۱- دامنه کاربرد

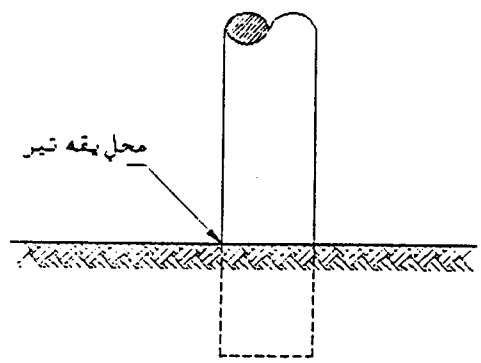
این استاندارد شامل مشخصات تیرهای چوبی که در صنایع برق (و مخابرات) به‌کار می‌روند است. این استاندارد برای تیرهایی که از نوع ساده و با یک اتکا بوده و فقط متحمل نیروهای افقی می‌شوند (این نیروها حداکثر تنش را در قسمتی از تیر که همسطح زمین است ایجاد می‌کند) وضع شده است.

۲- تعاریف

در این استاندارد از اصطلاحاتی استفاده شده است که تعریف آنها در این قسمت.می‌آید.

۲-۱- یقه تیر

فصل مشترك بین تیر چوبی و سطح زمین، یقه تیر نام دارد (شکل (۱)).



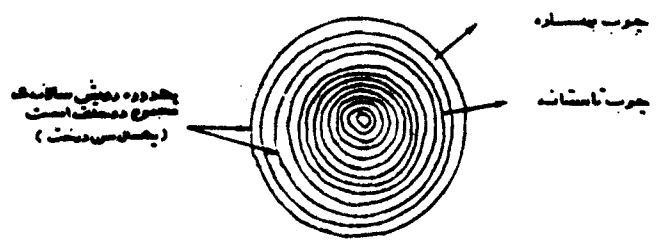
شکل (۱) محل یقه تیر

۲-۲- محیط سینه تیر

محیط آن قسمت از تیر که در ارتفاع ۱۸۳ سانتیمتری از ته تیر قرار گرفته است محیط سینه تیر نام دارد.

۲-۳- دوره (یا دوایر) رویش سالانه

دوره رویش سالانه درخت عموما" در فصل بهار آغاز و در اواخر تابستان پایان می‌یابد. دوره رویش سالانه شامل یک حلقه چوب روشن رنگ بهاره و یک حلقه چوب تیره رنگ تابستانی است که مجموع این دو حلقه، دایره رویش سالانه نام دارد (حلقه‌ها در مقطع تیر مشخص می‌باشند). هر دوره رویش سالانه نشان‌دهنده یک سال برای سن درخت است (شکل (۲)).



شکل (۲) حلقه‌های مربوط به دوره رویش سالانه

۲-۴- ترک

به‌هنگام خشک کردن چوب، تنشهای داخلی ایجادشده موجب ظهور شیارهایی سطحی به موازات محور طولی تیر می‌گردد. این شیارها ترک نامیده می‌شوند که بطور معمول در امتداد شعاع دوایر رویش سالانه و محور طولی تیر توسعه می‌یابند.

۲-۵- شکاف

حالت عمیق ترک که ممکن است تا مرکز تیر امتداد یابد شکاف نامیده می‌شود.

۲-۶- شکست عرضی و مورب

شکست عرضی و مورب، دراثر جدا شدن الیاف چوب حاصل می‌شود و بطور معمول در جهت

عمود بر محور طولی و یا مورب می‌باشد. نیروهای خارجی واردشده به تیر و یا نامتعادل بودن تنشهای داخلی عامل این شکست هستند. باید توجه داشت چوبهایی که دارای این نوع شکست هستند نباید در ساخت پایه‌های چوبی به‌کار روند.

۲-۷- پوسیدگی

پوسیدگی براثر تجزیه بافت چوب توسط قارچهای مخرب ایجاد می‌شود. پوسیدگی ابتدا به‌صورت مقدماتی است. در مرحله مقدماتی به‌سختی چوب لطمه‌ای وارد نمی‌شود (چوب نرم نمی‌شود). از علائم پوسیدگی مقدماتی تغییر رنگ مختصری است که در چوب ایجاد می‌شود.

درصورت ادامه روند پوسیدگی پس از مرحله مقدماتی، پوسیدگی پیشرفته ایجاد می‌شود که به‌علت آثار تخریبی، به‌سهولت تشخیص داده می‌شود. در این مرحله از پوسیدگی، چوب نرم و مجوف و شکننده شده و الیاف و دوایر رویشی آن پیوستگی خود را ازدست می‌دهند.

۲-۸- مغز چوب

قسمت نرم و مرکزی تنه و شاخه درخت که محل ذخیره مواد غذایی و دفع مواد غیرضروری است مغز چوب نامیده می‌شود.

۲-۹- مغز پوك چوب

درصورتی که براثر حمله حشرات یا آفات نباتی قسمتی از مغز چوب دچار پوسیدگی شود و این پوسیدگی در سراسر مغز چوب یا قسمتی از آن سرایت کند، مغز چوب پوك خواهد شد.

۲-۱۰- قسمت برون چوب

قسمتی از درخت که وظیفه حفظ انجام اعمال فیزیولوژیکی و همچنین حفظ استقامت بدنه درخت را به‌عهده دارد، برون چوب نامیده می‌شود.

۲-۱۱- قسمت درون چوب

قسمتی از درخت که وظیفه حفظ استقامت ساقه را به‌عهده دارد و در مجاورت مغز قرار گرفته، درون چوب نامیده می‌شود. این قسمت در انجام اعمال فیزیولوژیکی نقشی ندارد.

