



۳ و ۴ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸
مکان: دانشگاه علم و صنعت ایران



بررسی نقاط و مناطق بحرانی در روسازی های بتنی تحت بارهای وارده در سطوح پروازی فرودگاه

علیرضا سرکار^۱، شاهین شعبانی^۲ محمد مهدی قانونی نیا^۳

- ۱- عضو هیئت علمی و استادیار دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
- ۲- عضو هیئت علمی و استادیار دانشگاه پیام نور واحد تهران شمال، تهران، ایران
- ۳- کارشناس ارشد شرکت شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) و دانشجوی دوره دکتری تخصص راه و ترابری دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات،

ghanoni.m110@yahoo.com

چکیده

با ایجاد درز در روسازی های بتنی جهت کنترل ترک های انقباضی و انبساطی و اجرایی، پیوستگی بین دال ها کاهش می یابد و این پیوستگی توسط میلگرد های دوخت و انتقال تا حدودی کنترل می شود. این درزها که نقاط بحرانی در روسازی های بتنی است، با اعمال بارهای بهره برداری باعث تغییر شکل دال ها و در نهایت تنش و شکست در روسازی بتنی می شود. همچنین این درزها مشکلات بهره برداری و مسائل اقتصادی در تعمیر و نگهداری روسازی های بتنی را به همراه دارد. این پژوهش به صورت میدانی و در نرم افزار safe، در روسازی های بتنی انجام شده و مشاهده در دال ها با ابعاد کوچکتر با توجه به تعداد و محل درزها، دارای نقاط بحرانی بیشتری نسبت به دال با ابعاد بزرگتر است. با افزایش این نقاط بحرانی روسازی ها بیشتر در معرض خرابی می باشند و مشکلاتی را در بهره برداری ایجاد می کنند. همچنین خرابی های ناشی از ترافیک در مناطق بحرانی و در محل درزها و در مسیر عبور چرخ ها بیشتر می باشد. علت امر به خاطر ترکیب هم زمانی بارگذاری ها و تغییر شکل دال تحت بارهای ناشی از اختلاف دما و عبور بار ترافیک ایجاد می شود. در صورت استفاده از روسازی بتنی با دال هایی با ابعاد بزرگتر، راحتی، عمر بهره برداری و مسائل اقتصادی و ایمنی بیشتری را در راه ها و فرودگاه ها و در سایر روسازی های بتنی ایجاد می کنند.

کلمات کلیدی: دال، نقاط و مناطق بحرانی، safe، شکستگی گوشه

مقدمه

روسازی های بتنی در زمان بهره برداری دچار خرابی هایی در قسمت های مختلف دال ها می شوند. این خرابی ها به علت بارگذاری و بهره برداری و شرایط جوی ایجاد می شود و اثرات مسکن آن ها بر روسازی، شامل ناهمواری و لغزندگی و ترک خوردگی ها و خستگی ها و جداشدگی دانه ها و شکستگی دال می شود. خرابی هایی که در درزها رخ می دهد، شامل لب پدیدگی و شکستگی لبه و گوشه و ترک های خستگی ناشی از بارگذاری ایجاد می شود. این خرابی ها بیشتر به علت تغییر شکل دال ها و بارگذاری همزمان و انبساط طولی دال ها و عدم پیوستگی دال ها و انتقال و توزیع نامناسب بار بین دال ها به همدیگر می باشد. جهت کاهش آثار این نوع خرابی ها، با کاهش تعداد درزها و ایجاد پیوستگی مناسب تر دال به همدیگر در نقاط و مناطق بحرانی امکان پذیر است.

روسازی های بتنی گسترده و استفاده از دال ها با ابعاد بزرگتر به دلیل کاهش تعداد درزها، می توان دوام و عمر بهره برداری و هزینه های تعمیر و نگهداری کمتری در طول بهره برداری داشته باشد. همچنین به خاطر دارا بودن تعداد درزهای کمتر دارای نقاط ضعف کمتر است و می تواند خرابی های ناشی از بارهای وارده کمتر نسبت به سایر انواع روسازی های بتنی و مقاومت بهتر و عمر بهره برداری بیشتری را داشته باشد. طراحی این روسازی ها می تواند همانند سایر روسازی ها و به روش المان محدود و یا سایر روش های متداول انجام شود. همچنین در مورد اجرا با توجه به اینکه تکنولوژی خاصی ندارد و کار در ابعاد بزرگتر انجام می شود، ماشین آلات و نیروی انسانی بیشتری جهت جلوگیری از ایجاد درز سرد و یا اجرایی در سطح کل کار مورد نیاز است.

