

اولین پل پیش ساخته یا عابر پیاده جهان با بتن واکنش پذیر

اولین پل پیش ساخته (پیش ریخته) عابر پیاده جهان با گرد (پودر) بتن واکنش پذیر ، این پل ۱۹۷ فوت (۶۰ متر) (پیش ریخته) پیش تنیده دوچرخه رو و عابر پیاده رو در شهر شبروک در ایالت کبک کانادا ساخته شده است.

که باور داشتن یک خر پای فضایی با تیری با جان بازو پایه کشیده شده که در آن آرماتور فولاد لازم نیست.

ساخته شده از شش قطعه پیش ساخته که بتن پودری واکنش پذیر (RPC) مصالح ساخته شده بر مبنای سیمان و ماسه و خود سیمان و پودر سیلیس و کوارتز که تارهای فولادی اضافه کرده اند. در عضوهای بالایی و تحتانی RPC مقاومت فشاری 29000 PSI (200 MPa) وجود دارد.

برای شکل پذیری قطرهای عضو جان RPC در لوله های فولاد ضد زنگ بهتر شد و مقاومت فشاری تا 50000 PSI (350 MPa) محدود شده است.

بررسی های وسیع در مورد خیزهای پل و میله های پیش تنش در عملکرد بلند صوت RPC به انجام رسیده است.

پل عابر پیاده و موتور (دوچرخه رو) شبروک (شکل ۱) در ژوئیه ۱۹۹۷ نصب شده و اولین سازه اصلی با بتن پودری واکنش پذیر است.

به علاوه این کاربرد جدید که با دقت مضاعف انجام شده خود نوآوری دیگری است در مورد بتن بدون آرماتور فولادی و تمزینی است. پیشگام در طرح و جزئیات بتن پیش ریخته است.

روسازی پل از خرپای فضایی بایتر با جان باز و شش قطعه پیش ساخته است .

قطعه های ان با توجه به کاربرد در محل بیرونی یا داخلی سوار شده اند.

عرشه ویال فوقانی و ویال تحتانی از RPC با مقاومت 29000 PSI (200 MPa) ساخته شده است.

برای قطره های عضو جان RPC در لوله های فولاد ضد زنگ محدود شده است . و می تواند در مقابل 50000 PSI (350 MPa) مقاومت بکند.

۱۰ فوت (۳ متر) ضخامت (ارتفاع ، عمق) خرپای پل بوده و طول آن ۱۹۷ فوت (۶۰ متر) است.

در عرض رودخانه Magog در قسمت جنوبی شهر شبروک در یک طاق دایره ای با شعاع ۱۰۷۰ فوت (۳۲۶ متر) و می تواند عابر پیاده و ترافیک دوچرخه را تحمل کند.

شهر شبروک در کبک کانادا می خواست اثبات کند که می تواند.

(شکل ۱) : پل شبروک را که در شبروک در ایالت کبک است نشان می دهد . ۱۹۷ فوت (۶۰

متر) در عرض رودخانه Magog با یک خرپای پیش ریخته (پیش ساخته) ساخته شده است.

گرد بتن واکنش پذیر

این دقیقا یک نوع پل کاملا جدید است که در اثر باز شدن پنجره های تکنولوژی ساخته شده است

در نزدیکی شهر Hall .

اهداف دیگری نیز دارد که عبارتند از :

- سیستم دوچرخه رو آمریکا با خیابان کبک متصل شده است . سیستم جنوبی ساحل

. Lawrence

- خرپای سه بعدی پیش ساخته در مقایسه با پل با تیر مشبک سنتی فولادی (شکل ۲)
وقار و زیبایی خاصی دارد.

- به دلیل استفاده از لوازم با دوام زیاد انتظار می رود که به نگهداری زیادی نیاز نداشته باشد.
نشان می دهد که کاربرد یا استفاده از RPC برای مرمت ساختمان در زیر سازه مناسب است.
تحقیق گروه تحقیق بتن کانادا و دانشگاه شبروک یک تحقیق زمینه ای برای جهان بوده و
جمع قیمت پل ۴۲۵۰۰۰ دلار بود .

که با برنامه وسیعی که روی آن انجام شد با ۷۰۰۰۰ دلار به انجام رسید.

