



Hydronix

Como controlar o abaixamento na produção de betão com os sensores de humidade Hydronix

O consumo mundial de betão é de aproximadamente uma tonelada por pessoa, por ano, o que significa que é a segunda substância mais consumida na Terra, logo depois da água. É constituído por três elementos: agregados e areia (filler), cimento (aglutinante) e água. Quando combinados nas proporções corretas, estes elementos criam uma reação química, que permite a presa do betão.

Existem dois tipos de betão diferentes: pronto e prefabricado. O betão pronto é fabricado, normalmente, numa central de betão e entregue no local por camiões-betoneiras, sendo usado ainda fresco, acabado de misturar. O betão prefabricado é usado para criar elementos de betão moldados individuais que, tipicamente, fazem parte de uma estrutura maior. Este tipo de betão é produzido dentro de uma instalação especializada e sujeito a padrões de qualidade mais rigorosos, sendo que o controlo da humidade é uma parte essencial do processo de fabrico. Ambos os tipos de betão implicam o fabrico baseado numa fórmula específica, com os materiais nas proporções corretas, a fim de garantir a consistência, a qualidade e a resistência do betão.



O produtor do betão utiliza com frequência um ensaio de abaixamento ("slump test") para confirmar a trabalhabilidade, a fluidez e a consistência da mistura do betão. Existem vários fatores que afetarão o ensaio de abaixamento, incluindo as proporções de agregados, as misturas e também o teor de humidade. Esta nota descreve de que forma a integração da medição de humidade por micro-ondas digital na central de betão pode ajudar a produzir betão consistente, lote após lote e, portanto, a obter também propriedades de abaixamento consistentes.

Por que motivo é importante o controlo de humidade?

Seco



Húmido



Figura 1: Drenagem natural da humidade numa pilha de agregado

Num mundo ideal, os agregados e o cimento estariam completamente secos, pelo que a quantidade de água necessária para cada lote seria um volume definido e a qualidade do betão produzido seria idêntica, lote após lote. No entanto, os agregados são normalmente guardados em pilhas ao ar livre. E, apesar de um armazenamento correto poder ajudar, até para os materiais guardados em silos cobertos, a humidade nos agregados varia constantemente devido aos efeitos inevitáveis da drenagem.

Normalmente, em centrais de mistura de betão modernas, a quantidade de materiais necessários para a fórmula é pesada e a fórmula é calculada usando o peso presumido em "seco" dos materiais. Porém, nos agregados pesados existirá uma quantidade desconhecida de água. Apesar de esta nota se centrar no abaixamento, a água excedente ou o teor de humidade na areia e nos agregados pode ter efeitos dramáticos na proporção água/cimento, proporção agregado/cimento, produção e também na cor da mistura. Tal produzirá inconsistências a nível do abaixamento, resistência, cor e qualidade, com um produto inferior como resultado final.

Por que motivo é importante o cálculo correto de humidade?

Se o produtor do betão seguir uma fórmula definida usando quantidades de agregados e cimento pesadas, adicionando depois a quantidade de água especificada à mistura, cada lote produzido variará devido à quantidade desconhecida e variável de água nos agregados. Por exemplo, se uma fórmula especificar 1000 kg de agregados, a menos que estejam secos a 100 %, a quantidade pesada não será de 1000 kg de agregados, mas de uma mistura de agregados e água.

Cálculo da humidade

A única forma de determinar com precisão a humidade de um agregado por teste laboratorial é obter uma amostra do agregado, pesá-la (e ao seu recipiente) e secar a amostra para que a água evapore. Depois, pesar novamente a amostra. Normalmente, são realizados um segundo e um terceiro ciclos de secagem, consoante for necessário, até que não haja uma perda adicional no peso (o que significa que a amostra está completamente seca).

