



طرح و اجرای دال بتنی اتصال (Link Slab) با رویکرد حذف درز انبساط پایه های میانی پل ها

عباس شکوری محمود آبادی¹، سید محمدرضا موسوی²، مرتضی متوسل³

1- کارشناس ارشد مهندسی زلزله و مدرس دانشگاه، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای

2- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری و مدرس دانشگاه، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای

3- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری و مدرس دانشگاه پیام نور

civil.mousavi@gmail.com

چکیده

ارزیابی مشکلات بوجود آمده بعد از اجرای درزهای انبساط پل ها باعث شده تا امروزه گرایش به ساخت پل های بدون درز و همچنین حذف درز در تابلیه پل های ساخته شده بطور گسترده ای توسعه یابد. حذف درز انبساط در پایه های میانی پل ها از رویکردهای پژوهشی اخیر در کشورهای پیشرو در این زمینه بوده است. در این پل ها، درزهای روی پایه های میانی پل حذف شده و دال بصورت سراسری اجرا می شود، در روی کوله ها نیز عرشه پل به یک عضو الحاقی متصل و درز از روی کوله به دال دسترسی منتقل می شود. نبود درز در تابلیه پل باعث می شود تا مشکلات ناشی از وجود درز مانند ریزش آب به قسمت های زیرین پل که منجر به فرسایش و بروز خرابی می شود از بین رفته و نیز امکان تردد بدون صدا و ضربه برای خودروهای عبوری فراهم شود، علاوه بر آن نبود درز در تابلیه پل در بلند مدت موجب کاهش هزینه های ساخت و نگهداری پل ها نیز خواهد گردید. مطالعات میدانی نشان می دهد پل هایی که با روش دال اتصال طراحی و احداث می شوند عملکرد مناسب تری در زمان بهره برداری خواهند داشت. کار پژوهشی حاضر شامل ارائه مشخصات فنی، روش طراحی ساده شده و نحوه اجرای دال اتصال موسوم به Link Slab در راستای حذف درز انبساط پایه های میانی پل های جاده ای بوده و چالش اصلی در اجرای این روش که موضوع مقاومت کششی پایین بتن می باشد مطرح گردیده است، این روش برای پل های موجود و پل های جدید الاحداث قابل استفاده می باشد. استفاده از بتن های با مقاومت کششی مناسب مانند بتن های الیافی (ترجیحاً از نوع الیاف فلزی Hooked Steel FRC) یا بتن کامپوزیتی مهندسی شده¹ (ECC) که دارای مقاومت کششی بالاتری نسبت به بتن های متداول هستند بدلیل شکل پذیری و دوام بالاتر، کاهش و کنترل ترک خوردگی، در اجرای دال اتصال توصیه می گردد.

کلمات کلیدی: درز انبساط، دال اتصال، عرشه پل، بتن کامپوزیتی

¹ افزودنی کلیدی در این نوع بتن الیاف پلی وینیل الکل (PVA) با قطر 1/5 میلی متر و طول 8 الی 12 میلی متر می باشد که در افزایش شکل پذیری و دوام بتن مؤثر است.