۱- تعریف مساله و روش تحقیق

روسازی های بتنی با توجه به ظرفیت باربرری و رفتار آن ها تحت بارهای وارده، از توانایی زیاد و عملکرد مناسبی در سطوح پروازی فرودگاه ها، تحت شرایط بارگذاری و بهره برداری دارند. در راستای رسیدن به تفکر پروژه ای که شامل ایمنی، اقتصاد و محیط زیست هست، شناخت عملکرد هر کدام از انواع روسازی های بتنی می تواند در انتخاب مناسب نوع آن با عمر بهره برداری بالا بهره گرفت.

در این پژوهش جهت شناخت و عملکرد و تعیین نقاط و مناطق بحرانی روسازی های بتنی با اعمال بارهای ترافیک هوایی B 747 400ER و بارهای اختلاف دمای ۴۵ سانتی گراد در سطح دال ها بتن سیمانی را تحلیل و بررسی می نمایم همچنین در این نامه طراحی فرودگاه، بارها و مناطق بحرانی نیز تعریف شده است که محل اعمال بارهای ترافیک در مدل های انجام شده بر اساس آن انجام شده است.

جدول ۱: مشخصات عوامل تاثیر گذار در دال های بتنی

ردیف	پارامترهای ثابت	پارامترهای متغیر	مقدار	واحد
۱	-	ابعاد دال	۷.۵۷ - ۴.۵۴۵	m
۲	ضریب انبساط طولی بتن	-	۱۰.۶ - ۹.۹	1/c
۳	مقاومت فشاری بتن	-	۴۵۰	kg/cm ²

