

## کاربرد دیوار تراوا در سازه های ساختمانی و استفاده اجرایی آن در پروژه نگین افق نیایش

سارا قاسمی<sup>۱\*</sup>، حسام الدین ضیائی<sup>۲</sup>، صالح محمدلو<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، کارشناس نظارت پروژه نگین افق نیایش  
sara\_ghasemi1991@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، کارشناس اجرایی پروژه نگین افق نیایش  
Hesamziaey@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد صفادشت، سرپرست دستگاه نظارت پروژه نگین افق نیایش  
Salehm60@gmail.com

### چکیده

با توسعه روز افزون در زمینه مصالح و فرآورده ها و روش های ساخت ابداعی نوین، حرکت به سوی صنعت ساخت و ساز با کارایی بالاتر و صرفه اقتصادی بهتر و سازگار با محیط زیست امری ضروری است. یکی از این نوع مصالح، بتن تراوا می باشد. بتن تراوا به دلیل عبور راحت مایعات از خود، می تواند بعنوان پوشش و رویه ی بتنی مناسب در معابر کشور، رویه زهکش ها در مخازن بتنی و فیلتر در سدهای خاکی و بعنوان زهکش در سازه های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به عمق زیاد گودبرداری پروژه نگین افق نیایش (عمق تقریبی ۴۰ متر) و همچنین بالا بودن سطح آب های زیرزمینی، با مشکل ورود آب به دیواره سازه مواجه شدیم برای حل این مشکل از دیوار تراوا در پروژه استفاده شده، به دلیل ساختار متخلخلی که بتن تراوا دارد می توان از آن به عنوان زهکش استفاده نمود، چرا که آب را به راحتی از خود عبور می دهد. این روش، آب های موجود در دیواره را به راحتی و بدون نفوذ آب به داخل سازه به سیستم زهکشی منتقل می کند. پس از پایان عملیات بتن تراوا با اجرای پلاستر بر روی آن، شرایط برای انجام عملیات آب بندی فراهم می گردد که این امر مانع از نفوذ آب به دیواره سازه می شود.

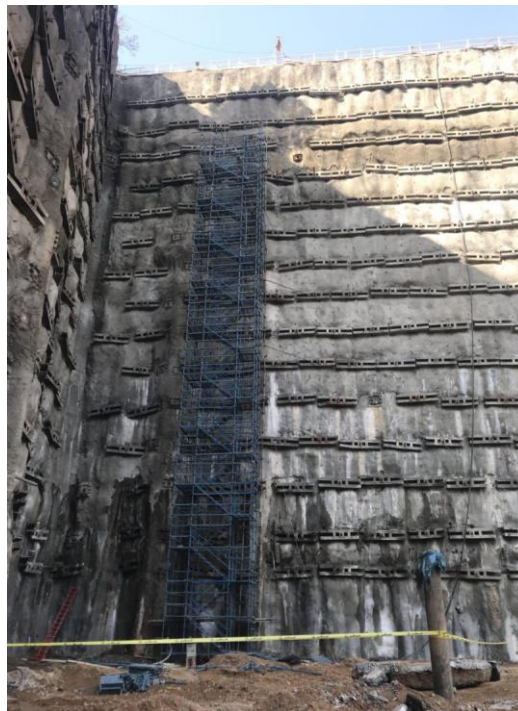
**واژه های کلیدی:** بتن تراوا، زهکش، دیوار تراوا، آب بندی، پروژه نگین افق نیایش

