



شماره ۲۰ - لایه‌لایه شدن در سطوح ماله‌کشی شده بتن

لایه‌لایه شدن در بتن چیست؟

لایه‌لایه شدن به معنای جدا شدن لایه‌های نازک سطح دال از بتن پایه است. لایه‌لایه شدن معمولاً منجر به کنده شدن لایه‌های سطحی به ضخامت ۳ تا ۶ میلی‌متر از یک دال پرداخت‌شده خواهد شد. این پدیده به طور عمده، زمانی رخ می‌دهد که ترکیب مخلوط بتن و شرایط اجرایی، موجب پرداخت زود هنگام یا بیش از حد شود؛ به گونه‌ای که سطح دال، متراکم شده و هوا و آب حاصل از آب‌انداختگی در زیر لایه متراکم شده به دام بیفتد. لایه‌لایه شدن‌ها می‌توانند از چند سانتی‌متر مربع تا ابعاد بسیار بزرگتر را در بر گیرند. این پدیده مشابه تاول (طبله) بوده اما ابعاد آن‌ها بسیار بزرگتر است (برای اطلاعات بیشتر، به راهنمای شماره ۱۳ بتن در اجرا (CIP 13) مراجعه شود).

لایه‌لایه شدن بیش‌تر در دال‌های کف که ماله‌کشی سخت و سنگین داشته‌اند، مشاهده شده و زمانی رخ می‌دهد که ماله‌کشی نهایی در شرایطی انجام شود که سطح ظاهراً به اندازه کافی سفت شده باشد؛ در حالی که بتن هنوز در حال آب‌انداختگی است. این پدیده همچنین می‌تواند در سایر روش‌های پرداخت، در صورت انجام پرداخت بیش از حد و زود هنگام که موجب متراکم شدن سطح می‌شود، رخ دهد.

خوردگی میلگرد نزدیک سطح بتن یا اتصال ضعیف بین دو مرحله بتن‌ریزی نیز می‌تواند باعث لایه‌لایه شدن (یا قلوک‌شدن) شود. در این حالت، قسمت‌های جدا شده معمولاً ضخیم‌تر هستند.

لایه‌لایه شدن در هنگام پرداخت، به سختی قابل تشخیص است، اما پس از گیرش سطح بتن آشکار می‌شود. سطح دال بتنی ممکن است دچار ترک‌خوردگی و تفاوت رنگ شود؛ زیرا لایه‌های نازک‌تر سریع‌تر از بتن سالم خشک می‌شوند. در یک دال پرداخت‌شده، لایه‌لایه شدن را می‌توان با صدای توخالی هنگام ضربه با چکش یا کشیدن زنجیر سنگین شناسایی کرد. چنین روش‌هایی در استاندارد ASTM D4580 توضیح داده شده‌اند. روش‌های پیشرفته‌تر شامل بازتاب ضربه‌ای آکوستیک و رادار نفوذ در زمین هستند.

چرا لایه‌لایه شدن رخ می‌دهد؟

آب‌انداختگی به جریان رو به بالای آب مخلوط بتن خمیری (پلاستیک)، هنگامی که ذرات جامد ته‌نشین می‌شوند، گفته

می‌شود. لایه‌لایه شدن زمانی رخ می‌دهد که سطح دال بتنی با ماله‌کشی یا پرداخت بیش از حد، آب‌بند یا متراکم شود؛ در حالی که سطح دال ظاهراً سفت شده اما بتن زیرین هنوز حالت خمیری داشته و هم‌چنان در حال آزدسازی آب حاصل از آب‌انداختگی و/یا هوا است. در فرآیند پرداخت، پس از ماله‌کشی و اولین عبور ماله، این پدیده به طور نسبی، دیر شکل می‌گیرد. با این حال، ممکن است در حین عملیات ماله‌کشی نیز رخ دهد؛ اگر روی سطح بیش از حد کار شده و متراکم گردد.

