

Type IL Cement and Concrete Scaling

by David R. Lankard

In the December 2024 issue of *Concrete International*, Phil Diekemper offered words of caution and suggested necessary next steps as Type IL portland-limestone cement (PLC) gains widespread use in the years to come.¹ Diekemper is the Executive Director of PRO: An ACI Center of Excellence for Advancing Productivity. In his article titled “A Universal Language for Finishability,” he noted that “this recent and seemingly sudden shift has changed construction work forever.”¹

The historical guidelines for properly finishing Type I/II portland cement concrete flatwork slabs can no longer be counted on to consistently produce an acceptable finished product. Regarding the trial-and-error learning curve scenario of the future, Diekemper stated that: “While a finishing crew will learn about specific mixtures from every field test and placement, the contractor and the owner will be assuming significant risk.”¹ In acknowledging the dearth of published articles on the topic, he also noted that: “Few, if any, addressed constructability issues like bleeding, finishing, and early strength.”¹

This article focuses on the bleeding and finishing issues as they relate to an increased risk of concrete scaling. Concerns regarding scaling have been expressed by others who can speak for the suppliers and users of what Diekemper refers to as an “unknown product.”¹

As Peter Taylor, Director of the National Concrete Pavement Technology Center, stated:

“An unusually high number of problems related to surface distress have been reported in 2023, and questions are being raised about what has changed this year. One change is that the portland-limestone cements available now contain up to 15% interground limestone. Although the literature indicates that this change should not directly affect the propensity of a mixture to exhibit distress, one side effect might be that changes in water demand, bleeding, and setting time without appropriate changes in practices may increase the risk of scaling.”²

The Federal Highway Administration (FHWA) has also weighed in on the matter by describing the bleeding issue as one of the several challenges faced by users of Type IL cements:

“Lower bleed rates, which may result in finishing operations occurring prematurely. This challenge is typical of concretes using finer cements. Contractors tend to use visual

observations of the water on the surface of the concrete based on their experience to determine when finishing operations should begin. PLC concretes may bleed more slowly, which may result in water being trapped under the finished surface and may lead to popout or scaling deterioration on the concrete surface.”³

I address this topic from the point of view of a concrete petrographer with 47 years of experience looking at both scaled and unscaled concrete. Although I have examined thousands of concrete cores, I acknowledge that in the big picture this is a small sample population. However, a petrographic examination is the only way to learn what is going on at the microstructural level in scaled concretes. In the hundreds of scaling articles written over the years, only a handful have included a petrographic examination as an element of the study protocol. As far as I’m able to determine, petrographic studies have not been cited in the recent sparse literature that addresses Type IL cement challenges.

Debates have been ongoing for decades regarding the potential for increased risk of scaling when fly ash and slag cement are used as supplementary cementitious materials (SCMs) in pavement and flatwork concretes.⁴⁻¹⁰ I believe that there is an increased risk, and, in this article, I show that the risk of scaling may be further increased when SCMs are used with Type IL cement. The connection here is the influence that all three SCMs have on the length of the bleeding period and the length of concrete setting time.

Petrographic Studies Can Reveal Root Causes of Scaling

The majority of scaled concretes in my study population have come from either residential flatwork projects, or less commonly from light commercial flatwork and pavement projects. It is at these construction sites where the use of certified workers and full-time construction supervision and oversight common to federal, state, and large commercial projects may be missing or neglected.

The cause of scaling in the minority of my sample population had nothing to do with either SCMs or Type IL cement. In some cases, the straight Type I/II portland cement concretes delivered to the jobsite had either an elevated water-cement ratio (*w/c*) or lacked an adequate entrained air

void system as-placed. In other cases, the topmost layer of the wearing surface was rendered less scale resistant due to:

1) inadequate curing of the concrete; or 2) situations where poor finishing practices led to either no air entrainment in the wearing surface layer or to an elevated w/c in that layer. Less commonly, the petrographic examination confirmed that a deicing chemical reacted with the portland cement hydrates, which chemically degraded the wearing surface layer.¹¹

Pinning down the root cause of the scaling becomes problematic when concrete contains fly ash, slag cement, and more recently Type IL cement. The conundrum is, if the water-cementitious materials ratio (w/cm) is elevated in the wearing surface layer, is this condition due to poor finishing practices, or did these cementitious constituents play a role that went undetected? As Taylor cautioned, “one side effect [of the use of Type IL cement] may be that changes in water demand, bleeding, and setting time without appropriate changes in practices may increase the risk of scaling.”¹² Because no suggested changes in practice were discussed, it is not yet known what these appropriate changes will entail.

Scaling in Concretes Containing Fly Ash, Slag Cement, and Type IL Cement

The potential for a prolonged period of bleeding in these concretes is related to the specific gravity and particle size of these constituents relative to portland cement. Bleeding is a sedimentation phenomenon. Based on Stokes law, the fly ash, slag cement, and limestone particles require a longer time to descend downward relative to the denser and larger portland cement particles. The sedimentation of the particles continues as long as the cement paste remains in a fluid state.

Fly ash, slag cement, and limestone are “weakly-cementitious” relative to portland cement. As such, they dilute and delay the portland cement hydration reactions, so, the cement paste remains in a fluid state for a longer period. Two adverse outcomes are possible during a prolonged period of bleeding in concretes containing fly ash, slag cement, and limestone fines:

- There is a chance that the final finishing step will be initiated prior to the undetected cessation of bleeding, resulting in bleed water being mixed into the finished surface layer. This can result in the creation of an elevated w/cm in the wearing surface layer; or
- Due to the slower rate of descent of the fly ash, slag cement, and limestone particles in the fluid cement paste, the likelihood exists that these “weakly-cementitious materials” will end up in a disproportionately higher amount in the topmost layer of the slab after the final set. In this instance, the paste in the topmost layer in the slab ends up softer, weaker, and more porous, with an elevated w/cm relative to the underlying concrete. I refer to this condition as the “compromised wearing surface layer.”

Only a few of the numerous previous studies of the involvement of SCMs in scaling included a petrographic examination. In one such study in 1996, Canadian researchers

identified a compromised wearing surface layer in scaled concretes containing Type I/II portland cement and fly ash:

“The scanning electron microscope observations carried out clearly indicate that the first millimeters below the surface of troweled laboratory concrete specimens can have a microstructure different from that of the bulk of the concrete. In all concretes tested, an extremely porous layer (for example, with a very high water/binder ratio) was observed at the surface. The scaling test results show that the higher porosity of the surface layer tends to markedly reduce the deicer salt scaling durability of wood troweled laboratory samples during the first cycles of freezing and thawing. The use of fly ash was found to increase the thickness and the porosity of the surface layer.”¹²

Petrographic examinations of scaled concretes provide evidence at the microstructural level of the factors involved in scaling. In the case of concretes containing fly ash, slag cement, and limestone fines, this includes a confirmation of the presence of the compromised wearing surface layer I’ve described.

Microstructural Features of Scaled Type IL Cement Concretes

The discussion presented herein includes concretes having binary blends of Type IL cement and slag cement, and of Type IL cement and fly ash. The examples come from my small sample population of scaled concrete flatwork projects. Clearly not all concretes containing these cementitious materials have or will experience scaling. My intent is to show that for fact-based reasons (prolonged bleeding and prolonged set time), it is reasonable to conclude that the risk of scaling is increased for these concretes. As acknowledged by respected concrete industry spokespersons, it is a risk that is likely to go undetected in real time.¹⁻³

In the examples to follow, reflected light microscope photographs are used to: 1) illustrate and describe the microstructural features of the compromised wearing surface layer; and 2) provide evidence of the involvement of durable coarse aggregate particles in the scaling. The photographs were taken at a magnification of 3.5X on saw-cut and lapped (polished) surfaces of scaled concrete core sections at the wearing surface elevation (sections perpendicular to the plane of the wearing surface).