1. مقدمه

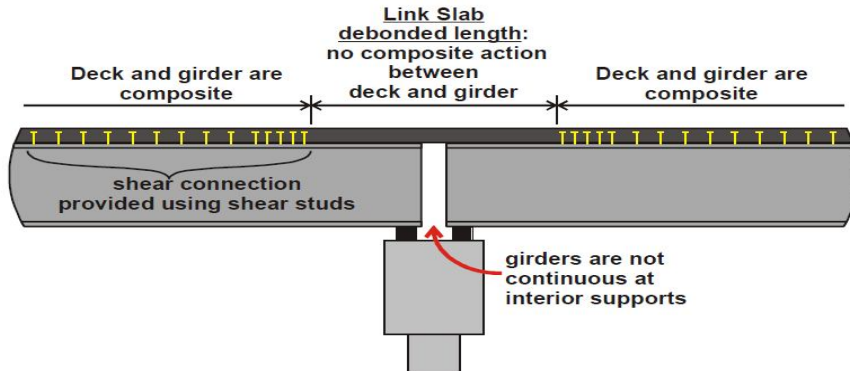
پل ها به عنوان یک مؤلفه مهم شبکه راهها، دارای نقش قابل توجهی از نظر اقتصادی، اجتماعی و استراتژیکی هستند لذا می بایست به طور ویژه مورد توجه قرار بگیرند. در بسیاری از پل های موجود کشور به ویژه پل های چند دهانه درزهای انبساط، عامل اصلی بسیاری از مشکلات سازه ای و بهره برداری است و حذف آنها نتایج همچون کاهش آلودگی های صوتی، روان شدن ترافیک، افزایش ایمنی بهره برداران و کاهش هزینه های مربوط به تعمیر و نگهداری را به دنبال خواهد داشت. پل های تیر و دال یک و چند دهانه با تکیه گاه های ساده از متداول ترین پل های بزرگراهی کشور می باشند. در این پل ها معمولاً درزهای انبساط در پایه های میانی و کوله ها به منظور تأمین حرکت طولی ناشی از تغییرات دما و خزش تعبیه می گردد. اکثر پل های ساخته شده در کشور دارای درز هستند و طی سالیان گذشته در این پل ها انواع مختلفی از درز انبساط مورد استفاده قرار گرفته است. ویژگی های مهم درزهای انبساط شامل آب بند بودن، قابلیت عبور نرم و بدون صدا از روی آن، مقاومت در برابر سایش و مقاومت در خرابی های ناشی از تیغه ماشین برف روب است. عملکرد بسیاری از سیستم های درز انبساط در برابر بارهای ناشی از عبور و مرور ماشین آلات و جابجایی پل مایوس کننده بوده و تقریباً هیچ کدام بطور کاملاً آب بند عمل نمی کنند و در هنگام بهره برداری از پل، وجود درزهای انبساط باعث مشکلات فراوانی می شوند [3]. این درزها تحت بارهای متناوب ناشی از عبور ماشین آلات، نمک های یخزدا (شرایط محیطی خورنده) و تجمع خاک و مواد زائد در محل درز قرار دارند که موجب می شود آنگونه که انتظار می رود عمل نکنند و این مسئله باعث افزایش قابل توجه هزینه های نگهداری، تعمیر و تعویض آنها شده است و علاوه بر آن برای تعمیر آنها نیاز به مداخله در ترافیک و انسداد مسیر است. از طرفی خرابی این درزها می تواند باعث کاهش ایمنی و بروز تصادف و وارد آمدن خسارت مالی و جانی به وسایل نقلیه عبوری شود.

2. معرفی دال اتصال یا دال وصله جدا شده (Debonded Link Slab)

یکی از روش های حذف درز انبساط استفاده از دال اتصال یا دال وصله جدا شده می باشد. در این روش دو دال مجاور در دو دهانه پل، که توسط درز از هم جدا شده اند، با اجرای یک دال بتنی درجا بر روی درز به هم متصل می شوند (شکل 1). بنا بر تحقیقات انجام شده در زمینه عملکرد لرزه ای دال وصله [4]، اجرای دال وصله در پل های موجود تقاضای لرزه ای آنها را افزایش نمی دهد. این سیستم به دلیل جایگزینی درزهای انبساط پرخرج، باعث کاهش هزینه های مربوط به آنها می شود. همچنین استفاده از دال وصله، جهت بازسازی پس از خرابی ناشی از زلزله، گزینه مقرون به صرفه تری نسبت به بتن ریزی دوباره عرشه و برداشتن درز انبساط است. در این سیستم درزی در سطح جاده مشاهده نمی شود. عملکرد اصلی دال وصله، محدود کردن حرکت نسبی دالهای عرشه نسبت به هم و همچنین اتصال دهانه های ساده به تکیه گاه های ثابت است. این روش در سال 1990 بر اساس مبانی زیر توسعه داده شد:

- 1- دال اتصال جدا شده پیوستگی کمی را در محل اتصال ایجاد می کند و آثار سازه ای ناشی از آن بدلیل سختی پایین قابل صرفه نظر کردن است. این دال بیشتر تحت تأثیر لنگر خمشی واقع است و نیروی محوری بطور قابل ملاحظه ای در طراحی آن تعیین کننده نیست.
- 2- خصوصیات نیرو- انحنای دهانه های پل مشابه پل های با دهانه ساده است.
- 3- تحت اثر بار زنده ناشی از ترافیک عبوری، ترک های کششی محدودی در قسمت فوقانی دال اتفاق می افتد.
- 4- با توجه به عدم تأثیر وجود دال اتصال بر طراحی تیرها می توان درز های میانی موجود پل ها را با دال اتصال جایگزین نمود که موجب کاهش هزینه های نگهداری می گردد.