این مواد جدید بحثی در مورد طراحی و ساختن سازه در پروژه های آینده به راه افتاده است.

بهره برداری از قطعات پیش ریخته و احداث سازه

همچنین بحث می کند که ابزار و وسیله و برنامه هایی که بتواند از این پتانسیل RPC در
بتنهای پیش ریخته و پیش ساخته استفاده کرد.

موضوع ساختمانی :

پل پیاده رو شبروک برای استفاده خارجی از آن طراحی شده است.

خاصیت مکانیکی پایدار RPC

معمولا کمترین طول به عمق برای ۱۹۷ فوت (۶۰ متر) ، ۱۰ فوت (۳/۳ متر) است.

اما تیم طراحی با ترکیب فن آوری جدید و مفهوم پیش ریختن فلز و پایه کشیده و کاربرد یک

خرپا باتیر با جان باز با قطرهای RPC تحت فشار ، کاهش حجم بتن بدون اینکه صلبیت

کاهش داده شود.

با همان مقاومت فشاری بالای RPC ممکن است که بتوان طراحی کرد .

یک سازه نسبتاً سبک پیش تنیده که آن را در محل بسازند و سوار کنند.

(شکل ۲) : پل جدید عابر پیاده با RPC پیش ریخته و با خرپای فولادی قدیمی در سمت

راست) .

به استفاده کننده های پل هم سود می رسد و هم آسایش آنها افزایش می یابد از آنجا که

ارتفاع آن کم است .

زیرا خرپا سبک است و سراسر آن صلیبت بالایی دارد .

اولین نمایش سازه با یک موتور فرکانس ۲/۵ هرتز بود حتی اگر بار زنده هم در دامنه تغییرات

بار مرده وجود داشته باشد .

در این نوع سازه بار مرده و بار زنده لنگر خمش تولید می کند .

فشار در یال فوقانی از تیرهای بالا و دال و کشش در یال تحتانی خرپا را در بر می گیرد در

جائیکه کشش بوسیله وزنه تعادل و پایه کشیده است.

نتایج نیروی برشی مربوط در فشار ، کشش در قطر .

اینجا هم پایه کشیده می تواند وزنه تعادل کشش باشد تمام تاثیرات کششی ثانوی دیگر

مستقیماً توسط RPC حمل شده است.

از زمانیکه این اولین سازه اصلی ساخته شده از RPC ساخته شد با پتانسیل کامل و مصالح

ساختمانی که هر دو دلیلی برای ایمنی است برای واقعیت در ساختمانی بهره برداری نشده

است.

در ساختن از عضوهای قطری که کشش در آنها در حالت حدی است (SLS) با حالتی که منطقی باشد و هیچ کششی در وترهای زیرین (تیرها) در حالت حدی نباشد استفاده شده است (فکر شده است.)

(شکل ۴) : مقطع صلیب شکل خرپا نمایش جزءهای سازه ای و بعد های اصلی و تاثیر گذار شدن روی یکدیگر هر دو یال های فوقانی و تحتانی احتیاج دارد.

به فضا برای گذرگاه پس پیشاپیش دو پایه کشیده شده اندازه تیرهای زیرین به نوعی انتخاب شد تا اینکه تمام کشش ها با اختلاف سنج اندازه گیری شود. وهم فضایی کافی و آماده بکنند که قطرها را به هم متصل کنند.

در پروژه های آینده با توجه به تجربه ای که از پل پیاده رو شبروک بدست آوردند ممکن است که حتی جزء سازه ای های کوچکتر از آن مریت های بیشتر از قابلیت های عملکرد RPC را نشان دهد. (بتوان به کار برد.)

طراحی ترکیب (طراحی طرح)

(شکل ۳) : نمایش پلان و ارتفاع از پل پیاده رو شبروک است.

این خرپا بتن پیش تنیده سه بعدی از شش قطعه پیش ساخته ایجاد شده است که یک طاق با شعاع ۱۰۷۰ فوت (۳۲۶ متر) است.

هر قطعه ۳۳ فوت (۱۰ متر) طول دارد که جمع آنها ۱۹۷ فوت (۶۰ متر) می شود .

هر یک از دو قطعه پایانی ۱۵ اینچ طول دارد ضخامت دیافراگم پایانی ۳۸۱ میلی متر است.