### ۱- مقدمه

این خاصیت منحصر به فرد زهکش بودن، بتن تراوا را به یکی از مصالح ویژه در صنعت راه و ساختمان تبدیل کرده است. به دلیل تخلخل و فضای خالی زیاد، مقاومت فشاری بتن تراوا کم و کاربرد آن محدود شده است که با طرح های اختلاط جدید و استفاده از مواد افزودنی و پوزولانی این مشکل حل می شود. به دلیل حجم ملات و مقدار ماسه کم، روانی بتن معمولی را ندارد، در برخی از طرح های اختلاط با استفاده از مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده، روانی بتن را بالا میبرند تا برای تخلیه و جا اندازی آن، نیاز کمتری به صرف زمان و انرژی باشد. در سال ۱۹۹۵ آقای شیواجی استفاده از بتن تراوا را در ساخت سنگفرش خیابان مطرح کردند [1]. در سال ۲۰۰۴ آقای تنیس و همکاران به بررسی تأثیر آب و مواد سیمانی بر نفوذپذیری و زهکشی این بتن پرداخته و ACI2202 در گزارش R-02 222 با استفاده از این تحقیق درصد آب به سیمان ۲۷% تا ۳۴% را لحاظ نمود [2]. در سال ۲۰۰۶ شافر و همکاران به تأثیر ریزدانه ها به طور معمول ۵ تا ۷ درصد بر بتن متخلخل پرداخته است [3]. در سال ۲۰۰۷ آقای لمینگ و همکاران استفاده از این بتن در مورد سیلابها و قدرت کمک به سیل و فرسایش پرداخته است [4]. آقای ابلا در سال ۲۰۰۷ به خواص و ویژگیهای این بتن پرداختند [5]. در سال ۲۰۰۸ کورن و همکاران این بحث را ادامه و مسائل زیست محیطی این ریزدانه ها را بررسی نمودند [6]. در سال ۲۰۰۸ آقای اشلی به کاهش تولید گازهای

گلخانه ای و کاهش سروصدا در پیاده روها پرداختند [7]. در سال ۲۰۱۱ آقای ونکورا به رفتار سازه‌های بتن متخلخل، چگالی و ... این بتن پرداختند [8]. و آقای رادن و همکاران به سازه و هیدرولوژی طراحی روسازی پایدار بتن متخلخل پرداختند [9]. بتن تراوا دارای مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی است از مزایای اقتصادی آن میتوان به پایین آمدن هزینه ها به منظور هدایت آب های سطحی حاصل از بارش های جوی به تصفیه خانه فاضلاب، رودخانه و ... اشاره داشت از دیگر مزایای زیست محیطی آن می توان به جلوگیری از بروز آب گرفتگی در معابر و اماکن به هنگام بارندگی، جلوگیری از آلوده شدن آب بارندگی اشاره نمود. از دیگر مصارف بتن تراوا میتوان به ساخت فیلتر جهت تصفیه آب اشاره کرد [10].

با توجه به عمق زیاد گودبرداری پروژه نگیان افق نیایش که حدود تقریبی آن ۴۰ متر می باشد و همچنین بالا بودن سطح آب های زیرزمینی، با مشکل ورود آب به دیواره سازه مواجه شدیم. شکل ۱ عمق گودبرداری و نفوذ آب پروژه را نشان می دهد.



شکل ۱- عمق گودبرداری و نفوذ آب پروژه

برای حل این مشکل به دلیل ساختار متخلخلی که بتن تراوا دارد می توان از آن به عنوان زهکش استفاده نمود، چرا که آب را به راحتی از خود عبور می دهد. شکل ۲ میزان نفوذپذیری و انتقال آب در بتن تراوا را نشان می دهد.



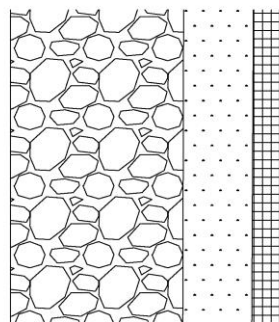
شکل ۲- میزان نفوذپذیری و انتقال آب در بتن تراوا

از بتن تراوا در دیواره پروژه استفاده شده که با این روش، آب های موجود در دیوار به راحتی و بدون نفوذ آب به داخل سازه به سیستم زهکشی انتقال داده می شود. پس از پایان عملیات بتن تراوا با اجرای پلاستر با حداکثر ضخامت ۲ سانتی متر بر روی بتن تراوا، شرایط برای انجام عملیات آب بندی به منظور جلوگیری از نفوذ آب به دیواره سازه آماده می شود. وجود املاح معدنی فراوان در آب های زیرزمینی باعث رسوب شدن در فضاهای خالی بتن تراوا می شود و از هدایت آب به سیستم زهکش ممانعت می کند. برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل سازه از عایق پایه سیمانی استفاده می شود. شکل ۳ املاح رسوب شده در دیوار پروژه را نشان می دهد.



