

## **К анализу температурных напряжений в бетонных покрытиях**

**А.В. Зотов, А.А. Ляпин**

Наблюдения за состоянием бетонных покрытий в условиях естественного прогрева, например дорожных или аэродромных, показывает существенное влияние теплофизических процессов на трещиностойкость и долговечность данных конструкций. Существующие методики [1,2] и современные исследования [3-6] по расчету температурных полей бетонных покрытий основываются на необходимости учета толщины покрытия, конструктивных особенностей строения слоев, включая армирование, характера распределения температуры по толщине плит, контакта покрытия с основанием, условий укладки бетона.

В данной работе анализ температурных полей проводился путем моделирования конструкции покрытия на основе связанной задачи термоупругости методом конечного элемента с использованием программного комплекса Ansys. Базовая конструкция выбрана в виде плиты покрытия на двухслойном основании: прокладка полиэтиленовая (ППА), слой основания. Трение моделировалось введением контактных элементов между ППА и бетонным покрытием. Геометрические параметры плиты определялись характером нарезки деформационных швов расширения и сжатия.

Получено, что при выполнении рекомендаций [7] равномерный прогрев или прогрев с уменьшением температуры при удалении от поверхности плит вглубь покрытия даже при превышении температуры обжатия прокладок в швах расширения не может привести к каким-либо существенным растягивающим напряжениям в конструкции покрытия, влияющим на появление трещин. Вместе с тем, учитывая климатические условия некоторых регионов, возможно достаточно быстрое охлаждение дневной поверхности покрытия в результате, например, дождя в условиях, когда

температура покрытия превышает температуру обжата прокладок (более 40 °С). Это приводит к возможности обратного распределения температур по глубине покрытия. В этом случае можно считать, что наибольшие растягивающие напряжения на дневной поверхности плит приблизительно можно определить по формуле [8]

$$\sigma = C \alpha E \Delta T,$$

где  $\Delta T$  – расчетный перепад температур,

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения бетона,

$E$  – модуль упругости,

$C$  – экспериментальная константа (при численном моделировании получено  $C=1.27$ ).

Неравномерность распределения температуры по глубине плиты с ее линейным увеличением вглубь среды может являться источником возникновения трещин на поверхности плит покрытия. Фактором, определяющим процесс создания обратного распределения температур является низкая теплопроводность прокладки ППА, значительно уменьшающая отток тепла в слои основания конструкции [9]. Наличие прокладки с уменьшенным коэффициентом трения в области ее контакта со слоями конструкции имеет положительное значение для обеспечения независимой работы каждого из конструктивных слоев (покрытия и основания). В условиях же существенного температурного воздействия наличие прокладки приводит к увеличению подвижности плит и созданию условий неоднородного обжата их краев.

Полученные результаты в целом согласуются с результатами, например работы [10], и иллюстрируются диаграммами, отражающими напряженно-деформированное состояние конструкции.

Обратный перепад температур в 10 °С приводит к росту напряжений растяжения на поверхности плиты до 4 МПа. (Рис.1).

При этом возможно обламывание кромок швов за счет неоднородности поведения полных деформаций вблизи них. (Рис. 2).