In these examples, the concretes are satisfactorily air-entrained, the air voids are present in the compromised wearing surface layer, and the concrete was placed at a satisfactory low w/cm of ≤ 0.45 . The coarse aggregate is a durable limestone rock from different sources. For ease of discussion, the term “affected surface layer” is sometimes used to denote the compromised wearing surface layer.

Compromised Wearing Surface Layer

Figure 1 shows a saw-cut surface of a scaled concrete core in which the cementitious constituent is a binary blend of Type IL cement and slag cement. Prior to the saw-cutting step, the wearing surface of the core was coated with an epoxy

adhesive to preserve pre-sawing features. Shortly following the saw cut, the surface was sprayed with a pH-indicating solution (phenolphthalein). On a concrete surface that is not carbonated ($\text{pH} \geq 13$), the treated surface turns a bright pink color. Where the concrete is carbonated ($\text{pH} < 10$), there is no color change. Features of interest in Fig. 1 are:

- The compromised wearing surface layer is the 2 to 4 mm (0.08 to 0.16 in.) thick carbonated layer (no pink color). There is an abrupt transition between the carbonated layer and the underlying scale-resistant concrete. Typically, only the thin carbonated layer is lost in the scaling event. Tests made during the petrographic examination revealed that the cement paste in the compromised wearing surface is softer and weaker, has a higher level of permeability and porosity, and has fewer residual portland cement particles relative to the underlying concrete. This condition is attributed to an elevated w/c in the affected layer relative to the underlying concrete. The estimated w/cm in the affected layer can range from 0.5 to 0.8 in a single core sample;
- The affected layer has not yet been lost (scaled). However, a thin layer of the weakened cement paste was pulled off by the epoxy layer; and
- The near-surface limestone coarse aggregate particles (red dots) are in contact with the carbonated layer. Due to the high level of permeability of the affected layer, water on the slab surface gains easy access to these particles, and they can quickly become fully saturated.

Coarse Aggregate and Scaling

At a National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) Conference in 2009, I presented a paper titled “Flatwork Scaling Today: Air Entrainment Isn’t Enough.”¹³ Even 15 years ago, concretes that were delivered to the jobsite with a satisfactorily low w/c and a satisfactory entrained air void system were scaling. In my article, I discussed the petrographic evidence for the compromised wearing surface layer and a “mortar liftoff” form of scaling. I also discussed the role of SCMs in the formation of the compromised wearing surface layer.

Figure 2 shows a lapped surface of a concrete core section with mortar liftoff, in a region of the wearing surface where scaling has not yet occurred (but is incipient). The concrete is air entrained, and the air voids are present in the compromised wearing surface layer indicating that the air entrainment has not made the weakened, porous affected layer immune to scaling.

Other features shown in Fig. 2 include:

- Due to a higher w/cm , the 2 to 4 mm thick compromised wearing surface layer is lighter in color than the underlying concrete (a diagnostic feature);
- The higher w/cm in the affected layer has resulted in a high level of permeability and capillary porosity in the cement paste. Water on the slab surface has moved rapidly into and through the porous layer into the near-surface limestone coarse aggregate particle (marked with red dot). In the mortar liftoff scaling scenario, the coarse aggregate particles are sound and durable to freezing and thawing.



Fig. 1: A saw-cut surface of a scaled air-entrained Type IL cement and slag cement concrete core section containing a durable limestone coarse aggregate after the application of phenolphthalein. The compromised wearing surface layer (mortar) is carbonated (no pink color)

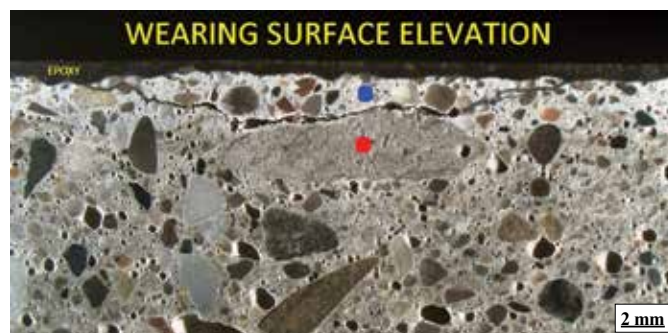


Fig. 2: Mortar liftoff type of scaling in the top portion of a lapped concrete core section. Concrete was made with a binary blend of Type IL cement and slag cement and limestone coarse aggregate. The compromised, wearing surface layer is 2 to 4 mm (0.08 to 0.16 in.) thick. Entrained air voids are evenly distributed throughout the core

When frozen in a water-saturated condition, the durable limestone rock particles expand elastically and lift off the overlying weakened mortar layer (marked with blue dot). This microstructural feature is common in scaled concretes that have a compromised wearing surface layer. The durable aggregate particles are involved in the scaling, but they are not the cause of the scaling. The example shown here is an incipient mortar liftoff. Continued freezing-and-thawing cycling will eventually result in the scaling of the compromised mortar layer; and

- Mortar liftoff features are not popouts, which involve substandard aggregate particles (such as low-density chert) that experience freezing-and-thawing related cracking and material loss in the finished wearing surface layer.
- Other examples of these diagnostic microstructural features in the scaled concretes are shown in Fig. 3 and 4. In Fig. 3, the cementitious constituents are Type IL cement and fly ash, and features of interest include:
- The carbonated compromised wearing surface layer (no pink color) ranges in thickness from 2 to 6 mm (0.08 to 0.24 in.);
 - On the left side of the core section is a durable limestone coarse aggregate particle (marked with yellow dot)

involved in the mortar liftoff scaling feature. At this location, the affected surface layer has been lost completely (scaled). Note that remnants of the mortar are still attached to the particle, confirming an adequate cement paste/aggregate bond; and

- In the middle and at the right portion of the view, the compromised wearing surface layer is still intact and shows another example of an incipient mortar liftoff over the durable limestone coarse aggregate particle (marked with red dot). Note the increased depth of the carbonated layer on both sides of the aggregate particle.

Figure 4 shows scaling within the compromised wearing surface layer, next to a mortar liftoff form of scaling. In this example, the cementitious constituents are Type IL cement and slag cement, and the noticeable features include:

- On the left two-thirds of the view, around half to the full thickness of the light-colored compromised wearing surface layer has been lost (scaled). This includes the mortar liftoff over the durable limestone coarse aggregate particle (marked with red dot); and
- On the right one-third of the view, the compromised wearing surface, at a thickness of 2 to 3 mm (0.08 to 0.12 in.), is still intact (has not yet scaled). Entrained air voids are present throughout and below the affected surface layer.



Fig. 3: A compromised wearing surface layer in a saw-cut surface of a scaled concrete core section following the application of the phenolphthalein. The cementitious constituents in the concrete are Type IL cement and fly ash, and coarse aggregate is a durable limestone rock



Fig. 4: A compromised wearing surface layer in a lapped surface of a scaled concrete core section. The cementitious constituents are Type IL cement and slag cement, and coarse aggregate is a limestone rock

Looking Back Scale-resistant concrete

Before considering changes that may be required with Type IL cement concretes, it is useful to re-emphasize the need to follow the traditional industry guidelines that have proven successful for providing scale-resistant concrete slabs. I have petrographically examined an equal number of concretes that didn't scale. Their resistance to scaling can be attributed to:

- Providing w/c or w/cm at or below 0.45. This maximum value is based on the effect of w/c on the permeability of cement paste, a relationship established years ago by researchers at the American Cement Association (ACA) (formerly Portland Cement Association [PCA]).¹⁴ As shown in Fig. 5, permeability increases exponentially above w/c of 0.45, and there is a direct relationship between permeability and porosity of cement paste;
- Providing air entrainment with an air void spacing factor at or, preferably, below 0.008 in. Research has shown that as the spacing factor falls below 0.008 in., the effectiveness of the air void system increases significantly;^{16,17}
- Implementing recommended placing and finishing procedures to assure that these parameters prevail from top to bottom of a slab;
- Providing timely and effective curing; and
- Avoiding the use of deicing chemicals that have been shown to chemically react adversely with portland cement hydrates.¹¹

However, the widespread acceptance and use of the term “deicer salt scaling” is problematic, as many in the past and currently want to blame “salt” when scaling occurs.¹⁸ Although deicing chemicals do increase the severity of the freezing-and-thawing environment, they cannot, in most cases, be blamed for scaling. The evidence to support the conclusion that most deicers just melt ice and snow has been there all along. Aggrieved homeowners need only to look at the neighbors' pristine concrete driveways to suspect that something is wrong with their concrete. And they're right.