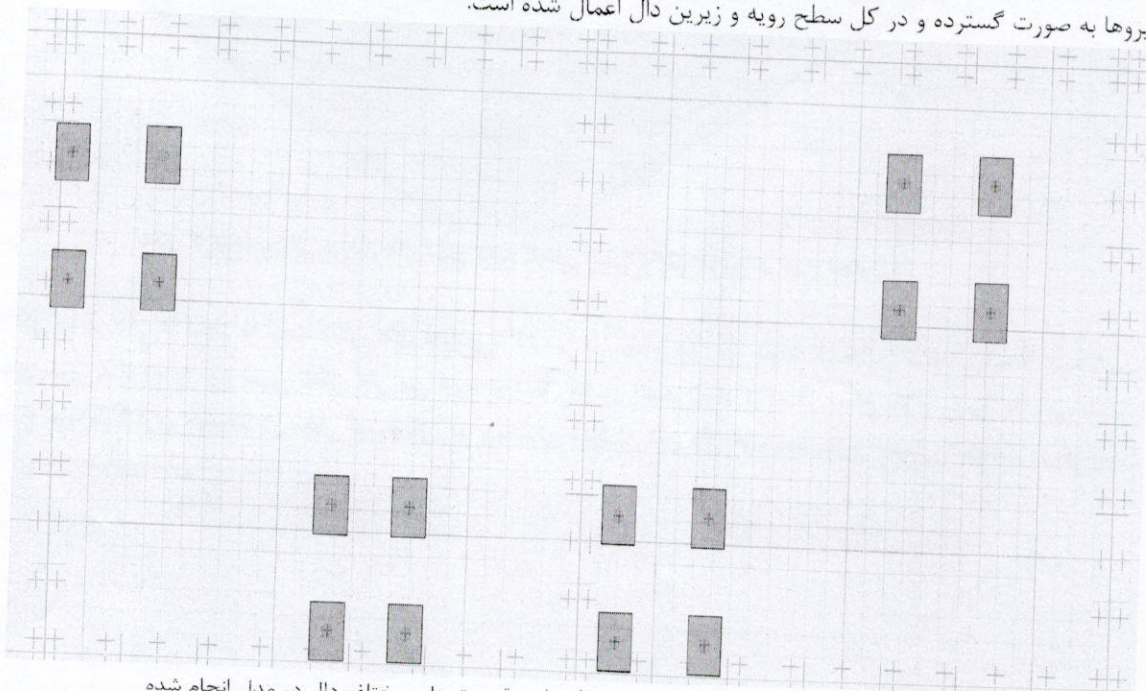
۲- مدل ساختمان روسازی

مشخصات قشرهای و لایه های استفاده شده در این تحقیق بر اساس جدول ۲ می باشد. این مشخصات با توجه به توصیه های آیین نامه ۳۵۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و استاندارد 150-3520-6e سازمان هوانوردی آمریکا و نتایج و یافته تحقیقات گذشته انجام شده است. در انتخاب سازه روسازی از توصیه های آیین نامه روسازی فرودگاه ها با بارهای وارده بیش از ۴۵۴۰۰ کیلوگرم عمل شده و شرایط خاک بستر و وضعیت جوی را از فرودگاه امام خمینی (ره) استفاده شده است.

ردیف	جنس قشرها	ضخامت (CM)	مدول الایسیسته بتن	ضریب عکس العمل قشرها	ضریب پواسن
۱	دال بتنی	۳۸	۲۷۱۹۳۱	m	۰.۱۵
۲	اساس تثبیت شده با سیمان	۱۸	۵۴۸۰۰	1/ε	۰.۲
۳	لایه خاک بستر از جنس GP مقاومت فشاری بتن	۶۰	۱۹۸۰	kg/cm ²	۰.۳

۳- نیروهای اعمال شده بر روسازی بتنی و درزهای دال ها

جهت بررسی وضعیت نقاط و مناطق بحرانی در زمان اعمال بارها بر روی عملکرد دال ها، تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیمای B747-400ER که با توجه به وزن کل زمان برخاست و تعداد چرخ ها و نحوه آرایش چرخ های آن بیشترین نیروها را نسبت به سایر هواپیماها بر روسازی ها اعمال می کند انجام شده است. در شکل ۱ محل اعمال این نیروها در سه وضعیت لبه و گوشه دال در جهت حرکت و در وسط دال نشان داده شده است. همچنین بارهای ناشی از اختلاف دمای ۴۵ درجه سانتی گراد بر رویه دال و ۵ درجه سانتی گراد بر زیر دال اعمال شده است که این نیروها به صورت گسترده و در کل سطح رویه و زیرین دال اعمال شده است.



شکل ۱: محل اعمال بارهای چرخ هواپیما در قسمت های مختلف دال در مدل انجام شده

در روابط تعریف شده ۱ و ۲ سهم باربری هر یک از جرخ های جلو و عقب هواپیما با توجه به آیین نامه طراحی فرودگاه محاسبه شده است.

