ترمیم و تقویت سازه بتن مسلح پارکینگ کرمانیان

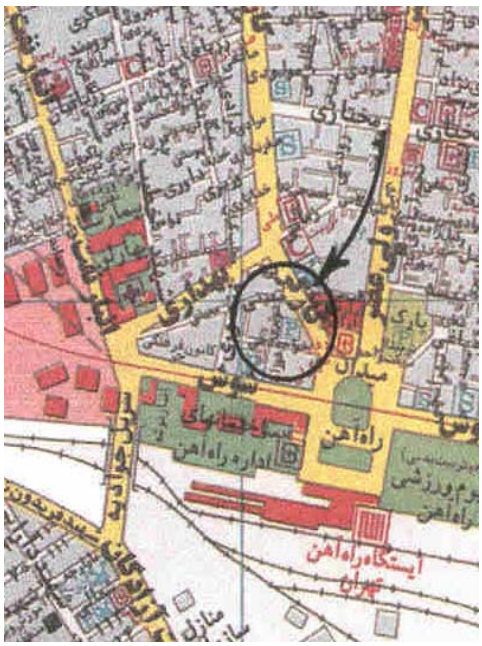
مهندس محمدرضا خباز تمیمی کارشناس ارشد مهندسی زلزله

چکیده

عملیات احداث سازه پارکینگ طبقاتی کرمانیان از سال ۱۳۷٤ آغاز و در سال ۱۳۷۵ بطور موقت متوقف گردید ، پس از آن به علت پاره ای از مسائل به مدت تقریبی پنج سال نیمه کاره رها شده و سرانجام در اواخر سال ۱۳۷۹ تهیه نقشه های تکمیلی و کنترل مدارک محاسباتی و تهیه طرحهای ترمیمی-تقویتی آن در دستور کار بخش سازه مهندسین مشاور سازیان قرار گرفت. در ابتدا با توجه به نقشه های موجود مدلسازی و تحلیل های اولیه انجام شد و کاستی های محاسباتی مشخص گردید. در ادامه با توجه به برداشتهای وضع موجود ، گزارش آسیب شناسی تهیه و کاستی ها اجرایی نیز مشخص گردید. سپس با توجه به موارد کاستی ها و آسیب های وارده به سازه، راهکارهای مقاوم سازی تعیین و نسبت به ترمیم سازه فوق اقدام شد. از جمله این موارد اضافه کردن دیوارهای برشی ، تقویت تیرها با استفاده از ورقهای تقویتی فولادی و تقویت برخی ستونها با روش افزایش سطح مقطع می باشد. همچنین به منظور حفظ یکپارچگی و بالابردن ظرفیت باربری و خدمت پذیری تیرها ، ترکهای موجود با استفاده از رزین اپوکسی تزریق گردیدند.

۱- مقدمه

ساختگاه طرح واقع در میدان راه آهن ابتدای خیابان کارگر می باشد (شکل ۱) . عملیات اجرایی سازه فوق از سال ۱۳۷٤ آغاز شده و در سال ۱۳۷۵ بطور موقت متوقف گردید ، پس از آن بنابر پاره ای از مسائل به مدت تقریبی پنج سال نیمه کاره رها شده بود (شکل ۲) که در اواخر سال ۱۳۷۹ تکمیل و کنترل مدارک محاسباتی و ارائه راهکارهای مقاوم سازی در دستور کار این مهندسین مشاور قرار گرفت.



شکل۱ – موقعیت ساختگاه طرح

شکل ۲- پارکینگ طبقاتی کرمانیان در فروردین ۱۳۸۰

سازه فوق در پلان دارای۲ قسمت مثلثی و مستطیلی می باشد که توسط درز انقطاع از یکدیگر جدا شده اند. در طرح اولیه ۲ طبقه تجاری (شامل ۱ طبقه زیر زمین) و ۷ طبقه پارکینگ و ۱ طبقه رستوران با سطح زیر بنایی در حدود ۳۰،۰۰۰ متر مربع در نظر گرفته شده بود. به منظور ارزیابی وضع موجود سازه بطور همزمان اقدام به برداشت وضع موجود ساختمان و مدل سازی سازه (با توجه به نقشه ها ی موجود) گردید. در ادامه نتایج گزارش آسیب شناسی و مدل سازی های انجام شده ارائه می شود.