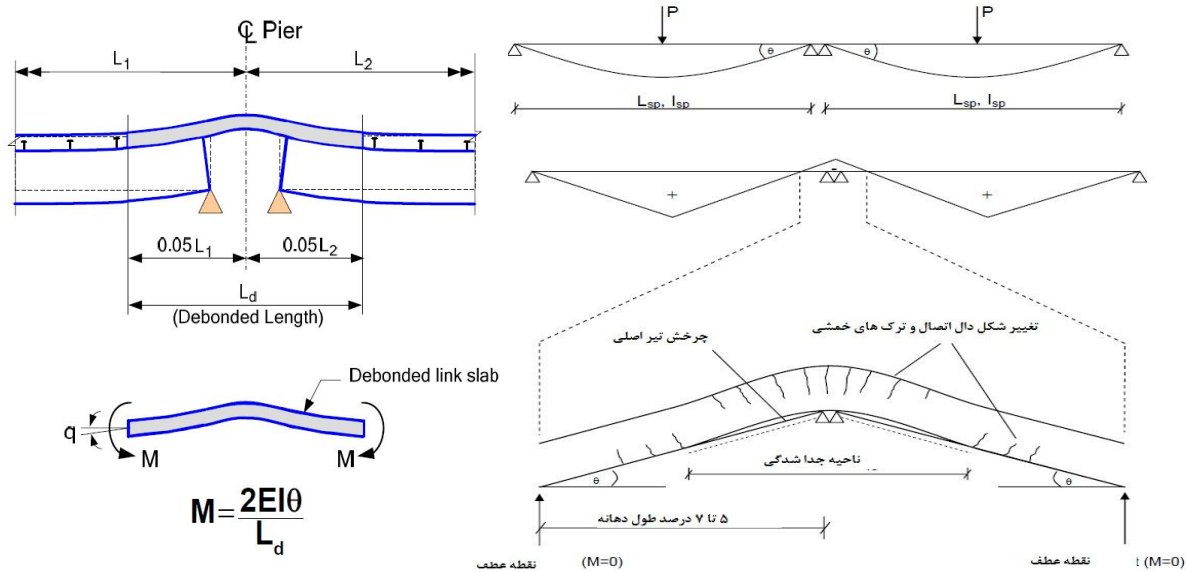
بتن مورد استفاده برای اجرای دال اتصال باید قابلیت تحمل حداقل کرنش کششی مورد نیاز را نیز داشته باشد. این مقدار برای درزهایی که شرایط تکیه گاهی دو طرف آن ها غلطکی است (HRRH) 2/74 درصد و برای درزهایی که فقط یک طرف آن ها غلطک است (HRHR) 1/6 درصد می باشد [5].



شکل 1 - دال اتصال جدا شده در پل های فلزی [5]

3. عملکرد دال وصله جدا شده و اصول طراحی

تحت بارهای ترافیکی دال اتصال بیشتر در معرض خمش منفی تکیه گاهی دهانه پل است و بر اثر این لنگر در سطح فوقانی دال ترک های کششی بوجود می آید. وقتی که عرشه تحت بارهای ترافیکی قرار می گیرد تغییر شکل دهانه ها بصورت مقعر و دال اتصال بصورت محدب می باشد. تحت اثر بارهای حرارتی تغییر شکل دهانه ها محدب و دال مقعر است (شکل 2).



شکل 2 - عملکرد و نحوه تغییر شکل دال اتصال [6]

نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهد که بیشترین ترک ها در ناحیه فوقانی قسمت میانی دال اتصال گسترش می یابند و در ناحیه جداشدگی روی شاه تیرهای پل ترک های محدود و کمی اتفاق می افتد.

4. روند طراحی پیشنهادی دال اتصال

1- تیرهای هر دهانه از پل بدون درز بصورت مستقل و با تکیه گاه های ساده (مفصلی) و بدون در نظر گرفتن تأثیر دال اتصال طراحی می شود. زیرا سختی دال اتصال بسیار کمتر از تیر اصلی است.

2- به اندازه 5 درصد طول دهانه در هر طرف آکس تکیه گاهی جداشدگی بین دال و تیر ایجاد می شود تا میزان سختی دال اتصال به مقدار بیشتری کاهش یابد. در تیرهای فلزی در این ناحیه نباید از برش گیر استفاده شود و در تیرهای بتنی نیز باید از عدم اتصال دال به تیر اصلی اطمینان حاصل شود.

$$L_s = 0.05 \times (L_1 + L_2) + G \quad (1)$$

که در رابطه فوق: L_1 و L_2 طول دهانه های مجاور ناحیه دال اتصال و G طول گپ یا درز بین دو تیر مجاور است.

