallas, se lava con agua y se seca a una temperatura de 100 - 110°C.</p>
4. Método de prueba	Resumen	Determinar si los agregados son aptos o no como material para concretos utilizados en lugares sujetos a desgaste, por medio del volumen de desgaste de los agregados mismos.
	Norma aplicable	JIS A 1121 (Método de desgaste de agregados gruesos por la Máquina de Los Angeles).
	Dispositivos de prueba, dispositivos de medición	Máquina de Los Angeles, mallas estándares, balanza o báscula.
	Condiciones en el momento de la prueba	Ninguna especial.
	Detalles de la prueba	<p>Preparación de la muestra: La muestra se clasifica según JIS A 1102 (método de la prueba de clasificación por mallas de agregados). El resultado se compara con la distribución granulométrica A - E señalada en el cuadro 1.1, y se escoge la distribución más cercana. Se prepara la masa de la muestra de acuerdo con la distribución granulométrica escogida, se lava con agua y se seca a una temperatura de 100 - 110°C.</p> <p>Método de prueba: Se mide la masa de la muestra W_1 correspondiente a la distribución granulométrica establecida, se coloca en la Máquina de Los Angeles junto con el número de bolas de acero que aparecen en el cuadro 1.2. Se cierra la tapa de la máquina. Se pone a funcionar la máquina y después del número establecido de vueltas, se saca la muestra y se clasifica con una malla de 1.7mm.</p> <p>Después se lava la muestra con agua, se seca a una temperatura de 100-110°C, se deja enfriar hasta la temperatura ambiental para medir la masa W_2. Cálculo del resultado: Se calcula el volumen de reducción R de acuerdo con la siguiente fórmula:</p>

Detalles de la prueba

$$R = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) \times 100 \%$$

Cuadro 1.1

Clasificación granulométrica	Rengos de diámetro cde partículas expresados en la dimensión nominal de las mallas (mm)	Peso de la muestra (g)	Peso total de la muestra (g)
A	10 - 15	1,250 ± 10	5,000 ± 10
	15 - 20	1,250 ± 10	
	20 - 25	1,250 ± 25	
	25 - 40	1,250 ± 25	
B	15 - 20	2,500 ± 10	5,000 ± 10
	20 - 25	2,500 ± 10	
C	5 - 10	2,500 ± 10	5,000 ± 10
	10 - 15	2,500 ± 10	
D	2.5 - 5	5,000 ± 10	5,000 ± 10
E	40 - 50	5,000 ± 50	10,000 ± 100
	50 - 60	2,500 ± 50	
	60 - 80	2,500 ± 50	
F	25 - 40	5,000 ± 25	10,000 ± 75
	40 - 50	5,000 ± 25	
G	20 - 25	5,000 ± 25	10,000 ± 25
	25 - 40	5,000 ± 25	

Cuadro 1.2

Clasificación granulométrica	Número de bolas	Peso total e las bolas (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,580 ± 25
C	8	3,330 ± 20
D	6	2,500 ± 15
E	12	5,000 ± 25
F	12	5,000 ± 25
G	12	5,000 ± 25

Nota 1) En esta norma, el peso significa la masa.

Nota 2) Se combinan bolas de diámetro de 4.6cm, 4.68cm y 4.76cm para lograr los pesos especificados en el cuadro 1.1 Estas bolas son las bolas de acero especificadas en JIS B 1501 (Bolas de acero para cojinetes), 1 13/16, 1 27/32 y 1 7/8.

5. Método de evaluación	Normas aplicables	(1) JIS A 5005 (Grava para la elaboración del concreto). (2) JIS A 5308 (Concreto premezclado)
	Criterios de la determinación	(1) Igual o menor al 40%. (2) Igual o menor al 35% (únicamente para obras civiles).
6.	Expresión del resultado	Se expresa en porcentaje la diferencia entre la masa de la muestra antes de la prueba y la masa de la muestra que quedó en la malla de 1.7 mm después de la prueba, y se redondea al primer decimal.

Cuadro 2

1.	Nombre de la prueba	Prueba de estabilidad de agregados.
2.	Objetivo de la prueba	Se revisa la resistencia al congelamiento de agregados utilizados para la elaboración del concreto.
3.	Muestra	(1) Tipo: Agregados para concreto, excepto los agregados ligeros artificiales. (2) Medidas: 80mm - 0.3mm (3) Volumen: Agregados finos (menos de 10mm) : 2 kg Tamaño máximo alrededor de 10mm: 1 kg 15mm: 2.5kg 20mm: 5 kg 25mm: 10 kg 40mm: 15 kg 60mm: 25 kg 80mm: 30 kg <i>Nota: Cuando se trata de agregados ligeros, hay que considerar la mitad del volumen arriba mencionado</i>
4. Método de prueba	Resumen	Los agregados se sumergen en una solución saturada de sulfato de sodio y luego se secan. Esta maniobra se repite cinco veces, después de lo cual se mide la pérdida en peso de los agregados, para calcular el valor porcentual del peso perdido.
	Norma aplicable	JIS A 1122 (Método de la prueba de estabilidad de agregados por sulfato de sodio).
	Dispositivos de la prueba, dispositivos de medición	Mallas: las que se utilizan en la prueba de clasificación por mallas Canasta de malla metálica: de material resistente a la solución de la prueba, suficientemente tupida para que no