شکل ۳ - پارکینگ طبقاتی کرمانیان در شهریور ۱۳۸۱

۲ – برداشت وضع موجود سازه

در برداشتهای انجام شده از تیرها و ستونهای موجود کاستی های زیر مشاهده شدند :

۲-۱-ستونها

- بیرون زدگی آرماتورهای طولی و عرضی بدلیل آرماتوربندی نامناسب
- اتصال نامناسب تیر به ستون و عدم یکپارچگی اتصال تیر به ستون

۲-۲- تیرها

- وجود ترکها و سطوح کرمو فراوان در تیرها
- قالب بندی نامناسب
- آرماتورگذاری نامناسب شامل بیرون زدگی آرماتورهای طولی و یا عرضی

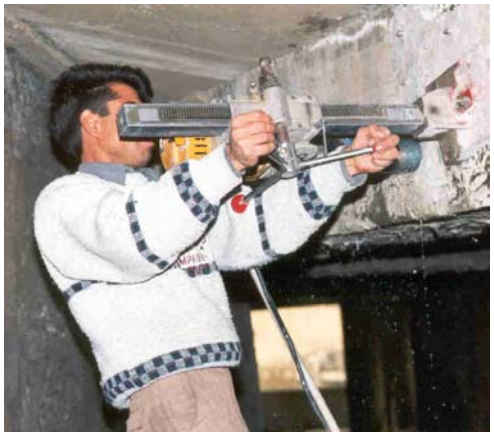
شکل ٤ – نمونه ای از بتن ریزی نا مطلوب

شکل ۵ – نمونه ای از قالب بندی نامناسب گره

شکل ۶ – نمونه ای ترکهای مشاهده شده در یک تیر

شکل ۷ – نمونه ای ترکهای مشاهده شده در یک تیر

همچنین به منظور ارزیابی مقاومت بتن از برخی تیرها آزمایش مغزه گیری بعمل آمد و نمونه ها توسط دستگاه بارگذاری مورد آزمایش قرار گرفتند.



شکل ۸ - شمای کلی دستگاه مغزه گیری

شکل ۹ – شمای کلی دستگاه بارگذاری

۳ – مدلسازی و کاستی های محاسباتی اولیه

به منظور ارزیابی وضع موجود سازه پارکینگ کرمانیان مدلهای سازه ای متفاوتی به شرح زیر در نظر گرفته شد :

۱) سازه ۱۰ طبقه (۲ طبقه تجاری و ۷ طبقه پارکینگ و یک طبقه رستوران تحت بارهای ثقلی)
۲) سازه ۱۰ طبقه (۲ طبقه تجاری و ۷ طبقه پارکینگ و یک طبقه رستوران تحت بارهای ثقلی و زلزله)
۳) سازه ۸ طبقه (۲ طبقه تجاری و ۶ طبقه پارکینگ تحت بارهای ثقلی)
٤) سازه ۸ طبقه (۲ طبقه تجاری و ۶ طبقه پارکینگ تحت بارهای ثقلی و زلزله)
۵) ...

نتایج مدلسازی ها و تحلیل های خطی انجام شده نشانگر این مطلب می باشد که سازه موجود از نظر محاسباتی در برابر بارهای ثقلی فاقد مشکل بوده ولی در برابر نیروهای زلزله دارای ضعف می باشد . همچنین با توجه به آزمایشهای مغزه گیری انجام شده و نامناسب بودن بتن مصرفی مقاومت بتن $f'_c = 175 \frac{kg}{cm^2}$ در نظر گرفته شد و مجددا" سازه تحلیل و طراحی گردید که نتایج این تغییر، مشخص نمود سازه فوق اساسا" در برابر نیروهای جانبی زمین لرزه دارای ضعف می باشد.

