

# بررسی و مطالعه عرض و محل تشکیل ترک‌ها در روسازی‌های بتنی تحت بارهای ناشی از اختلاف دما و چرخ هواپیمای B777-300 در سطوح پروازی فرودگاه

سید غلامرضا شیرازیان، دانش آموخته دکتری، استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه غیر انتفاعی شمال، ایران  
پرهام حیاتی، دانش آموخته دکتری، استادیار، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران  
محمد مهدی قانونی نیا، دانش آموخته کارشناس ارشد، فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، تهران، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [ghanoni.m110@yahoo.com](mailto:ghanoni.m110@yahoo.com)

دریافت: 95/012/08 - پذیرش: 96/05/15

## چکیده

دال‌های بتنی ساخته شده در روسازی‌های بتنی بر اثر بارهای وارده تغییر شکل می‌دهند و این تغییر شکل باعث ایجاد ترک در مقطع آن‌ها می‌شود. در این پژوهش نقش ابعاد و ضخامت دال‌های مسلح (IRCP) تحت تغییرات دما و هواپیمای B777-300 بارگذاری شده است و مقدار و محل و عرض ترک‌ها بررسی شده است تا تاثیر هر کدام از آن تعیین شود. این تحقیق با مطالعات میدانی و تحلیل نرم افزاری مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت و ابعاد دال بتنی، عرض ترک‌ها ناشی از تاثیر پارامتر اختلاف دما بیشتر شده است و با کاهش ابعاد دال بتنی، تعداد درزها افزایش یافته است که منجر به کاهش پیوستگی دال‌ها به همدیگر و افزایش نفاذ بحرانی و ایجاد تعداد ترک‌های بیشتر شده است. همچنین با اعمال بارهای ناشی از چرخ که در لبه دال انجام شده است مقدار و عرض ترک‌ها بیشتر از حالت بارگذاری در وسط دال بتنی می‌باشد و رژیم ترک‌ها به صورت خطی تشکیل شده است. با بررسی عرض ترک‌ها در قسمت‌های مختلف دال‌ها بتنی شاهد هستیم که عرض ترک در سطح زیرین دال‌های بتنی نسبت به رویه بیشتر است. در خصوص محل تشکیل ترک‌ها در محل اعمال بار چرخ در مقطع زیر دال بتنی، ترک‌ها دقیق در مرکز سطح اعمال بار و در اطراف آن گسترش یافته است و در سطح رویه دال بتنی در اطراف محل تماس چرخ و به شکل شعاعی تشکیل شده است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات دما، بار چرخ هواپیما، دال بتنی، رژیم ترک‌ها

## 1- مقدمه

است. این بارها تنش‌هایی بر دال وارد می‌کنند که آن‌ها نهایتاً بر اساس و زیر اساس و بستر راه وارد می‌شود. لذا جهت کاهش این تنش‌ها و دیگری جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت به لایه‌های روسازی از بستر راه و یا زهکش نمودن آبی که از سطح روسازی بر بدنه نفوذ می‌کند، از انواع لایه اساس استفاده می‌شود. اساس‌های مورد استفاده

در توقفگاه‌های هواپیماها در فرودگاه‌ها با توجه به شرایط بهره برداری و بارهای وارده و مقاومت خاک بستر، از روسازی‌های بتنی استفاده می‌شود. بارهای وارده شامل ترافیک هواپیماها و ماشین‌الات و تجهیزات موجود و بارهای ناشی از تغییرات دما نیز جزء بارهای ناشی از عوامل محیطی است که در روسازی‌های بتنی حائز اهمیت

است و از نرم افزار SAFE که بر اساس روش المان محدود تحلیل انجام می دهد استفاده شده است. در این پژوهش با مطالعه میدانی و مدل های انجام شده در نرم افزار تحت بارهای ناشی از اختلاف دما و هواپیمای B777-300 در دال ها<sup>۳</sup> با ابعاد و ضخامت های متغیر که منجر به تشکیل رژیم ترک ناشی از بارهای بهره برداری می شود انجام شده است و تاثیر هر کدام از آنها را بر ایجاد محل و عرض ترک بررسی شده است. انتخاب سیستم و لایه های روسازی با توجه به توصیه های آیین نامه 353 سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و 150/5320-6E سازمان هوانوردی آمریکا و ساختار مورد استفاده در روسازی های فرودگاه های کشور مدل سازی شده است.

در جدول 1 پارامترهای متغیر استفاده شده در این تحقیق نشان داده شده است.

جدول 1. پارامترهای متغیر مورد استفاده در روسازی بتنی در تحلیل نرم افزار

ردیف	پارامترهای متغیر	محدوده	واحد
1	ابعاد دال بتنی	45×45 و 7×7	m
2	ضخامت	10 الی 60	Cm

### 3- مدل ساختمان روسازی

سازه روسازی جهت برآوردن کردن نیازهای بهره برداری و انتقال نیروها به بستر راه و مقاومت در مقابل عوامل جوی را به عهده دارد. انتخاب نوع ساختار لایه های روسازی با توجه به مسائل اقتصادی، مقدار بارهای وارده، شرایط جوی و وضعیت خاک بستر از اهمیت بیشتری برخوردار است. در شکل 1 قشرهای اجرایی لایه های روسازی و همچنین نوع مدل انجام شده سازه روسازی در نرم افزار تحلیلی نشان داده شده است.

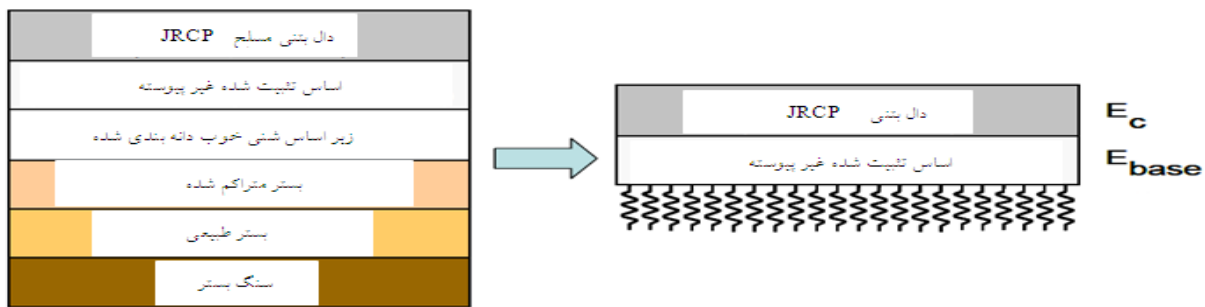
در روسازی های فرودگاه ها شامل اساس تثبیت شده قیری و سیمانی و اساس تثبیت نشده شنی می باشد که انتخاب نوع آن با توجه به بارهای وارده، مسایل اقتصادی و اجرایی و نقش و عملکرد آن انجام می شود.