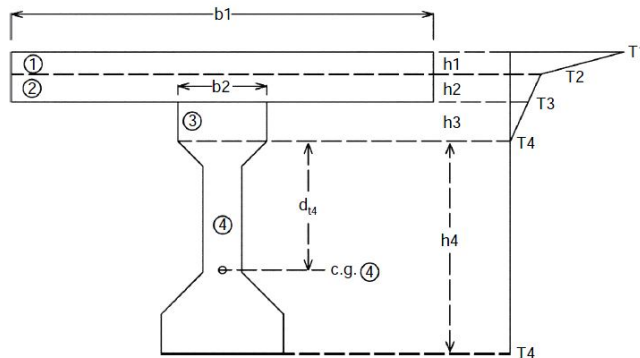
3- در خارج از ناحیه جداشدگی در دو سمت دال اتصال، ناحیه انتقالی وجود دارد که در آن ناحیه اتصال برشی و عملکرد مرکب بین تیر و دال عرشه برقرار می شود. طول ناحیه انتقالی 2/5 درصد طول دهانه پل در نظر گرفته می شود. بدلیل تنش برشی بالای این ناحیه، مقدار برش گیرهای محاسباتی و آیین نامه ای مورد نیاز باید به مقدار 50 درصد افزایش یابد (شکل 1 و 3).

4- برای محاسبه مقدار لنگر منفی بوجود آمده در دال اتصال ابتدا باید مقدار حداکثر زاویه چرخش انتهای دال اتصال در مجاورت دهانه پل، ناشی از بارهای زنده شامل ماشین آلات، با تحلیل تیر محاسبه و تعیین گردد. برای این منظور دو روش پیشنهاد می گردد.

روش اول: محاسبه مقدار زاویه چرخش شاه تیر پل با استفاده از تحلیل سازه و بر اساس بارهای استاندارد ماشین آلات (θ_{LL}) و اثر گرادیان حرارتی با استفاده از نرم افزارهای مرتبط مانند Sap 2000 و یا تحلیل دستی شاه تیر پل است.

برای محاسبه مقدار چرخش ایجاد شده در انتهای تیر ناشی از گرادیان حرارتی می توان از روش ارائه شده توسط وزیری و حدیدی [7] استفاده کرد. برای این منظور باید به شرح زیر عمل کرد:

گام اول: محاسبه مقدار گرادیان حرارتی مثبت (θ_{PTG}) مطابق با ضوابط آیین نامه آشتو (AASHTO LRFD Section 3.12.3):



شکل 3 - گرادیان مثبت عمودی در تابلیه تیر و دال بتنی [8]

در آیین نامه مذکور کشور آمریکا به چهار منطقه (Zone) تقسیم شده و مقادیر T_1 و T_2 برای این مناطق مطابق با جدول 1 در نظر گرفته می شود:

جدول 1- گرادیان حرارتی مثبت بر اساس آیین نامه آشتو (Table 3.12.3-1) [8]

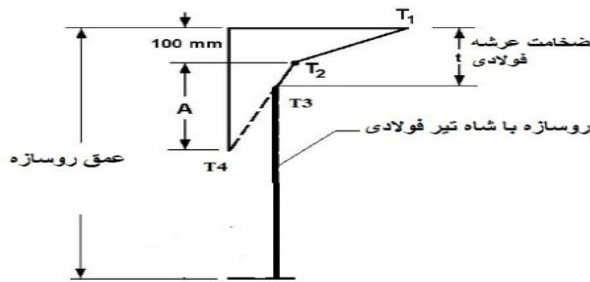
Zone	T_1 (°C)	T_2 (°C)
1	30	7.8
2	25	6.7
3	23	6.0
4	21	5.0

مقدار T_4 برای تمام مناطق 0°C در نظر گرفته می شود مگر آنکه مطالعات ویژه ای برای آن منطقه انجام شود. در این حالت نیز مقدار T_4 نمی تواند

کمتر از 3°C در نظر گرفته شود. مقدار T_3 نیز با درون یابی خطی بین T_2 و T_4 بدست می آید.

h_1 فاصله بین نقطه متناظر با T_1 و T_2 و مقداری ثابت و برابر با 100 میلی متر است. فاصله عمودی بین نقطه متناظر با T_2 و T_4 بصورت زیر تعیین می شود:

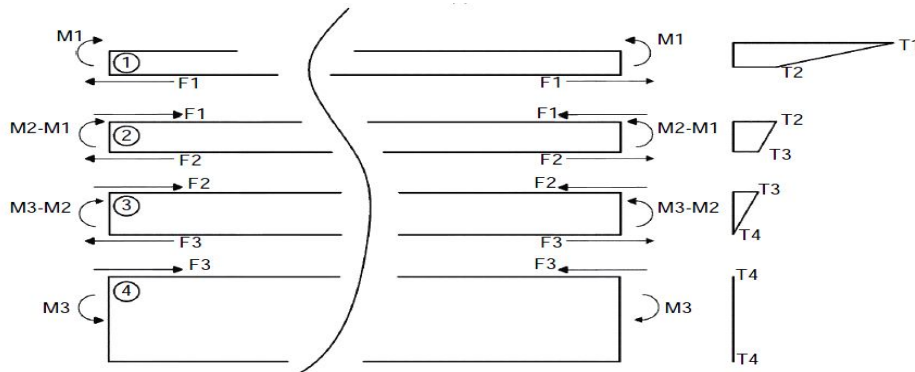
- برای روسازه بتنی با عمق 400 میلی متر و بیشتر برابر با 300 میلی متر است
- برای روسازه بتنی با عمق کمتر از 400 میلی متر این مقدار 100 میلی متر کمتر از عمق روسازه است
- برای روسازه فولادی برابر با 300 میلی متر و مطابق با شکل 4 می باشد (مقدار t برابر با عمق عرشه در نظر گرفته می شود).