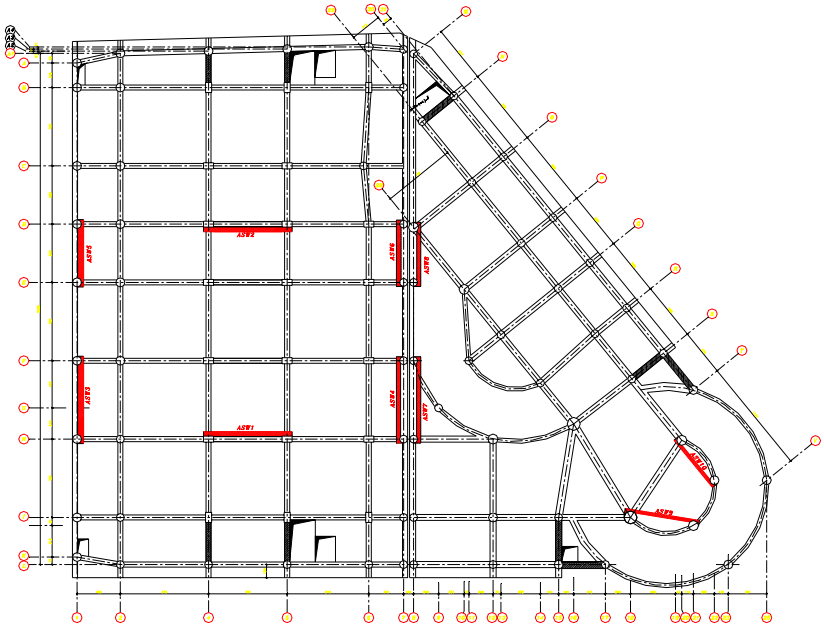
همچنین بر اساس گزارش مطالعات مکانیک خاک و نتایج بدست آمده از تحلیل شالوده ها به تفکیک حذف طبقات بالای تراز ۲۰,۰۰+ مشخص گردید که امکان ساخت سازه بطور کامل در بالای تراز ۲۰,۰۰+ وجود ندارد و ضمن لزوم حذف یک طبقه کامل از ساختمان فقط می توان بخشی از ساختمان را در ترازهای ۲۳,۰۰+ و ۲۶,۰۰+ توسعه داد (سطح قابل توسعه در حدود ۳۰٪ سطح تراز ۲۰,۰۰+ می باشد).

شکل ۶ – نمونه ای ترکهای مشاهده شده در یک تیر

٤ – راهکارهای مقاوم سازی سازه

با توجه به نتایج کاستی ها ی محاسباتی و اجرایی راهکار مقاوم سازی مشتمل بر روشهای زیر می باشد :

- تزریق رزین اپوکسی در تیرهای ترک خورده
- اضافه نمودن دیوارهای برشی (مطابق با شکل ۱۰)
- تقویت تیرها با استفاده از ورقهای فولادی و میل مهارهای مکانیکی
- تقویت گره ها با استفاده از غلاف فولادی
- تقویت ستونها با استفاده از غلاف فولادی



شکل ۱۰ – موقعیت دیوارهای برشی اضافه شده در پلان(دیوارهای اضافه شده با رنگ قرمز مشخص شده است)

٤-۱- تزریق ترک با استفاده از رزین اپوکسی

با توجه به نتایج مدلسازی، تحلیل، طراحی، میزان آرماتور مصرفی تیرها و بازدید کامل از اعضا آرماتوربندی شده بتن ریزی نشده و تحقیقات انجام شده از پرسنل قدیمی پروژه مشخص گردید که ترکهای موجود در اثر ضعف سازه نبوده و بطور عمده بدلیل قالب برداری زود هنگام و بارگذاری بیش از حد مجاز حین اجرا می باشد (انبار نمودن غیر صحیح تیرچه ها و نخاله های ساختمانی در طبقات). از اینرو با توجه به اینکه اضافه بار اعمالی حذف و بتن نیز به مقاومت نهایی خود رسیده بود به منظور حفظ یکپارچگی سازه ، تامین مقاومت برشی و حفظ خدمت پذیری تیرها از روش تزریق رزین اپوکسی استفاده شده است. برای این منظور ترکهای موجود مشخص و پس از