۲-۱۲- گره

اثری که محل اتصال شاخه به تنه در تنه درخت باقی می‌گذارد گره نام دارد.

۲-۱۳- گره مرده

هنگامی که شاخه درخت دراثر بریدن و یا سایر عوامل می‌میرد ارتباط بافت چوبی ساقه و شاخه قطع شده و درنتیجه گره مرده بوجود می‌آید.

۲-۱۴- چوب فشاری و چوب کششی

گاهی مشاهده می‌شود که پس از قطع تنه درخت دوایر رویشی سالانه در یک سمت مقطع پهنای بیشتری دارد. بنابراین بنظر می‌رسد مغز چوب بجای مرکز در یک گوشه مقطع قرار گرفته است و چوب تابستانه در آن به نسبت زیادتری وجود دارد (شکل (۳)). رنگ این قسمت از مقطع اغلب تیره (قرمز) می‌باشد.

شکل (۳) مقطع چوب فشاری و کششی

این نوع چوب در درختان سوزنی برگ چوب فشاری و در درختان پهن‌برگ، چوب کششی نامیده می‌شود. چوب فشاری پس از خشک شدن خمیده می‌شود و در چوب کششی مقاومت در مقابل فشار و مدول الاستیسیته کم است.

۲-۱۵- جای زخم

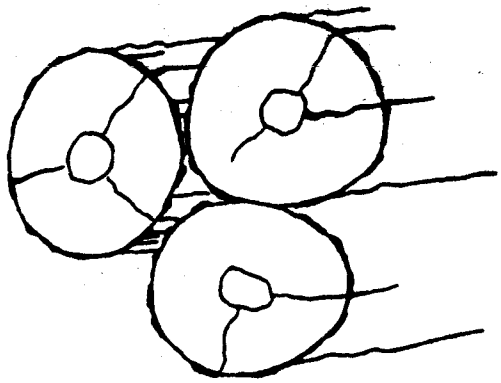
جای زخم ناشی از فرورفتگی سطح چوب براثر زخمی شدن می‌باشد که ترمیم آن به‌صورت طبیعی انجام نشده است.

۲-۱۶- رگه مرده

به‌دلیل آسیب رساندن حشرات و یا سایر صدمات خارجی، سلولهای رویشی چوب و پوست در قسمتی از درخت دچار ضایعه می‌گردند. ازآنجاکه سلولهای رویشی در قسمتهای سالم درخت به رشد خود ادامه می‌دهند لذا بخش صدمه‌دیده درخت پس از مدتی به‌صورت یک شیار خالی بر روی درخت ظاهر می‌شود. به این شیار رگه مرده گفته می‌شود. ظاهر رگه‌های مرده، کهنه و رنگ آنها دستخوش تغییر می‌گردد. درصورتی که چوب دارای رگه مرده باشد باید باتوجه‌به احتمال صدمه دیدن آن براثر زخم، فرورفتگی و پوسیدگی، استفاده از آن برای ساخت پایه با احتیاط لازم همراه باشد.

۲-۱۷- تکان‌خوردگی (گردگسیختگی)

تکان‌خوردگی عبارت است از **انفصال** دوایر رویش سالانه که در داخل ساقه و به شکل یک حلقه **می‌باشد (شکل (۴)).**



شکل (۴) تکان‌خوردگی در چوب

۲-۱۸- الیاف مارپیچی

در اغلب چوبهای طبیعی، امتداد الیاف تقریبا" موازی با محور ساقه است. در بعضی مواقع جهت **الیاف با محور درخت حالت مارپیچی پیدا می‌کنند به‌صورتی که الیاف** ممکن است سمت راست یا چپ محور **پیچیده** باشند. **مارپیچی بودن الیاف موجب** کاهش مقاومت چوب در مقابل نیروهای کششی می‌شود.

۲-۱۹- ضایعات ناشی از حشرات

ضایعات ناشی از حشرات (یا نوزاد کرمی‌شکل آنها) منجربه بروز خراشهای سطحی، **شیارهای کوتاه و یا سوراخهای کوچک بر روی چوب می‌شود. این ضایعه** درنهایت با ایجاد سوراخهای عمقی در داخل **چوب تکمیل می‌گردد.**

۲-۲۰- قرمزی داخل چوب (درون قرمزی)

یک نوع انگل قارچی بنام Fomes Pini، پدیده درون‌قرمزی را موجب می‌شود. در مراحل اولیه

آلودگی قارچی، درون چوب درخت زنده به رنگ قرمز یا قهوه‌ای درمی‌آید. در ادامه، چوب درخت زنده تجزیه و فاسد شده و در نقاط کوچک (ولی مشخص و آشکار) پوسیده و به شکل حفره‌هایی که دور آنها به توسط خطوط سفید احاطه شده است درمی‌آید.