در فرودگاه های ایران با توجه به شرایط بارگذاری و بهره برداری و تکنولوژی اجرا از نوع روسازی بتنی مسلح با میلگرد انتقال<sup>۱</sup> استفاده می شود. این نوع از روسازی های بتنی با توجه به اجرای پانلی، در ابعاد مختلف طراحی و اجرا می شوند. عملکرد این دال ها در زمان اعمال بار پیوستگی کاملی بین دال ها به دلیل اجرای درزها ایجاد نمی شود و با بارگذاری بر روی آنها تغییر شکل های در هر کدام از دال ها ایجاد می شود که این منجر به ترک و با ادامه بارگذاری خستگی و مشکلات بهره برداری را به همراه دارد.

اخیرا نیز به استفاده از نوع روسازی غیر مسلح با میلگرد انتقال<sup>۲</sup> استفاده می شود که در صورتی که اختلاف دما زیاد باشد، باعث تنش های کششی زیاد در مقطع دال می شود که به علت ضعف بتن در کشش ترک ها ناشی از بارهای اختلاف دما در دال هایی بتنی ایجاد می شود.

### 2- تعریف مسأله و روش تحقیق

جهت انتخاب نوع روسازی های بتنی، شناخت عملکرد هر کدام از انواع آنها تحت بارهای وارده ضروری است. در مورد شناخت و عملکرد دال های بتنی تحت بارها که منجر به تغییر شکل و ایجاد تنش های فشاری و کششی و جابجایی می شود مستلزم تحلیل و طراحی بر اساس روش های متداول بین المللی یا تحلیل های نرم افزاری است. در این تحقیق، روش طراحی از آیین نامه 353 سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و 150/5320-6E سازمان هوانوردی آمریکا استفاده شده



شکل 1. مدل سازه روسازی صلب با اساس تثبیت شده در پروژه و مدل نرم افزاری

جدول 2. جنس و مشخصات مکانیکی لایه ها و ضخامت قشرهای آن

ردیف	جنس قشرها	ضخامت (cm)	مدول الاستیسیته (Kg f/cm <sup>2</sup> )	ضریب عکس العمل قشرها (kg/cm <sup>3</sup> )	ضریب پواسون
1	دال بتنی	38	271931	-	.15
2	اساس تثبیت شده با سیمان	18	48260	10.2	.2
3	لایه های خاک زیر اساس از جنس GP	60	2000	8.1	.3

توجه به دمای محیط، دمای سطح روسازی و دمای زیر دال بتنی که به صورت گسترده در کل سطح روسازی اثر گذار است و نیروهای ناشی از چرخ ها به صورت موضعی و در مسیر عبور چرخ تاثیر گذار است. جهت اعمال بارهای ناشی از چرخ هواپیما بر دال های بتنی، ابتدا باید سطح معادل چرخ هواپیما از رابطه 1 محاسبه شود و سطح معادل در مدل نرم افزاری با توجه به شکل 2 در نظر گرفته می شود.

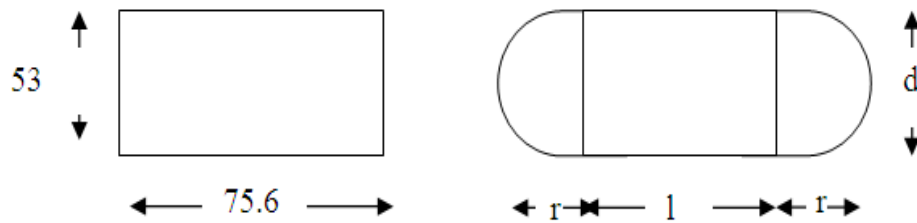
$$A = \pi r^2 + d * l \quad (1)$$

در شکل 3 مقدار و محل اعمال بارهای وارده که شامل بارهای چرخ هواپیما و تغییرات دما در نرم افزار تحلیلی نشان داده شده است. بارهای ناشی از اختلاف دما در کل سطح دال ها و با دمای 45 درجه سانتی گراد رویه و 5 درجه در زیر دال اعمال شده است و بارهای ناشی از هر چرخ به مقدار 23773 کیلوگرم، در سه وضعیت شامل وسط دال و در لبه دال (عرض چرخ ها در لبه دال) و لبه دال (طول چرخ ها در لبه دال) اعمال شده است. همچنین لبه دال های بتنی در فواصل یک متر با فرض داوول و میلگردهای دوخت جهت عملکرد دقیق تر دال تحت بارهای وارده با اتصالات مفصل در نظر گرفته شده است.

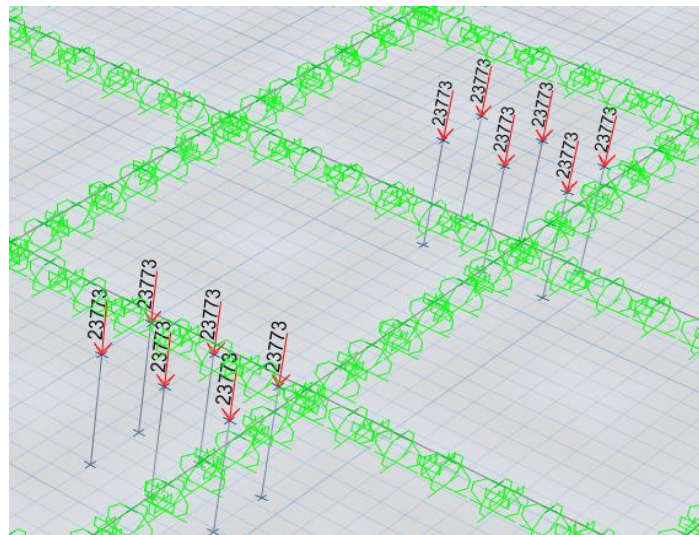
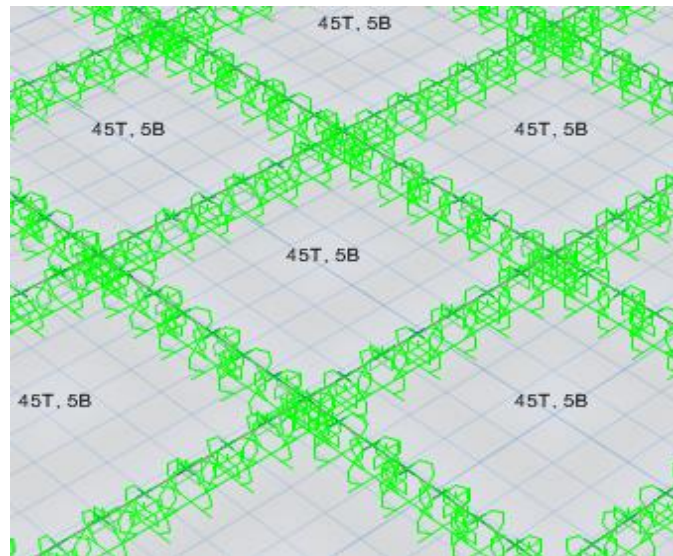
در این پژوهش ابعاد دال ها به مقدار 7×7 و 45×45 متر طول در نرم افزار مدل شده است و نتایج خروجی آن ها در نمودارها ترسیم و در شکل ها نمایش داده شده است. در جدول 2 مشخصات مکانیکی و ضخامت قشرهای لایه رویه نشان داده است. همچنین جنس و سختی لایه بستر که در ظرفیت باربری لایه روسازی بتنی تاثیر قابل توجهی دارد نشان داده شده است.