تمیز نمودن سطوح ترکها با استفاده از مواد شیمیایی ویژه اقدام به نصب روزنه های تزریق در فواصل مشخص می نمایند (شکل ۱۱) و با استفاده از چسبهای ویژه سطح ترک درز بندی می شود تا تحمل فشار ناشی از تزریق را نموده و امکان نفوذ رزین اپوکسی را فراهم نماید (شکل ۱۲) . سپس با استفاده از پمپهای ویژه (شکل ۱۳) رزین اپوکسی مخصوص را که دارای چسبندگی کم و زمان گیرش مناسب می باشد از پایین ترین روزنه شروع به تزریق می نمایند. به محض اینکه از روزنه تزریق بعدی مواد تزریق ریزش نمود شیر روزنه را بسته و از روزنه بعدی ادامه عملیات تزریق را انجام می دهند (شکل ١٤). فشار اولیه تزریق در این پروژه ۲۵ اتمسفر می باشد که در طی اجرای تزریق به تدریج فشار را افزایش می دهند.

شکل ۱۲- درزگیری سطح ترک با رزین اپوکسی ویژه

شکل ۱۱- نصب روزنه های سطحی تزریق

شکل ١٤- تزریق ترک

شکل ۱۳- پمپ ویژه تزریق ترک

به منظور اطمینان از روند تزریق، از ترکها مغزه گیری شده تا میزان نفوذ رزین اپوکسی مشخص گردد علاوه بر این می بایستی نمونه ها با استفاده از جک بارگذاری شکسته شوند و در این آزمایش صفحه شکست نبایستی از سطح ترک خورده ای که با رزین اپوکسی پر شده است عبور کند (شکل ۱۵) .

شکل ۱۵ – یک نمونه مغزه از ترک تزریق شده

Colour:	Grey (comp. A white, comp. B black)		
Storage Conditions:	Normal/Rapid: above + 5 °C, max. + 25 °C, dry. L.P.: above + 10 °C, max. + 40 °C, dry.		
Shelf Life:	12 months when unopened and stored correctly.		
Mixing Ratio:	Comp. A : B = 3 : 1 Normal/Rapid Comp. A : B = 2 : 1 L.P. (parts by weight and volume)		
Density:	1.7 kg/litre.		
Pot Life:	According to temperature and grade as follows:		
	Temp. °C	2 kg Normal	2 kg Rapid	5 kg L.P.
	40	–	–	25 mins.
	30	20 mins.	–	50 mins.
	20	40 mins.	10 mins.	1½ hrs.
	10	1½ hrs.	30 mins.	–
	5	3½ hrs.	1 hr.	–
Compressive Strength:	Normal/Rapid type 65 N/mm²		L.P. type 60 N/mm²	
Flexural Strength:	30 N/mm²		25 N/mm²	
Tensile Strength:	20 N/mm²		20 N/mm²	
Bond Strength to Concrete:	3.5 N/mm² Concrete failure		3.5 N/mm² Concrete failure	
Bond Strength to Steel:	20 N/mm²		15 N/mm²	
Young's Modulus:	7 x 10³		7 x 10³	
	(N.B. all values taken at 20 °C/65 % r.H.; 10 days)			
Packaging:	Normal/Rapid: 2 kg and 5 kg (A + B) L.P.: 5 kg (A + B)			

جدول ۱– مشخصات رزین اپوکسی درزگیر SIKADUR31

Colour:	Cement grey
Mixed density:	1758 Kg/m³ at 25°C
Flashpoint:	N/A
Compressive strength to ASTM D695:	60 N/mm² at 7 days
Bond strength:	Greater than that of the concrete.
Pot life:	at 25°C : 1 hour 45 minutes at 40°C : 45 minutes
Tack free time:	at 25°C : 7 hours at 40°C : 2 hours 15 minutes
Full cure:	at 25°C : 5 days at 40°C : 3 days

جدول ۲ – مشخصات رزین اپوکسی درزگیر
CONCERSIVE2200

Colour:	Yellowish/transparent
Storage Conditions:	+5 °C to +40 °C
Shelf Life:	12 months when unopened and stored correctly.
Density:	1.1 kg/litre
Viscosity:	500 c. poise at 20 °C Normal type 250 c. poise at 30 °C Normal type 290 c. poise at 20 °C L.P. type 130 c. poise at 30 °C L.P. type
Mixing Ratio:	A : B = 2 : 1 (parts by weight and volume) Normal/L.P. type
Tensile Strength:	25 N/mm² N/L.P.
Bond Strength:	to concrete 3.5 N/mm² (concrete failure) to steel 10–15 N/mm² (20 °C, 65 % r.H., 10 days) (steel sandblasted)