شکل 4 - گرادیان مثبت عمودی در تابلیه با شاه تیر فولادی بر اساس آیین نامه آشتو [8]

گام دوم: محاسبه مقدار گرادیان حرارتی منفی: مقدار گرادیان حرارتی منفی با ضرب مقادیر حاصل از جدول در $0/3-$ برای عرشه کاملاً بتنی و $0/2-$ برای عرشه با پوشش آسفالت بدست می آید.

گام سوم: محاسبه نیروها و لنگرهای داخلی با استفاده از اصل سازگاری انحنای تیر و کرنش ها در ارتفاع تیر بین مقاطع (شکل 5).



شکل 5 - نیروهای داخلی و توزیع لنگر در عمق مقطع [7]

روش دوم: یک روش ساده و کاربردی برای این منظور استفاده از حداکثر خیز مجاز و طول دهانه مجاور است. البته این روش محافظه کارانه خواهد بود.

$$\theta_{\max} = \Delta_{\max} - \text{short} (3/L \text{ short}) \quad (2)$$

که در رابطه فوق θ_{\max} حداکثر زاویه چرخش انتهای دال اتصال بر حسب رادیان، $\Delta_{\max} - \text{short}$ حداکثر خیز مجاز دهانه کوتاه تر مجاور دال اتصال و $L \text{ short}$ دهانه کوتاه تر مجاور دال اتصال است. در صورت استفاده از رابطه فوق با توجه به اینکه مقدار خیز مجاز بصورت تابعی از طول دهانه بیان می شود بنابراین حداکثر زاویه چرخش انتهایی وابسته به طول دهانه نمی باشد. مقدار خیز مجاز برای پل های فولادی و بتنی تحت بارهای ماشین آلات (Vehicular loads) مطابق با آیین نامه آشو (ضابطه 2.5.2.6.2) و نیز آیین نامه طرح و محاسبه پل های بتن آرمه نشریه شماره 389 (ضابطه 1-4-2-14)

برابر با $1/800$ طول دهانه است. و بر این مبنا مقدار حداکثر چرخش همواره مستقل از طول دهانه و معادل $0/00375$ رادیان خواهد بود. این روش در عین سادگی بسیار کاربردی است و حجم محاسبات را بسیار کاهش می دهد.

5- ممان اینرسی ترک نخورده برای واحد طول دال اتصال با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I_s = (1000 \text{ mm}) \times t s^3 / 12 \quad (3)$$

که در رابطه فوق I_s مقدار ممان اینرسی دال اتصال برای طول واحد بر حسب mm^4 ، و ts ضخامت کل دال اتصال بر حسب میلی متر می باشد.

6- محاسبه مقدار لنگر خمشی در دال اتصال :

روش اول: در صورت محاسبه مقدار θ به روش ساده و بر اساس حداکثر خیز مجاز، با استفاده از مقدار حداکثر چرخش انتهایی دهانه θ_{max} و ممان اینرسی بدست آمده، می توان لنگر خمشی ایجاد شده در دال اتصال را محاسبه نمود:

$$M_s = ((2 \times I_s \times E_c) / Ldz) \times \theta_{max} \quad (4)$$

7- که در رابطه فوق M_s مقدار لنگر ایجاد شده در دال اتصال، E_c مدول الاستیسیته بتن بر حسب مگاپاسکال، I_s ممان اینرسی ترک نخورده دال اتصال در عرض واحد و Ldz طول دال اتصال در ناحیه جداسازی (0/05 طول دهانه های مجاور درز بعلاوه عرض گپ بین دو تیر) بر حسب میلی متر می باشد. استفاده از ممان اینرسی ترک نخورده در محاسبه مقدار لنگر وارده به دال اتصال محافظه کارانه می باشد زیرا در دال اتصال ترک هایی ایجاد می شود که مقدار ممان اینرسی و در نتیجه سختی دال را کاهش می دهد.