به وسیله به کار بردن یک خرپا با عمق ۱۰ فوت (۳/۳ متر) یک قطعه با اندازه عرشه استاندارد قابل حمل بوسیله یدک کش بود.

در عرض مقطع خرپای پل (شکل ۴) نحوه اتصال جزء های سازه ای را نشان می دهد .
ارتفاع پل (شکل ۵) ترتیب قرار گرفتن پایه های کشیده داخلی و خارجی را نشان می دهد.

بالهای خرپا :

بال فوقانی خرپا (شکل ۴) از دال عرشه ساخته شده است و عنصری عرضی برای تقویت کار گذاشته شد که ۸*۲ است.

در سطح عرض مقطع (۳۰۰*۲۰۰ میلی متر) عرشه باید PSI ۸۱ یا ۳/۹ بار زنده و تجهیزات پشتیبانی و بار برف را که ۲/۹ تن (به طور تفکیکی) تحمل کند.
شکل ۵ ترتیب طولی پایه های کشیده و میله های کششی.
توجه : ستاره ها میله های کششی بیرون را نشان می دهد.

عرشه طراحی شده از تیرهای درونی و انعطاف پذیر قابل انبساط که PSI ۱۷۴۰ (۱۲ MPa) را تحمل کند مقدار پیش تنیدگی عرضی اینچ در خواست شده است.

با یک لایه (یک رشته) ۱۲ میلی متر و هر ۴ فوت یک اینچ ۱/۲۵ متر را غلاف می کند (پوشش می دهد) .

توجه : برش و منگنه کردن مستقیماً توسط RPC انجام می شود.

دال عرشه ۱۳/۱۶ اینچ است با ضخامت ۳۰۰ میلی متر و ۱۱ فوت عرض (پهنا) و با یک لایه در عرض در ۲۳/۴ اینچ گذاشته شد.

۷۰ میلی متر دنده تقویتی عمیق در دنده طولی کار گذاشته اند.

اگر چه نیاز به ظرفیت بار ندارد ولی پیش تنیدگی داخلی گذاشته شده در عضوهای فوقانی طولی

کاملاً به سازه محکم شده است و دنده های تقویتی عرضی ۴ اینچ هستند ۱۰۰ میلی متر عرض (

پهنا) در فضای ۴ فوت و یک اینچ (۱/۲۵ متر) در مرکز دو لبه از دال هستند.

خرپای (شکل ۴) دو یال تحتانی دارد هر کدام ۱۲/۱۲ * ۱۵ اینچ (۳۸۰ * ۳۲۰ میلی متر)

باستون ۱۶ فوت و ۵ اینچ (۵ متر) اتصال معادل عضو جان و پایین تیر .

این ستونها برای اتصال دو تیر موازی چنانچه پایه کشیده بیرونی توسط میله های کششی به هم

وصل می شوند.

توجه : آن میله های کششی داخلی به نحوی نصب شدند که در زیر تیرها پیوستگی بین قطعات را

تامین کنند و تنش کششی در این تیرها را از رسیدن به SLS باز دارند.

قطر خرپا :

قطر های خرپا که شیبدار است با دو دستور العمل ساخته شده اند از RPC در ۶ اینچ (۱۵۰ میلی

متر) لوله ای با فولاد ضد زنگ با ضخامت دیواره اینچ (۲ میلی متر) این قطر ها در طول ۱۰/۵

فوت (۳/۲ متر) و متمایل با دو زاویه یکی در ۴۱ درجه امتداد طولی و یکی ۱۴ درجه به امتداد

عرضی سازه هستند.

هر یک از شش قطعه پل شامل چهار عضو جان در هر یک از صفحه های شیبدار می باشد.

در هر قطری مقدار پیش تنیدگی مخصوص بود چون آنها می خواستند که یک نیروی فشاری KN

$235 = 117/4 * 2 (53 \text{ KIPS})$ را بعد از افت پیش تنیدگی تحمل کند .

چون نیروی برش در چهار قطر بوسیله بارهای مرده و زنده وارد شده و در ULS فراتر رفته و باید تراز کنند.

لازم است که آن را به وسیله اثر پیش تنیدگی منحرف شده کاهش دهند با تطبیق نیروی $2*3$ میله کششی بیرونی (با سه ستاره در شکل ۵ نشان داده شده) .