جدول ۳ – مشخصات رزین اپوکسی تزریقی SIKADUR52

	CONCRESIVE 1315
Composition	2 part solvent free epoxy resin
Specific gravity of mixed material	1.05
Pot life (1 ltr)	53 mins 25°C 30 mins 40°C
Tack free time	6½ hrs 25°C 3 hrs 40°C
Final cure	10 days (35°C)
Service temp. range	-20°C to +60°C
Bond strength (mean shear slant) ASTM C-881	2 days : 21N/mm² 14 days :>46N/mm²
Compressive strength	68N/mm² at 24 hrs 70N/mm² at 3 days 71N/mm² at 7 days
Tensile strength (ASTM D 638)	21N/mm² at 3 days 22N/mm² at 7 days
Flexural strength	54N/mm² at 24 hrs 70N/mm² at 3 days 85N/mm² at 7 days
Volatile content %	1.5%
Absorption 24 hours	0.2%
Shrinkage (ASTM C881)	Passes
Permeability (cured resin)	Impermeable
Elongation at break ASTM D638	n/a
Modulus of elasticity (DIN 53457)	n/a
Shore "A" hardness DIN 53505	n/a

جدول ٤– مشخصات رزین اپوکسی تزریقی
CONCERSIVE1315

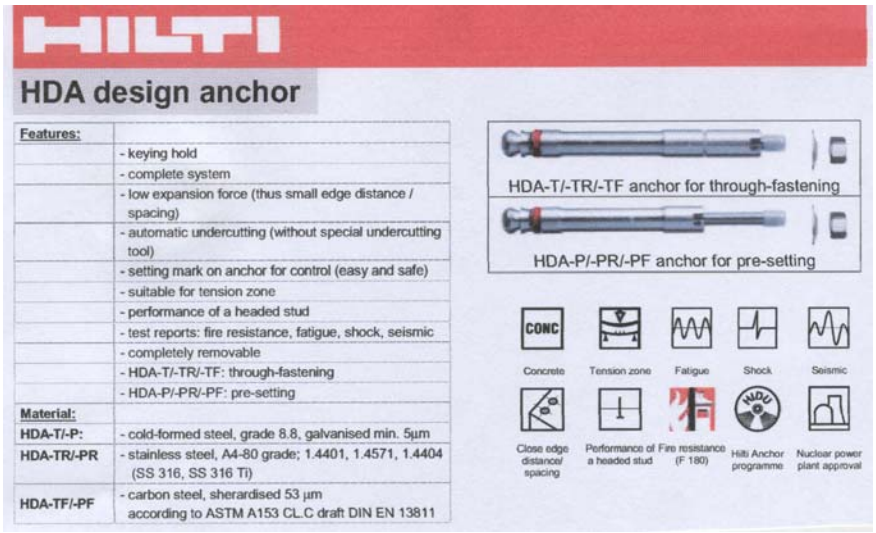
٤-٢- اضافه نمودن دیوارهای برشی

با توجه به نتایج مدلسازی های انجام شده مشخص گردید که دیوارهای برشی موجود کافی نبوده و براساس آزمون وخطاهای محاسباتی تعداد ۱۰ عدد دیوار برشی مطابق شکل ۱۱ به سیستم باربر جانبی اضافه گردید. به منظور ایجاد درگیری میان قاب موجود و دیوارهای برشی اضافه شده سطح تیر و ستون ها در محدوده دیوارهای برشی اضافه شده مضرس و میل مهارهایی جهت انتقال برش کاشته شدند (شکل ۱۶) .