$$W'_1 = \frac{W_1 \cdot \xi_1}{\xi_2} \quad (1)$$

$$W'_2 = \frac{W_2 \cdot \xi_2}{\xi_1} \quad (2)$$

W_1 = وزن جرخ اصلی هواپیمای منای طرح بر حسب kg

W_2 = وزن جرخ جلوی هواپیمای منای طرح بر حسب kg

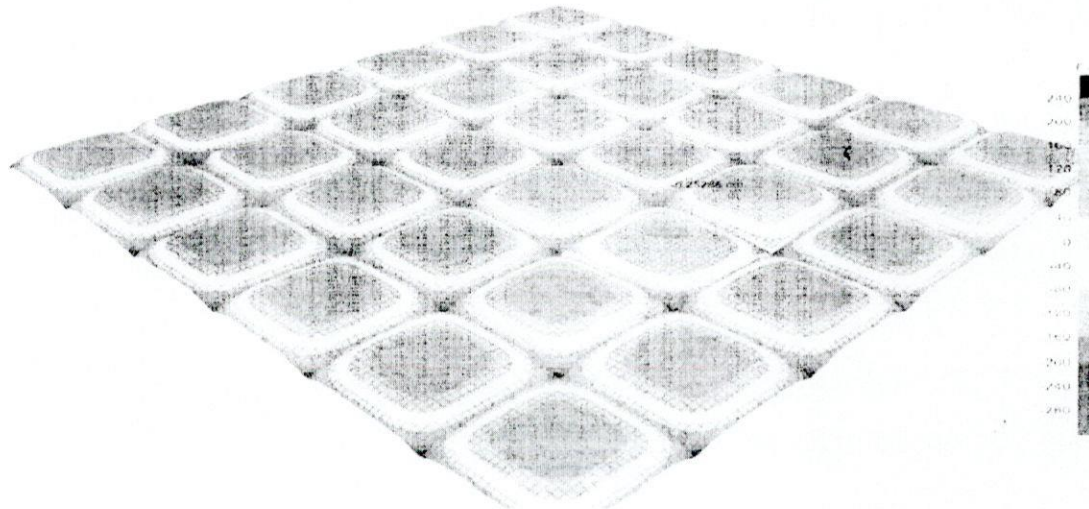
m - وزن کل هواپیما در زمان برخاست بر حسب kg

n_2 - تعداد جرخ های جلو

n_1 - تعداد جرخ های عقب

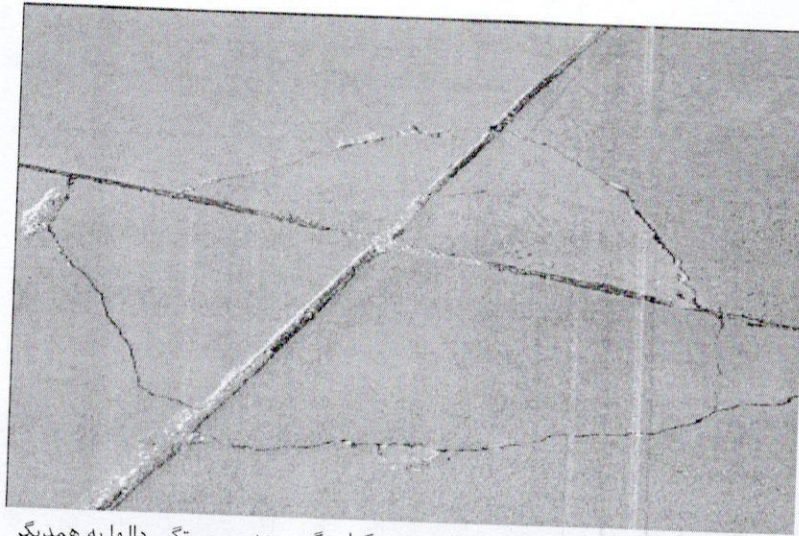
۵- نقاط بحرانی ایجاد شده در دال ها با ابعاد ۷*۷ تحت بارهای ناشی از اختلاف دما

در شکل ۲ نقاط بحرانی در دال های بتنی نشان داده شده است. همان طور که در شکل دیده می شود این دال ها در قسمت هایی که درز ایجاد شده است و دال ها به همدیگر پیوسته نیستند در اثر بارهای وارده دچار تغییر شکل شده اند.



شکل ۲: نقاط بحرانی در دال های بتنی تحت بارهای ناشی از اختلاف دما در مدل انجام شده