۲-۲۱- رنگ‌باختگی

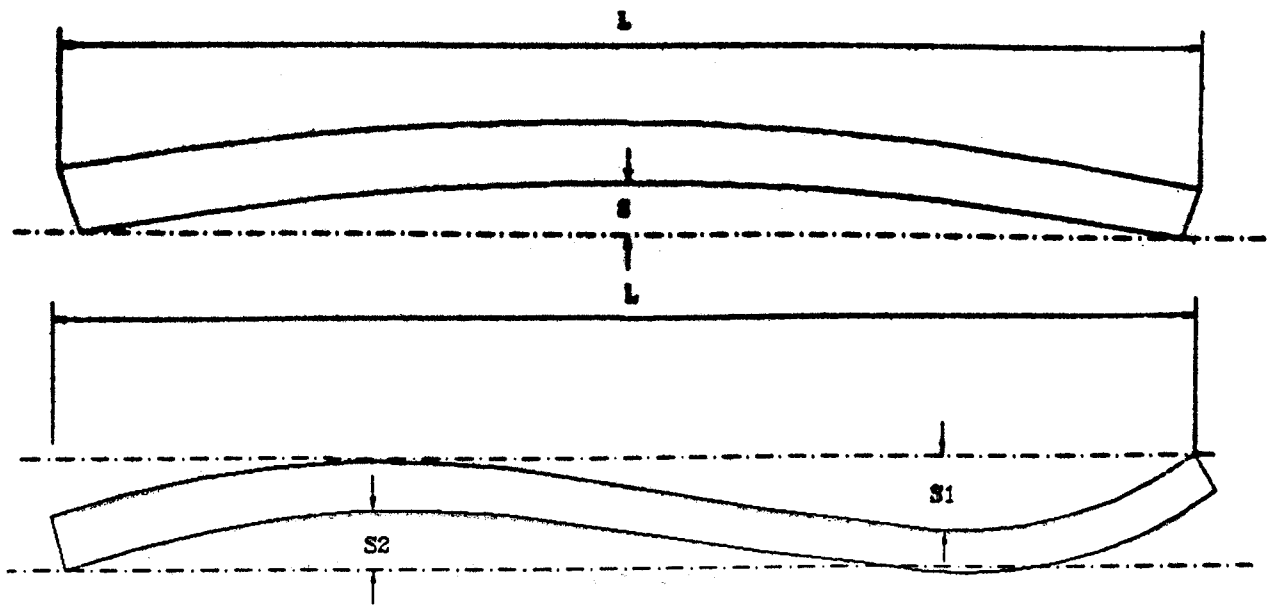
رنگ‌باختگی عبارت است از تغییر رنگ قسمت خارجی و زیر پوست درخت که بوسیله انگلهای قارچی و فعالیت سایر عوامل خارجی بوجود می‌آید ولی باعث تخریب و نرم شدن پوست درخت نمی‌شود.

۲-۲۲- ته تیر معیوب

بهنگام قطع درخت و یا تبدیل آن به تیر چوبی ممکن است قسمتی از انتهای تیر کنده شده و درنتیجه فضای خالی ایجاد شود. به این شکل ته تیر معیوب خواهد بود.

۲-۲۳- انحنا یا خمیدگی در تیر چوبی

انحراف قامت تیر از امتداد مستقیم، انحنا نام دارد (شکل (۵)).

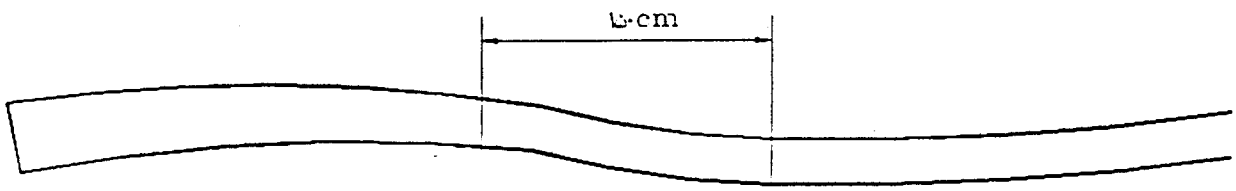


انحراف تیر از امتداد مستقیم = S_2، S_1 و S و طول تیر = L

شکل (۵) انحنای تیر

۲-۲۴- پیچ یا خم کوتاه

پیچ یا خم کوتاه عبارت است از خمیدگی کوتاه موضعی تیر بطوری که فاصله دو سر خمیدگی حداکثر ۱۵۰ سانتیمتر باشد (شکل (۶)).



شکل (۶) خم کوتاه در تیر

۲-۲۵- نمای ظاهری تیر

تصویر تیر بر روی صفحه‌ای به موازات محور طولی تیر، نمای ظاهری تیر نامیده می‌شود.

۲-۲۶- قسمت مماس با زمین

آن قسمت از تیر که بین ۳۰ سانتیمتر بالاتر و ۶۰ سانتیمتر پایین‌تر از سطح زمین واقع شده است قسمت مماس با زمین نام دارد.

۲-۲۷- قطر گره

قطر گره روی تنه چوب و در جهت عمود بر محور طولی تیر اندازه‌گیری می‌شود. قسمت خارجی گره (زیر پوست و دارای شیره) و قسمت داخلی و سخت آن باید در اندازه‌گیری درنظر گرفته شود.

۲-۲۸- کلاس پایه‌های چوبی

کلاس هر پایه عددی است که مشخص‌کننده حداقل محیط سر تیر، حداقل قطر سر تیر، تغییرات مجاز قطر تیر و نیروی شکست تیر می‌باشد. پایه‌های قابل استفاده در شبکه برق به ۷ کلاس تقسیم می‌شوند. قویترین پایه‌ها که محیط آنها بیشترین مقدار را دارد در کلاس یک قرار می‌گیرد. با افزایش کلاس، از مقاومت پایه کاسته شده و محیط سینه (و درنتیجه قطر سینه) آن نیز کم می‌شود[1].

۲-۲۹- علامت‌گذاری روی پایه‌های چوبی

هر پایه باید دارای یک علامت (نشان) به طول حداقل ۵۰ میلیمتر، عرض حداقل ۵ میلیمتر و عمق حداقل ۳ میلیمتر در فاصله ۳ متری از انتهای آن باشد. در بالا و پایین این نشان مشخصاتی که ذکر خواهد شد باید حک شوند.