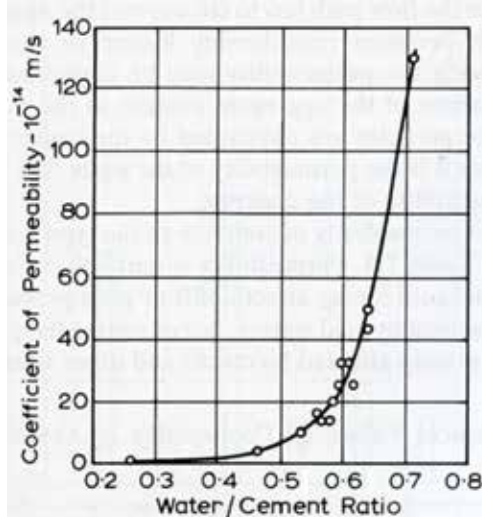


Fig. 5: Relationship between w/c and the permeability of mature cement paste¹⁵

The petrographic evidence confirms that in the great majority of cases the problem is with concrete placement and finishing. These facts lead to several conclusions:

- While deicing chemicals increase the severity of the freezing-and-thawing cycling scenario, they are typically not the cause of concrete scaling;
- Concrete in the aggrieved homeowner driveways was not scale-resistant; and
- The undamaged concrete in the neighboring driveways proves that there is such a thing as scale-resistant concrete. And this includes the ability to survive the effects of most deicing chemicals.

Concretes that scaled

Not all concretes that have fly ash, slag cement, and Type IL cement have or will experience scaling. However, there is compelling petrographic evidence that:

- There is an increased risk of scaling in concrete flatwork when fly ash and slag cement are used as SCMs in Type I/II portland cement concretes;
- The risk of scaling may be further increased when these SCMs are used with Type IL cements;
- The root cause of the problem is prolonged periods of bleeding of the concrete, which, from a materials point of view, is due to the lower specific gravity and smaller particle size of the fly ash and slag cement, and the limestone particles in the Type IL cement, relative to portland cement;
- The prolonged period of bleeding can be exaggerated by the presence of a disproportionate abundance of weakly-cementitious particles of fly ash, slag cement, and limestone in the topmost layer of the wearing surface. This condition also means a dearth of portland cement particles in the wearing surface layer, the primary contributor to the strength of the cement paste; and
- The prolonged period of bleeding may be undetected on the job, which can lead to the initiation of the final finishing steps while bleeding is still ongoing. Premature finishing can result in an elevated w/c in the cement paste, along with the disproportionate quantity of weakly-cementitious constituents in the immediate wearing surface layer. This scenario describes conditions that result in the creation of the compromised wearing surface layer in scaled concretes. It can happen without the knowledge of even experienced finishers. Therefore, changes in finishing practices should be considered.

As discussed, the need to address the bleeding and finishing issues with Type IL cement concretes is widely acknowledged by respected industry spokespersons.¹⁻³

Looking Ahead

Changes in finishing practice

The petrographic evidence in my sample population shows that for a substantial number of scaling cases today: 1) the concrete as delivered to the job had w/cm and an air void system that would place it in the category of “scale-resistant”

concrete; 2) the concrete shows a compromised wearing surface layer that is softer, weaker, and more porous than the underlying concrete; 3) the thickness of the affected layer is typically less than 4 mm; and 4) once this thin affected layer has scaled, the underlying concrete is scale-resistant.

In my opinion, because the affected topmost surface of the slab is so thin, it makes sense to consider a finishing step that is more vigorous and manipulative, and which goes deeper into the slab surface than traditional finishing procedures. The idea is to physically mix this thin compromised layer with a substantial thickness of the underlying good quality cement paste. This operation would have to be done prior to the initial setting of the concrete, while the cement paste is still pliable.

On one of the projects I worked on, where 35% slag cement was used with Type I/II portland cement, around 90% of the slabs were finished with a wet burlap drag, while 10% were finished with traditional methods (magnesium float and broom textured). The concretes were air entrained and had a satisfactory w/cm . All the traditionally finished slabs had the compromised wearing surface layer as described in this article, and they scaled (showing the microstructural features described earlier). None of the burlap drag-finished slabs had a compromised wearing surface layer, and none of them scaled. It's reasonable to conclude that the wet burlap drag provided a more vigorous manipulation of the wearing concrete surface.

Another idea for more vigorous manipulation of the wearing surface is the use of a tool that's been around for quite a while—the jitterbug. This is a tamping device designed to drive the coarse aggregate particles deeper into the slab surface when dealing with harsh mixtures. This type of manipulation would perhaps minimize the potential for the mortar liftoff type of scaling, while helping to mix any compromised surface layer with better quality underlying paste. The correct timing window for this step needs to be determined.

Final Thoughts

In the concluding remarks in his recent article, Diekemper outlines the challenge:

“In conclusion, the concrete industry needs to develop a universal language for finishability that must be based on objective tests. The door will open for the adoption of innovative cements and concrete mixtures, as the new language will help contractors, designers, and project owners avoid the risks that they would otherwise be forced to assume. We need objective and duplicatable finishability measures to unlock the door to concrete innovation.”¹

Concurrent petrographic studies could aid in establishing the direction of future research and field trials and in providing objective interpretations of the results of these efforts.

Finally, it is important to anticipate possible finger-pointing of Type IL cement as the default cause of every flatwork concrete scaling project after 2023, even in those instances where the petrographic examination has revealed a compromised wearing surface layer. However, an elevated w/c

in the topmost layer of the wearing surface of a concrete slab can result from at least five sources:

1. Rainfall on the slab that was worked into the surface during the finishing operation;
2. Water purposely placed on the slab surface by workers during the finishing operation;
3. The inappropriate use of evaporation retarding products as finishing aids;
4. Commencement of the finishing operation prior to re-absorption of bleed water still present (visible) on the slab surface; and
5. Commencement of the finishing operation prior to the completion of bleeding.

All these scenarios involve a finishing issue. However, it remains for the principals involved in any affected project to determine the most likely source of the creation of the compromised wearing surface layer in concretes represented by petrographically examined cores.