#### 4- نیروهای اعمال شده بر روسازی بتنی

نیروهای که بر روسازی در سطوح پروازی در زمان بهره برداری وارد می شود شامل بارهای ناشی از چرخ هواپیما<sup>۴</sup> و بارهای ناشی از تغییرات دما<sup>۵</sup> می باشد که هر یک از انواع این نیروها باعث ایجاد تنش ها و تغییر شکل ها و جابجایی های خاصی بر روسازی ها می شوند. نیروهای ناشی از اختلاف دما با



شکل 2. سطح واقعی و سطح معادل شده چرخ هواپیما B777-300



شکل 3. بارگذاری دال بتنی با ابعاد 7×7 متر طول تحت بار چرخ هواپیما و تغییرات دما در مدل نرم افزار SAFE

$$W_1 = \frac{m \cdot 0.95}{n_1}$$

(2)

$$W_2 = \frac{m \cdot 0.05}{n_2}$$

(3)

توصیه‌های آیین نامه 353 در خصوص سهم باربری هر

یک از چرخ‌های جلویی و عقب هواپیما بر اساس فرمول‌های 2

و 3 می باشد.

می‌شود. با جابجایی بیش از حد دال، ترک‌هایی<sup>۸</sup> در سطح زیرین و یا رویه مقطع دال ایجاد می‌شود.

همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود با اعمال بارهای ناشی از اختلاف دما، ترک‌هایی در مقطع زیرین دال بتنی ایجاد شده است. این ترک‌ها در کل سطح دال و در قسمت‌هایی که دال دارای تغییر مکان و تغییر شکل بوده است، دارای مقدار و عرض ترک بیشتری است. با مطالعه کلی تر شکل مشاهده می‌شود که مقدار و عرض ترک‌ها در امتداد قطرهای دال نسبت به سایر مناطق دال رشد بیشتری داشته که جهت کنترل رژیم این گونه ترک‌ها پیشنهاد می‌شود از آرماتور گذاری قطری استفاده شود. همچنین در کنج‌های دال با توجه به جابجایی رخ داده شده دارای عرض ترک بیشتر نسبت به سایر قسمت‌ها است که می‌توان با استفاده از آرماتور دوخت و یا اتصال آن به خاکریزهای اطراف و تراکم آن این گونه جابجایی‌ها را کنترل نمود.

$W1 =$  بار چرخ عقب (اصلی) هواپیمای مبنای طرح  
برحسب kg

$W2 =$  بار چرخ جلوی هواپیمای مبنای طرح بر حسب kg

$m =$  وزن کل هواپیما در زمان برخاست بر حسب kg

$n_1 =$  تعداد چرخ‌های عقب (اصلی)

$n_2 =$  تعداد چرخ‌های جلو

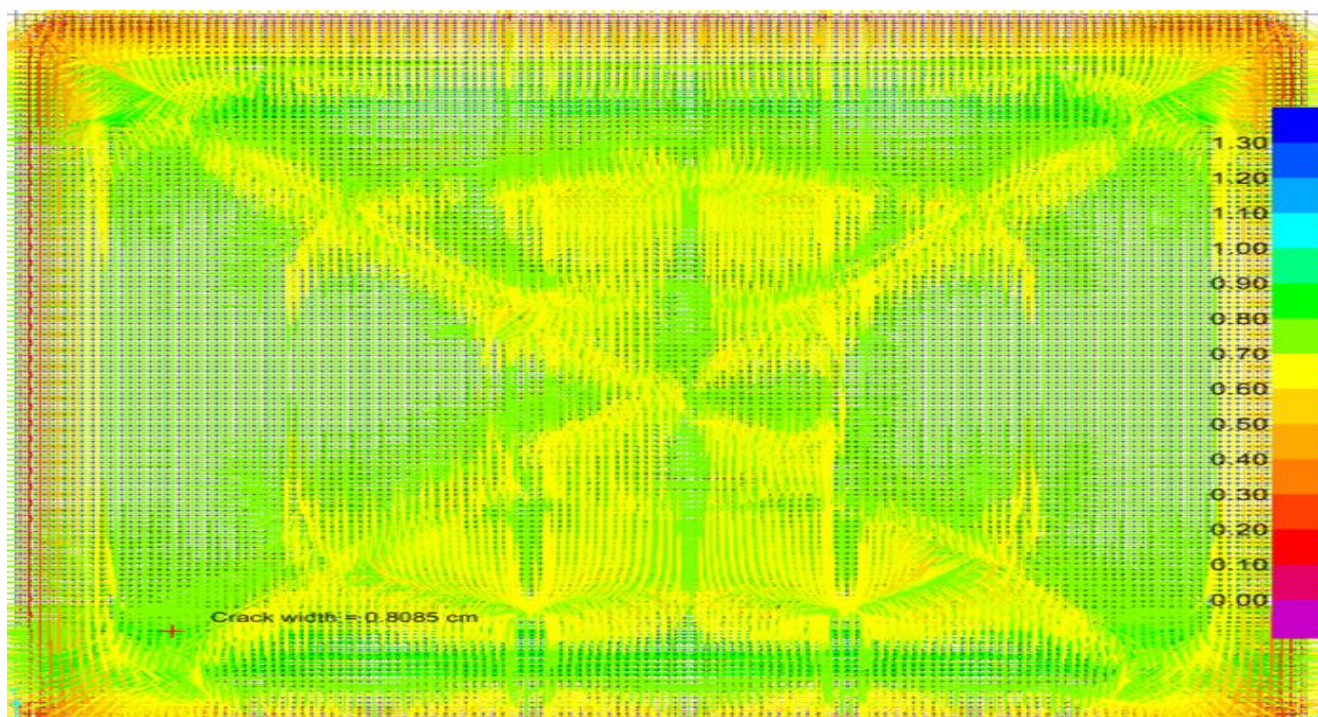
## 5- تحلیل شکل و عرض ترک در دال‌ها با

ابعاد  $45 \times 45$

### 5-1- شکل و محل تشکیل ترک در دال‌ها با ابعاد

$45 \times 45$  تحت پارامتر اختلاف دما

با اعمال تاثیرات ناشی از اختلاف دما بر سطح روسازی و زیر دال بتنی، باعث ایجاد تغییر شکل<sup>۶</sup> در دال بتنی و تنش<sup>۷</sup> متغییر در مقطع دال‌های بتنی می‌گردد. این اختلاف مقدار در تنش‌ها در دال‌ها، باعث تغییر شکل و جابجایی در دال‌ها