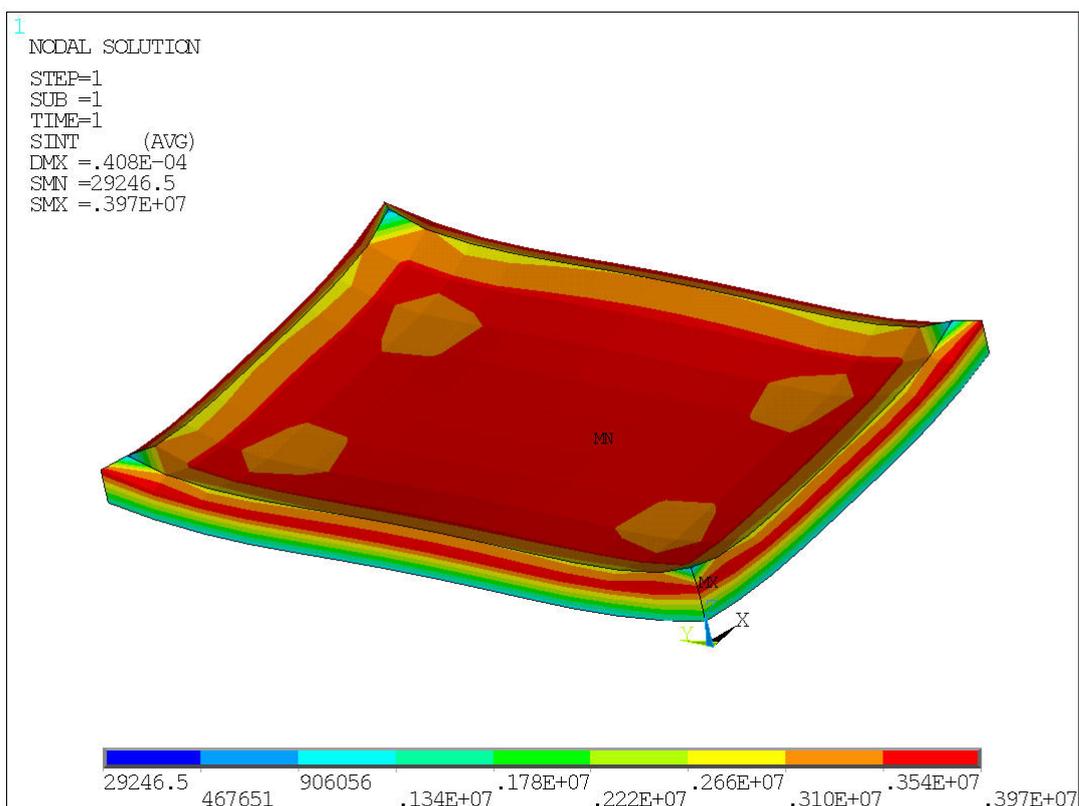


Рис. 1 - Интенсивность напряжений, Па в плите покрытия 3.5x5 м при обратном перепаде температур 10 °С в условиях образования трещин в швах сжатия

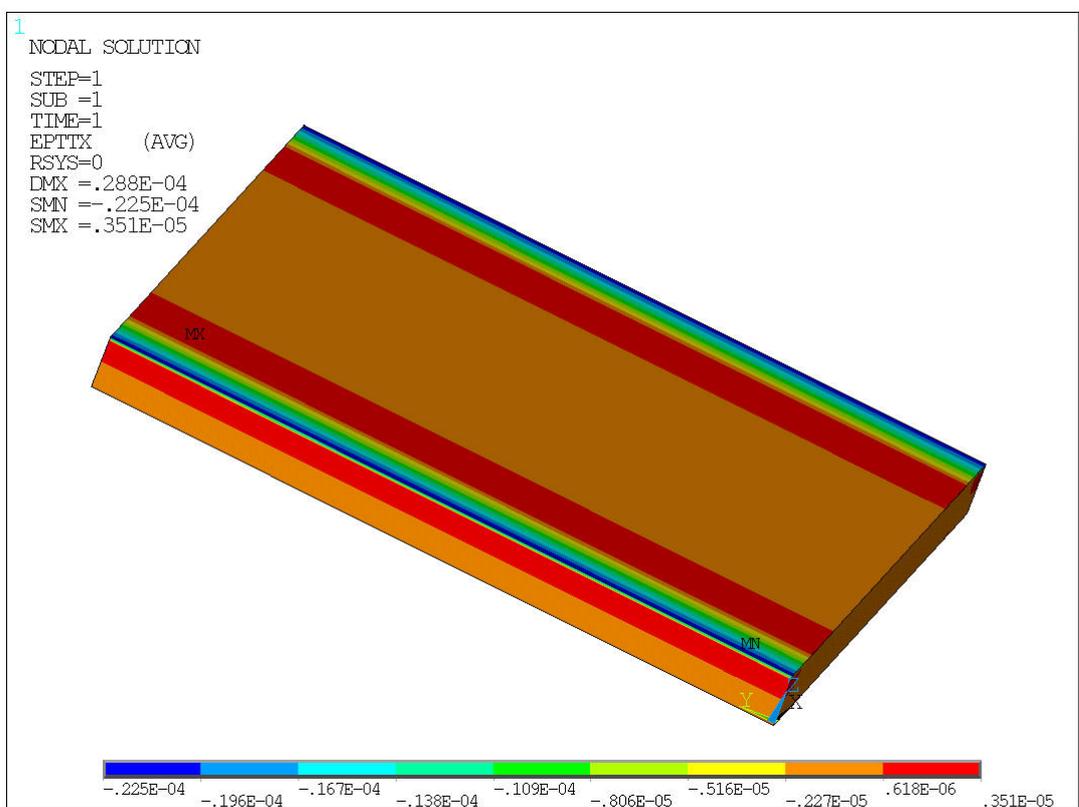


Рис. 2 - Полные деформации  $\epsilon_{sum}$

Рис. 3 отражает зависимость максимальных растягивающих напряжений на поверхности плиты в зависимости от обратного перепада температур от поверхности до слоя ППА. При образовании трещин в области ложного шва данная зависимость становится нелинейной.