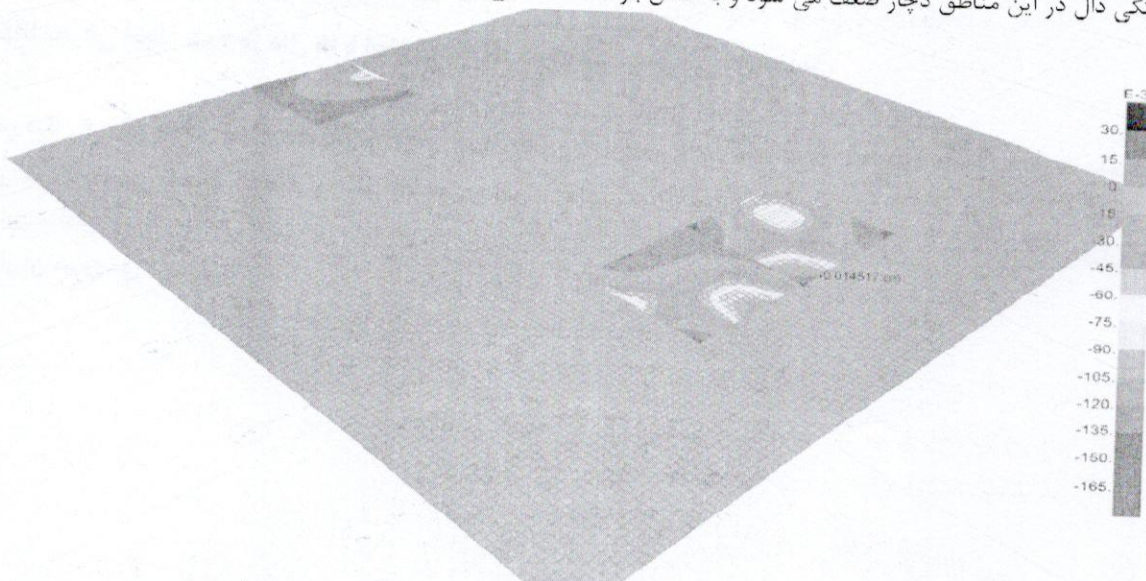
این تغییر شکل ها در دال ها منجر به ایجاد تنش های فشاری و کششی در مقطع دال می شوند. همچنین جابجایی ایجاد شده باعث فشار بر سطح بستر با توجه به نوع تغییر شکل دال می شوند و تنش ها نیز باعث ایجاد ترک در سطح بالا و پایین دال می شوند. همچنین در ترکیب بارگذاری خصوصا در محل گوشه دال که پیوستگی مناسبی بین دال ها وجود ندارد احتمال شکستگی زیاد است. در شکل ۳ این نوع خرابی نشان داده شده است.



شکل ۳: شکستگی گوشه دال به علت عدم یکپارچگی و عدم پیوستگی دالها به همدیگر

۶- نقاط بحرانی ایجاد شده در دال ها با ابعاد ۷*۷ تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما

در شکل ۴ مناطق بحرانی ناشی از بارهای چرخ هواپیما در دال های بتنی را نشان می دهد. این مناطق در مسیر عبور چرخ ها و در کل سطح دال که در مسیر عبور قرار چرخ قرار می باشد تحت تاثیر قرار می گیرد. همانطور که در شکل مشاهده می شود، بیشترین تغییر شکل را در دال ها زمانی که چرخ در محل درزها ایجاد می شود و این باعث تنش های فشاری و کششی بیش از حد در دال و شکستگی گوشه دال را به همراه دارد. همچنین با توجه به عملکرد دال و سلب بودن آن کل دال تحت تاثیر بارهای وارده قرار می گیرد. لذا با ایجاد ترک و عدم وجود میلگرد جهت انتقال و تحمل تنش ها و پیوستگی دال در این مناطق دچار ضعف می شود و با اعمال بار شکست هایی در دال ایجاد می شود.