References

1. Diekemper, P., "A Universal Language for Finishability," *Concrete International*, V. 46, No. 12, Dec. 2024, pp. 30-31.
2. Taylor, P., "Revisiting Concrete Scaling," *MAP Brief Summer 2023*, Z. Charter and O. Gieseman, eds., National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA, 5 pp.
3. Cooper, M., and Spragg, R., "Portland Limestone Cement," *TECHNOTE, FHWA-HRT-23-104*, Federal Highway Administration, Washington, DC, Oct. 2023, 12 pp.
4. Marchand, J.; Sellevold, E.J.; and Pigeon, M., "The Deicer Salt Scaling Deterioration of Concrete—An Overview," *Durability of Concrete – Proceedings Third CanMet – ACI International Conference, Nice, France*, SP-145, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1994, pp. 1-46.
5. Talbot, C.; Pigeon, M.; and Marchand, J., "Influence of Fly Ash and Slag on Deicer Salt Scaling Resistance of Concrete," *2000 Canmet/ACI Conference on Durability of Concrete*, SP-192, V. II, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2000, pp. 645-657.
6. Bektas, F.; Taylor, P.C.; and Wang, K., "Scaling Resistance of Concrete Containing Slag Cement: Critical Review," *Transportation Research Board (TRB) 89th Annual Meeting*, Washington, DC, Jan. 12-14, 2010, Compendium of Papers DVD, 11 pp.
7. Stark, J., and Ludwig, H.-M., "Freeze-Thaw and Freeze-Deicing Salt Resistance of Concretes Containing Cement Rich in Granulated Blast Furnace Slag Cement," *ACI Materials Journal*, V. 94, No. 1, Jan.-Feb. 1997, pp. 47-55.
8. Sakai, K.; Watanabe, H.; Suzuki, M.; and Hamazaki, K., "Properties of Granulated Blast-Furnace Slag Cement Concretes," *Proceedings of the 1992 Istanbul Conference*, SP-132, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1992, pp. 1367-1383.
9. Hooton, R.D., and Vassilev, D., "Deicer Scaling Resistance of Concrete Mixtures Containing Slag Cement. Phase 2: Evaluation of Different Laboratory Scaling Test Methods," Report No. DTFH61-06-H00011 Work Plan 24, National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA, July 2012, 58 pp.
10. Cramer, S., and Sippel, C., "Effects of Granulated Blast Furnace Slag in Portland Cement Concrete," Report No. WHRP 05-04, Wisconsin Highway Research Program #0092-02-14a, Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI, Feb. 2005, 62 pp.
11. Darwin, D.; Browning, J.; Gong, L.; and Hughes, S.R., "Effects of Deicers on Concrete Deterioration," *ACI Materials Journal*, V. 105, No. 6, Nov.-Dec. 2008, pp. 622-627.
12. Pigeon, M.; Talbot, C.; Marchand, J.; and Hornain, H., "Surface Microstructure and Scaling Resistance of Concrete," *Cement and Concrete Research*, V. 26, No. 10, Oct. 1996, pp. 1555-1566.
13. Lankard, D.R., "Flatwork Scaling Today: Air Entrainment Isn't Enough," *Proceedings of the 4th Annual Concrete Technology Forum: Focus on Performance Prediction*, National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, May 13-15, 2009.
14. Powers, T.C.; Copeland, L.E.; Hayes, J.C.; and Mann, H.M., "Permeability of Portland Cement Paste," *ACI Journal Proceedings*, V. 51, No. 11, Nov. 1954, pp. 285-298.
15. Neville, A.M., *Properties of Concrete*, third edition, Pitman Publishing Limited, London, England, 1981, 779 pp.
16. Powers, T.C., "Void Spacing as a Basic for Producing Air-Entrained Concrete," *RX049*, American Cement Association (formerly Portland Cement Association), Washington, DC, 1954, 25 pp.
17. Mielenz, R.C.; Wolkodoff, V.E.; Backstrom, J.E.; and Burrows, R.W., "Origin, Evolution, and Effects of the Air Void System in Concrete, Part 4—The Air Void System in Job Concrete," *ACI Journal Proceedings*, V. 55, No. 10, Oct. 1958, pp. 507-517.
18. Discussion by Bryant Mather to "Prediction of Deterioration of Concrete Due to Freezing and Thawing and to Deicing Chemical Use," by M.S. Zaman, P. Ridgway, and A.G.B. Ritchie, *ACI Journal Proceedings*, V. 79, No. 6, Nov.-Dec. 1982, pp. 502-503.

This point of view article is presented for reader interest by the editors. However, the opinions expressed are not necessarily those of the American Concrete Institute. Reader comments are invited.



David R. Lankard, FACI, is a materials scientist who has been involved in the investigation and study of concrete and other cement-based materials (mortars and grouts) since 1965. Prior to founding Lankard Materials Laboratory, Inc. in Columbus, OH, USA, in 1978, he worked in the Construction Materials Group at Battelle Laboratories also in Columbus, OH. Lankard is a member of ASTM International and a member of ASTM International Committee C09, Concrete and Concrete Aggregates, and Subcommittee C09.65, Petrography. He is also a member of the Society of Concrete Petrographers and a Fellow of the American Ceramic Society since 1987. Lankard was awarded the 1973 ACI Wason Medal for Most Meritorious Paper. Lankard received his BS in geology from Indiana University, Bloomington, IN, USA, in 1959; his MS in ceramics from the University of Illinois Urbana-Champaign, Champaign, IL, USA, in 1965; and his PhD in ceramic engineering from Ohio State University, Columbus, OH, in 1970.

Cemento Tipo IL y Descascaramiento del Concreto

Por David R. Lankard

En la edición de diciembre de 2024 del *Concrete International*, Phil Diekemper recomendó prudencia y sugirió los pasos necesarios a seguir, dado que el cemento Portland con caliza (PLC) tipo IL se utilizará de forma generalizada en los años por venir¹. Diekemper es el Director Ejecutivo de PRO: Un Centro de Excelencia para el Avance de la Productividad del ACI. En su artículo titulado “Un Lenguaje Universal para el Acabado”, señaló que “este cambio reciente y aparentemente repentino ha transformado para siempre el mundo de la construcción”¹.

Ya no se puede confiar en los criterios históricos para el adecuado acabado de losas planas de concreto de cemento Portland Tipo I/II para producir sistemáticamente un producto final aceptable. En cuanto al escenario de la curva de aprendizaje por ensayo y error en el futuro, Diekemper afirmó que: “Aunque una cuadrilla de acabado aprenderá sobre mezclas específicas a partir de cada prueba de campo y de la colocación, el contratista y el propietario asumirán un riesgo significativo”¹. Al reconocer la escasez de artículos publicados sobre el tema, también señaló que: “Pocos, si es que hay alguno, abordaban cuestiones relacionadas con la capacidad de construcción, como el sangrado, el acabado y la resistencia inicial”¹.

Este artículo se centra en los problemas de sangrado y acabado, ya que están relacionados con un mayor riesgo de descascaramiento del concreto. Otras personas que pueden hablar en nombre de los proveedores y usuarios de lo que Diekemper denomina un “producto desconocido” han expresado su preocupación por el descascaramiento¹.

Como afirmó Peter Taylor, director del Centro Nacional de Tecnología de Pavimentos de Concreto: “En 2023 se ha registrado un número inusualmente alto de problemas relacionados con el deterioro de la superficie, lo que ha suscitado preguntas sobre qué ha cambiado este año. Un cambio es que los cementos Portland con caliza disponibles hoy en día contienen hasta un 15% de

caliza pulverizada. Aunque la bibliografía indica que este cambio no debería afectar directamente las probabilidades de que una mezcla presente deterioro, un efecto secundario podría ser que los cambios en la demanda de agua, en el sangrado y en el tiempo de fraguado, sin los cambios apropiados en las prácticas podrían aumentar el riesgo de descascaramiento”².

La Administración Federal de Carreteras (FHWA) también se ha pronunciado sobre este tema, describiendo el problema del sangrado como uno de los varios retos a los que se enfrentan los usuarios de los cementos Tipo IL:

“Menores tasas de sangrado, pueden provocar que las operaciones de acabado se realicen prematuramente. Este problema es típico de los concretos que utilizan cementos más finos. Los contratistas tienden a utilizar sus observaciones visuales del agua en la superficie del concreto, basándose en su experiencia, para determinar cuándo deben comenzar las operaciones de acabado. Los concretos PLC pueden sangrar más lentamente, lo que puede provocar que el agua quede atrapada bajo la superficie acabada y dar lugar a descascaramientos o deterioro por descascaramiento en la superficie del concreto”³.