روش دوم: در صورت استفاده از مقادیر زاویه چرخش محاسباتی بر مبنای بار ماشین آلات و گرادیان حرارتی، لنگر خمشی ناشی از بار زنده M_{LL} ، لنگر خمشی ناشی از گرادیان حرارتی مثبت M_{PTG} و گرادیان حرارتی منفی M_{NTG} بطور مجزا از روابط زیر بدست می آید:

$$M_{LL} = -((2 \times I_s \times E_c) / Ldz) \times (\theta_{LL}) \quad (5)$$

$$M_{PTG} = -((2 \times I_s \times E_c) / Ldz) \times (\theta_{PTG}) \quad (6)$$

$$M_{NTG} = -0.3 \times M_{PTG} \quad (7)$$

8- در این حالت مقدار لنگر خمشی نهایی با استفاده از ترکیب بارهای بهره برداری بصورت زیر بدست می آید:

$$\bullet \text{ Service I-P: } M_{SI-P} = 1.0 \times M_{PTG} \text{ (positive temperature gradient)} \quad (8)$$

$$\bullet \text{ Service I-N: } M_{SI-N} = 1.0 \times M_{LL} \text{ (live load)} + 0.5 \times M_{NTG} \text{ (negative temperature gradient)} \quad (9)$$

9- محاسبه لنگر ترک خوردگی و کنترل نیاز به شیار کنترل کننده ترک

$$IF_{Mcr} = (f_r \times I_g) / y = (0.6 \times \sqrt{f_c} \times I_g) / y < \text{abs} [\min (M_{SI-P}), (M_{SI-N})] \rightarrow$$

دال اتصال ترک می خورد و نیاز به شیار کنترل ترک دارد

10- طراحی مقطع در حالت حدی بهره برداری به روش تنش مجاز (الاستوپلاستیک).

مقدار فولاد مسلح کننده در حالت حدی بهره برداری بصورت زیر محاسبه می شود:

$$A_{sb} = (M_{SI-P}) / (f_s \times jd) \quad (10)$$

$$A_{st} = (M_{SI-N}) / (f_s \times jd) \quad (11)$$

که در روابط فوق :

A_{sb} مقدار میلگرد مورد نیاز در لایه تحتانی دال تحت اثر لنگر مثبت، A_{st} مقدار میلگرد در لایه فوقانی دال لنگر منفی، f_s تنش در فولاد مسلح کننده و jd بازوی لنگر یا همان فاصله بین نیروهای کششی و فشاری در مقطع دال تحت خمش در حالت الاستوپلاستیک است.

برای حل معادله فوق می توان از روند سعی و خطا استفاده نمود و در گام اول مقدار j را 0/9 و مقدار f_s را 0/4 f_y در نظر می گیریم. همچنین باید به این موضوع توجه کرد که بر اساس معیار طراحی به روش تنش مجاز برای میلگردها مقدار f_s به حداکثر 0/4 f_y محدود می شود.

سیس با استفاده از روابط زیر مقدار تنش در حالت الاستوپلاستیک محاسبه می شود:

$$f_{sb} = (M_{SI-P}) / (A_{sb} \times d \times (1 - k/3)) \leq 0.4 \times f_y \quad (12)$$

$$f_{st} = (M_{SI} - N) / (A_{st} \times d \times (1 - k/3)) \leq 0.4 \times f_y \quad (13)$$

در روابط فوق k ضریبی است که با استفاده از فرمول زیر بدست می آید:

$$k = -n\rho + \sqrt{(n\rho)^2 + 2(n\rho)} \quad (14)$$

در این رابطه ρ نسبت سطح مقطع میلگرد در مقطع دال و n نسبت مدول الاستیسیته میلگردهای مسلح کننده به مدول الاستیسیته بتن دال می باشد. در صورتی که مقدار f_s حاصل از روابط فوق با فرض اولیه ($0/4 f_y$) اختلاف چشم گیری داشته باشد مقدار میلگردهای مورد نیاز با استفاده از f_s جدید مجدد محاسبه شده و این تکرار تا رسیدن به همگرایی ادامه پیدا می کند.

در صورت استفاده از θ_{max} در محاسبه مقدار لنگر خمشی مقدار میلگرد مشابه مراحل فوق محاسبه می شود با این تفاوت که بطور محافظه کارانه سطح مقطع بدست آمده برای میلگرد هم در لایه فوقانی و هم در لایه تحتانی دال استفاده می شود.

تذکر: اکثر منابع مورد استفاده تاکید بر ناپیوسته بودن میلگردهای لایه تحتانی دال در محل درز بین تیرها دارند.

11- مقدار عرض ترک در سطح فوقانی دال اتصال باید به $0/35$ میلی متر محدود شود. در صورت عدم انجام محاسبات دقیق تر، می توان از رابطه زیر برای محاسبه عرض ترک استفاده کرد:

$$\omega = 11.05 \times 10^{-6} \times f_s \times \sqrt{dc \times A} \quad (15)$$

در معیار کنترل عرض ترک، مقدار تنش در فولاد (f_s) به $0/6 f_y$ محدود می شود.

