



1.3 Principales factores que afectan a f'_c

A continuación se describen los principales factores que afectan a la resistencia del concreto (f'_c) como: efectos que tienen la edad, relación agua cemento, efectos de velocidad de carga, velocidad de deformación, esbeltez y tamaño del espécimen.

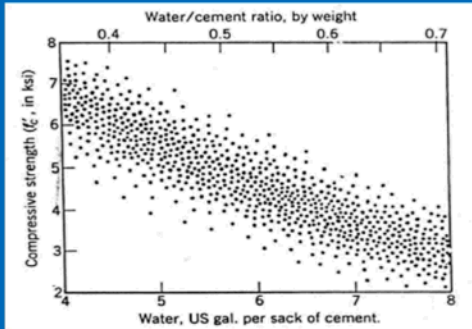
Asumiendo que tanto los agregados como el cemento son de buena calidad.



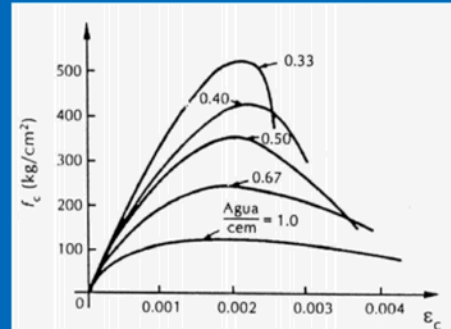
- **Efectos de la edad:** debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad, por lo tanto el aumento de capacidad de carga del cemento depende de las condiciones de curado a través del tiempo.
- **La relación agua cemento (w/c).** es tal vez la variable más importante, una relación w/c baja reduce la porosidad del concreto endurecido, por eso se debe tener cuidado del agua añadido en obra.
- Por el contrario una relación alta aumenta la porosidad entre la matriz y los agregados reduciendo la resistencia
- **El aire incorporado** en la mezcla a través de aditivos tiende a reducir la resistencia en compresión. También en aire atrapado por una consolidación no adecuada del cemento dentro de los encofrados, tiende a reducir la resistencia.
- **Efecto de la velocidad de carga:** las resistencias de una probeta en el que la carga máxima se alcanza en centésimas de segundo es aproximadamente 50% mayor que la que alcanza su carga máxima en 66 seg. Por otra parte para una probeta en que la carga máxima se alcanza en 69 minutos, la resistencia disminuye en un 10%.
- **Las condiciones de humedad y temperatura durante el curado,** debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente. Periodos prolongados de curado aumentan significativamente su resistencia.



- **La relación agua cemento (w/c).** es tal vez la variable más importante, una relación w/c baja reduce la porosidad del concreto endurecido por eso se debe tener cuidado del agua añadido en obra. Por el contrario una relación alta aumenta la porosidad entre la matriz y los agregados reduciendo la resistencia



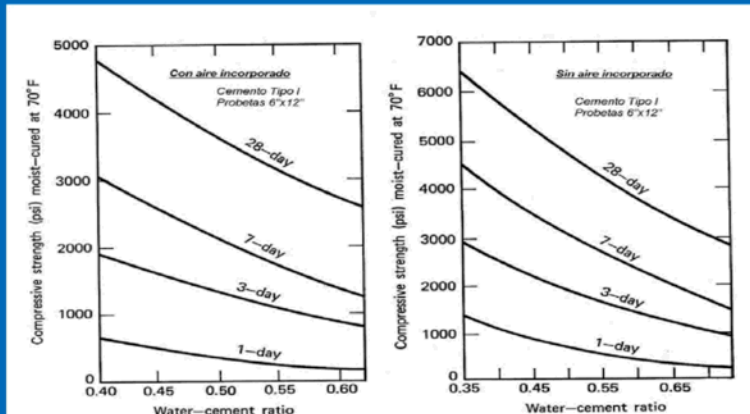
Influencia de la relación w/c PCA



Influencia de la relación w/c en la resistencia y en la forma de curva



- La figura de Bresler muestra curvas aproximadas que permiten apreciar el efecto de la relación w/c sobre la resistencia del concreto. Ya hemos mencionado que para una misma relación pueden obtenerse varias resistencias por lo tanto las curvas deben tomarse como tendencias globales y no como valores exactos. Se muestran las curvas para mezclas confeccionadas con y sin aire incorporado, curadas por vía húmeda a 21 °C hasta el día del ensayo.