Abordo este tema desde el punto de vista de un petrógrafo de concreto con 47 años de experiencia en el análisis de concreto, con y sin descascaramiento. Aunque he examinado miles de núcleos de concreto, reconozco que, en el panorama general, se trata de una muestra pequeña. Sin embargo, un examen petrográfico es la única forma de saber qué ocurre a nivel microestructural en los concretos con descascaramiento. De los cientos de artículos sobre descascaramiento escritos a lo largo de los años, sólo unos pocos han incluido un examen petrográfico como parte del protocolo de estudio. Por lo que puedo determinar, los estudios petrográficos no se han citado en la escasa bibliografía reciente que aborda los retos del cemento Tipo IL.

Durante décadas se ha debatido sobre el posible aumento en el riesgo de descascaramientos cuando se utilizan cenizas volantes y cemento de escoria como materiales cementante suplementarios (SCM, por sus siglas en inglés), en concretos para pavimentos y superficies planas⁴⁻¹⁰. Creo que existe un mayor riesgo y, en este artículo, demuestro que el riesgo de descascaramiento puede aumentar aún más cuando se utilizan SCM con cemento Tipo IL. La conexión aquí es la influencia que los tres SCM tienen sobre la duración del período de sangrado y la duración del tiempo de fraguado del concreto.

Los estudios petrográficos pueden revelar las causas de la formación de descascaramientos

En la población de mi estudio, la mayoría de los concretos con descascaramiento provienen de proyectos con superficies planas residenciales, o con menor frecuencia, de proyectos ligeros con superficies planas comerciales y pavimentos. Es en estas obras de construcción donde puede faltar o descuidarse el uso de trabajadores certificados y la supervisión y vigilancia a tiempo completo de la construcción, algo habitual en los proyectos federales, estatales y comerciales de gran envergadura.

La causa del descascaramiento en una minoría de mi muestra no tenía nada que ver con los SCM ni con el cemento Tipo IL. En algunos casos, los concretos de cemento portland tipo I/II suministrados en la obra tenían una relación agua-cemento (a/c) elevada o carecían de un adecuado sistema de vacíos de aire incluido al colocarse. En otros casos, la capa superior de la superficie de desgaste resultó menos resistente al descascaramiento debido a: 1) curado inadecuado del concreto; o 2) situaciones en las que las malas prácticas de acabado provocaron la ausencia de aire en la capa superficial de desgaste o una elevada relación a/c en esa capa. Con menos frecuencia, el examen petrográfico confirmó que un producto químico de deshielo reaccionó con los hidratos del cemento portland, lo que provocó la degradación química de la capa superficial de desgaste¹¹.

Determinar la causa raíz de la formación del descascaramiento resulta problemático cuando el concreto contiene cenizas volantes, cemento de escoria y, más recientemente, cemento Tipo IL. El dilema es: si la relación agua-material cementante (a/cm) aumenta en la capa superficial de desgaste, ¿se debe esta condición a prácticas de acabado deficientes o estos compuestos cementantes desempeñaron un papel que pasó desapercibido? Como advirtió Taylor, “un efecto secundario [del uso de cemento Tipo IL] puede ser que los cambios en la demanda de agua, el sangrado y el tiempo de fraguado sin los cambios adecuados en las prácticas pueden aumentar el riesgo de formación de descascaramientos²²”. Dado que no se debatieron los cambios sugeridos en la práctica, aún se desconoce en qué consistirán dichos cambios adecuados.

Descascaramiento en concretos que contienen cenizas volantes, cemento de escoria y cemento Tipo IL

La posibilidad de que se produzca un sangrado prolongado en estos concretos está relacionada con la densidad específica y el tamaño de las partículas de estos compuestos, en relación con el cemento portland. El sangrado es un fenómeno de sedimentación. De acuerdo con la ley de Stokes, las partículas de ceniza volante, cemento de escoria y piedra caliza requieren más tiempo para descender en comparación con las partículas de cemento portland, que son más densas y grandes. La sedimentación de las partículas continúa mientras la pasta de cemento permanezca en estado fluido.

Las cenizas volantes, el cemento de escoria y la caliza son “cementantes débiles” en comparación con el cemento portland. Como tales, diluyen y retrasan las reacciones de hidratación del cemento portland, por lo que la pasta de cemento permanece en estado fluido durante más tiempo. Durante un periodo prolongado de sangrado en concretos que contienen cenizas volantes, cemento de escoria y finos de piedra caliza, pueden producirse dos resultados adversos:

- Existe la posibilidad de que el paso final del acabado se inicie antes de que el sangrado se detenga de forma indetectable, lo que provocaría que el agua de sangrado se mezcle con la capa superficial del acabado. Esto puede dar lugar a la creación de una alta relación a/c en la capa superficial de desgaste; o
- Debido a la menor velocidad de descenso de las partículas de ceniza volante, cemento de escoria y piedra caliza en la pasta de cemento fluida, existe la probabilidad de que estos “materiales cementantes débiles” terminen en una cantidad desproporcionadamente mayor en la capa superior de la losa, después del fraguado final. En este caso, la pasta de la capa superior de la losa resulta más suave, más débil y más porosa, con una relación a/cm elevada en comparación con el concreto subyacente. Me refiero a esta condición como la “capa superficial de desgaste comprometida”.

Solo unos pocos de los numerosos estudios previos sobre la participación de los SCM en la formación de descascaramientos incluyeron un examen petrográfico. En uno de esos estudios, realizado en 1996, investigadores canadienses identificaron una capa superficial desgastada en concretos con descascaramientos que contenían cemento portland Tipo I/II y cenizas volantes:

“Las observaciones realizadas con el microscopio electrónico de barrido indican claramente que los primeros milímetros bajo la superficie de las muestras de concreto allanadas en el laboratorio pueden tener una microestructura diferente a la del resto del concreto. En todos los concretos ensayados, se observó una capa extremadamente porosa (por ejemplo, con una relación agua/aglutinante muy alta) en la superficie. Los resultados de las pruebas de descascaramiento muestran que la mayor porosidad de la capa superficial tiende a reducir notablemente la durabilidad frente al descascaramiento por sal de deshielo de las muestras de laboratorio allanadas con madera durante los primeros ciclos de congelamiento y deshielo. Se comprobó que el uso de cenizas volantes aumentaba el espesor y la porosidad de la capa superficial”¹².

Los exámenes petrográficos de concretos con descascaramiento aportan pruebas a nivel microestructural de los factores que intervienen en el descascaramiento. En el caso de los concretos que contienen cenizas volantes, cemento de escoria y finos de piedra caliza, esto incluye la confirmación de la presencia de la capa superficial de desgaste comprometida que he descrito.

Características microestructurales de los concretos con cemento Tipo IL descascarados

La discusión que aquí se presenta incluye concretos con mezclas binarias de cemento Tipo IL y cemento de escoria, y de cemento Tipo IL y ceniza volante. Los ejemplos provienen de mi pequeña muestra de proyectos de pavimentación con concreto que han sufrido descascaramiento. Es evidente que no todos los concretos que contienen estos materiales cementantes han sufrido o sufrirán descascaramiento. Mi intención es demostrar que, por razones basadas en hechos (sangrado y tiempos de fraguado prolongados), es razonable concluir que el riesgo de descascaramiento aumenta en estos concretos. Tal y como reconocen respetados portavoces de la industria del concreto, se trata de un riesgo que probablemente pase desapercibido al momento¹⁻³.

En los ejemplos que siguen, se utilizan fotografías tomadas con un microscopio óptico para: 1) ilustrar y describir las características microestructurales de la capa superficial de desgaste comprometida; y 2) demostrar la participación de partículas de agregado grueso duro en el descascaramiento. Las fotografías se tomaron con un aumento de 3.5X en superficies cortadas con sierra y laminadas (pulidas) de secciones de núcleo de concreto descascarado,

a la altura de la superficie de desgaste (secciones perpendiculares al plano de la superficie de desgaste).