4. Método de prueba	Dispositivos de la prueba, dispositivos de medición	<p>salgan las partículas de la muestra y que permita que escurra bien el líquido.</p> <p>Balanza: Para agregados finos una balanza con capacidad de 500 g y sensibilidad igual o mayor a 0.1 g. Para agregados gruesos, una balanza con capacidad de 5 kg y sensibilidad igual o mayor a 1 g.</p> <p>Secador: con capacidad para mantener una temperatura de 100 - 110°C.</p>
	Condiciones en el momento de la prueba	<p>Solución para la prueba: solución saturada de sulfato de sodio. [A un litro de agua limpia a una temperatura de 25 a 30°C se le agrega unos 350 g de sulfato de sodio (anhidro) o unos 750 g de cristales de sulfato de sodio, se bate para que se mezcle bien y después se deja enfriar hasta 20°C.]</p> <p>Solución para revisar si existen remanentes de la solución de sulfato de sodio en los agregados: solución de cloruro de bario de 5 - 10%.</p>
	Detalles de la prueba	<p>Prueba de agregados finos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Se recolecta una muestra representativa de unos 2 kg. 2) Se aplica la clasificación por mallas a una parte de la muestra, para conocer el porcentaje de cada tamaño de partículas. 3) El resto de la muestra se lava bien y se recolectan las partículas que quedan en la malla de 0.3mm. Estas partículas se secan a una temperatura de 100 - 110°C, hasta llegar al peso constante. Después se vuelven a pasar por una serie de mallas y se toma 100 g de cada rango superior a 0.3 mm. Se omiten los rangos que tienen una proporción menor al 5% en el procedimiento 2. 4) La muestra se coloca en la canasta de malla metálica y se sumerge en la solución de sulfato de sodio durante 16 - 18 h. La superficie de la solución debe quedar más de 15 mm por arriba de la superficie superior de la muestra. La temperatura de la solución debe mantenerse a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. 5) La muestra se saca de la solución, se escurre y se seca en un secador durante 4 - 6 h. La temperatura del secador aumenta 40°C por h. 6) La muestra secada se deja enfriar hasta la temperatura ambiente. Se repiten cinco veces las maniobras 4 y 5.

Detalles de la prueba

- 7) La muestra que ha pasado cinco veces las maniobras arriba mencionadas se lava bien con agua limpia, hasta que no se presente el color blancuzco al agregarle la solución de cloruro de bario.
- 8) La muestra bien lavada se seca a una temperatura de 100 - 110°C hasta llegar al peso constante.
- 9) La muestra seca se pasa por la misma malla que se utilizó previamente a la prueba, y se mide el peso de la muestra que queda en ella.

Agregados gruesos:

- 1) Se recolecta la muestra representativa en las cantidades señaladas en el cuadro 2.1.
- 2) Se le aplica la prueba de clasificación por mallas igual que a los agregados finos para saber el porcentaje de cada rango de los tamaños.
- 3) Se le aplican los mismos procedimientos aplicados a los agregados finos y se recolectan las cantidades mencionadas en el cuadro 2.2. Se cuentan las partículas que tengan tamaños iguales o mayores a 20mm.
- 4)-8) Igual que en la prueba de agregados finos.
- 9) Se realizan las mismas maniobras que en el caso de los agregados finos. Las partículas iguales o mayores a 20 mm, deben ser observadas cuidadosamente en su estado de destrucción.

Calculo del resultado:

- 1) Se calcula el porcentaje de la pérdida de peso de la muestra de cada grupo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_1 = \left(1 - \frac{W_2}{W_1} \right) \times 100$$

Donde P_1 : Porcentaje de la pérdida de peso de los agregados (%).

W_1 : Peso de la muestra antes de la prueba (g).

W_2 : Peso de la muestra después de la prueba (g).