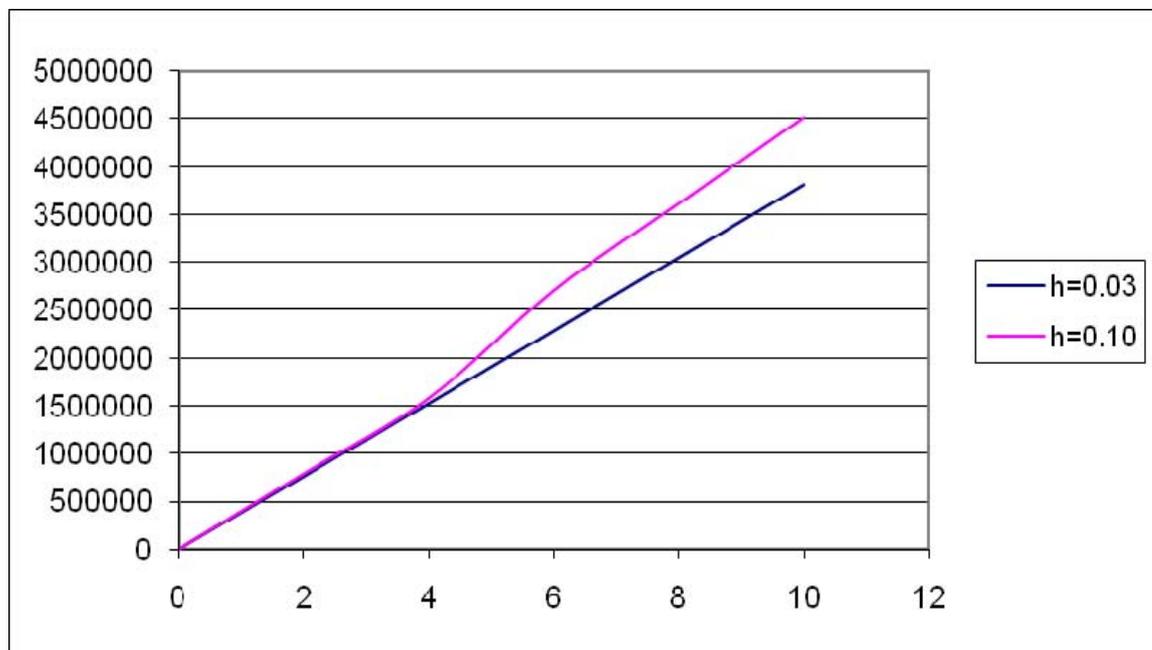


Рис. 3 - Зависимость максимальных растягивающих напряжений в покрытии от обратного перепада температур.

Линия  $h=0.03$  – шов сжатия без трещины,  $h=0.1$  в условиях образования трещины.

### Литература:

1. Методические рекомендации по расчету температурных полей, напряжений и деформаций в цементобетонных покрытиях. СОЮЗДОРНИИ. Москва, 1976.
2. Методические указания по расчету температурных и усадочных напряжений в железобетонных цилиндрических опорах мостов. ВНИИТС. Москва, 1979.
3. Гольденберг А.Л. Влияние периодического воздействия знакопеременных температур на структуру и эксплуатационные свойства

- высокопрочных бетонов [Текст] // Вестник МГСУ. - 2011. - №2. – С .93-104.
4. Armaghani J. M., Larsen T. J., Smith L. L. / Temperature response of concrete pavements // Transportation Research Record. 1987. -№1121. -P. 23-33.
  5. Thompson M. R., Dempsey B. J., Hill H., Vogel J. / Characterizing temperature effects for pavement analysis and design // Transportation Research Record. 1987. - № 1121. - P. 14 – 21.
  6. Осипов А.М. Бетонирование при низких температурах [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2012/1306> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
  7. Кричевский, А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия [Текст]: Монография / А.П. Кричевский – М.: Стройиздат, 1984. – 148 с.
  8. Руководство по проектированию аэродромных покрытий. Аэропроект. Москва, 1983.
  9. Кулинич И.И., Литвинов В.В., Языев С.Б. Исследование устойчивости неоднородных полимерных стержней в условиях термовязкоупругости [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/951> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
  10. С.А. Буянов, О.В. Кантур Моделирование температурных напряжений в железобетонных плитах покрытия аэродромов средствами SCAD [Текст] // CADMaster. - 2011. - №4 - С. 108-111.