حروف به‌کار گرفته‌شده برای درج مشخصات باید دارای ارتفاع حداقل ۲۵ میلیمتر، عرض حداقل ۵ میلیمتر و عمق حداقل ۳ میلیمتر باشند. فاصله بین درج مشخصات مختلف باید بین ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر باشد.

مشخصات زیر باید در بالای نشان حک شوند:

۱- طول پایه (برحسب متر)،

۲- کلاس پایه یا قطر پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (برحسب میلیمتر).

مشخصات زیر باید در زیر نشان درج گردد:

۱- کد نوع چوب،

۲- کشور تولیدکننده چوب،

۳- دو رقم آخر سال تولید چوب.

۱- پایه‌های کلاس یک برای شبکه فشارقوی، کلاسهای ۲، ۳ و ۴ برای شبکه فشارمتوسط و کلاسهای ۵، ۶ و ۷ برای شبکه فشارضعیف مناسب هستند.

پایه‌هایی که اشباع آنها با کرئوزوت[1] نباشد باید نحوه اشباع آنها بر روی پایه حک شود.

مشخصات زیر باید در انتهای پایه حک گردند:

۱- طول پایه (برحسب متر)،

۲- کلاس پایه یا قطر پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (برحسب میلیمتر).

شکل (۷) نمونه‌ای از مشخصات درج‌شده روی پایه را نشان می‌دهد.

مشخصات مذکور باید بر روی یک صفحه فلزی مناسب حک گردد و با میخ (و یا هر وسیله دیگر به‌نحوی که به استحکام پایه صدمه وارد نشود) در محلی که پیشتر ذکر شد به پایه متصل شود.

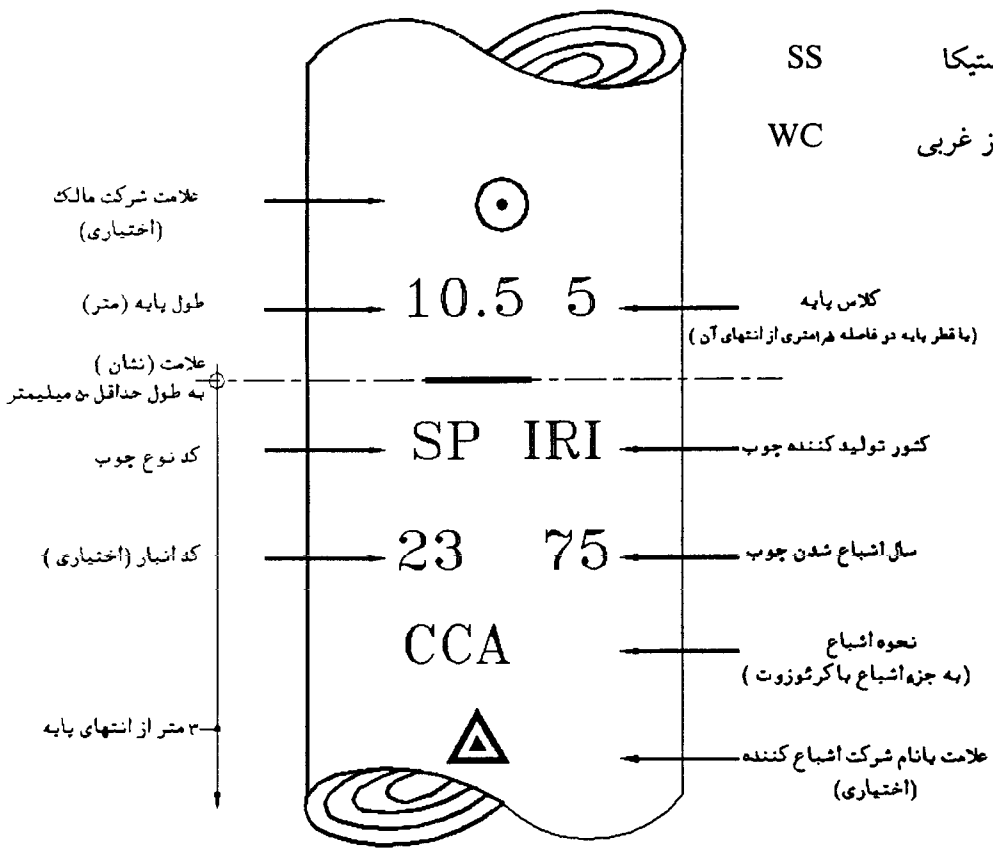
۲-۲۹-۱- کد چوبهای مختلف

باتوجه‌به انواع چوبهای برای به‌کارگیری در ساخت پایه‌های چوبی، اعم از تولید در داخل یا خارج از کشور، علائم زیر به‌عنوان کدهای مشخص‌کننده نوع چوب به‌کار می‌روند.

- کاج تدا TP
- کاج تهران HP
- کاج زربین ZP
- راش RA
- ممرز BB
- تبریزی PO
- صنوبر SP
- افزا MA
- اکالیپتوس OC
- انجیلی EN

۱- کرئوزوت ماده‌ای است که از پالایش قطران زغال سنگ و یا قطران چوب بدست می‌آید و نقش ضدعفونی‌کننده چوب (اشباع چوب) را دارد.

- کاج Corsican CF
- کاج Douglas DF
- سیاه کاج پیوندی LX
- سیاه کاج اروپایی LX
- سیاه کاج ژاپنی LX
- صنوبر اروپایی NS
- کاج Lodgepole LP
- صنوبر استیکا SS
- سرو قرمز غربی WC



حداقل ارتفاع، عرض و عمق حروف باید به‌ترتیب ۲۵ ، ۵ و ۳ میلیمتر باشند.