شانس رخداد لایه‌لایه شدن به‌طور قابل توجهی در زمانی که شرایط، موجب سفت شدن سریع سطح شود (مانند وزش باد، تابش خورشید، یا رطوبت کم)، افزایش می‌یابد. ریختن بتن روی بستر سرد می‌تواند باعث سفت شدن از بالا به پایین شود. ریختن بتن روی بستر نفوذناپذیر یا لایمی بازدارنده‌ی تبخیر، مقدار آب حاصل از آب‌انداختگی و مدت زمان آن را افزایش می‌دهد.

به طور کلی، عواملی که ظرفیت، نرخ و مدت زمان آب‌انداختگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به خصوصیات گیرش بتن وابسته‌اند و شرایطی که موجب سفت شدن سطح دال می‌شوند و نشان‌دهنده‌ی این هستند که سطح، آماده پرداخت است، ظرفیت شکل‌گیری لایه‌لایه شدن را افزایش می‌دهند.

عوامل مؤثر بر آب‌انداختگی، عبارتند از:

- حباب‌زایی (هوای عمدی و اضافه‌شده به بتن)
- مقادیر زیاد مواد سیمانی
- خاکستر بادی، سرباره و ریزدانه‌های سنگدانه
- مقدار زیاد آب مخلوط
- ضخامت دال
- بستر سرد
- بستر نفوذناپذیر
- لایمی بازدارنده‌ی تبخیر که به طور مستقیم در زیر دال قرار گرفته باشد.
- عوامل مؤثر بر سفت شدن سطح شامل موارد زیر هستند:
- سرعت بالای باد
- رطوبت نسبی کم
- دمای محیط در حال افزایش
- قرارگیری در معرض نور مستقیم خورشید
- ترکیب مخلوط بتن که موجب تأخیر در گیرش شود
- دمای پایین‌تر بتن

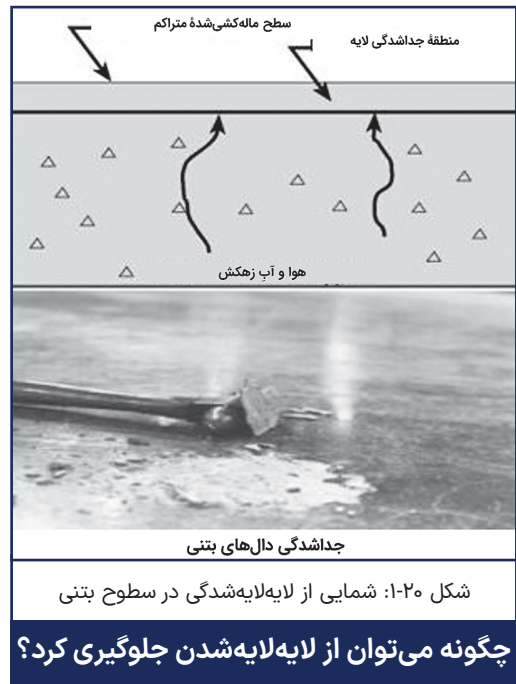
تراکم بیش از حد یک دال، مانند استفاده از شمشه‌ها و متراکم‌های ارتعاشی که ملات زیادی را به سطح می‌آورند، می‌تواند موجب لایه‌لایه شدن شود. استفاده نادرست از مخلوط‌های خشک، به ویژه در بتن هوازایی‌شده، می‌تواند

مشکلاتی ایجاد نماید. لایه‌لایه شدن ناشی از خوردگی، در مواردی مرسوم است که پوشش بتن روی میلگرد کم باشد. شکل‌گیری زنگ‌آهن، موجب انبساط و کنده شدن پوشش بتن خواهد شد. خوردگی میلگرد زمانی رخ می‌دهد که بتن به نسبت، نفوذپذیر بوده و موجب نفوذ یون کلراید به لایه فولاد شود (برای کسب اطلاعات بیشتر، به راهنمای شماره ۲۵ بتن در اجرا (CIP 25) مراجعه شود).