En estos ejemplos, los concretos están satisfactoriamente aireados, los huecos de aire están presentes en la capa superficial desgastada y el concreto se colocó con una relación *a/c* satisfactoriamente baja, de ≤ 0.45 . El agregado grueso es una roca caliza dura, procedente de diferentes fuentes. Para facilitar el debate, el término “capa superficial afectada” se utiliza a veces para referirse a la capa superficial desgastada.

Capa superficial de desgaste comprometida



La Figura 1 muestra la superficie de un núcleo de concreto descascarado, cortado con sierra, en el que el compuesto cementante es una mezcla binaria de cemento Tipo IL y cemento de escoria. Antes del paso de corte con sierra, la superficie de desgaste del núcleo se recubrió con un adhesivo epóxico para preservar las características previas al corte. Poco después del corte con sierra, se roció la superficie con una solución indicadora de pH (fenolftaleína). En una superficie de concreto que no está carbonatada ($\text{pH} \geq 13$), la superficie tratada adquiere un color rosa brillante. Cuando el concreto está carbonatado ($\text{pH} < 10$), no se produce ningún cambio de color. Las características de interés en la Fig. 1 son:

- La capa superficial desgastada es la capa carbonatada de 2 a 4 mm (0.08 a 0.16 pulgadas) de espesor (sin color rosa). Hay una transición abrupta entre la capa carbonatada y el concreto resistente al descascaramiento subyacente. Por lo general, solo se pierde la delgada capa carbonatada en el proceso de descascaramiento. Las pruebas realizadas durante el examen petrográfico revelaron

que la pasta de cemento en la superficie de desgaste comprometida es más blanda y débil, tiene un mayor nivel de permeabilidad y porosidad, y tiene menos partículas residuales de cemento portland en relación con el concreto subyacente. Esta condición se atribuye a una elevada relación a/c en la capa afectada en relación con el concreto subyacente. La relación a/cm estimada en la capa afectada puede oscilar entre 0.5 y 0.8 en una sola muestra del núcleo.

- La capa afectada aún no se ha perdido (descascarado). Sin embargo, la capa de epóxico ha arrancado una fina capa de la pasta de cemento debilitada; y
- Las partículas de agregado grueso de piedra caliza cercanas a la superficie (puntos rojos) están en contacto con la capa carbonatada. Debido al alto nivel de permeabilidad de la capa afectada, el agua de la superficie de la losa accede fácilmente a estas partículas, que pueden saturarse por completo rápidamente.

Ei agregado grueso y el descascaramiento

En una conferencia de la Asociación Nacional de Concreto Premezclado (NRMCA, por sus siglas en inglés) en 2009, presenté un artículo titulado “Flatwork Scaling Today: Air Entrainment Isn’t Enough” (El descascaramiento en superficies planas hoy en día: el aire incluido no es suficiente)¹³. Incluso hace 15 años, los concretos que se entregaban en la obra con una relación agua/cemento satisfactoriamente baja y un sistema de vacíos de aire incluido satisfactorio se descascaraban. En mi artículo, discutí la evidencia petrográfica de la capa superficial desgastada y una forma de descascaramiento denominada “desprendimiento de mortero”. También discutí el papel de los SCM en la formación de la capa superficial de desgaste comprometida.

La Figura 2 muestra una superficie sobrepuesta de una sección del núcleo de concreto con levantamiento de mortero, en una región de la superficie de desgaste, donde aún no se ha producido el descascaramiento (pero es incipiente). El concreto contiene aire incluido, y los huecos de aire están presentes en la capa superficial de desgaste comprometida, lo que indica que la inclusión de aire no ha hecho que la capa afectada, debilitada y porosa, sea inmune al descascaramiento.

Otras características que se muestran en la Fig. 2 incluyen:



Debido a una mayor relación a/cm , la capa superficial desgastada de 2 a 4 mm de espesor, es de color más claro que el concreto subyacente (una característica para el diagnóstico);

- Una mayor relación a/cm en la capa afectada causó un alto grado de permeabilidad y porosidad capilar en la pasta de cemento. El agua de la superficie de la losa se ha desplazado rápidamente hacia y a través de la capa porosa, hasta llegar a las partículas del agregado grueso de piedra caliza cercanas a la superficie (marcadas con un punto rojo). En el escenario de descascaramiento del mortero, las partículas del agregado grueso son sólidas y resistentes al congelamiento y deshielo.
- Cuando se congelan en condiciones de saturación de agua, las partículas de piedra caliza duras se expanden elásticamente y levantan la capa de mortero debilitada que las recubre (marcada con un punto azul). Esta característica microestructural es común en los concretos descascarados que tienen una capa superficial desgastada. Las partículas de agregado duro participan en el descascaramiento, pero no son la causa del mismo. El ejemplo que se muestra aquí es un descascaramiento incipiente del mortero. Los ciclos continuos de congelamiento y deshielo acabarán provocando el descascaramiento de la capa de mortero dañada, y
- Las características de desprendimiento del mortero no son abultamientos, que implican partículas de agregado de calidad inferior (como el sílex de baja densidad) que experimentan grietas y pérdida de material relacionadas con el congelamiento y el deshielo en la capa superficial de desgaste acabada.



En las Fig. 3 y 4 se muestran otros ejemplos para el diagnóstico de estas características microestructurales en concretos con descascaramientos. En la Fig. 3, los ingredientes cementantes son cemento Tipo IL y ceniza volante, y las características de interés incluyen:

- La capa superficial desgastada carbonatada (sin color rosa) tiene un espesor de entre 2 y 6 mm (0.08 y 0.24 pulg.);
- En el lado izquierdo de la sección central hay un agregado grueso de piedra caliza dura (marcada con un punto amarillo) que forma parte de la característica de descascaramiento del mortero. En esta ubicación, la capa superficial afectada se ha perdido por completo (descascarada). Obsérvese que aún quedan restos de mortero adheridos a la partícula, lo que confirma una unión adecuada entre la pasta de cemento y el agregado; y
- En la parte central y derecha de la imagen, la capa superficial desgastada sigue intacta y muestra otro ejemplo del descascaramiento incipiente en el mortero sobre el agregado grueso de piedra caliza dura (marcada con un punto rojo). Obsérvese el aumento de la profundidad de la capa carbonatada a ambos lados de la partícula de agregado.

La Figura 4 muestra el descascaramiento dentro de la capa superficial desgastada, junto a un desprendimiento en forma de descascaramiento de mortero. En este ejemplo, los elementos cementantes son cemento Tipo IL y cemento de escoria, y las características más destacadas son:

- En los dos tercios izquierdos de la imagen, se ha perdido (descascarado) entre la mitad y la totalidad del espesor de la capa superficial

de desgaste de color claro. Esto incluye el desprendimiento del mortero sobre la partícula de agregado grueso de piedra caliza dura (marcada con un punto rojo); y

- En el tercio derecho de la imagen, la superficie de desgaste comprometida, con un espesor de entre 2 y 3 mm (0.08 y 0.12 pulg.), sigue intacta (aún no se ha descascarado). Hay huecos de aire incluido en toda la capa superficial afectada y debajo de ella.

Mirando en el pasado

Concreto resistente al descascaramiento

Antes de considerar los cambios que pueden ser necesarios con los concretos de cemento Tipo IL, es útil recalcar la necesidad de seguir las pautas tradicionales de la industria que han demostrado ser exitosas para proporcionar losas de concretos resistentes al descascaramiento. He examinado petrográficamente un número igual de concretos que no se descascararon. Su resistencia al descascaramiento puede atribuirse a:

- Proveer una relación a/c o a/cm igual o inferior a 0.45. Este valor máximo se basa en el efecto de la relación a/c en la permeabilidad de la pasta de cemento, una relación establecida hace años por investigadores de la Asociación Americana del Cemento (ACA, por sus siglas en inglés) (anteriormente Asociación del Cemento Portland [PCA, por sus siglas en inglés])¹⁴. Como se muestra en la Fig. 5, la permeabilidad aumenta exponencialmente por encima de una relación a/c de 0.45, y existe una relación directa entre la permeabilidad y la porosidad de la pasta de cemento.