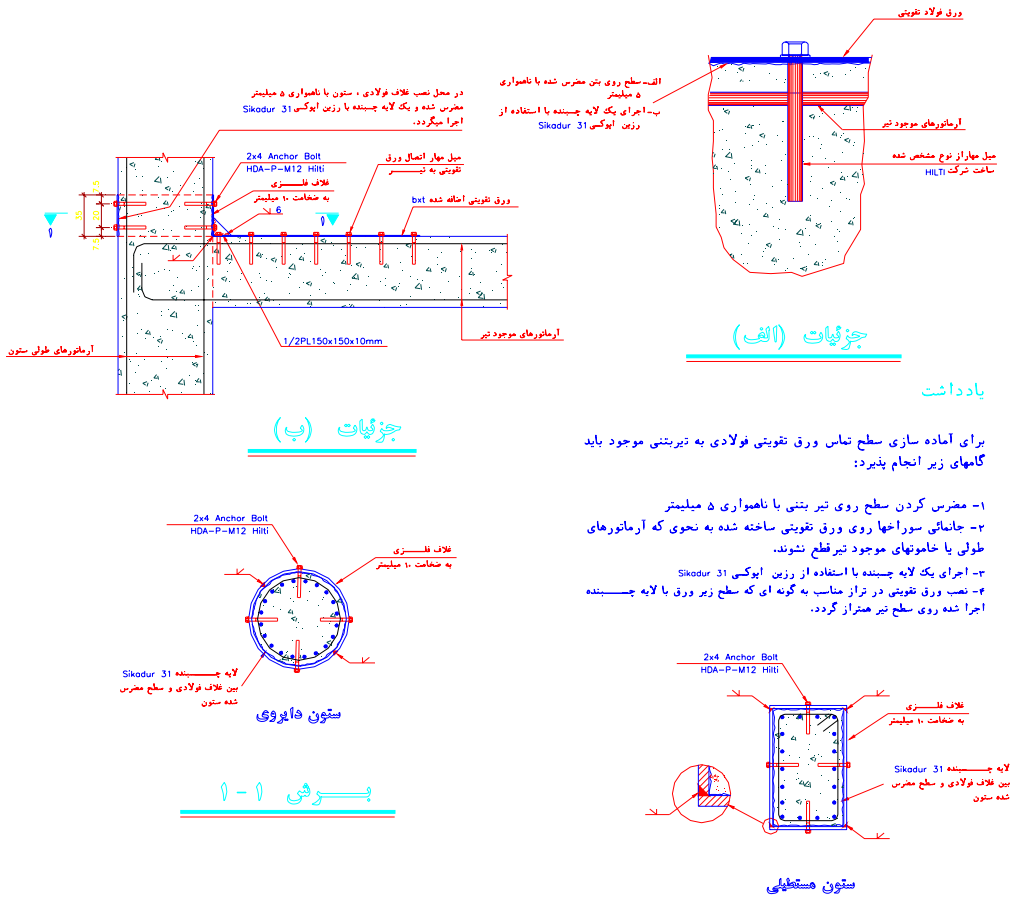
شکل ۱۶ – دیوار برشی اضافه شده

٤-٣- تقویت تیرها با استفاده از ورقهای تقویتی فولادی و مهار مکانیکی

کاستی های خمشی تیرها ، با استفاده از ورق فولادی و مهار مکانیکی برطرف شده است. جهت نصب ورقهای فوق علاوه بر استفاده از رزین اپوکسی ویژه جهت چسباندن ورق به سطح بتن تیر ، از مهارهای مکانیکی ویژه مناطق ترک خورده نیز استفاده گردید.



شکل ۱۷– مشخصات میل مهار مکانیکی جهت تقویت تیرها (HAD-P از شرکت HILTI)