برای مافکردن اولیه، تیغه‌ها باید صاف بوده تا از مترآکم شدن زود هنگام سطح جلوگیری شود. عملیات نهایی پرداخت برای ایجاد سطحی صاف، باید تا حد امکان به تعویق بیفتد. تبخیر با پوشاندن سطح با پوشش پلی اتیلنی یا استفاده از بازدارنده‌های تبخیر، به حداقل رسانده شود. سطحی که هنگام مالکشی دچار آسیب شود، ممکن است آماده پرداخت نباشد.

اگر قرار است پوشش کف نصب شود، بازدارنده‌های تبخیر باید به صورت مستقیم زیر دال قرار گیرد. این امر، ظرفیت و مدت زمان آب‌انداختگی را افزایش خواهد داد. اگر پوشش کف نصب نمی‌شود، لایه‌های قابل تراش و قابل تراکم از خاکریز دانه‌ای (ماسه نباشد) به ضخامت حداقل ۱۰ سانتی‌متر روی لایه بازدارنده‌ی تبخیر قرار گیرد تا آب‌انداختگی کاهش یابد.

هوای عمدی و اضافه شدن به بتن، تأثیر قابل توجهی بر نرخ آب‌انداختگی مخلوط‌های بتنی دارد. این موضوع می‌تواند منجر به پرداخت زود هنگام شود؛ وقتی آب جمع شده روی سطح بتن قبل از گیرش مناسب آن، از بین رفته اما بتن هنوز در حال آب‌انداختگی باشد. بتن هوازایی شده، نباید برای دال‌هایی که قرار است پرداخت و مالکشی سطحی سخت و سنگین دریافت کنند، مورد استفاده قرار گیرد؛ زیرا ظرفیت لایه‌لایه شدن را افزایش خواهد داد. خطر آسیب ناشی از چرخه‌های یخ‌زدن و آب شدن در طول ساخت و ساز نسبت به ظرفیت ایجاد لایه‌لایه شدن، به مراتب کمتر است. حداکثر مقدار هوای ۳ درصد برای دال‌های کف مالکشی شده توصیه می‌شود.



شکل ۱-۲۰: شمایی از لایه‌لایه شدن در سطوح بتنی

چگونه می‌توان از لایه‌لایه شدن جلوگیری کرد؟

بتنی که با دمای بالاتر و افزودنی‌های تسریع‌کننده تهیه شده باشد، می‌تواند از لایه‌لایه شدن در هوای

از این دستورالعمل‌ها برای جلوگیری از لایه‌لایه شدن، پیروی کنید:

- ♦ پیش از این که هوا یا آب حاصل از آب‌انداختگی خارج نشده باشد، سطح را بیش از حد متراکم و زود هنگام، آب‌بند نکنید.
- ♦ از استفاده از مخلوط‌های خشک برای بتن هوازایی شده، اجتناب نمایید.
- ♦ از بتن با دمای بالاتر یا افزودنی‌های تسریع‌کننده برای ایجاد گیرش یکنواخت در عمق دال استفاده کنید.
- ♦ اگر شرایط پروژه اجازه می‌دهد، از ریختن بتن به طور مستقیم روی پوشش‌های بازدارنده تبخیر یا بستر نفوذناپذیر خودداری کنید.
- ♦ برای دال‌هایی که قرار است پرداخت با مالکشی دریافت کنند، از بتن هوازایی شده استفاده نکنید.
- ♦ از ریختن بتن روی زیرسازی با دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد خودداری نمایید.



سطوح لایه‌لایه‌شده می‌توانند پس از حذف لایه سطحی و تمیزکردن بتن زیرین به شکل مناسب، به وسیله‌ی وصله‌کردن تعمیر شوند. لایه‌لایه‌شدگی‌های گسترده ممکن است نیاز به ساییدن و روکش یک لایه جدید داشته باشند. سطوح لایه‌لایه‌شده ناشی از خوردگی میلگردها نیز نیاز به ماسه‌پاشی (سندبلاست) برای حذف زنگ آهن از میلگرد دارند.