این هدف به نتیجه رسید دو رشته روغن کاری شده در هر قطری در رسم مهار های سازه طراحی شده است.

این مهارها این پروژه را به طور کاملا پیشبرد و نه یک صفحه زیری و نه مار پیچ های مسطح محلی را ندارد.

مهار مرکزی در تماس مستقیم با RPC است که می تواند تنش های فشاری بالای زیر مهار مرکزی را تحمل کند. .

یک مسئله دیگر در طی طراحی این بود که چطور عضو های قطری پیش ریخته و عضو های فوقانی و دال زیرین را بدون آرماتور پذیرا (مثل جوشهای آرام) متصل بشود.

در این صورت تصمیم گرفته شد که در تیرهای بالایی (فوقانی) در عرض میله های کششی در قطر (شکل ۶) به هم متصل کنند.

تا اینکه نیروهای برشی مستقیما از یک قطر به دیگری پخش شود.

آن گاه نیروهای برشی از یک قطر به دیگری پخش می شود (از یکی به دیگری می رود) از زمانیکه قطرها به هم برخورد می کنند یال تحتانی خرپا در مفصلهای بین قطعه ها که در طرح بود نمی توانند کاری بکنند.

بنابراین اتصال توسط پیش تنیدگی طولی ساخته شد که بار به تنش فشاری تبدیل شده و منتقل شود.

پیش تنیدگی طولی :

پیش تنیدگی طولی (شکل ۵) ساخته شده از میله کششی ۲*۲ در طول پایین و دو میله کششی در طول بالا و میله کششی ۳*۲ که به خارج (بیرون) منحرف شده است در طی احداث پل برای بلند کردن نیمه پل با استفاده از یک میله کششی بیرونی یک پیش تنیدگی می زنند. آخرین دیافراگم که در آن پیش تنیدگی طولی رخ می دهد در صفحه ای توسط دو میله کششی U شکل پیش تنیده شده است.

به این ترتیب وزنه تعادل لنگر خمشی پل عابر پیاده را به خیز تبدیل می کند.

شکل ۶ : اتصال قطرهای بالا (تخت بالای خرپا) را نشان می دهد.

شکل ۷ : اتصال قطرهای پایین (تخت پایین خرپا) را نشان می دهد.

مواد به کار رفته در پل :

پل عابر پیاده شبروک کاملاً از RPC ساخته شده هم تحت فشار و هم بدون فشار و شامل تارهای فولادی می باشد.

(تارهای فولادی خوب) RPC یک نوع جدید از مصالح ساختمانی است مبنی بر سیمان تشکیل

شده از گردهایی که اندازه ذرات آن در حدود ۲۴ MIL (۰.۲۴ اینچ یا ۰.۶ میلی متر) است.

یا کمتر از ۰.۰۴ MIL (۰.۰۰۱ میلی متر) توزیع دانه بندی گرد های گوناگون در سیمان پرتلند

، سیلیس ، سنگ کوارتز و ماسه بهینه شده است. که بیشتر از حد معمول متراکم شده اند.

سیمان پرتلند : سیلیس و کوارتز آسیاب شده و به مقدار کمی نسبت به آنها ماسه ، واکنش شیمیایی در مراحل گوناگون ساختن مصالح انجام می گیرد.

گرم کردن RPC به مدت ۲ روز در بخار در محیط ۱۹۵ درجه فارنهایت (۹۰ درجه سانتی گراد) تا گیرش رخ دهد پوزولانی سیلیس و هیدراتاسیون سرعت بگیرد با این عمل حرارتی مقاومت افزایش می یابد.

اطلاعات بیشتر از پل پیاده رو شبروک و نقش RPC در آن مرجع ۱ تا ۵ آمده است.
بتن که به عنوان ملات در این دوره به کار برده شده در توصیف رفتار مکانیکی RPC می توان گفت تارهای فولادی برای افزایش شکل پذیری به آن اضافه شده است.
مقیاس کمک می کند که اهمیت این کارها را بفهمیم.

اگر RPC که بیشترین اندازه آن ۰.۲۴٪ اینچ (۰/۶ میلی متر) است مقایسه شود با بتن که یک اینچ (۲۵ میلی متر) بسازند درشت ترین سنگدانه مقیاس یک اینچ است به ۰.۲۴٪ اینچ (۲۵ میلی متر به ۰/۶ میلی متر) .