شکل (۷) نحوه علامت‌گذاری روی پایه

۳- استاندارد پایه‌های چوبی و مشخصات فنی پایه‌ها و کراس‌آرمهای چوبی

۳-۱- مشخصات فنی و استاندارد پایه‌های چوبی

۳-۱-۱- چوبهای مناسب برای ساخت پایه‌های چوبی

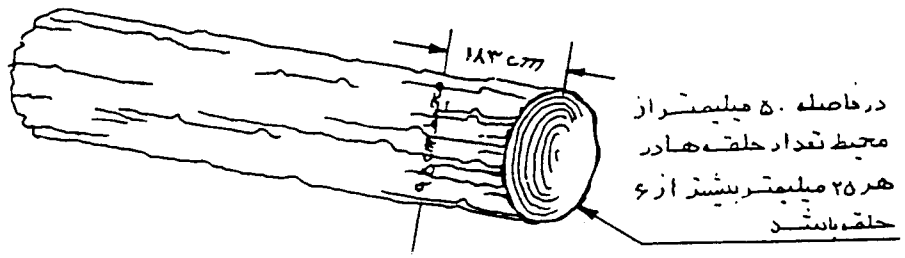
باتوجه‌به آزمایشهای انجام‌شده بر روی گونه‌های مختلف درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ کشور، استفاده از درختان زیر برای تهیه پایه‌های چوبی مناسب است:

سوزنی‌برگان شامل کاج تدا، کاج تهران و کاج زربین.

پهن‌برگان شامل راش، ممرز، تبریزی، صنوبر، افرا، اکالیپتوس و انجیلی.

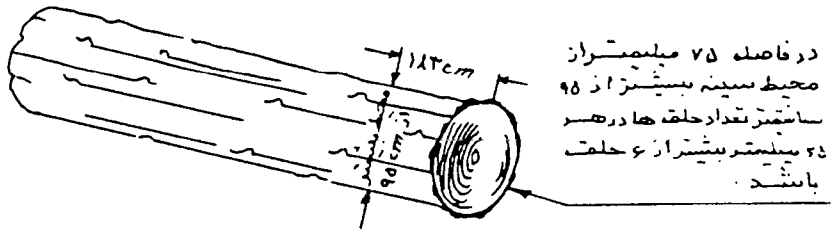
رشد درختانی که برای تهیه پایه‌های چوبی به‌کار می‌روند باید دارای شرایطی به‌صورت زیر باشد:

الف- تعداد حلقه‌های رویش سالانه در طول ۲/۵ سانتیمتر و فاصله ۵ سانتیمتری از محیط مقطع عرضی درختانی که محیط سینه آنها از ۹۵ سانتیمتر کمتر است باید بیش از ۶ باشد (شکل (۸)).



شکل (۸) محدودیت تعداد حلقه‌های رویش سالانه

ب - تعداد حلقه‌های رویش سالانه در طول ۲/۵ سانتیمتر و فاصله ۷/۵ سانتیمتر از محیط مقطع عرضی درختانی که محیط سینه آنها بیش از ۹۵ سانتیمتر است باید بیش از ۶ باشد (شکل (۹)).



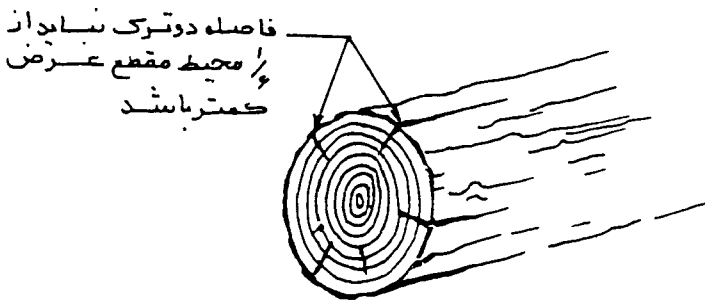
شکل (۹) محدودیت تعداد حلقه‌های رویش سالانه

۳-۱-۲- لکه در قسمت خارجی و زیر پوست درخت

تغییر رنگی که در قسمت خارجی و زیر پوست درخت به توسط انگلهای قارچی و خزه‌ای ایجاد می‌شود ولی منجربه فساد و نرمی چوب نمی‌گردد مجاز است.

۳-۱-۳- ترك

طول ترکهای ظاهرشده در سر پایه حداکثر می‌تواند ۳۰ سانتیمتر باشد. این مقدار در قسمت پایین پایه می‌تواند تا ۶۰ سانتیمتر باشد. در عین حال فاصله دو ترك نزدیک به‌هم که منتهی به مقطع عرضی سر یا ته می‌شوند نباید از یک ششم محیط مقطع عرضی کمتر باشد (شکل (۱۰)).



شکل (۱۰) محدودیت فاصله بین دو ترك

درصورتی که سایر ترکهای موجود در طول تیر خارج از معیارهای مذکور باشند، انتخاب و استفاده از تیر مجاز است.

۳-۱-۴- شکاف

طول شکافهایی که در سر تیر ظاهر می‌شوند نباید بیش از ۳۰ سانتیمتر باشد. این مقدار در ته تیر می‌تواند تا ۶۰ سانتیمتر ادامه یابد. البته اگر طول سایر شکافهای موجود در امتداد تیر بیشتر از مقادیر ذکرشده باشد می‌توان از پایه استفاده کرد. فاصله دو شکاف نزدیک به‌هم که منتهی به مقطع عرضی سر یا ته گردند نباید کمتر از یک ششم محیط مقطع مربوطه باشد.