شکل ۳- املاح رسوب شده در دیوار پروژه

شکل ۴ جزئیات دیوار تراوا اجرا شده را نشان می دهد.



بتن تراوا به ضخامت ۵۰ الی ۸۰ سانتی متر  
پلاستر به حداکثر ضخامت ۲ سانتی متر  
عایق پایه سیمانی به حداکثر ضخامت ۲ میلی متر

شکل ۴- جزئیات دیوار تراوا اجرا شده

## ۲- مصالح مورد استفاده در بتن تراوا

در بتن تراوا از مصالحی همانند بتن معمولی استفاده می شود. با این تفاوت که در این بتن بخش ریز دانه (ماسه) حذف و درشت دانه نیز به طور یکنواخت و در یک اندازه توزیع می شود.

### ۲-۱- مصالح سنگی

با توجه به اینکه بخش اعظم بتن تراوا شامل سنگدانه ها می باشد، بررسی نوع و کیفیت این مصالح اهمیت فراوانی دارد. اندازه سنگدانه مصرفی با کیفیت و کارایی بتن تراوا و زیبایی ظاهری سطح، بستگی مستقیم دارد. استفاده از سنگدانه های درشت تر باعث زبرتر شدن سطح و کاهش زیبایی ظاهری آن و همچنین باعث بزرگی خلل و فرج موجود در بتن و افزایش میزان نفوذپذیری و مقاومت فشاری خواهد شد. جهت افزایش ویژگی نفوذپذیری و مقاومت بتن تراوا، بایستی از سنگدانه های تقریباً هم شکل و هم اندازه استفاده گردد. در این کار اجرایی، از شن درشت (بادامی) حداکثر اندازه اسمی ۲۵ میلیمتر عاری از هر گرد و غبار و مصالح کلوخه ای که در شکل ۵ نشان داده شده استفاده می گردد.



شکل ۵- شن مصرفی

### ۲-۲- مواد سیمانی

تمامی سیمان های پرتلند و سیمان های که مشخصات استانداردهای ASTM C1157 و ASTM C150 را دارا هستند، می توانند مورد استفاده قرار بگیرند. همچنین می توان از مواد افزودنی نظیر میکرو سیلیس ها، خاکستر بادی، روبره و ... برای افزایش دوام، مقاومت، ترک خوردگی استفاده کرد. سیمان مورد مصرف در بتن تراوا اجرا شده، سیمان تیپ یک می باشد و از هیچ مواد افزودنی استفاده نشده است.

### ۲-۳- آب

هر آبی که جهت ساخت بتن معمولی مورد استفاده قرار می گیرد. می تواند در ساخت بتن تراوا نیز به کار رود. همچنین بایستی سلامت آب مصرفی از نظر وجود مواد زیان آور تحت آزمایشات دقیق آزمایشگاهی قرار گیرد. در حال حاضر هیچ رابطه ای بین نسب آب به سیمان با میزان مقاومت بتن تراوا در دسترس نیست. نسب آب به سیمان در بتن تراوا اجرا شده ۰.۴۵ می باشد.



### ۳- مشخصات کلی طرح اختلاط بتن تراوا

به منظور تعیین مشخصات فنی بتن تراوا، از قالب های مکعبی  $15 \times 15$  سانتی متری برای نمونه برداری مطابق شکل ۶ استفاده شده است.



شکل ۶- نمونه برداری از بتن تراوا

روش اختلاط مصالح در طرح مخلوط اول (جدول ۱) ابتدا ساخت دوغاب سیمان و سپس افزودن سنگدانه بوده است. چگالی بتن تازه نشان می دهد حجم بتن ساخته شده بیش از یک متر مکعب بوده (۱۱۱۲ لیتر)، فلذا مقدار درصد هوای واقعی در این بتن بیش از حدود فرضی است. همچنین با توجه به وزن آزمون ها که چگالی بتن تازه را بیش از ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب نشان داده شده است، به علت احتمالاً عدم کوبش مناسب در مرحله تعیین چگالی بتن تازه این موضوع اتفاق افتاده است لذا تصمیم گرفته شد طرح اختلاط ۲، نه با مقدار هوای ۳۰٪ بلکه با مقدار هوای ۲۵٪ مجدد ساخته شود. هوای بتن متخلخل معمولاً در بازه ۲۵ الی ۳۰ درصد است اما این موضوع تابع حداکثر سائز شن و درصد شکستگی آنها و عوامل متعدد دیگر می باشد. در این طرح مخلوط بتن مقدار عیار سیمان به صورت شهودی مناسب و بیش از این مقدار صرفاً موجب پر شدن فضای خالی و افزایش چگالی بدون هیچگونه اثر مثبتی خواهد شد. زیرا سطح سنگدانه ها و اتصال آنها کاملاً آغشته به خمیر سیمان می باشد.