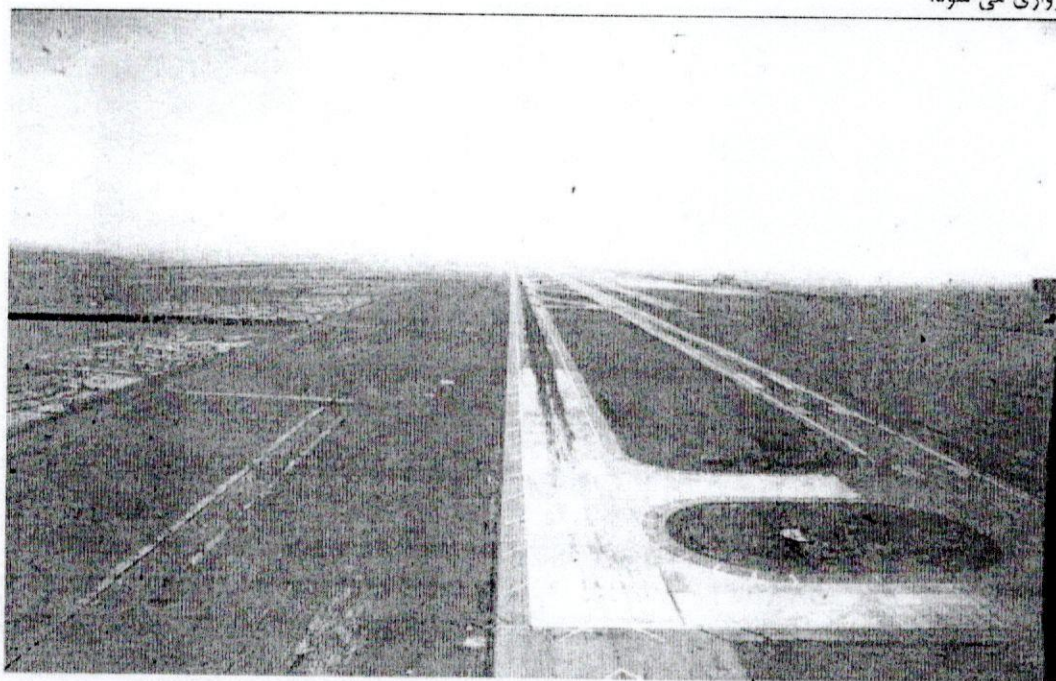


شکل ۴: مناطق بحرانی در دال های بتنی تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما در مدل انجام شده

با مشاهدات میدانی در سطوح پروازی، این مناطق در مسیر عبور چرخ و در دال های که به نحوی با عبور چرخ در ارتباط هستند ایجاد شده است. در شکل ۵ عرض منطقه که تحت بار چرخ ایجاد شده نشان داده شده است.

در مطالعات میدانی هم با توجه به عرض چرخ های اصلی هواپیمای مبنای طرح و ترافیک پروازی، در حدود ۲۰ متر از عرض روسازی

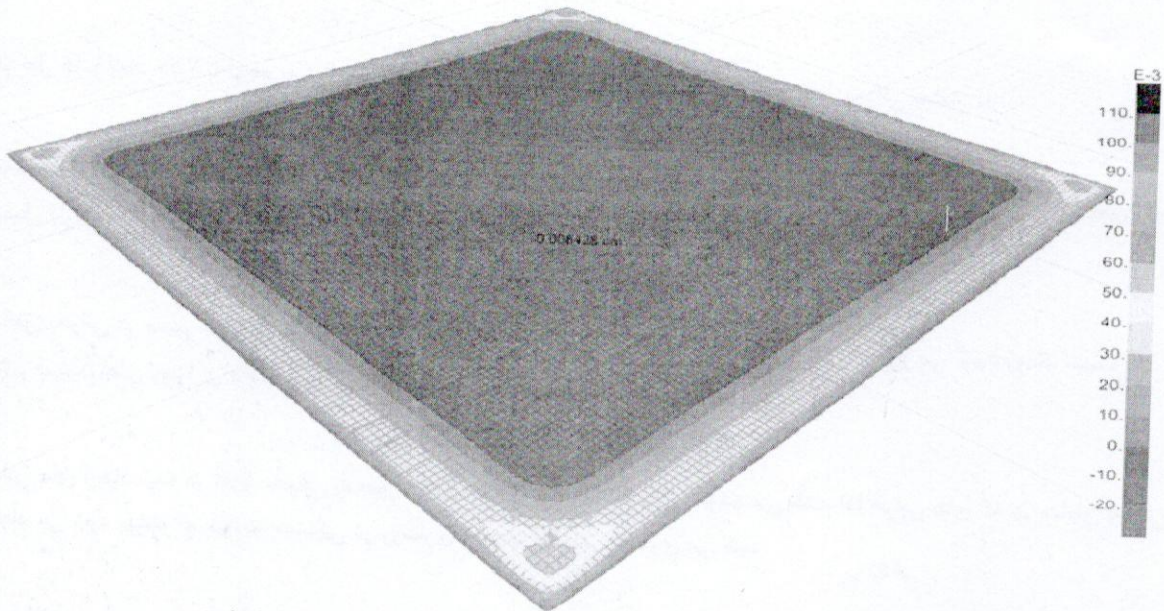
در زمان خروج هواپیما از باند پرواز از شیب داخلی استفاده می کند که این امر باعث تغییر مرکز ثقل هواپیما و افزایش مقدار بارهای وارده نسبت به حالت طبیعی است. این افزایش مقدار بار باعث خستگی زود رس و منطقه بحرانی در زمان بهره برداری از سطوح پروازی می شود.