۳-۱-۵- پوسیدگی

وجود پوسیدگی مقدماتی در چوب مانع استفاده از آن برای ساخت پایه نیست ولی چوبهای دارای پوسیدگی پیشرفته برای ساخت پایه مناسب نمی‌باشند.

۳-۱-۶- مغز پوك چوب

استفاده از چوبهایی که مغز آنها پوك شده است برای تهیه پایه‌های چوبی مجاز نیست.

۳-۱-۷- گره مرده

اگر عمق گره‌های مرده تا ۵ سانتیمتر از سطح چوب ادامه داشته باشد می‌توان از چوب برای ساخت پایه استفاده کرد. در غیر این صورت احتمال ایجاد پوسیدگی داخلی چوب وجود دارد و لذا استفاده از چوب برای ساخت پایه مجاز نیست.

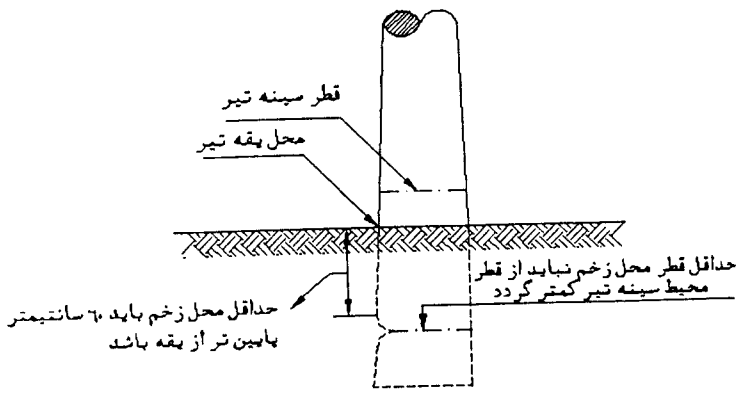
۳-۱-۸- چوب فشاری و چوب کششی

استفاده از چوبهایی که دارای علائم چوب فشاری (یا کششی) در فاصله ۲۵ میلیمتری از محیط قطع‌شده در ابتدا یا انتهای چوب هستند، برای ساخت پایه مجاز نیست.

۳-۱-۹- جای زخم

در انتخاب تیرهای چوبی باید توجه داشت که سطح تیر تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر بالاتر از محل یقه باید فاقد جای زخم باشد. در سایر قسمتهای تیر آثار زخم درصورتی جای اشکال ندارد که بتوان با تراشی مختصر آنها را ترمیم نمود و در عین حال شرایط زیر را نیز باید درنظر گرفت:

الف- قطر مقطع عرضی تیر در محل زخم ترمیم‌شده واقع در ۶۰ سانتیمتری پایین‌تر از محل یقه، نباید کمتر از قطر مقطع محیط سینه تیر گردد (شکل (۱۱)).



شکل (۱۱) محدودیت اثر زخم

ب - اگر قطر تیر در محل اثر زخم ۲۵ سانتیمتر یا کمتر باشد، عمق زخم ترمیم‌شده نباید از ۵ سانتیمتر تجاوز کند. چنانچه قطر تیر در محل زخم ترمیم‌شده، بیش از ۲۵ سانتیمتر باشد عمق اثر زخم نباید بیش از یک پنجم قطر تیر در محل زخم ترمیمی باشد.

۳-۱-۱۰- فرورفتگیها در روی درخت

درختانی که عمق فرورفتگیهای روی آنها کمتر از ۵ سانتیمتر باشد (اندازه‌گیری عمق از روی پوست انجام می‌شود) برای ساخت پایه‌های چوبی مجاز هستند.

۳-۱-۱۱- رگه مرده

با رعایت محدودیتهای ذکرشده در مورد پوسیدگی، اثر زخم و فرورفتگی، می‌توان از چوبهای دارای رگه مرده برای ساخت پایه استفاده کرد.

۳-۱-۱۲- تکان‌خوردگی

تکان‌خوردگی در انتهای پایه درصورتی که فاصله آن تا محیط مقطع انتهای پایه بیش از ۵ سانتیمتر باشد و ضمنا" تکان‌خوردگی تا یقه تیر ادامه نداشته باشد مجاز است. برای تکان‌خوردگی در سر تیر دو محدودیت زیر لازم است رعایت شود:

الف- اگر قطر دایره تکان‌خوردگی بیش از نصف قطر سر تیر باشد نمی‌توان از پایه استفاده کرد زیرا تکان‌خوردگی موجب می‌شود پایه استحکام خود را ازدست بدهد.

ب - باتوجه‌به اینکه از محل تکان‌خوردگی سر تیر ممکن است حشرات و قارچها به داخل تیر نفوذ کرده و موجب پوسیدگی آن شوند، درصورتی که تمام تیر آغشته به مایع اشباع گردد خطر ضایعات حشرات و قارچها منتفی شده و اگر قطر دایره تکان‌خوردگی بیش از یک دوم قطر سر تیر نباشد استفاده از پایه مجاز است.

اگر فقط قسمت پایین تیر که در زمین قرار می‌گیرد اشباع شده باشد، هیچگونه تکان‌خوردگی در سر پایه مجاز نیست.