با اضافه کردن یک تار فولادی که ۰/۰۰۸ اینچ (۰/۲*۲۵ میلی متر) اندازه دارد.
RPC شبیه می شود به یک آرماتور ۳ فوت و ۳ اینچی * ۵/۱۶ اینچی در بتن مسلح معمولی که با سنگدانه یک اینچ (۲۵ میلی متر) ساخته شده است.

RPC در یک لوله فولاد ضد زنگ جدار نازک (در پل پیاده رو شبروک) مقاومت فشاری چشمگیری از ۲۹۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ PSI (۲۰۰ تا ۳۵۰ MPA) دارد.

افزایش در شکل پذیری برای RPC بوسیله منحنی تنش ها به افزایش طول نسبی (شکل ۸) .

شکل ۸: مقایسه منحنی تنش به افزایش طول های نسبی برای مقاومت بتن عمودی (NSC)
و بتن با کار آیی بالا (HPC) و گرد واکنش پذیر بتن (RPC) تاثیر تارها و محدود ساختن را در
RPC نشان می دهد.

فولاد ضد زنگ برای لوله های قطری خرپا بخاطر مقاومت در برابر خوردگی و ظاهر جوازش انتخاب
شد.

رنگ مات فولاد ضد زنگ خیلی نزدیک است به رنگ RPC در آب ۱۹۵ درجه فارنهایت (۹۰
درجه سانتی گراد) عمل آمده .

رشته های پیش تنیدگی یک اینچ (۲۵ میلی متر) هستند قطرها با مقاومت نهایی 860 MPA)
(270 KSI) بار گسیختگی هر رشته 182 KN (41 KIPS) است .

مراحل پیش ریختن :

RPC در کارخانه توسط مخلوط کنهای جریان پیشخوان تولید شده است مقادیری که در مخلوط
RPC به کار برده اند در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ مقادیری که در مخلوط RPC به کار برده شده است.

مراحل گوناگونی تولید و بهره برداری در شکل ۹ تا ۱۲ دیده می شود.

از قاب فلزی با میله کششی با یک لایه روغنکاری به عنوان قطر به کار برده شده است.

RPC به طور عمودی جاری شد و یک فشار میانگین 290 PSI (2 MPA) فوری در ۳ اینچ)
۷۵ میلی متر) برای کوتاه شدگی RPC درخواست شد.

بعد از ریختن بتن مرحله قالب بندی قطرها به قطعات پل بود. (شکل ۹ و ۱۰)

شکل ۹ : قالب بندی برای غرشه رویه پل محل تقویت‌های عرضی و طولی با مهارهای میله کششی را در قطر در قالب نشان می دهد.

شکل ۱۰ : عضو های قطری در قالب را با توجه به طراحی به هم غلاف شده است.

شکل ۱۱ : قطعات را در پلی اتلین پیچیده و به مدت ۴۸ ساعت با بخار آب گرم عمل آوردند.

شکل ۱۲ : قطعه ای از پل که در شکل طول و عرض آن دیده می شود.

از آنجا که دیگر آرماتوری برای حفظ غلافهای پایه های کشیده نبود تکیه گاههای مخصوصی در قالب بندی طراحی و محکم شدند.

بیشتر قالبها از چوب ساخته شده اند اما از فولاد هم در آنها استفاده شد .

در قالب زیر تیرهای طولی چون به دقت بیشتری نیاز داشت که شعاع انحنا را دقیق حفظ کنند (از فولاد استفاده شد) .

چرخه (دوره) تولید که از باز کردن قالب ، قرار گرفتن رشته ها و نصب قطر ها را شامل می شود و ریختن بتن در فلز دو روز برای هر یک در سه قطعه اول و یک روز برای هر یک از سه قطعه دیگر بود.

دو تیم که دربر گیرنده زیرین خرپا بودند اول برای تحکیم بیشتر آنها را دیده سوزنی کردند دل رویه برای پوشش رویه استفاده شد و توسط یک صفحه لرزنده فرکانسی تحت کنترل بود .