- Proveer aire incluido con un factor de separación de huecos de aire igual o, preferiblemente, inferior a 0.008 pulg. Las investigaciones han demostrado que, a medida que el factor de separación desciende por debajo de 0.008 pulg., la eficacia del sistema de huecos de aire aumenta significativamente^{16,17};
- Implementar los procedimientos recomendados de colocación y acabado para garantizar que estos parámetros se mantengan desde la parte superior hasta la parte inferior de una losa;
- Proveer un curado oportuno y efectivo; y
- Evitar el uso de químicos descongelantes que han demostrado reaccionar químicamente de forma adversa con los hidratos del cemento portland¹¹.

Sin embargo, la aceptación y la utilización generalizada del término “descascamiento por sales de deshielo” es problemática, ya que muchos, tanto en el pasado como en la actualidad, quieren culpar a la “sal” cuando se producen descascamientos¹⁸. Aunque los productos químicos de deshielo aumentan la severidad del entorno de congelación y deshielo, en la mayoría de los casos no se les puede culpar de los descascamientos. Las pruebas que respaldan la conclusión de que la mayoría de los descongelantes solo derriten el hielo y la nieve han estado ahí desde el principio. Los propietarios afectados solo tienen que mirar las impecables entradas a las cocheras de concreto de sus vecinos para sospechar que algo anda mal con su concreto. Y tienen razón.

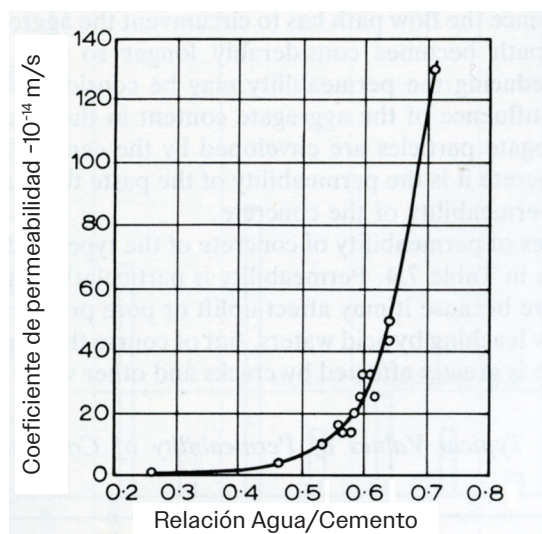


Fig. 5: Relación entre el a/c y la permeabilidad de pastas de cemento maduras.

Las pruebas petrográficas confirman que, en la gran mayoría de los casos, el problema radica en la colocación y el acabado del concreto. Estos hechos llevan a varias conclusiones:

- Aunque los productos químicos descongelantes aumentan la gravedad del ciclo de congelación y deshielo, normalmente no son la causa del descascamiento del concreto;
- El concreto de las entradas de las cocheras de los propietarios afectados no era resistente al descascamiento; y
- El concreto libre de daños en las entradas a las cocheras vecinas demuestra que existe el concreto resistente al descascamiento. Y esto incluye la capacidad de resistir los efectos de la mayoría de los productos químicos descongelantes.

Concretos que se descascararon

No todos los concretos que contienen ceniza volante, cemento de escoria y cemento Tipo IL presentan o presentarán descascamiento. Sin embargo, hay pruebas petrográficas convincentes de que:

- Existe un mayor riesgo de formación de descascamiento en el concreto para pavimentos cuando se utiliza ceniza volante y cemento de escoria como SCM en concretos de cemento portland Tipo I/II;
- El riesgo de formación de descascamientos puede aumentar aún más cuando estos SCM se utilizan con cementos Tipo IL;
- La causa fundamental del problema son los prolongados períodos de sangrado del concreto, lo cual, desde el punto de vista de los materiales, se debe a una densidad específica más baja y al menor tamaño de las partículas de la ceniza volante y del cemento de escoria, así como a las partículas de piedra caliza del cemento Tipo IL, en comparación con el cemento portland;
- El período prolongado de sangrado puede verse agravado por la presencia de una abundancia desproporcionada de partículas débilmente cementantes de ceniza volante, cemento de escoria y piedra caliza en la capa superior de la superficie de desgaste. Esta condición también significa una escasez de partículas de cemento portland en la capa superficial de desgaste, el principal contribuyente a la resistencia de la pasta de cemento; y

- El período prolongado de sangrado puede pasar desapercibido en el lugar, lo que puede causar que se inicien los pasos finales de acabado mientras el sangrado aún continúa. Un acabado prematuro puede dar lugar a un elevado contenido de agua en la pasta de cemento, junto con una cantidad desproporcionada de elementos cementantes débiles en la capa superficial de desgaste inmediata. Este escenario describe las condiciones que dan lugar a la creación de una capa superficial desgastada comprometida en concretos descascarados. Esto puede ocurrir sin que lo sepan ni siquiera los acabadores experimentados. Por lo tanto, se deben considerar cambios en las prácticas de acabado.

Como se ha comentado, la necesidad de abordar los problemas de sangrado y acabado con los concretos de cemento Tipo IL es ampliamente reconocida por respetados portavoces de la industria¹⁻³.

Mirando hacia el futuro

Cambios en las prácticas de acabado

Las pruebas petrográficas de mi muestra indican que, en un número considerable de casos actuales de descascaramiento: 1) el concreto suministrado a la obra tenía una relación a/c y un sistema de huecos de aire que lo situaría en la categoría de concreto “resistente al descascaramiento”; 2) el concreto muestra una capa superficial de desgaste que es más blanda, más débil y más porosa que el concreto subyacente; 3) el espesor de la capa afectada suele ser inferior a 4 mm; y 4) una vez que esta fina capa afectada se ha descascarado, el concreto subyacente es resistente a la descascaramiento.

En mi opinión, dado que la superficie más elevada afectada de la losa es tan delgada, tiene sentido considerar un paso de acabado más vigoroso y manipulativo, que penetre más profundamente en la superficie de la losa que los procedimientos de acabado tradicionales. La idea es mezclar físicamente esta delgada capa comprometida con un espesor sustancial de la pasta de cemento de buena calidad subyacente. Esta operación tendría que realizarse antes del fraguado inicial del concreto, mientras la pasta de cemento aún es manejable.

En uno de los proyectos en los que trabajé, en el que se utilizó un 35% de cemento de escoria con cemento portland Tipo I/II, alrededor del 90% de las losas se acabaron con una arpillera de arrastre húmeda, mientras que el 10% se acabaron con métodos tradicionales (llana de magnesio y texturizado

con escoba). Los concretos tenían aire incluido y una relación a/c satisfactoria. Todas las losas con acabado tradicional tenían la capa superficial de desgaste comprometida, tal y como se describe en este artículo, y presentaban descascaramiento (mostrando las características microestructurales descritas anteriormente). Ninguna de las losas acabadas con arpillera presentaba una capa superficial de desgaste comprometida y ninguna de ellas se descascaró. Es razonable concluir que el acabado con arpillera de arrastre húmeda brindó una manipulación más vigorosa de la superficie de desgaste del concreto.

Otra idea para manipular con mayor vigor la superficie de desgaste es el uso de una herramienta que existe desde hace bastante tiempo: el rodillo de texturizado (*jitterbug*). Se trata de un dispositivo de apisonamiento diseñado para introducir las partículas de agregado grueso más profundamente en la superficie de la losa cuando se trabaja con mezclas duras. Este tipo de manipulación podría minimizar la posibilidad de que se desprenda el mortero por descascaramiento, a la vez que ayuda a mezclar cualquier capa superficial dañada con una pasta subyacente de mejor calidad. Es necesario determinar el momento oportuno para este paso.