که در رابطه فوق:

A مساحت موثر کششی بتن تقسیم بر تعداد میلگردها، سطح موثر کششی بتن سطحی است محدود به لبه خارجی کششی که مرکز آن بر مرکز سطح میلگردهای کششی منطبق است. در صورتی که قطرهای میلگردها متفاوت باشد، تعداد میلگردها برابر سطح مقطع کل آنها تقسیم بر سطح مقطع بزرگترین آنها در نظر گرفته می شود، بر حسب میلی متر مربع است.

dc ضخامت قشر محافظ بتنی که برابر با فاصله دورترین تار کششی تا مرکز نزدیکترین میلگرد به آن بر حسب میلی متر می باشد.

12- نیروی محوری در دال اتصال:

نیروی محوری در دال اتصال ناشی از بار زنده (N_{LL}) بصورت زیر محاسبه می شود:

$$N_{LL} = M_{continuity} / h \quad (16)$$

که در رابطه فوق $M_{continuity}$ حداکثر لنگر منفی ایجاد شده در تکیه گاه داخلی ناشی از بار زنده ماشین آلات و h فاصله بین تار تحتانی شاه تیر پل تا مرکزوار دال اتصال است.

نیروی محوری ناشی از گرادیان حرارتی مثبت (N_{PTG}) با استفاده از روابط زیر بدست می آید:

$$N_{PTG} = M_{continuity} / h \quad (17)$$

$$M_{continuity} = ((F_2 \times d_{tg} - M_3) \times (3E_{composite} \times I_{composite})) / (2 \times E_{girder} \times I_{girder}) \quad (18)$$

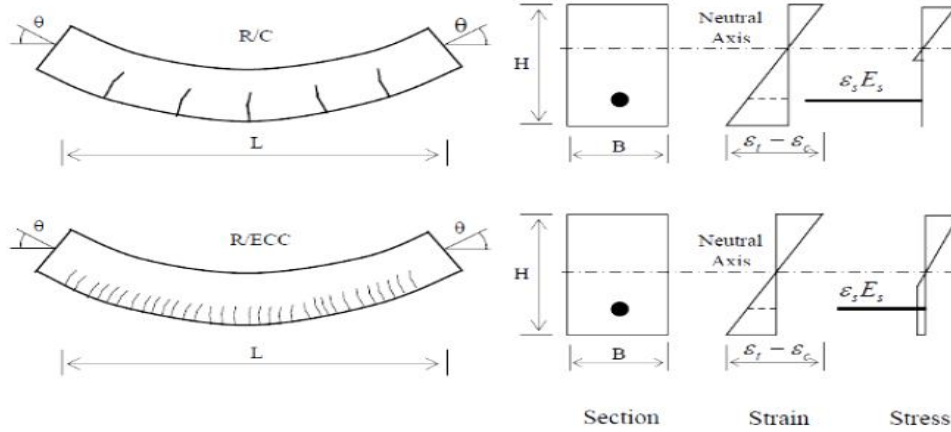
که در روابط فوق فاصله بین تار فوقانی دال اتصال تا مرکزوار مقطع مرکب (دال اتصال + شاه تیر)، E_{girder} و I_{girder} به ترتیب مدول الاستیسیته و ممان اینرسی شاه تیر پل به تنهایی، $E_{composite}$ و $I_{composite}$ به ترتیب مدول الاستیسیته و ممان اینرسی مقطع مرکب (دال اتصال + شاه تیر) و M_3 و F_2 به ترتیب مقدار لنگر در لایه های مقطع مطابق با شکل 5 و 6 می باشد.

نیروی محوری ناشی از گرادیان حرارتی منفی (N_{NTG}) با استفاده از روابط زیر بدست می آید:

$$N_{NTG} = -0.3 \times N_{PTG} \quad (19)$$

13- یکسره بودن قرینز در محل اتصال باعث افزایش سختی دال می گردد لذا باید در محل آکس تکیه گاه یک درز در قرینز ایجاد گردد. این

درز بایستی بخوبی آب بندی شود. برای این منظور می توان از آب بند کننده های بتنونیتهی نیز استفاده کرد.