شکل 4. شکل و محل تشکیل ترک در مقطع تحتانی دال‌ها با ابعاد  $45 \times 45$  تحت بارهای اختلاف دما

ضخامت‌های متغیر (10 الی 60 سانتی متر) و تحت تاثیر دمای ثابت و بحرانی (دمای 45 درجه سانتی گراد سطح رویه دال و 5 درجه سانتی گراد سطح زیرین دال) را نشان داده است. همان‌طور که از نمودار 1 مشاهده می‌شود با افزایش ضخامت دال بتنی تا ضخامت 60 سانتی متر، عرض ترک‌ها رشد یافته و به

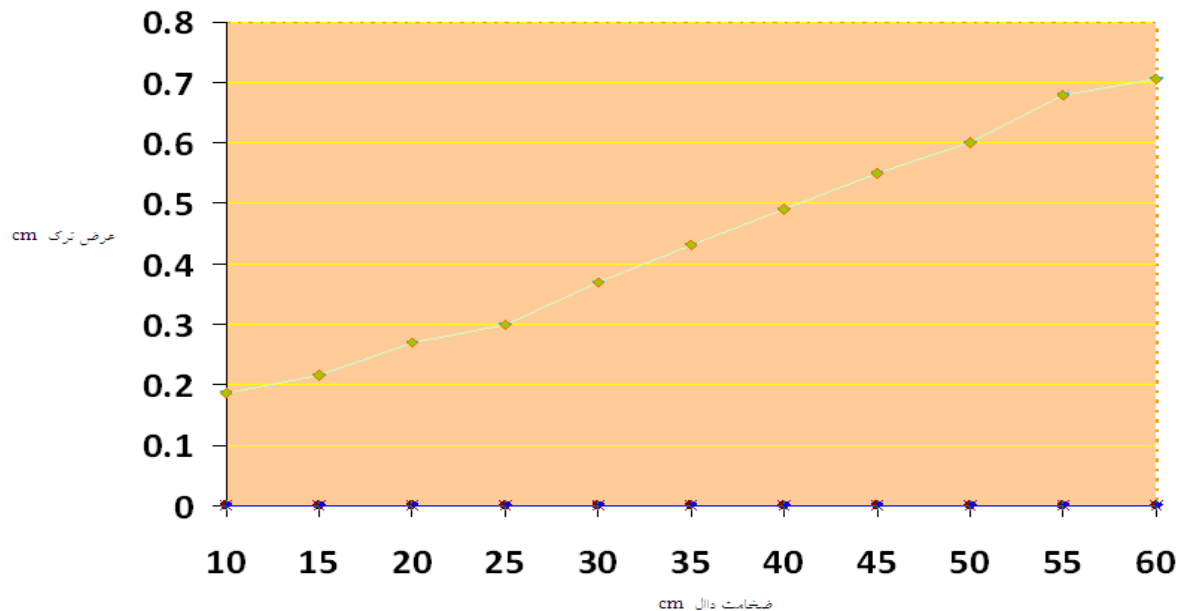
### 5-2- نمودار عرض ترک‌های تشکیل شده در دال

با ابعاد  $45 \times 45$  و در ضخامت‌های متغییر تحت تغییرات دما

نمودار 1 عرض ترک‌های ایجاد شده در دال با

میزان 0/7 سانتی متر رسیده است. این رشد عرض ترک نشان دهنده این موضوع است که نباید در طراحی دال‌های بتنی جهت کاهش تنش‌های ناشی از بار چرخ هواپیما و ترافیک پروازی با افزایش ضخامت دال بتنی جهت کاهش این تنش‌ها اقدام نمود،

بلکه راهکار مناسب در این خصوص افزایش پارامتر ضریب سختی<sup>9</sup> بستر دال بتنی و یا استفاده از روسازی‌های مرکب<sup>10</sup> جهت رسیدن به ضخامت مورد نیاز سازه روسازی می باشد.



نمودار 1. عرض ترک‌های ایجاد شده در زیر دال 45×45 تحت تغییرات دما در ضخامت‌های متغیر

### 3-5- شکل و محل تشکیل ترک در دال‌ها با ابعاد 45×45 تحت بارهای چرخ‌ها

در شکل 5 محل وقوع و رژیم ترک‌های ناشی از بار چرخ هواپیما B777-300 در سطح زیرین دال بتنی نشان داده شده است. این ترک‌ها دقیقاً در محل بارهای وارده و به شکل خطی و با عرض‌های متغیر تشکیل شده است و بیشترین عرض ترک به مقدار 0/134 سانتی متر در زیر دال بتنی تشکیل شده است. معمولاً عرض ترک‌های بزرگتر در حالت بارگذاری لبه و درحالت عمود بر لبه دال و در امتداد جهت حرکت چرخ هواپیما ایجاد می شود.

این ترک‌ها معمولاً در مسیر حرکت چرخ و در شعاعی در حدود 6 متر و با توجه به نوع تغییر شکل ایجاد شده در دال بتنی از فاصله مرکز بارگذاری ایجاد می گردد.

با مقایسه محل و رژیم ترک‌ها در سطح فوقانی و زیرین دال بتنی مشاهده شده است که با توجه به فشرده شدن سطح روسازی در زیر سطح تماس چرخ هواپیما، در مقطع بالای دال ترک ایجاد نشده است و در ادامه ترک‌ها به صورت شعاعی و در بیرون محیط پیرامونی محل تماس چرخ تشکیل شده است.

عرض این ترک‌ها نسبت به ترک‌های زیرین دال بتنی کمتر است و نکته قابل توجه این است که با افزایش ضخامت دال بتنی عرض این رژیم ترک‌ها بیشتر شده است. این پدیده می‌تواند ناشی از افزایش وزن دال و اندرکنش ناشی از آن و مقاومت دال بتنی در جلوگیری از تغییر شکل باشد.