برای بهره گیری و جلوگیری از مشکلات این طرح را پیش ریخته تر برنامه ریزی کرده و برای صاف کردن (هموار کردن آن) و استحکام بیشتر آن از یک لایه چسبناک مخلوط با تار استفاده کردند.

پوشش RPC رویه با یک فیلم نازک آب پوشانده شد و با یک صفحه پلاستیکی از خشک شدن آن محافظت کردند که صفحه پلاستیکی خود به خود آب رفته و تمام شد .

قالب بندی ۲۴ ساعت بعد از ریختن فلز بود موقعیکه RPC به مقاومت فشار 7000 PSI (MPA ۵۰) برسد در این مرحله بود که ممکن بود به دلیل کشش قطر قطعه بلند شود .

سپس قطعه بعدی سازگار با قبلی انداخته شد که اغنای لازم را تضمین و حفظ بکند نگهداری مرطوب بتن در ۱۹۵ درجه فارنهایت (۹۰ درجه سانتی گراد) هر قطعه پیش ریخته در یک لایه دوگانه پلی اتیلین (شکل ۱۱) قرار گیرد.

بخار آب گرم تزریق کردند درجه حرارت نیز در طول دوره ۲۴ ساعته با ترموکوپلها تحت کنترل بودند.

شکل ۱۲ : نمایش یک قطعه از پل بعد از باز کردن قالب در شکل طول و عرض دیده می شود .
با یک برنامه کنترل کیفیت مراحل پیش ریختن در کارخانه در تمام فرآیند تولید افزایش مقاومت فشاری RPC و تنظیم درجه حرارت در طی زمان گیرش دو روز (دو روزی که باید در دمای بالا نگهداری شود.) داغ را تنظیم می کند.

یک تحلیل آماری از نتایج نشان داد که RPC با کیفیت بالا به آسانی تولید می شود و به کار می رود اگر اجزاء تشکیل دهنده با دقت و احتیاط لازم انتخاب شوند.

نسبت آسان و معمول است که گردهایی را برای RPC تولید کند برای بخصوص این پروژه برای سیمان و سیلیس و ترکیب کردن آنها به نحوی که سخت مکانیکی (مقاومت) مورد نظر (بهینه) را بدهد.

برنامه کنترل کیفیت هم نشان داد که تولید RPC با خاصیت‌های ویژه در تمام فرآیند ساخت ممکن است .

کنترل کیفیت پیش ریختن در کارخانه تولید مناسب سلامت جزء های سازه ای را تضمین کرد .

مونتاژ و ساخت :

بخاطر طرح سبک و دربرگرفتن نیم عنصر از رو سازی تنها ۵۵ تن وزن داشتند.

این کاربرد معمولی ۱۰۰ و ۱۶۵ تن به جرثقیل اجازه داد که زمان احداث به کمتر از چهار روز کاهش یابد .

در محل سایت روسن روسازی پل شامل مراحل زیر بود :

یک کف راه سنگی در عرض نیمی از بستر رودخانه ساخته شد یک پایه موقت در دهانه رودخانه مونتاژ کردند.

سه قطعه خرپا (شکل ۱۳ و ۱۴) یعنی نیمی از رو سازی مونتاژ شد . حایل موقت و پایه کشیده و میله کششی موقت بود.

سه قطعه ۹۸۱/۲ فوت (۳۰ متر) طول داشت نیمه شمالی دهانه و حایل موقت دهانه (شکل ۱۵) دیده می شود.

نیمه جنوبی دهانه در همانند قبل (شکل ۱۶) سوار شد . میله های کششی بیرونی دائم (شکل ۱۷) به طور افزایشی و نصب شدند و سپس موانع ایمنی را نصب کرده و سپس چراغ های روشنایی را نصب کردند .

درخواست شد که در لایه رویی عرشه تارهای فولادی را کاملاً بپوشانند . مراحل تکمیل پل شبروک در شکل (۱۷ و ۱۹) نشان داده شده است.

شکل ۱۳ : قرار گرفتن یک قطعه پل برای مونتاژ با دو قطعه دیگر برای احداث نهایی نیم دهانه اول پل شکل ۱۴ اتصال دقیق قطعه های مجاور ممکن بود چون آنها را سازگار انداخته بودند. (دقیق ساخته بودند)

شکل ۱۵ : نیمه پل روی تکیه گاه حایل موقت بوده و منتظر بلند کردن نیمه دوم دهانه (سه قطعه دیگر خرپا) بودند.