جدول ۱- طرح اختلاط شماره ۱ بتن تراوا

مقدار اصلاح شده تئوری	مقدار SSD	واحد	مصالح
۱۴۴۰	۱۶۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	شن درشت دانه (بادامی)
۰	۰	$\frac{Kg}{m^3}$	شن ریز (نخودی)
۰	۰	$\frac{Kg}{m^3}$	ماسه طبیعی
۱۸۰	۲۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	سیمان تیپ ۲
۸۱	۹۰	$\frac{Kg}{m^3}$	آب
۰.۴۵	۰.۴۵	-	نسبت آب به سیمان
٪۳۰	٪۲۳	-	درصد هوا نسبت به کل حجم بتن
۱۷۰۰	۱۸۹۰	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی محاسباتی بتن
-	۱۷۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی واقعی بتن تازه در آزمایشگاه

روش اختلاط مصالح در طرح مخلوط دوم (جدول ۲) نیز ابتدا ساخت دوغاب سیمان و سپس افزودن سنگدانه بوده است.

جدول ۲- طرح اختلاط شماره ۲ بتن تراوا

مقدار اصلاح شده تئوری	مقدار SSD	واحد	مصالح
۱۵۱۷	۱۵۵۰	$\frac{Kg}{m^3}$	شن درشت دانه (بادامی)
.	.	$\frac{Kg}{m^3}$	شن ریز (نخودی)
.	.	$\frac{Kg}{m^3}$	ماسه طبیعی
۱۹۶	۲۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	سیمان تیپ ۲
۸۸	۹۰	$\frac{Kg}{m^3}$	آب
۰.۴۵	۰.۴۵	-	نسبت آب به سیمان
%۲۶	%۲۵	-	درصد هوا نسبت به کل حجم بتن
۱۸۰۲	۱۸۴۰	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی محاسباتی بتن
-	۱۸۰۲	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی واقعی بتن تازه در آزمایشگاه

چگالی بتن تازه نشان می دهد حجم بتن ساخته شده بیش از یک متر مکعب بوده (۱۰۲۰ لیتر)، فلذا مقدار درصد هوای واقعی در این بتن بیش از حدود فرضی است. هر چند اختلاف چگالی واقعی و محاسباتی کاملا قابل قبول است. در واقعیت اجرا و جایدهی این بتن در قالب مقدار چگالی کمتر از آزمایشگاهی است (عدم تراکم و ویریه هنگام جایدهی این بتن در قالب)، لذا مجدد طرح اختلاط ۳ با افزایش مجدد درصد هوا تکرار و ساخته شد

روش اختلاط مصالح در طرح مخلوط سوم (جدول ۳) ابتدا فزودن سنگدانه و سپس سیمان و در نهایت آب بوده است. زمان اختلاط ۵ دقیقه محدود شد. چگالی بتن تازه بسیار نزدیک به چگالی محاسباتی است. در نتیجه هوای فرضی بتن به مقدار ۲۶٪ بسیار نزدیک است.