### 4-5- تغییرات عرض ترک‌ها در دال‌ها با ابعاد 45×45 و در ضخامت‌های متغیر تحت بار چرخ

بارهای وارده از ترافیک هواپیماها در سطوح پروازی، منجر به بروز تنش‌ها و تغییر شکل‌ها و جابجایی و در نهایت تشکیل ترک‌ها و خرابی‌هایی از نوع خستگی<sup>11</sup> در روسازی‌های بتنی می‌گردد. این ترک‌ها با توجه به ضعف دال در کنترل تنش‌ها و جابجایی‌ها ایجاد می‌شود و با تحلیل و طراحی مناسب می‌توانیم اثر این خرابی را کاهش دهیم. در نمودار 2 عرض ترک‌های ایجاد شده در دال تحت بار چرخ هواپیما B777-300 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش ضخامت دال بتنی، تغییر شکل‌ها و جابجایی دال‌ها و عرض

## ابعاد 7×7

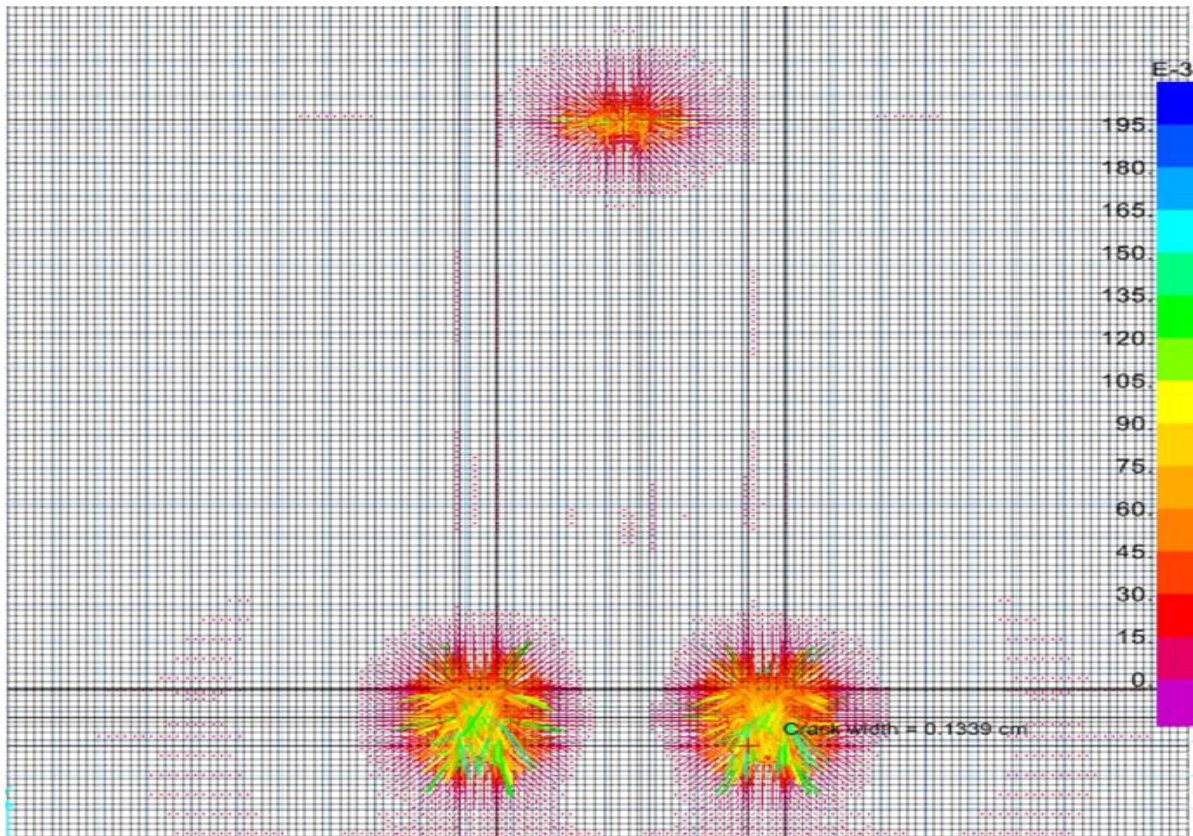
### 1-6- شکل و محل تشکیل ترک در دال‌ها با ابعاد

#### 7×7 تحت بارهای اختلاف دما

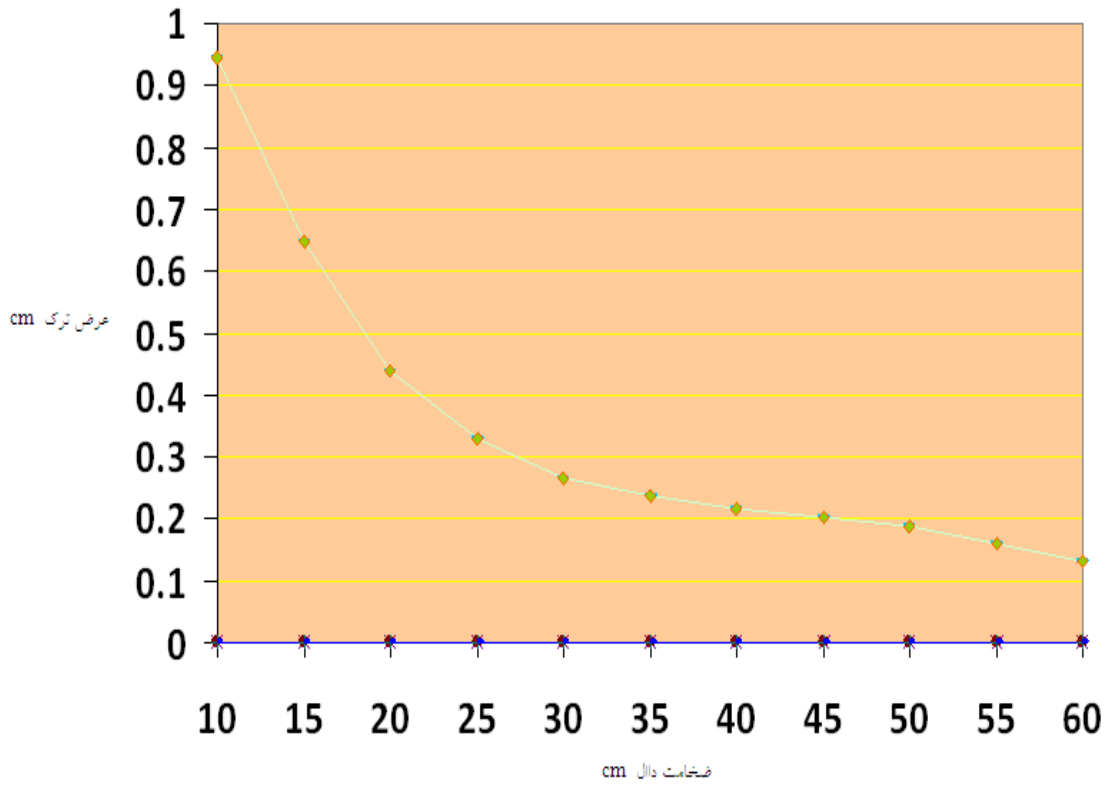
در شکل 6 محل و نوع ترک‌های ایجاد شده در دال‌ها بتنی با ابعاد 7×7 متر طول را تحت بارهای ناشی از اختلاف دما نشان داده شده است. در این دال‌ها دو نوع ترک ایجاد شده است که شامل ترک‌های شعاعی است که در گوشه‌های دال می‌باشد و نوع دیگر آن خطی است که در لبه دال و در سایر قسمت‌های دال ایجاد شده است. همچنین در امتداد قطرهای دال نیز همگرایی تشکیل ترک مشاهده شده است که پیشنهاد می‌شود آرماتورهای قطری<sup>۱۳</sup> جهت کنترل این نوع ترک‌ها، طراحی و تعبیه گردد.