شکل ۱۶ : نیمه جنوبی دهانه پل بلند می شود که روی پایه موقت در دهانه نصب شود.

ابزار یابی و کنترل کردن :

در طی ساخت و مونتاژ پل شبروک پروفیسور pierre – claudie به طور وسیعی با ابزار و گروه تحقیق دانشگاه شبروک و بتن کانادا را هدایت کرد و با نصب سنسور برای بررسی های بلند مدت و کوتاه مدت توانستند از این پل به عنوان یک سکوی آزمایش برای برنامه ریزی فن آوری جدید استفاده بکنند.

دادهای بدست آمده حاکی از تفاهم سازه (رفتارهای سازه) با رفتار شرایط محیطی و بارها و جزئیات مصالح ساختمان و مفهوم ساختمانی در همان محیط خشن کانادا آماده می کنند.

با این رانش بهتر می توانستند طرحهای بهتر برای اجرای سازه با rpc ارائه دهند و آن را به عنوان یک نوع ساخت به نام خود ثبت کنند.

برنامه کنترل ساخت از دو قسمت تشکیل شده بود :

۱- اولین جزء شامل بهره برداری آماری بود : تراز کردن مکانی از شکل عمودی عرشه بود
آزمایش بارایستا از سازه آزمایش بار پویا (بار متحرک) از رو سازی.

۲- برنامه شامل نصب دستگاه اندازه گیری دائمی در سازه بود که کنترل کنند عکس العملهای
قطعات خرپا را و این کار را ادامه دهند تا رفتار بلند مدت پل را کنترل کنند .

دستگاه اندازه گیری و طراحی شد که این کار را انجام دهد تغییر دما در عضوهای RPC در مقاطع
مختلف توسط ترموکوپلها (ثبت می شد) دمای محیط را هم کنترل می کردند.

تغییر شکلهای نسبی در قله ها و وترهای زیرین RPC و در عضوهای قطری (هم RPC و هم
لوله های فولادی)

سیستم های مرتعش شونده برای اندازه گیری تغییر شکل نسبی بخاطر ایمنی و پایدار بلند مدت
انتخاب شدند

اندازه گیری تغییر شکل نسبی راهم شامل شد و سنسورهای تاری در طی تولید در بتن گذاشتند .
خیزها را از روسازی کنترل می کردند چون اندازه گیری مستقیم خیزها ممکن نبود .

تصمیم گرفتند که دوران را اندازه بگیرند یا اینکه قطعه ها را کج کنند تا خیزها از روسازی جدا
شود برای این کار یک سری شیب سنج روی بالهای تحتانی قطعات خرپا نصب کردند.

اندازه بارها در عضو جان :

با مرتعش کردن سلول بارهای سیم مستقیما شدت نیرو رادر میله های کششی در عضوهای جان
اندازه گرفتند نیروهای پیش تنیدگی هم ثبت شد.

سنسورهای حساس نیز روی میله های کششی بیرونی نصب گردید که نیروی پیش تنیدگی را با زمان ثبت کنند.

اندازه ارتعاشات :

آزمایش برای بار متحرک (پویا) برنامه ریزی شد که شتاب سنجها خرپا را کنترل می کنند .
برنامه کنترل نیاز دارد که داده در مدت زمانهای معمولی برای یک دوره (مدت زیاد) خوانده شود .
به این دلیل ابزارهایی گذاشتند که داده ها از طریق یک خط تلفن انتقال داده و اطلاعات جمع آوری شده و تدوین شود.

پتانسیل RPC برای سازه های پیش ریخته و پیش ساخته :

ساختن اول پل عابر پیاده و دوچرخه رو با RPC به صنعت بتن پیش ساخته این امکان را می دهد که با استفاده از این مهارت راه حلهای جدید برای پروژه های آینده ایجاد کنند .
اعضای هیئت منصفه برای طراحی PCI ۱۹۹۸ با احترام ذکر کردند این برنامه برای پل عابر پیاده شبروک مناسب است نه برای پل بزرگراه منطقه .
اعضاء هیئت منصفه اظهار کردند که قاب فضایی جذاب و مخلوط های خوب برای محیط بکار بردند (از نظر زیست محیطی مواد مضر نباشد) .