In cooperation with Shahrekord University, Kharazmi University  
 And Tabriz Islamic Art University

جدول ۳- طرح اختلاط شماره ۳ بتن تراوا

مقدار اصلاح شده تئوری	مقدار SSD	واحد	مصالح
۱۵۲۵	۱۵۲۰	$\frac{Kg}{m^3}$	شن درشت دانه (بادامی)
.	.	$\frac{Kg}{m^3}$	شن ریز (نخودی)
.	.	$\frac{Kg}{m^3}$	ماسه طبیعی
۲۰۰.۶	۲۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	سیمان تیپ ۲
۹۰.۲۵	۹۰	$\frac{Kg}{m^3}$	آب
۰.۴۵	۰.۴۵	-	نسبت آب به سیمان
%۲۵.۶	%۲۶	-	درصد هوا نسبت به کل حجم بتن
۱۸۱۵	۱۸۰۹	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی محاسباتی بتن
-	۱۸۱۵	$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی واقعی بتن تازه در آزمایشگاه

به منظور نهایی کردن طرح اختلاط و کنترل اثرات روش اختلاط اجزا بتن که با دو طرح اول متفاوت بوده است، لذا مجدد طرح اصلاح شده با عیار ۲۰۰ و نسبت آب به سیمان ۰.۴۵ و همچنین مقدار سنگدانه ۱۵۲۵ کیلوگرم در حالت SSD و ۱۵۰۷ کیلوگرم در حالت خشک مجدد تکرار می شود.

در جدول ۴، طرح اختلاط نهایی بتن تراوا بر مبنای مصالح سنگی اشباع با سطح خشک (SSD) و مصالح سنگی خشک ارائه شده است. روش اختلاط مصالح در طرح مخلوط با هر دو حالت : ۱- ابتدا سنگدانه و سپس افزودن سیمان و آب ۲- ساخت دوغاب سیمان و سپس افزودن سنگدانه بلامانع است.



جدول ۴- طرح اختلاط شماره ۴ (طرح نهایی) بتن تراوا

مقدار خشک	مقدار SSD	واحد	مصالح
۱۵۰۷	۱۵۲۵	$\frac{Kg}{m^3}$	شن درشت دانه (بادامی)
۰	۰	$\frac{Kg}{m^3}$	شن ریز (نخودی)
۰	۰	$\frac{Kg}{m^3}$	ماسه طبیعی
۲۰۰	۲۰۰	$\frac{Kg}{m^3}$	سیمان تیپ ۲
۱۰۸	۹۰	$\frac{Kg}{m^3}$	آب
۰.۴۵		-	نسبت آب به سیمان
%۲۵.۸		-	درصد هوا نسبت به کل حجم بتن
۱۸۱۴		$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی محاسباتی بتن
۱۸۱۰		$\frac{Kg}{m^3}$	چگالی واقعی بتن تازه در آزمایشگاه

#### ۴- مراحل اجرای دیوار تراوا

اجرای دیوار تراوا به شرح زیر می باشد:

گام اول: اولین مرحله اجرای صحیح و درست قالب فلزی در محل مورد نظر می باشد. در این مرحله یک دست بودن، صاف بودن و شاغولی قالب حائز اهمیت است. زیرا در صورت ناشاغولی قالب، باعث ایجاد برآمدگی یا تو رفتگی در سطح بتن می شود، که به دلیل استفاده از مصالح خاص و درشت دانه در این نوع بتن، ترمیم آن دشوار می باشد. در راستای ایستاد بودن قالب یک طرفه در زمان قالب گذاری می توان از ساپورت مهاری و رامکا در پشت قالب، جهت ثابت نگهداشتن قالب در زمان بتن ریزی و پس از آن حفاظت از بتن در ارتفاع بلند استفاده نمود. تو رفتگی بتن تراوا موجب افزایش حجم بتن ریزی در دیوار حائل و برآمدگی بتن تراوا سبب از بین رفتن پوشش میلگردها می شود.

گام دوم: پس از قراردادن قالب ها و اطمینان از مهار آنها، به وسیله باب کت شروع به انتقال مصالح خشک بتن ( درشت دانه بادامی و کیسه سیمان مطابق با طرح اختلاط) به داخل خلایه (بتونیر) می نماییم. پس از مخلوط شدن مصالح خشک، آب شرب را به میزان لازم نسبت آب به سیمان یاد شده در طرح اختلاط، اضافه و سپس مصالح را به صورت پیوسته مخلوط می کنیم تا زمانی که آب و سیمان به صورت یک پارچه تمام شن ها را در برگیرد.