شکل ۵: مناطق بحرانی در دال های بتنی تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما در فرودگاه

۷- نقاط بحرانی ایجاد شده در دال ها با ابعاد 45×45 تحت بارهای ناشی از اختلاف دما

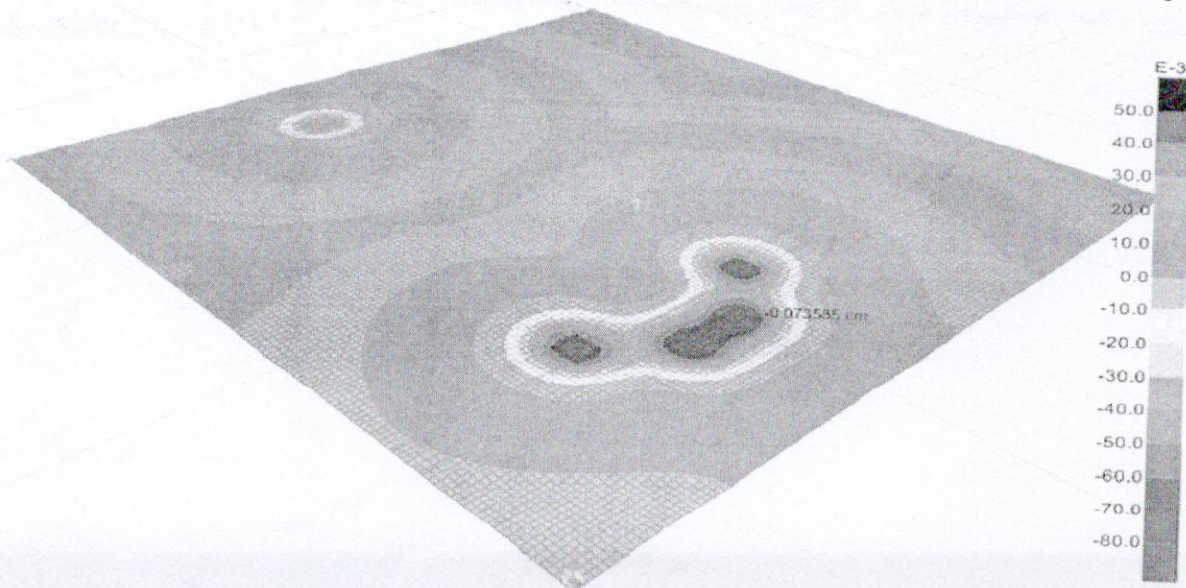
در شکل ۶ نقاط بحرانی این نوع از دال ها نشان داده شده است. با مقایسه نقاط بحرانی این نوع از دال ها با شکل ۲ شاهد نقاط بحرانی کمتری نسبت به دالها با ابعاد کوچکتر هستیم. این مناطق مستعد تشکیل ترک خوردگی ها از جمله ترک خوردگی گوشه و D شکل می باشد که با ادامه بارگذاری خرابی های ناشی از آن شروع می شود.



شکل ۶: نقاط بحرانی در دال های بتنی تحت بارهای ناشی از اختلاف دما در مدل انجام شده

۸- مناطق بحرانی ایجاد شده در دال ها با ابعاد ۴۵*۴۵ تحت بارهای ناشی از بار چرخ

در شکل ۷ مناطق بحرانی ایجاد شده در دال ها تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما نشان داده شده است. این مناطق در مسیر عبور چرخ و در اطراف محل عبور که تغییر شکل های ناشی از آن ایجاد شده است ایجاد می شود. در صورتی که تغییر شکل دال در فصل سرد سال باشد و مقطع بالای دال تحت فشار و مقطع پایین دال تحت کشش باشد و بار چرخ اعمال شود، مقطع در حالت ترکیب بارگذاری می باشد و بیشترین تنش را بر دال ایجاد می کند و ترک های در دال تشکیل می شود. در صورتی که در فصل گرم سال باشد و مقطع دال در بالا تحت کشش و پایین مقطع تحت فشار باشد و بار چرخ اعمال شود، اندرکش نیروهای ناشی از بارها اعمالی و وزن دال همدیگر را خنثی می کنند و در این حالت بیشترین خرابی ها ناشی از انبساط دال می باشد.