ولی درخور توجه است که پیش تنیدگی به کار برده شده از نوع بیرونی است .

در پیشنهادات دیگری برای کاربرد گرد بتن واکنش پذیر و قاب فضایی اشاره شد این هم کار ساختن پل بود و هم یک پروژه تحقیقاتی برای نو آوری های آینده با گرد بتن واکنش پذیر.

شکل ۱۷ : میله های کششی بیرونی دائم در یال تحتانی خرپا بهطور افزایشی کشیده و نصب شدند قبل از اینکه حایل موقت برداشته شود.

شکل ۱۸ : منظره تمام شده پل عابر پیاده و دوچرخه رو شبروک

شکل ۱۹ : نمای جانبی پل شبروک وقتی که تمام شد.

مقاومت فشاری خیلی بالا (۲۹۰۰۰ PSI (۲۰۰ MPA) نتایج در دال در بارهای مرده است.

سازه RPC ممکن است تنها به اندازه یک سوم یا نیمی از ساختمانهای مرسوم فولادی یا بتن وزن داشته باشد.

تامین کردن ایمنی بیشتر با شکل پذیری بالاتر زیر شرایط اضافه بار .

راه اصلی برای حفاظت در برابر یخبندان استفاده از نمکها و کربنات سازی است.

مقاومت به سایش بالا مفید خواهد بود چون هر جا که سفت شوند یک ضریب بحرانی است.

مقاومت خمشی بالا ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ PSI (۲۵ تا ۳۰ MPA) نیاز به آرماتور فولادی با قابلیت

انبساط یافتن دارد که تغییرات اشکال ساختمانی و شکلها برای معماری و طراحی را حذف می کند.

در کاربرد پل با کاربرد پلهای قدیمی تر می تواند افزایش موقعیکه بدتر می شوند عرشه را با RPC

جایگزین می کنند.

زیرا بار مرده عرشه های RPC پیش ریخته بتن موجود یا فولاد کاهش داده می شود.

RPC خاصیت هایی دارد که در گذشته برای فلزها نبوده برای همین اجازه دادند طرح جدید برای

اجرای سازه داده شود.

اشکال پیش ریخته های معمولی برای تیرها در پلها و یا کاربرد در ساختمان مقاومت پایین داشتند و نمی توانستند خاصیت های RPC را از خود نشان دهند.

جدول ۲: فشار عمق مقطع و وزن برای داشتن ظرفیت گشتاور و سطح مقطع های تیر برابر: RPC، فولاد، بتن مسلح و بتن پیش تنیده.

ظرفیت گشتاور نهایی ۴۹۷ KIPS (۶۷۵ KN.M) است. اطلاعات بر پایه christophe Dauriac مرجع شماره ۵ است.

در خرابایی مانند شبروک همانطور که نشان داده شده به اشکال جدیدی احتیاج است. تیرهای پیش تنیده یکسان شده ممکن است مسئولیتی را بر عهده بگیرند. (مراجعه شود به مرجع شماره ۵).

به صورت یک تیر X. جدول ۲: یک مقایسه از ظرفیت گشتاور سطح مقطع برابر برای تیرهای RPC، فولاد ساختمانی، بتن مسلح و بتن پیش تنیده را نمایش می دهد.

بخاطر قیمت RPC نمی تواند جایگزین بتن معمولی شود چون در معمول بتن معمولی اقتصادی تر از RPC است.

ولی می توان RPC را یک رقیب برای فولاد در نظر گرفت وقتی با فولاد رقابت می کند متر مکعبی ارزیابی نمی شود و توسط تن ارزیابی می شود.

قیمت RPC یک سوم زمانی است که پل پیاده رو شبروک در سال ۱۹۹۷ کامل شد.

امروزه در ایالت متحده هر تن RPC، ۲۵۰ دلار و در آینده نزدیک شاهد کاهش در قیمت آن هستیم.

RPC یک تکنولوژی جدید است که می تواند صنعت بتن پیش ساخته را توسط دهد با به

کارگیری موادی که از نظر اقتصادی هم به صرفه باشد تولید آن .

مراجع اینترنتی:

WWW.GOOGLE.COM