۳-۱-۱۳- الیاف مارپیچی

استفاده از درختان دارای الیاف مارپیچی جهت ساخت پایه تحت شرایط زیر مجاز است:

طول تیر	حداکثر پیچش مجاز
۹ متر و کمتر	یک دور کامل در هر ۳ متر
۱۰ تا ۱۴ متر	یک دور کامل در هر ۵ متر
بیش از ۱۵ متر	یک دور کامل در هر ۶ متر

۳-۱-۱۴- ضایعات ناشی از حشرات

استفاده از درخت برای تهیه پایه درصورتی مجاز است که قطر سوراخهای بوجودآمده توسط حشرات حداکثر یک سانتیمتر باشد. درصورت وجود ضایعات دیگر ناشی از حشرات، استفاده از درخت مجاز نیست.

۳-۱-۱۵- قرمزی داخل چوب

استفاده از چوبهایی که قرمزی داخل آن همراه با پوسیدگی و فساد است برای ساخت پایه مجاز نمی‌باشد.

۳-۱-۱۶- رنگ‌باختگی

رنگ‌باختگی قسمت خارج چوب درصورتی که همراه با فساد داخلی نباشد مجاز است.

۳-۱-۱۷- ته تیر معیوب

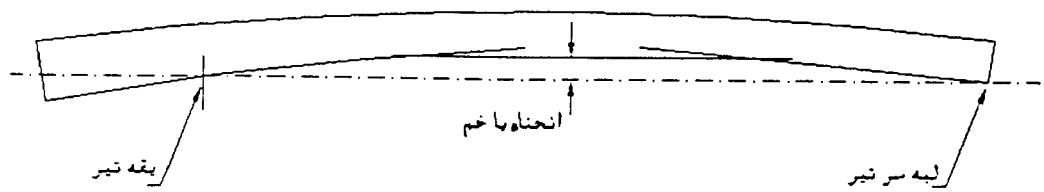
درصورتی که سطح فضای خالی ایجادشده در ته تیر بیش از ۱۰ درصد سطح مقطع عرضی تیر باشد استفاده از تیر مجاز نیست.

۳-۱-۱۸- انحنای تیر

با درنظر گرفتن شرایط زیر، تیر می‌تواند دارای انحنا باشد:

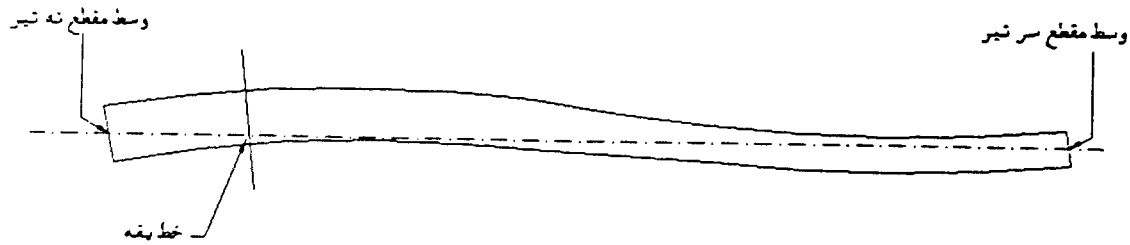
الف- انحنا در یک جهت: برای تیرهای با ارتفاع حداکثر ۱۵ متر که در یک جهت خمیدگی دارند، برای اندازه‌گیری خمیدگی آنها به این صورت اقدام می‌شود که ابتدا در طول تیر خمیده،

قطعات ۳ متری از محل یقه به بالا انتخاب و علامت‌گذاری می‌شوند، سپس یک نخ در ابتدا و انتهای هر قطعه ۳ متری به‌صورت کشیده و مستقیم نگهداشته می‌شود. در این حالت هیچ نقطه‌ای از تیر در قسمت خمیدگی واقع در قطعه ۳ متری، نباید فاصله‌ای بیش از ۲/۵ سانتیمتر با نخ داشته باشد (شکل (۱۲)).



شکل (۱۲) انحنای تیر در یک جهت

ب - **انحنا در دو جهت**: خط مستقیمی که از وسط سر و ته تیر می‌گذرد باید در فاصله این دو نقطه در محلهای انحنا حداقل مماس با سطح تیر باشد (شکل (۱۳)).



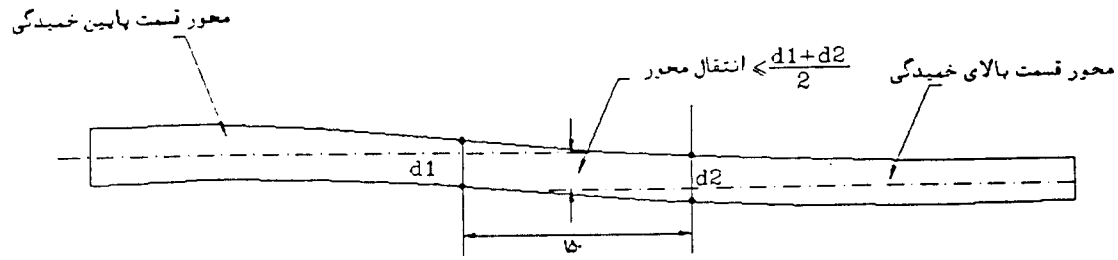
شکل (۱۳) انحنای تیر در دو جهت

۳-۱-۱۹- خمیدگی کوتاه تیر

تیر باید فاقد خمیدگیهای کوتاه باشد. برای اندازه‌گیری خمیدگیهای کوتاه ۱۵۰ سانتیمتری یا کمتر به‌شرح زیر عمل می‌شود:

حالت ۱- درصورتی که محورهای مبنا با هم تقریبا" موازی باشند فاصله دو محور، نباید از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی، بیشتر باشد (شکل (۱۴)).