شکل ۷: نقاط بحرانی در دال های بتنی تحت بارهای ناشی از چرخ هواپیما در مدل انجام شده

۹- نتیجه گیری

- (-) در دال ها با ابعاد $7*7$ با توجه به درزهای ایجاد شده نسبت به دال های گسترده دارای نقاط بحرانی بیشتر دارند.
- (-) نقاط بحرانی ایجاد شده باعث تشکیل ترک ها و خرابی های ناشی از آن می شود که با ادامه بارگذاری خستگی روسازی بتنی را به دنبال دارد.
- (-) مناطق بحرانی در مسیر عبور چرخ ها ایجاد می شود و این مناطق چون تحت ترکیب بارگذاری ها قرار می گیرد زودتر نسبت به سایر قسمت های روسازی دچار خستگی ناشی از بارگذاری می شود.
- (-) خرابی های ایجاد شده در نقاط بحرانی به صورت ترک های بلوکی و شکستگی گوشه می باشد اما خرابی های که در مناطق بحرانی ایجاد می شود بیشتر به صورت خستگی در روسازی و ایجاد چاله در روسازی می شود.
- (-) با توجه به نوع خرابی هایی که در سطوح پروازی ایجاد می شود، پیشنهاد می شود که در مسیر عبور چرخ ها و در عرضی به مقدار 10 متر از وسط باند پرواز و باند خزش به صورت گسترده انجام شود و در ادامه به صورت دال ها با ابعاد کوچکتر انجام شود.
- (-) پیشنهاد استفاده از میلگردهای پیوستگی در گوشه دالها پیشنهاد می شود.

قدردانی

تشکر و قدردانی میکنم از استادان محترم دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات و همکاران محترم شهر فرودگاهی خصوصا از آقای دکتر سید غلامرضا شیرازیان که در طول دوره دانش آموختگی راهنماییهای موثر و تاثیر گذار داشته و همیشه بذر امید و پویایی در کالبد دانشگاهیان می کارد.



مراجع

- [۱] راهنمایی طراحی روسازی فرودگاه نشریه ۳۵۳، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵
- [۲] اشیرازیان، س.غ.، حیاتی، پ.، قانونی نیا، م. م. (۱۳۹۶) بررسی و مطالعه عرض و محل تشکیل ترکها در روسازی های بتنی در سطوح پروازی فرودگاه، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۴، شماره ۲
- [3] Computers and Structures, Inc. SAFE, version 12.3.0, slab analysis by the finite element method. Berkeley, 1995
- [4] Yang H.Huang, (2004) Pavement Analysis and Design, Amreca: University Of Kentucky – Second Edition
- [5] Federal Aviation Administration (FAA), (2008), D6-58329.
- [6] Federal Aviation Administration (FAA), (1995), Advisory circular 150/5320-6D. Airport pavement design and evaluation. U.S. Federal Aviation Administration.
- [7] Pavement Design for Airfields (2008), "UFC (Unified Facilities Criteria) 3-260-02", June 2008
- [8] SHRP (2004), "Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (NCHRP 1-37A)", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C
- [9] Hongduo Zhao Effects of temperature variations on the deflections of airfield jointed plain concrete pavements Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai, China 27 June 2018.
- [10] Yuehong Su, Shuzhen Xinb, Jinna Shib, Zhaohan Zhang 2012 Stress Analysis of Cement Concrete Pavement with Special Heavy Mine Vehicle 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials.
- [11] Lev Khazanovich, Thomas Yu Modeling of Jointed Plain Concrete Pavement Fatigue Cracking in Pave Spec 3.0 Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board January 2001.
- [12] A. Mammeri, L. Ulmet, C. Petit and A.M. Mokhtari 2014 Temperature modeling in pavements: the effect of long- and short-wave radiation International Journal of Pavement Engineering, 2014