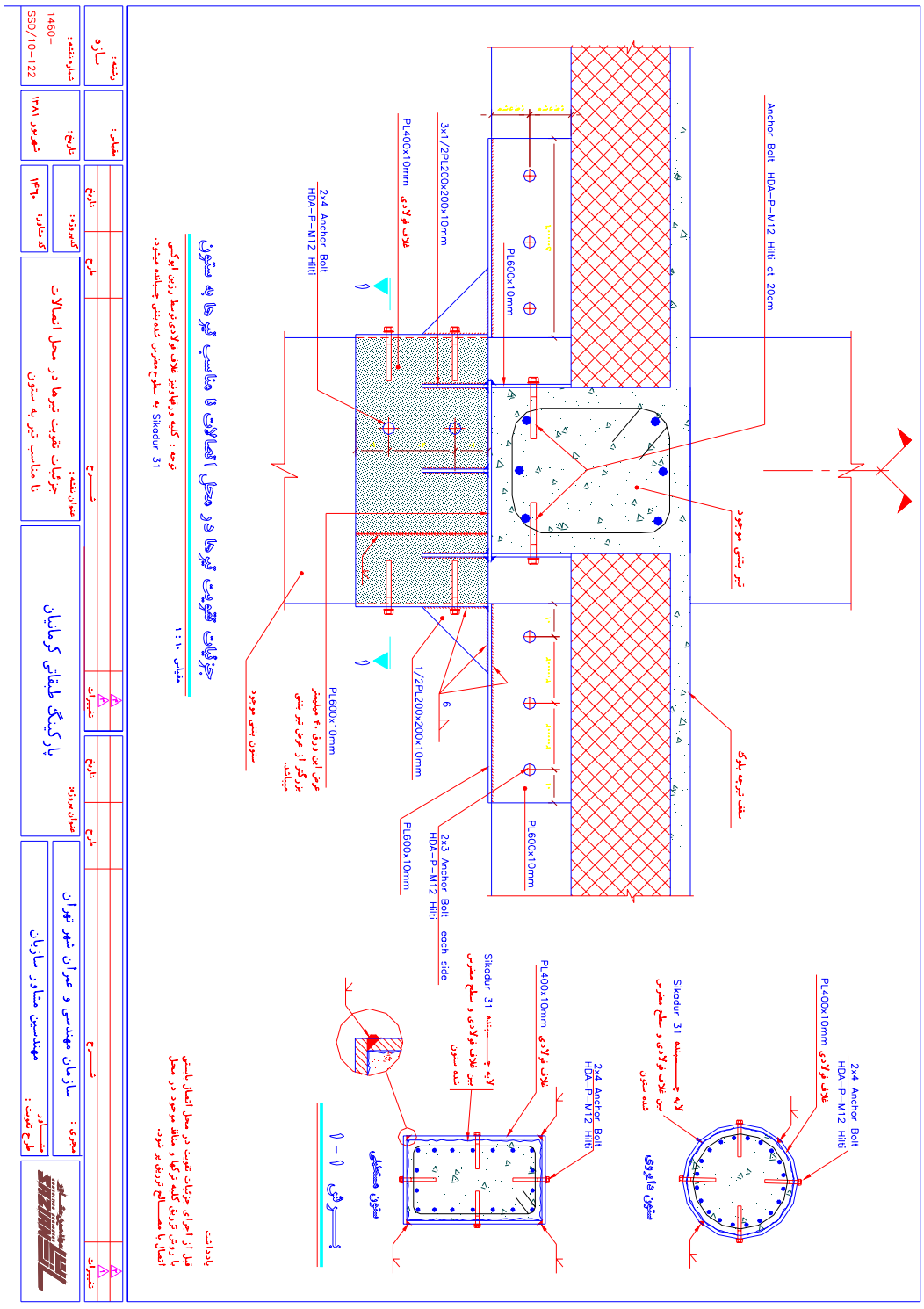
شکل ۱۷- تقویت تیرها با استفاده از ورقهای تقویتی فولادی و مهار مکانیکی