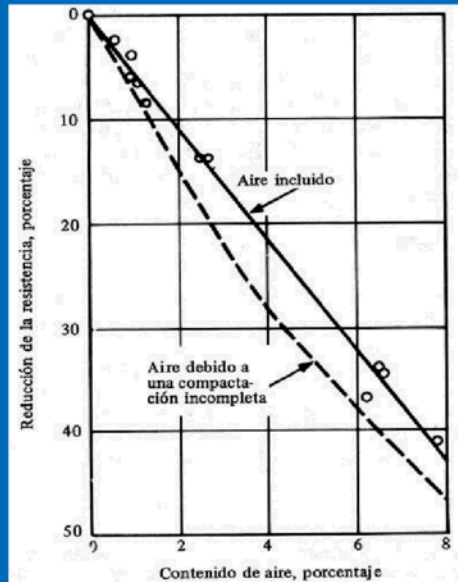
Bresler Efecto de w/c en concretos con y sin aire incorporado



- **El aire incorporado** en la mezcla a través de aditivos tiende a reducir la resistencia en compresión. También en aire atrapado por una consolidación no adecuada del cemento dentro de los encofrados, tiende a reducir la resistencia.

En la figura de Bresler se puede apreciar el efecto del aire incluido por medio de aditivos en la mezcla. Es claro que para una misma relación w/c las mezclas con aire incluido (a la izquierda de la figura) presentan resistencias menores.

La figura de Neville muestra la reducción de la resistencia del concreto por el efecto del aire incluido y el atrapado. La figura demuestra que la presencia de aire, sin ningún otro cambio en las proporciones de la mezcla, genera una reducción en la resistencia que es prácticamente proporcional al volumen del aire incluido. También muestra el efecto del aire atrapado como producto de una mala compactación.



Neville

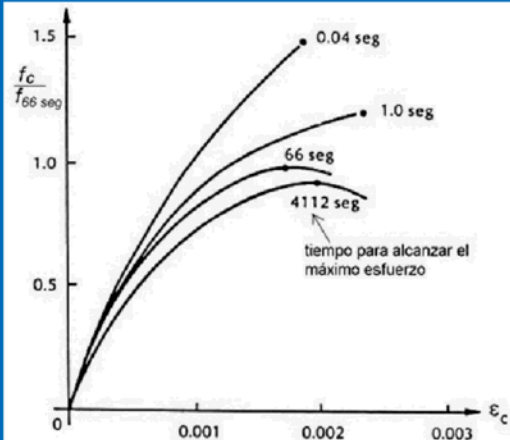


- Efecto de la velocidad de carga: La velocidad de carga o de deformación. Los ensayos de probetas se realizan a una velocidad especificada por la Norma, sin embargo en las estructuras reales la velocidad con la cual se aplica la carga es distinta a la del ensayo. Este suele ser el caso de las cargas vivas, de las cargas de impacto y de las cargas inducidas por las acciones sísmicas.

A velocidades de carga muy altas, f'_c puede aumentar en un 15% a 20% o más. Por ejemplo cuando la probeta se lleva a la falla en 0.1 a 0.15 segundos (la carga máxima se alcanza en menos de un segundo), lo que corresponde a una velocidad de carga de unos 2,000 kg/cm² por segundo, la resistencia del concreto se incrementa en un 15%. Esta velocidad de carga es la que podría esperarse en una estructura rígida durante un sismo intenso.

Por otra parte para una probeta en que la carga máxima se alcanza en 69 minutos, la resistencia disminuye en un 10%.