ترک<sup>۱۲</sup> ناشی از آن کمتر شده است. با مقایسه مقدار عرض ترک در ضخامت 40 سانتی متر در نمودار 1 که به مقدار 49/ سانتی متر است با همان ضخامت و مشخصات با نتایج نمودار 2 که به مقدار 21/ سانتی متر می‌باشد مشاهده می‌شود که عملکرد دال تحت بارهای ناشی از چرخ و اختلاف دما در رژیم و عرض ترک‌ها عکس هم بوده است. در واقع با افزایش ضخامت دال، عرض ترک ناشی از پارامتر اختلاف دما بیشتر شده است اما با افزایش ضخامت دال، عرض ترک‌های ناشی از بار چرخ هواپیما در مقطع زیرین دال کاهش یافته است. این نتیجه نشان می‌دهد که جابجایی دال‌ها که ناشی از اختلاف دما می‌باشد با افزایش ضخامت دال بتنی رابطه مستقیم داشته و این پدیده منجر به افزایش عرض ترک‌ها شده است.

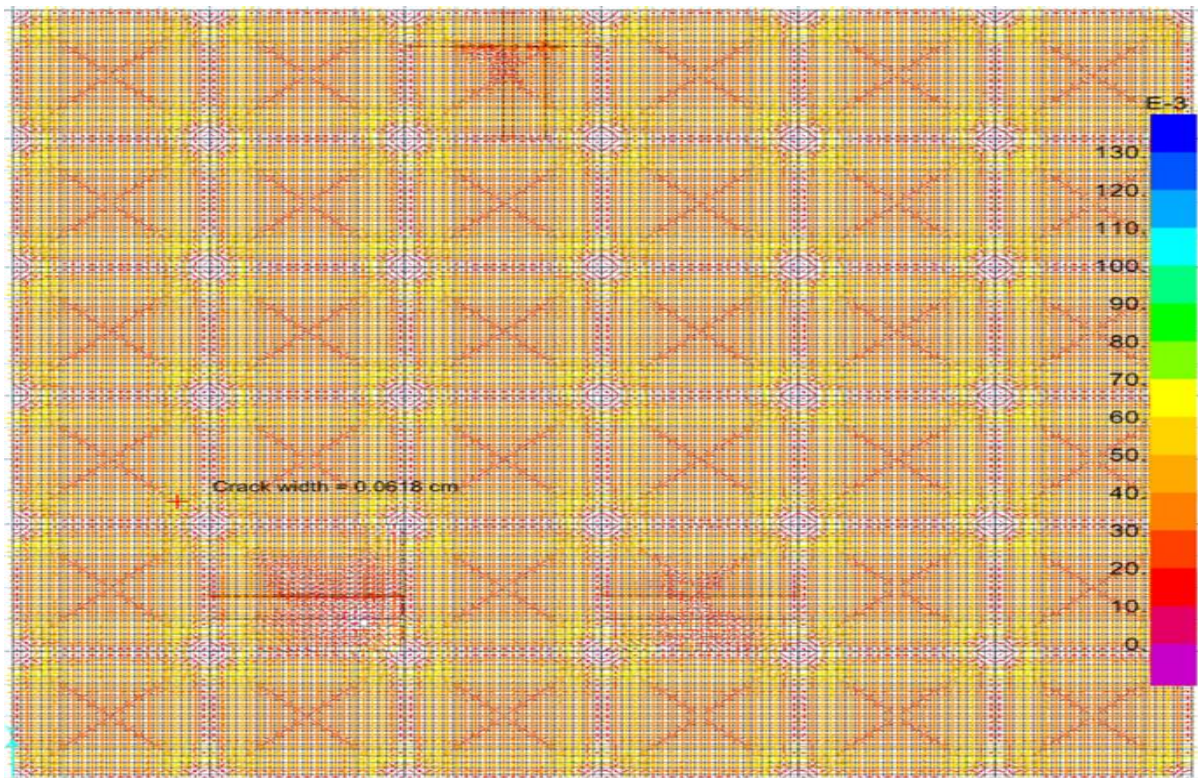
### 6- تحلیل شکل و عرض ترک‌ها در دال‌ها با



شکل 5. شکل و محل تشکیل ترک در دال‌ها با ابعاد 45×45 تحت بارهای چرخ در سطح تحتانی دال



نمودار 2. عرض ترک‌های ایجاد شده در زیر دال 45×45 تحت بارهای چرخ هواپیما در ضخامت‌های متغییر