Em seguida, são realizados cálculos para corrigir uma eventual humidade adicional nos materiais, garantindo que a proporção de agregados está correta, de acordo com a fórmula de mistura de peso seco. Abaixo é apresentado um exemplo do cálculo, usando números simples para explicar o conceito.

$$\begin{aligned}
 \text{Peso do recipiente} &= 500 \text{ g} \\
 \text{Peso total da amostra molhada e do prato} &= 1500 \text{ g} \\
 \text{Peso total da amostra seca e do prato} &= 1409,1 \text{ g} \\
 \text{Perda do peso devido a aquecimento} &= 1500 - 1409,1 = 90,9 \text{ g} \\
 \text{Peso seco da amostra} &= 1409,1 + 500 = 909,1 \text{ g} \\
 \text{Peso molhado da amostra} &= 1500 + 500 = 1000 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Estes valores podem ser usados para calcular a percentagem de água no material, da seguinte maneira:

$$\% \text{ de humidade em base seca} = 100 \times \frac{\text{Peso da água}}{\text{Peso do material seco}} = 100 \times \frac{91}{909} = 10\%$$

Os mesmos valores usados para dar a mistura em base húmida dariam

$$\% \text{ de humidade em base húmida} = 100 \times \frac{\text{Peso da água}}{\text{Peso do material húmido}} = 100 \times \frac{91}{1000} = 9,1\%$$

É possível ver facilmente como a base de medição precisa de ser consistente em quaisquer cálculos de humidade e trabalhos.

A vantagem do trabalho com valores de humidade em base seca passa pela simplicidade muito maior de utilização destes para calcular um peso alvo a partir do peso de cálculo.

Como afetam as alterações da humidade as proporções do material

Os seguintes exemplos demonstram o efeito das variações de humidade nos agregados, na proporção de materiais na mistura. Além da humidade total, a proporção de materiais na mistura é um fator essencial na determinação do abaixamento do betão.

Se for pesado um lote com 10% de humidade na areia e 0% na gravilha (pelo método de peso seco), então a tabela que se segue mostra a mistura de material:

Material	Peso alvo	Humidade	Peso seco real
Areia	1000 kg	10%	909 kg
8 mm de gravilha	500 kg	0%	500 kg

A proporção de areia e gravilha é de 1,8 : 1

Porém, se um segundo lote for doseado, com areia com 0% de humidade e gravilha com 5%:

Material	Peso alvo	Humidade	Peso seco real
Areia	1000 kg	0%	1000 kg
8 mm de gravilha	500 kg	5%	476 kg

A proporção da areia e gravilha é agora de 2,1 : 1.

Isto resulta numa diferença significativa na proporção de materiais entre os lotes e, se não for corrigida, terá um impacto direto na qualidade do betão produzido. Por isso, é essencial que a quantidade de água nos agregados seja medida com precisão e o peso seco do material seja adicionado à mistura, ajustada consequentemente.

A água final adicionada na fase de mistura pode ser ajustada com base no teor de humidade dos agregados para alcançar uma proporção de água/cimento precisa e um abaixamento consistente. No entanto, para um desempenho ideal, recomenda-se o controlo de humidade e de adição de água separado na betoneira. Para mais informações, visite o nosso Web site.

Problemas associados a variações de humidade

Se a mistura do betão tiver proporções erradas ou o nível de humidade estiver incorreto, tal criará problemas de consistência, trabalhabilidade ou abaixamento do betão. Os produtores de betão pronto têm de garantir que o seu betão continuará a garantir a consistência correta e a produzir o abaixamento correto depois de entregue ao cliente.

Para os produtores de betão prefabricado, as variações de humidade causarão também problemas com moldes e cofragens durante a produção de componentes. Exemplos disto incluem o colapso de tubos depois de o núcleo ser removido ou a desintegração de blocos quando saem da máquina. Pranchas de alma alveolada são também exemplos evidentes de elementos onde o betão pode vergar-se ou deformar-se, à medida que a máquina avança pela linha.

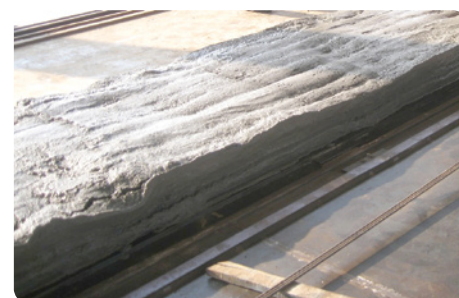


Figura 2: Exemplo de betão de alma alveolada colapsado devido a consistência incorreta

Um dos outros problemas associados à variação de humidade em agregados é que a área de superfície dos agregados mudará (ou seja, menos agregados do que o esperado). Isso tem uma grande importância ao adicionar cores a um lote de betão, uma vez que o revestimento da área da superfície pelo pigmento da cor irá variar à medida que as proporções da mistura mudam. Tal causará inconsistência da cor ao longo de diferentes lotes, o que pode originar grandes despesas por ser necessário adicionar mais corantes para corrigir a situação.