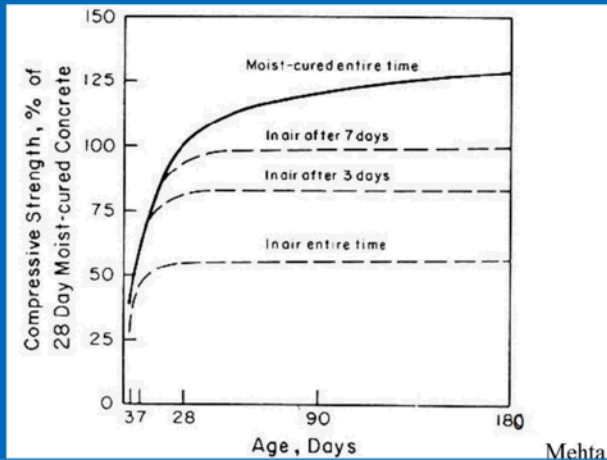
Las siguientes figuras muestran la influencia de la velocidad de aplicación del esfuerzo de compresión sobre la resistencia del concreto. Es clara la influencia de las cargas (esfuerzos) aplicadas rápidamente, también el hecho de que a velocidades de carga muy bajas f'_c se reduce hasta en un 15%.



González Cuevas: Efecto de la velocidad de carga en la curva esfuerzo – deformación.

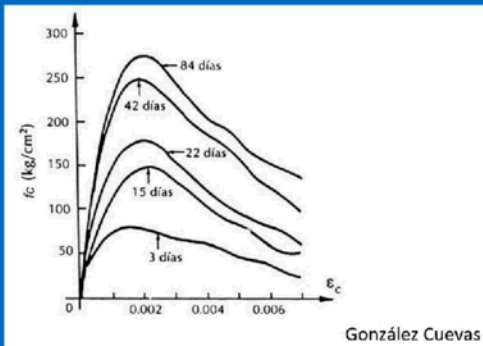


- **Las condiciones de humedad y temperatura durante el curado**, debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente. Periodos prolongados de curado aumentan significativamente su resistencia.





- **Efectos de la edad:** debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad, por lo tanto el aumento de capacidad de carga del cemento depende de las condiciones de curado a través del tiempo. La siguiente figura muestra las curvas esfuerzo – deformación de probetas fabricadas con un mismo concreto y ensayadas a distintas edades, todas las probetas fueron curadas bajo las mismas condiciones hasta el día del ensayo.





Con Cemento Tipo I la resistencia a los 7 días es aproximadamente el 90% a 95% de la resistencia a los 28 días. En la figura de Bresler se nota claramente el efecto de la edad en la resistencia para probetas curadas permanentemente hasta el día del ensayo. En la figura de Mehta es posible apreciar que una probeta curada durante 7 días, que suele ser el plazo mínimo recomendado de curado para cementos Portland normales, aumenta poco su resistencia luego de un mes. En consecuencia, en estructuras reales curadas durante plazos convencionales, no es de esperarse un aumento importante en la resistencia con el tiempo.



1.4 Resistencia del concreto en la estructura real

La resistencia del concreto en la estructura real tiende a ser menor que f'_c de laboratorio a partir de las probetas fabricadas y ensayadas de acuerdo a las normas.

En teoría las probetas de laboratorio miden el potencial resistente del concreto al cual representan.

Las siguientes son algunas de las razones por las cuales se producen las diferencias:

- Diferencias en el curado. Es clara la diferencia notable en las condiciones de curado entre una probeta de laboratorio y una estructura real.
- El efecto de la migración hacia arriba del agua en el concreto colocado en una estructura real. Esto genera que la relación w/c no sea uniforme a lo largo de la altura del elemento. En elementos peraltados el concreto de la parte superior suele ser menos resistente que el de la parte inferior. Esto debido a un aumento en la relación w/c por la migración del agua luego de colocado el concreto, y por la mayor compactación del concreto de la parte inferior producto del peso del concreto por encima.