4. Método de prueba	<p>Detalles de la prueba</p>	<p>2) El porcentaje de la pérdida de peso de los agregados es la suma total de los productos de la proporción porcentual de cada grupo de agregados y del porcentaje de la pérdida de peso de cada grupo. El grupo cuyo porcentaje de participación es igual o menor al 5%, se calcula con el valor promedio de los porcentajes de pérdida de peso de los dos grupos más cercanos. Cuando falta alguno de los dos valores, se toma como valor de ese grupo el porcentaje de pérdida de peso del grupo cuyo valor existe. Se estima como cero la pérdida de peso del grupo de tamaño igual o menor a 0.3 mm.</p> <p style="text-align: center;">Cuadro 2.1</p> <table border="1" data-bbox="743 674 1398 1077"> <thead> <tr> <th>Tamaño máximo de los agregados (mm)</th> <th>Peso de la muestra recolectada (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Cuadro 2.2</p> <table border="1" data-bbox="743 1171 1398 1619"> <thead> <tr> <th>Rango de diámetro máximo de las partículas clasificadas por la dimensión nominal de las mallas (mm)</th> <th>Peso mínimo de la muestra (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pasan por 10 y quedan en 5</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 15 y quedan en 10</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 20 y quedan en 15</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 25 y quedan en 20</td> <td>1,000</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 40 y quedan en 25</td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 60 y quedan en 40</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>Pasan por 80 y quedan en 60</td> <td>3,000</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño máximo de los agregados (mm)	Peso de la muestra recolectada (kg)	10	1	15	2.5	20	5	25	10	40	15	60	25	80	30	Rango de diámetro máximo de las partículas clasificadas por la dimensión nominal de las mallas (mm)	Peso mínimo de la muestra (g)	Pasan por 10 y quedan en 5	300	Pasan por 15 y quedan en 10	500	Pasan por 20 y quedan en 15	750	Pasan por 25 y quedan en 20	1,000	Pasan por 40 y quedan en 25	1,500	Pasan por 60 y quedan en 40	3,000	Pasan por 80 y quedan en 60	3,000
Tamaño máximo de los agregados (mm)	Peso de la muestra recolectada (kg)																																	
10	1																																	
15	2.5																																	
20	5																																	
25	10																																	
40	15																																	
60	25																																	
80	30																																	
Rango de diámetro máximo de las partículas clasificadas por la dimensión nominal de las mallas (mm)	Peso mínimo de la muestra (g)																																	
Pasan por 10 y quedan en 5	300																																	
Pasan por 15 y quedan en 10	500																																	
Pasan por 20 y quedan en 15	750																																	
Pasan por 25 y quedan en 20	1,000																																	
Pasan por 40 y quedan en 25	1,500																																	
Pasan por 60 y quedan en 40	3,000																																	
Pasan por 80 y quedan en 60	3,000																																	
5. Método de evaluación	<p>Normas aplicables</p>	<p>JIS A 5002 (Agregados para el concreto ligero de uso estructural),</p> <p>JIS A 5004 (Arena triturada para la elaboración del concreto),</p> <p>JIS A 5005 (grava para la elaboración del concreto),</p>																																

5. Método de evaluación	Normas aplicables	JIS A 5308 (Concreto premezclado).																
	Criterios de determinación	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>JIS A 5002</th> <th>JIS A 5004</th> <th>JIS A 5005</th> <th>JIS A 5308</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>≤2%</td> <td>≤10%</td> <td>—</td> <td rowspan="2">Se siguen los criterios de las otras normas JIS</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>normales y subproducto</td> <td>—</td> <td>≤12%</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo	JIS A 5002	JIS A 5004	JIS A 5005	JIS A 5308	Agregado fino	≤2%	≤10%	—	Se siguen los criterios de las otras normas JIS	Agregado grueso	normales y subproducto	—
Tipo	JIS A 5002	JIS A 5004	JIS A 5005	JIS A 5308														
Agregado fino	≤2%	≤10%	—	Se siguen los criterios de las otras normas JIS														
Agregado grueso	normales y subproducto	—	≤12%															
6. Expresión del resultado	<p>El porcentaje de la pérdida de peso se redondea al primer decimal.</p> <p>Se anota el número de partículas igual o mayor a 20 mm antes de la prueba, el número de partículas en las que se notó alguna anomalía después de la prueba y su estado de destrucción.</p>																	
7. Anotaciones especiales	<p>Cuando se aplica esta prueba a rocas: Se tritura la roca en partículas de unos 100g. Se recolecta una muestra de 5,000 ± 100g, y se calcula el porcentaje de la pérdida de peso según la siguiente fórmula:</p> $P_2 = \left(1 - \frac{W_4}{W_3}\right) \times 100$ <p>Donde P₂: Porcentaje de la pérdida de peso de la roca.</p> <p>W₃: El peso de la muestra antes de la prueba (g).</p> <p>W₄: El peso de la muestra excluyendo las partículas que se partieron en tres o más pedazos (g).</p>																	