٤-٤- تقویت گره ها با استفاده از غلاف فولادی

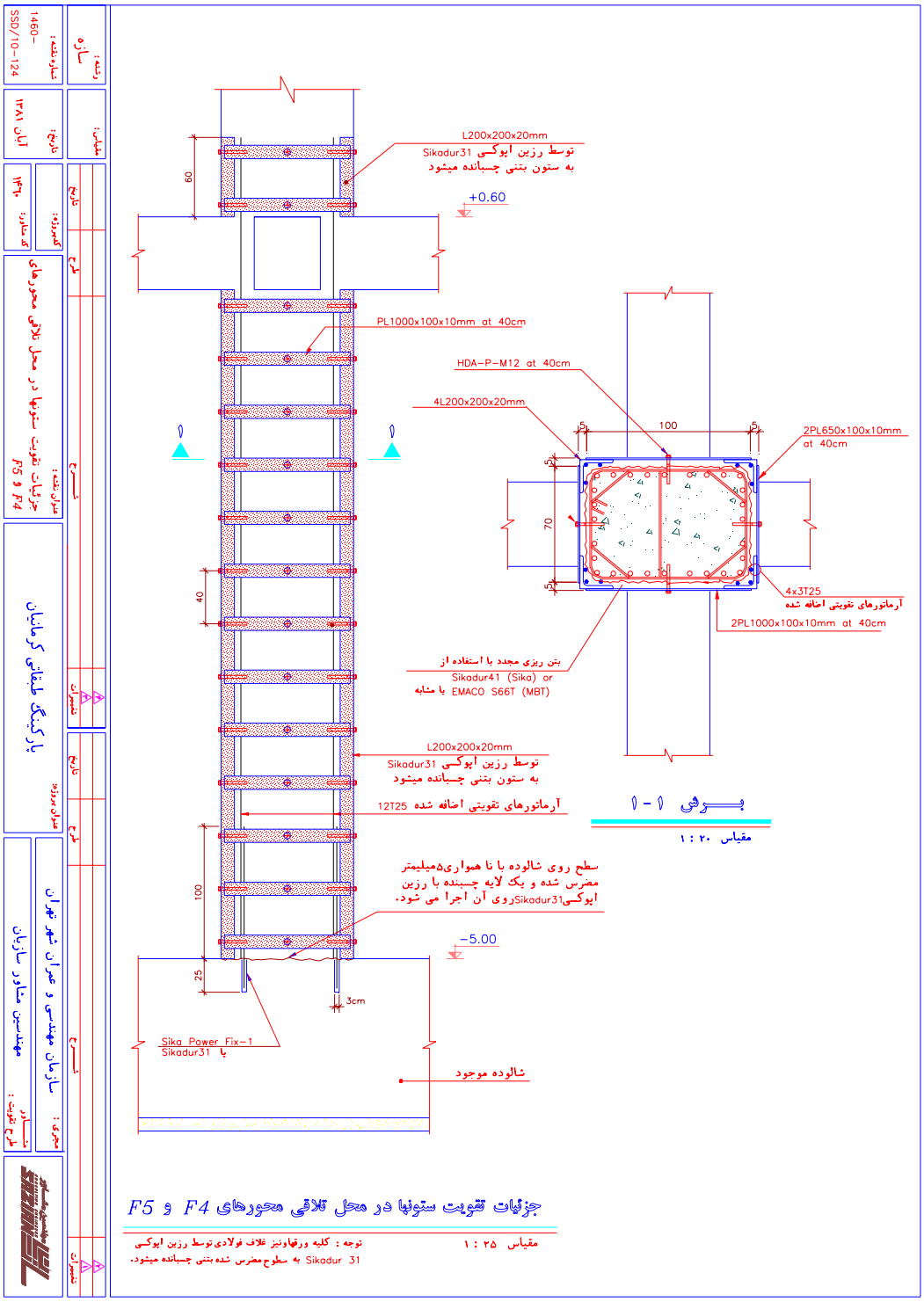
همانگونه که در شکل ۵ نیز مشاهده می شود بدلیل شرایط نا مناسب قالب بندی در محل گره ها از عملکرد قاب به عنوان یک قاب خمشی نمی توان مطمئن بود از اینرو در محل گره های نامناسب با استفاده از یک غلاف فولادی مطابق شکل ۱۸ در گیری میان تیر و ستون را افزایش داده تا اتصال توانایی تحمل لنگرهای وارده را دارا باشد.

٤-٥- تقویت ستونها با استفاده از افزایش سطح مقطع ستون

پس از اصلاح سیستم بار بر جانبی فقط ۲ مورد ستون در طبقه زیر زمین و ٤ مورد در طبقه آخر نیاز به ترمیم داشتند که با توجه به تعداد کم ستونهای مورد تقویت از روش افزایش سطح مقطع ستون استفاده شد.



شکل ۱۸ – تقویت گره با استفاده از غلاف فولادی



شکل ۱۹– تقویت ستون با استفاده از غلاف فولادی

۵- منابع و مراجع

- گزارش آسیب شناسی سازه پارکینگ طبقاتی کرمانیان
- EPOXY INJECTION IN CONSTRUCTION BY JOHN TROT
- فهرست محصولات شرکت HILTI
- فهرست محصولات شرکت SIKA
- فهرست محصولات شرکت MBT