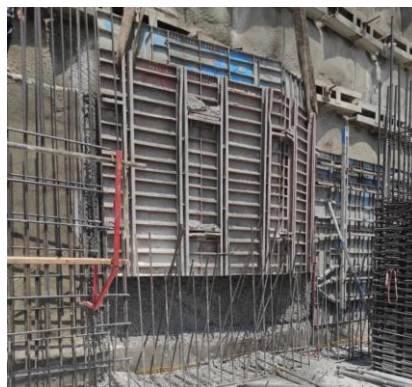
گام سوم: پس از مخلوط کردن مواد و آماده شدن بتن تراوا، عملیات بتن ریزی آغاز میشود. این بتن نیاز به تراکم ندارد. در این مرحله با توجه به مقدار زیاد شن پمپاژ بتن توسط پمپ و خط لوله، مقرون به صرفه نمی باشد زیرا علاوه بر مسدود شدن خط

لوله باعث خوردگی و مستهلک شدن لوله های خط انتقال و آسیب به پمپ می شود. به همین دلیل بهترین راه برای انتقال بتن تراوا به درون قالب استفاده از تسمه نقاله و باب کت می باشد.  
در این روش در قسمت بالایی قالب فلزی، یک قالب را دکوفاژ می نماییم که در آن قسمت انتهایی تسمه نقاله قرار می گیرد سپس بتن را از خلاته بر روی سطح تسمه نقاله با شیب تقریبی ۴۵ درجه انتقال داده تا بتوان بتن را درون قالب هدایت کرد (شکل ۷).



شکل ۷- اجرای بتن تراوا در پروژه نگین افق نیایش

با توجه به شرایط بتن تراوا و طرح اختلاط خاص این نوع بتن ارتفاع قالب و تخلیه بتن هیچ گونه اختلالی در عملکرد و مقاومت آن ندارد. راه دیگر انتقال بتن به درون قالب استفاده از تاور کرین و باکت بتن می باشد، که در نواحی مختلف پروژه با توجه به محدودیت های موجود جایگزین تسمه نقاله شده است.  
گام چهارم: پس از انتقال بتن داخل قالب، بسته به شرایط دمای محیط پس از گذشت مدت زمان ۲۴ الی ۷۲ ساعت برداشتن قالب مجاز است. در زمان قالب برداری دقت بالا و مهارت کافی لازم است، زیرا بتن به دور از هرگونه آسیب از قالب خارج شود و سطحی یک دست و بدون اعوجاج به دست آید. اهمیت قالب برداری از این بابت است که در صورت عدم اجرای صحیح می تواند به سطح نهایی بتن تراوا لطمه وارد کند و به دلیل شرایط خاص به راحتی قابلیت ترمیم ندارد. شکل ۸ قالب برداری را نشان می دهد در نتیجه دقت در قالب برداری حائز اهمیت است.



شکل ۸- قالب برداری بتن تراوا در پروژه نگین افق نیایش

گام پنجم: اجرای پلاستر به ضخامت حداکثر ۲ سانتی متر بر روی سطح بتن تراوا در راستای رسیدن به سطحی صاف و یک دست جهت اجرای عایق پایه سیمانی، اجرای عایق در راستای بهره برداری بهینه و حصول اطمینان از جلوگیری نفوذ آب به

دیوار حائل توصیه می‌گردد. پلاستر از ترکیب پودر سنگ و سیمان سفید به نسبت ۶۰-۴۰ و اختلاط با آب به میزانی که مخلوط به حالت خمیری برسد که به راحتی قابلیت چسبندگی به سطح عمودی بتن تراوا را دارا باشد. شکل ۹ دیوار تراوا اجرا شده در پروژه نگین افق نشان می‌دهد.



شکل ۹- دیوار تراوا اجرا شده در پروژه نگین افق نیایش

#### ۴-۱- موارد کنترلی اجرایی دیوار تراوا در حین اجرا

شاغولی و گونیایی بودن قالب بندی، نظافت و کنترل مقطع بتن ریزی، کنترل استحکام و فواصل مهاره و پشت بندی های قائم و افقی، کنترل باکت حمل بتن تراوا، کنترل ماشین آلات و تجهیزات، کنترل فاصله و زاویه بولت های مهاره، کنترل سلامت و تمیزی سطح قالب و ترمیم قالب.