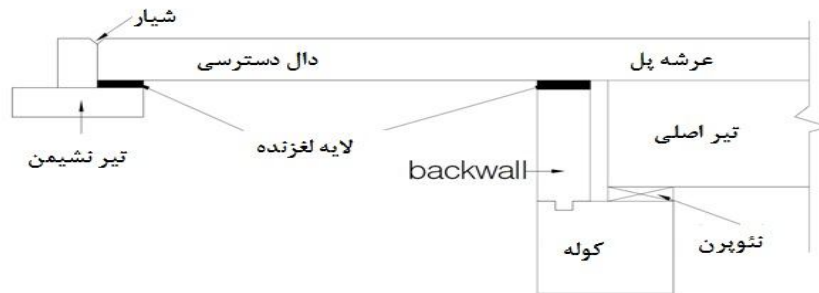


شکل 6 - مقایسه توزیع تنش در مقطع و نحوه ایجاد ترک در بتن معمولی و بتن کامپوزیتی مهندسی شده دارای مقاومت کششی [6]

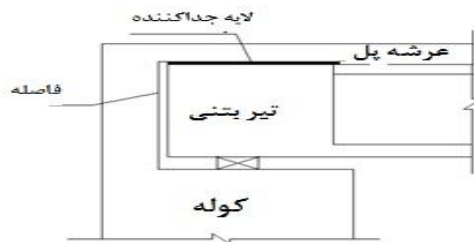
5. نحوه حذف درز بر روی کوله

یکی از روش های حذف درز بر روی کوله عبور دادن دال عرشه از روی کوله و اتصال آن به دال دسترسی (Approach slab) است. با این کار درز انبساط به انتهای دال دسترسی منتقل و بر روی تیر نشیمن (Sleeper beam) قرار می گیرد. این روش را بدلیل سادگی طراحی و اجرای آن می توان علاوه بر پل های جدید برای حذف درز پل های موجود نیز به کار برد. یک نمونه از جزئیات مربوط به این روش در شکل 7 نمایش داده شده است.

روش دیگر حذف درز روی کوله در پل های جدید استفاده از جزئیات ارائه شده در شکل 8 می باشد. در این روش اتصال بین تیر اصلی پل و کوله بصورت نیمه صلب است و به آن پل با کوله نیمه یکپارچه گفته می شود. استفاده از این روش در پل های ساخته شده بدلیل مشکلات اجرایی و تأثیر آن در طراحی المان های پل توصیه نمی شود ولی برای حذف درز کوله در پل های جدید می تواند روش مناسبی باشد.



شکل 7 - جزئیات حذف درز انبساط از روی کوله بصورت مستقل



شکل 8 - جزئیات حذف درز انبساط از روی کوله (سیستم نیمه یکپارچه)

6. نتیجه گیری

راهکار ارائه شده در این پژوهش در راستای حذف درز انبساط (عمدتاً در پایه های میانی پل ها)، استفاده از دال اتصال (Link Slab) می باشد و چالش اصلی در اجرای این روش مقاومت کششی پایین بتن می باشد که می تواند منجر به ترک خوردگی در قسمت فوقانی دال و در نتیجه خوردگی میلگردهای مسلح کننده شود. راهکار پیشنهادی برای این مشکل استفاده از بتن های با مقاومت کششی بالا مانند بتن کامپوزیتی مهندسی شده (ECC) مسلح به الیاف پلی وینیل الکل است. این الیاف به دلیل دارا بودن مشخصه های مناسب نظیر مقاومت کششی و مدول الاستیسیته بالا موجب بهبود عملکرد خمشی بتن ها می شود و می تواند در اجرای دال اتصال مورد استفاده قرار گیرد.

7. مراجع

- [1] ملکی، ش. (1387). "پل های یکپارچه". انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- [2] شورای تدوین مقررات ملی ساختمان، کمیته تخصصی مبحث نهم. (1392). "طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه". ویرایش چهارم، چاپ دوم، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان.
- [3] DEVELOPMENT OF FLEXIBLE LINK SLAB FOR ELIMINATION OF EXISTING EXPANSION JOINTS ON STEEL GIRDER BRIDGES, Report BO-01-01, Bridge Office, Ministry of Transportation of Ontario, April 1, 2001.
- [4] A. Vasseghi, F. Nateghi and M. Pournadaf Haghi, "EFFECT OF LINK SLAB ON SEISMIC RESPONSE OF TWO SPANS STRAIGHT AND SKEW BRIDGES", IJE Transactions B: Applications, Vol. 21, No. 3, October 2008.
- [5] Yu Hong, "Analysis and Design of Link Slabs in Jointless Bridges with Fiber-Reinforced Concrete", A thesis presented to the University of Waterloo, Ontario, Canada, 2014.
- [6] Yun Yong Kim, Gregor Fischer, and Victor C. Lic, "Performance of Bridge Deck Link Slabs Designed with Ductile ECC", Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305 - 701, Korea.
- [7] Saadegh. vaziri, M. A., and R. Hadidi, "Cause and Control of Transverse Cracking in Concrete Bridge Decks", Final Report, FHWA-NJ-2002 - 019, New Jersey Department of Transportation, Trenton, 2002.
- [8] AASHTO Highway Subcommittee on Bridges and Structures, "Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition, "Washington, DC.