شکل 6. شکل و محل تشکیل ترک در دال‌ها با ابعاد 7×7 تحت بارهای اختلاف دما



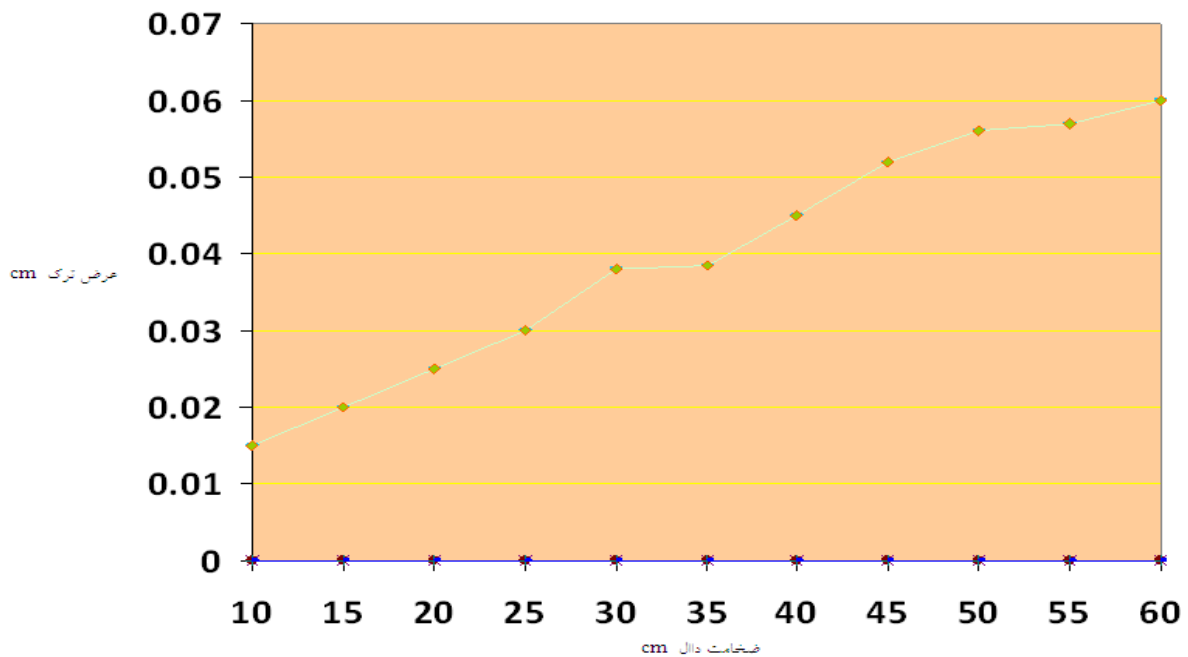
## 6-2- تغییرات عرض ترک‌های ایجاد شده در دال

### با ابعاد 7×7 و در ضخامت‌های متغییر تحت اختلاف دما

در نمودار 3 عرض ترک‌های ایجاد شده در دال‌ها تحت اختلاف دما 45 درجه سانتی گراد سطح دال و 5 درجه سانتی گراد زیر روسازی با ضخامت‌های<sup>۱۴</sup> متغییر نشان داده شده است. شیب نمودار حاکی از آن است که با افزایش ضخامت دال بتنی، عرض ترک‌ها افزایش می‌یابد.

با مقایسه بیشترین عرض ترک در ضخامت 60 سانتی متر

که به مقدار 0/6 می‌باشد، با نمودار 1 که با همان ضخامت، عرض ترک ایجاد شده 72 می‌باشد نشان از این است که دال‌های پیوسته<sup>۱۵</sup> در خصوص ایجاد این نوع از ترک مستعدتر هستند که جهت کنترل این ترک‌ها، درزهای انقباضی<sup>۱۶</sup> با توجه به ضخامت دال در فواصل یکسان در سطح روسازی بتنی پیوسته باید تعبیه کرد.



نمودار 3. عرض ترک‌های ایجاد شده در زیر دال 7×7 تحت بارهای اختلاف دما و در ضخامت‌های متغییر

## 6-3- شکل و محل تشکیل ترک‌ها در دال‌ها به

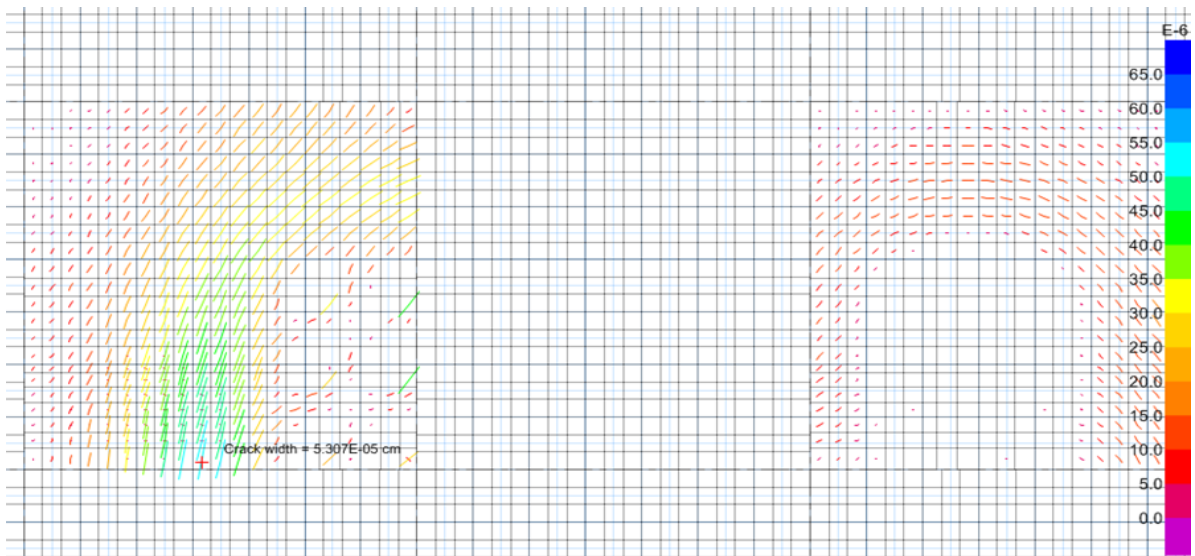
### ابعاد 7×7 و ضخامت متغییر تحت بارهای چرخ هواپیما

در شکل 7 ترک‌های ایجاد شده در مقطع پایین دال‌های بتنی تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیمای طرح را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود ترک‌های ایجاد شده در حالت‌های مختلف بارگذاری، (وسط دال<sup>۱۷</sup> - گوشه دال<sup>۱۸</sup> - لبه<sup>۱۹</sup>) مقدار و شکل و محل تشکیل آن‌ها متفاوت است. زمانی که بارگذاری در گوش دال و در امتداد درزها قرار گرفته است مقدار و عرض ترک‌ها در حالت بحرانی‌تری دارد و کلیه قسمت‌های دال تحت تاثیر قرار گرفته است.