#### ۴-۲- موارد کنترلی ایمنی دیوار تراوا در حین اجرا

کنترل تجهیزات حفاظت فردی، کنترل فاصله ایمن، فعالیت از لبه پرتگاه، کنترل حفاظ پرتگاه ها و محل های پرخطر، کنترل عدم تداخل تجهیزات برقی و کابل های برق با محل فعالیت، کنترل راه های دسترسی و عرشه کاری جهت استقرار نفرات، کنترل داربست های محل بتن ریزی تراوا، کنترل مهاره های اسکفلد.

#### ۷- نتیجه گیری

با توجه به بالا بودن سطح آب های زیرزمینی، با مشکل ورود آب به دیواره سازه مواجه شدیم. برای حل این مشکل به دلیل ساختار متخلخل بتن تراوا، می توان از آن به عنوان زهکش استفاده نمود، چرا که آب را به راحتی از خود عبور می دهد. از بتن تراوا در دیواره پروژه استفاده شده که با این روش، آب های موجود در دیوار به راحتی و بدون نفوذ آب به داخل سازه به سیستم زهکشی منتقل می شود. پس از پایان عملیات بتن تراوا با اجرای پلاستر بر روی آن، شرایط برای انجام عملیات آب بندی فراهم می گردد که این امر مانع از نفوذ آب به دیواره سازه می شود. استفاده از این روش از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می باشد و از لحاظ اجرایی قابلیت اجرا در تمامی سطوح افقی و قائم را دارد. با توجه به سرعت بالای بتن ریزی به وسیله تسمه نقاله هیچ گونه مانعی در سرعت پیشرفت پروژه ایجاد نمی کند. به منظور تسریع در روند اجرایی، استفاده از این نوع بتن به عنوان جایگزین دیوار بلوکی و فیلتر عمودی پیشنهاد می گردد.

## ۸- قدردانی

از جناب آقای دکتر محمد احمدی بافنده مدیریت محترم عامل و همکاران شرکت نگین افق نیایش بابت همکاری و همراهی در ضمیمه جمع آوری این مقاله سپاسگزاریم.

## مراجع

- [1] G . Nader , D . shivaji Development of no-fine concrete pavement applications , J. Transp . Eng , Mag /June (۱۹۹۵) ۲۸۳-۲۸۸.
- [2] Tennis, P. D., Leming, M. L., and Akers, D. J., Pervious Concrete Pavements, EB302, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mix Concrete Association, Silver Spring, Maryland,(2004).25pages.
- [3] V.R, Schaefer., K, Wang., M. T, Suleiman., J. T, Kevern. (2006). Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates. , Ames: Iowa Department of Transportation. Pages 16-18.
- [4] M.L, Leming., H.R, Malcom., P.D, Tennis. (2007). Hydrologic Design of Pervious Concrete. Silver Spring: Portland Cement Association, Skokie, IL, National Ready Mixed Concrete Association. Page 5.
- [5] K.H, Obla. (2007). Pervious Concrete for Sustainable Development. Proceedings, *First International Conference on Recent Advances in Concrete Technology*, Washington, DC. Pages 2-3.
- [6] J, Kevern., V.R, Schaefer., K,Wang. (2008). The Effect of Curing Regime on Pervious Concrete Abrasion Resistance.*Journal of Testing and Evaluation*, Volume 37, Page4.
- [7] E, Ashley. (2008). Using Pervious Concrete to Achieve LEED™ Points. Silver Spring, MD: *National Ready Mixed Concrete Association*, Pages 1-6.
- [8] M, Vancura., L, Khazanovich., K, MacDonald. (2011). Structural Analysis of Pervious Concrete Pavement. Washington, DC, Pages 1-16.
- [9] R, Rodden., G, Voigt., T, Smith. (2011). Structural and Hydrological Design of Sustainable Pervious Concrete Pavements. Proceedings, *Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Edmonton: Alberta*, Pages 3-15.
- [10]A, Soltani., A, Tarighat., A, Rostami. (2017). Effect of Calcified Clays and Microsilica on Compressive Strength of Concrete. *Scientific & Research Journal of Structural Engineering and Construction*, Pages 33-50.