Reflexiones finales

En las conclusiones de su reciente artículo, Diekemper destaca el reto:

“En conclusión, la industria del concreto necesita desarrollar un lenguaje universal para el acabado, el cual debe basarse en pruebas objetivas. Se abrirá la puerta a la adopción de cementos y mezclas de concreto innovadoras, ya que el nuevo lenguaje ayudará a los contratistas, diseñadores y propietarios de proyectos a evitar los riesgos que de otro modo se verían obligados a asumir. Necesitamos medidas de acabado objetivas y replicables para abrir la puerta a la innovación en el concreto”¹.

Los estudios petrográficos simultáneos podrían ayudar a establecer la dirección de futuras investigaciones y pruebas en campo, así como a proporcionar interpretaciones objetivas de los resultados de estos esfuerzos.

Por último, es importante anticipar la eventual imputación del cemento Tipo IL como causa predeterminada de todos los descascaramientos del concreto en proyectos de superficies planas, después de 2023, incluso en aquellos casos en los que el examen petrográfico haya revelado una capa superficial de desgaste comprometida. Sin embargo,

una elevada relación a/c en la capa superior de la superficie de desgaste de una losa de concreto puede deberse a al menos a estas cinco causas:

1. Lluvia sobre la superficie de la losa en la cual se trabajó durante la operación de acabado;
2. Agua colocada deliberadamente sobre la superficie de la losa por los trabajadores durante la operación de acabado;
3. El uso inadecuado de productos retardantes de la evaporación como auxiliares del acabado;
4. Inicio de la operación de acabado antes de la reabsorción del agua de sangrado aún presente (visible) en la superficie de la losa; y
5. Inicio de la operación de acabado previo a que termine el sangrado.

Todos estos escenarios implican un problema de acabado. Sin embargo, corresponde a los responsables de cualquier proyecto afectado determinar la causa más probable de la creación de la capa superficial de desgaste en los concretos representados por núcleos examinados petrográficamente.

Referencias

1. Diekemper, P., "A Universal Language for Finishability," *Concrete International*, V. 46, No. 12, Dec. 2024, pp. 30-31.
2. Taylor, P., "Revisiting Concrete Scaling," MAP Brief Summer 2023, Z. Charter and O. Gieseman, eds., National Concrete Pavement Technology Center, Aims, IA, 5 pp.
3. Cooper, M., and Spragg, R., "Portland Limestone Cement," *TECHNOTE*, FHWA-HRT-23-104, Federal Highway Administration, Washington, DC, Oct. 2023, 12 pp.
4. Marchand, J.; Sellevold, E.J.; and Pigeon, M., "The Deicer Salt Scaling Deterioration of Concrete—An Overview," *Durability of Concrete – Proceedings Third CanMet – ACI International Conference*, Nice, France, SP-145, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1994, pp. 1-46.
5. Talbot, C.; Pigeon, M.; and Marchand, J., "Influence of Fly Ash and Slag on Deicer Salt Scaling Resistance of Concrete," 2000 Canmet/ACI Conference on Durability of Concrete, SP-192, V. II, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2000, pp. 645-657.
6. Bektas, F.; Taylor, P.C.; and Wang, K., "Scaling Resistance of Concrete Containing Slag Cement: Critical Review," *Transportation Research Board (TRB) 89th Annual Meeting*, Washington, DC, Jan. 12-14, 2010, *Compendium of Papers DVD*, 11 pp.
7. Stark, J., and Ludwig, H.-M., "Freeze-Thaw and Freeze-Deicing Salt Resistance of Concretes Containing Cement Rich in Granulated Blast Furnace Slag Cement," *ACI Materials Journal*, V. 94, No. 1, Jan.-Feb. 1997, pp. 47-55.
8. Sakai, K.; Watanabe, H.; Suzuki, M.; and Hamazaki, K., "Properties of Granulated Blast-Furnace Slag Cement Concretes," *Proceedings of the 1992 Istanbul Conference*,

SP-132, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1992, pp. 1367-1383.

9. Hooton, R.D., and Vassilev, D., "Deicer Scaling Resistance of Concrete Mixtures Containing Slag Cement. Phase 2: Evaluation of Different Laboratory Scaling Test Methods," Report No. DTFH61-O6-H00011 Work Plan 24, National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA, July 2012, 58 pp.
10. Cramer, S., and Sippel, C., "Effects of Granulated Blast Furnace Slag in Portland Cement Concrete," Report No. WHPR 05-04, Wisconsin Highway Research Program #0092-02-14a, Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI, Feb. 2005, 62 pp.
11. Darwin, D.; Browning, J.; Gong, L.; and Hughes, S.R., "Effects of Deicers on Concrete Deterioration," *ACI Materials Journal*, V. 105, No. 6, Nov.-Dec. 2008, pp. 622-627.
12. Pigeon, M.; Talbot, C.; Marchand, J.; and Hornain, H., "Surface Microstructure and Scaling Resistance of Concrete," *Cement and Concrete Research*, V. 26, No. 10, Oct. 1996, pp. 1555-1566.
13. Lankard, D.R., "Flatwork Scaling Today: Air Entrainment Isn't Enough," *Proceedings of the 4th Annual Concrete Technology Forum: Focus on Performance Prediction*, National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, May 13-15, 2009.
14. Powers, T.C.; Copeland, L.E.; Hayes, J.C.; and Mann, H.M., "Permeability of Portland Cement Paste," *ACI Journal Proceedings*, V. 51, No. 11, Nov. 1954, pp. 285-298.
15. Neville, A.M., *Properties of Concrete*, third edition, Pitman Publishing Limited, London, England, 1981, 779 pp.
16. Powers, T.C., "Void Spacing as a Basic for Producing Air-Entrained Concrete," RX049, American Cement Association (formerly Portland Cement Association), Washington, DC, 1954, 25 pp.
17. Mielenz, R.C.; Wolkodoff, V.E.; Backstrom, J.E.; and Burrows, R.W., "Origin, Evolution, and Effects of the Air Void System in Concrete, Part 4—The Air Void System in Job Concrete," *ACI Journal Proceedings*, V. 55, No. 10, Oct. 1958, pp. 507-517.
18. Discussion by Bryant Mather to "Prediction of Deterioration of Concrete Due to Freezing and Thawing and to Deicing Chemical Use," by M.S. Zaman, P. Ridgway, and A.G.B. Ritchie, *ACI Journal Proceedings*, V. 79, No. 6, Nov.-Dec. 1982, pp. 502-503.

David R. Lankard, FACI, es un científico especializado en materiales que lleva desde 1965 dedicado a la investigación y el estudio del concreto y otros materiales a base de cemento (morteros y lechadas). Antes de fundar Lankard Materials Laboratory, Inc. en Columbus, Ohio (EE.UU.), en 1978, trabajó en el Grupo de Materiales de Construcción de Battelle Laboratories, también en Columbus, Ohio. Lankard es miembro de ASTM International y miembro del Comité C09 de ASTM International, Concreto y Agregados para Concreto, y del Subcomité C09.65, Petrografía. También es miembro de la Sociedad de Petroógrafos del Concreto y miembro de la Sociedad Americana de Cerámica desde 1987. Lankard fue galardonado con la Medalla Wason de la ACI en 1973 por el trabajo más meritorio. Lankard obtuvo su licenciatura en Geología en la Universidad de Indiana, Bloomington, Indiana, EE. UU., en 1959; su maestría en Cerámica en la Universidad de Illinois Urbana-Champaign, Champaign, Illinois, EE. UU., en 1965; y su doctorado en Ingeniería Cerámica en la Universidad Estatal de Ohio, Columbus, Ohio, en 1970.



Título original en inglés:
**Point of View.
Type IL Cement and
Concrete Scaling**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo México
Noreste**



Traductora:
**Lic. Iliana M.
Garza Gutiérrez**



Revisor Técnico:
**Dr. Alejandro
Durán Herrera**