Que método de medição de humidade devo usar?

Apesar de os resultados de testes laboratoriais de secagem serem precisos, são também morosos e não é um método que permita alterações nas proporções de material em tempo real. Existem vários métodos diferentes para medição de humidade, tais como capacitivo, resistivo, de infravermelhos e por micro-ondas, que podem ser usados para automatizar o processo e que têm as suas próprias vantagens e desvantagens. Um dos sistemas mais populares é o método por micro-ondas. Porém, ao contrário de outros sistemas, que fazem a medição usando o método analógico, os sensores Hydronix usam uma técnica por micro-ondas digital, que não é afetada por impurezas, cor, tamanho de partículas nem temperatura e apresenta uma precisão de $\pm 0,2\%$.

Relação custo/benefício da utilização da medição de humidade por micro-ondas Hydronix

Para além da melhoria imediata da qualidade e da consistência do betão produzido, lote após lote, o produtor de betão também irá beneficiar de mais rentabilidade. Esta pode definir-se como uma redução de material estragado/desperdiçado ou como uma melhoria na eficiência de utilização do material. As vantagens incluem:

- Redução da quantidade de materiais desperdiçados devido a proporções de mistura inconsistentes
- Redução na quantidade de cimento usado para alcançar a resistência correta
- Qualidade consistente e repetível
- Trabalhabilidade e abaixamento consistentes
- Acabamento de superfície consistente
- Mais eficiência no uso de aditivos para coloração

Qual sensor?

A Hydronix oferece uma gama de sensores de humidade por micro-ondas digitais, que podem ser instalados em diferentes partes do processo. Todos os sensores Hydronix têm um ciclo de medição de 25 vezes por segundo, retransmitindo dados de humidade para o sistema de controlo em tempo real e permitindo o ajuste imediato da quantidade de agregados que é pesada, da mistura de materiais ou da quantidade de água adicionada à betoneira. Os sensores Hydronix também fazem todo o processamento diretamente no próprio sensor e fornecem resultados verdadeiramente lineares ao sistema de controlo, ao contrário de outros sensores disponíveis no mercado.

Medição de humidade em depósitos de agregados, tremonhas e correias transportadoras

A medição de humidade com um sensor Hydro-Probe é realizada, normalmente, junto da porta do depósito de agregados, uma vez que isso garante as leituras mais fiáveis, passando os agregados pela cabeça de deteção de cerâmica, sem impedir o fluxo de material. Dependendo dos requisitos específicos da instalação, o sensor pode ser instalado no estreitamento do depósito ou por baixo dele. Assim que o sensor tenha sido configurado corretamente, as leituras de humidade podem ser feitas como uma média para cada lote e o sistema de controlo da instalação pode ajustar o peso apurado de cada agregado em tempo real. Tal garante lotes com o peso seco correto.



Conclusão

A integração da medição e do controlo da humidade por micro-ondas digital no processo constitui uma solução simples e eficaz para o produtor de betão. O betão resultante será consistente, lote após lote, melhorando a qualidade do produto e reduzindo materiais estragados ou desperdiçados. O sistema de controlo de humidade pode ser instalado facilmente em instalações novas ou existentes, o que permite um retorno do investimento em pouco tempo, muitas vezes meses após a instalação, dependendo da produção da instalação.

Acerca da Hydronix

A Hydronix, fundada em 1982 e com mais de 70 000 unidades vendidas, é líder do mercado mundial em instrumentos para medição de humidade por micro-ondas na indústria de betão e construção. Com fornecimento de soluções de medição de humidade para agregados e betão fresco durante a mistura e com uma rede de suporte e vendas global, os produtos Hydronix são a solução aprovada para o produtor de betão.