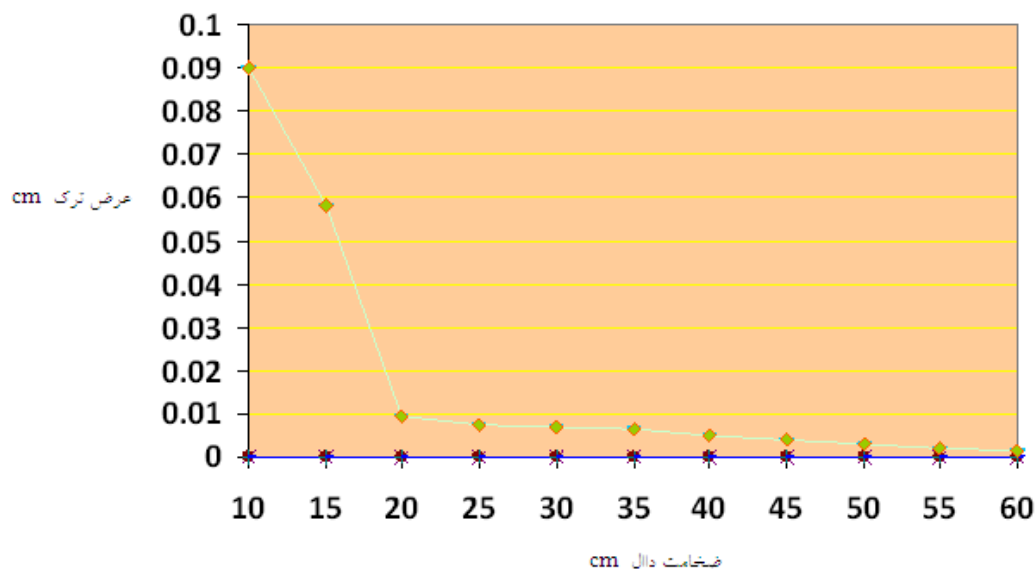
## 6-4- نمودار عرض ترک‌ها در دال‌ها با ابعاد 7×7 در

### ضخامت‌های متغییر تحت بارهای چرخ هواپیما

در نمودار 4 عرض ترک‌های ایجاد شده در دال‌ها تحت بار ناشی از چرخ هواپیمای طرح را نشان می‌دهد. در محدوده ضخامت دال 10 سانتی‌متر عرض ترک‌های ناشی از بارهای وارده، زیاد بوده و دال تحت بارهای وارده خرد شده است و با افزایش ضخامت عرض ترک‌ها کمتر شده است.



شکل 7. شکل و محل تشکیل ترک در سطح فوقانی دال با ابعاد 7×7 تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما



نمودار 4. عرض ترک‌های ایجاد شده در زیر دال 7×7 تحت بارهای چرخ هواپیما و در ضخامت‌های متغیر

## 7- نتیجه‌گیری

به صورت شعاعی و در پیرامون محل لمس چرخ با دال بتنی ایجاد شده است ولی ترک‌های ناشی از چرخ در زیر دال بتنی و در محل مرکز اعمال بار و به شکل خطی تشکیل شده است و عرض ترک‌های بیشتری دارد.

- ترک‌های تشکیل شده ناشی از اختلاف دما در محل گوشه‌ها و در لبه‌های دال بتنی به صورت شعاعی تشکیل شده است و خرابی‌های از جمله شکستگی گوشه و خرابی‌های لبه دال‌های بتنی به این دلیل رخ می‌دهد و در سایر قسمت‌های دال به

- در دال‌های بتنی با ابعاد مختلف ترک‌های ایجاد شده تحت بارهای ناشی از دما در امتداد قطر دال‌ها ایجاد می‌شود که استفاده از آرماتورهای قطری در امتداد قطر دال بخصوص در دال‌های پیوسته پیشنهاد می‌شود.

- عرض ترک‌های ایجاد شده در دال‌های بتنی تحت بارهای وارده ناشی از اختلاف دما نسبت به بارهای ناشی از چرخ هواپیما بیشتر است.

- ترک‌های ایجاد شده تحت بار چرخ در بالای دال‌های بتنی

## 9- مراجع

- "راهنمایی طراحی روسازی فرودگاه نشریه 353"، (1385)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

-Computers and Structures, Inc.( (1995), "SAFE, version 12.3.0, slab analysis by the finite element method". Berkeley.

-Yang H.Huang (2004), "Pavement Analysis and Design", Amreca: University Of Kentucky – Second Edition

-Federal Aviation Administration (FAA), (2008), D6-58329.

-Federal Aviation Administration (FAA), (1995), "Advisory circular 150/5320-6D. Airport pavement design and evaluation". U.S. Federal Aviation Administration.

-Pavement Design for Airfields (2008), "UFC (Unified Facilities Criteria) 3-260-02".

-SHRP (2004), "Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (NCHRP 1-37A)", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.

-Rigid Pavements for Airfields Tech Manual TM 5-825-3 U.S. (1988), "Army Corps of Engineers A.G. Publication Center St. Louis Mo".

صورت خطی تشکیل می شود.

- با افزایش ابعاد دال، عرض ترک‌ها افزایش یافته و تا عمق دال ادامه می یابد و جهت کنترل آن‌ها در دال‌های پیوسته باید از درزهای انقباضی در سطح رویه دال استفاده کرد.

- با زیاد شدن عرض ترک‌ها، عمق این ترک‌ها افزایش می‌یابد و پیوستگی دال‌ها از بین می رود که در صورت عدم وجود میلگردهای انتقال، خرابی‌های ناشی از آن‌ها در محل ترک‌ها ایجاد می شود. این نوع از خرابی‌ها در دال‌های که از نوع بدون آرماتور می باشد مستعدتر می باشد.

## 8- پی‌نوشت‌ها

1. Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP)
2. Joint Plain Concrete Pavement (JPCP)
3. Slab
4. Wheel Load
5. Temperature Load
6. Deflection
7. Stress
8. Cracks
9. K-Value
10. Composite Pavements
11. fatigue
12. Crack Width
13. Diametric Reinforced
14. Thickness
15. Continuous Slabs
16. Contraction Joints
17. Internal loading Condition
18. Corner loading Condition
19. Edge loading Condition

- 
- 1- Joint Reinforced Concrete Pavement(JRCP)
  - 2 - Joint Plain Concrete Pavement (JPCP)
  - 3 -Slab
  - 4 -Wheel Load
  - 5 -Temperature Load
  - 6 -Deflection
  - 7 -Stress
  - 8 -Cracks
  - 9 -K-Value
  - 10 -Composite Pavements
  - 11 -fatigue
  - 12 -Crack Width
  - 13 -Diametric Reinforced
  - 14 -Thickness
  - 15 -Continuous Slabs
  - 16 -Contraction Joints
  - 17 -Internal loading Condition
  - 18 -Corner loading Condition
  - 19 -Edge loading Condition