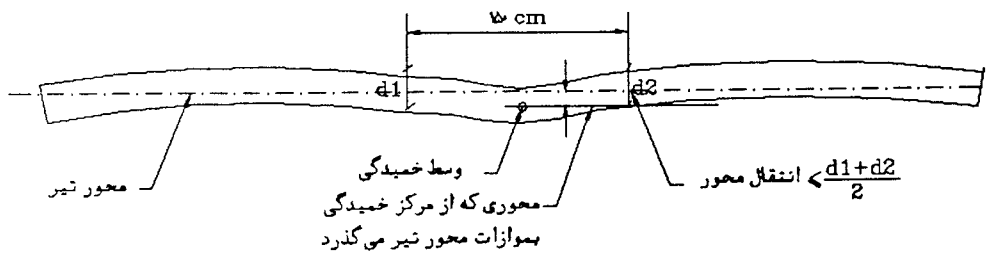
$$\text{فاصله دو محور} \leq \frac{d_1 + d_2}{2}$$



شکل (۱۴) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۱

حالت ۲- درصورتی که محور بالا و پایین خمیدگی کوتاه، برهم منطبق باشند فاصله محور تیر از محوری که از مرکز قسمت خمیدگی به موازات محور تیر می‌گذرد، نباید از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی بیشتر باشد (شکل (۱۵)).

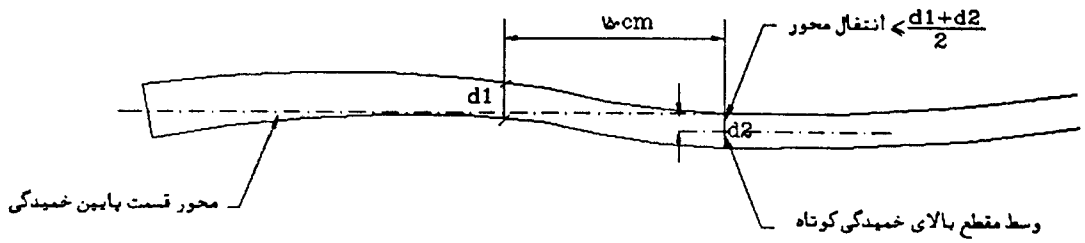
$$\text{فاصله دو محور} \leq \frac{d_1 + d_2}{2}$$



شکل (۱۵) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۲

حالت ۳- درصورتی که محور بالا و پایین قسمت خمیدگی برهم منطبق نبوده و موازی نیز نباشند فاصله محور پایین تیر و خطی که از مرکز مقطع عرضی بالای خمیدگی و موازی پایین کشیده شده نباید بیشتر از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی باشد (شکل (۱۶)).

$$\frac{d_1 + d_2}{2} \leq \text{فاصله محور پایین و مرکز بالای خمیدگی}$$



شکل (۱۶) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۳

۳-۱-۲۰- تغییرات طول تیر

طول تیرهایی که درازای اسمی آنها کمتر از ۱۵ متر است، نباید کمتر از ۸ و بیشتر از ۱۵ سانتیمتر با طول اسمی، اختلاف داشته باشند. در تیرهای بلندتر از ۱۵ متر، مقادیر مذکور به‌ترتیب ۱۵ و ۳۰ سانتیمتر هستند.

۳-۱-۲۱- محدودیت قطر گره در چوب

به‌هنگام انتخاب درخت برای تهیه پایه چوبی و یا خرید پایه باید توجه شود قطر هر گره و مجموع قطر گره‌های موجود در یک فاصله ۳۰ سانتیمتری در طول پایه نباید از حدود جدول (۱) تجاوز کند:

جدول (۱)

طول تیر	محل گره‌ها	کلاس ۱، ۲ و ۳	کلاس ۴، ۵، ۶ و ۷
۸ تا ۱۵ متر	نیمه اول از ته تیر	قطر هر گره، ۷/۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر	قطر هر گره، ۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر
۸ تا ۱۵ متر	نیمه دوم از ته تیر	قطر هر گره، ۱۲/۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر
بیش‌از۱۵متر	نیمه اول از ته تیر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر
بیش‌از۱۵متر	نیمه دوم از ته تیر	قطر هر گره ۱۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر

۳-۱-۲۲- حداقل تنش خمشی

باتوجه‌به نتایج آزمایشهای انجام‌شده بر روی پایه‌های چوبی وارداتی، حداقل تنش خمشی پایه‌های مذکور برابر ۵۶۰ کیلوگرم‌برسانتیمترمربع می‌باشد. ازطرف دیگر ممکن است حداقل تنش خمشی چوبهایی که در داخل کشور به‌عمل آورده می‌شوند از ۵۶۰ کمتر باشد ولی بتوان با تغییر سطح مقطع و طول تیر (در حدودی که در استاندارد پیش‌بینی شده است و از لحاظ ساخت و همچنین زیبایی، اشکالی ایجاد نکند) به نتایج قابل قبول از دید آزمایشهای بارگذاری دست یافت. بنابراین چنانچه حداقل تنش خمشی پایه‌ای کمتر از ۵۶۰ کیلوگرم‌برسانتیمترمربع باشد نمی‌توان رای به عدم‌استفاده از آن داد مگراینکه تغییر طول و یا سطح مقطع در چارچوب مجاز به نتایج قابل قبول ازنظر بارگذاری منتهی نشود.

۳-۱-۲۳- حداقل محیط سر تیر

حداقل محیط سر تیر برای پایه‌های چوبی با طول بین ۸ تا ۱۸ متر در هر کلاس عدد ثابتی است که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) حداقل محیط سر تیر برای کلاسهای مختلف

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سر تیر (سانتیمتر)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸

۳-۱-۲۴- حداقل قطر سر تیر

حداقل قطر سر تیر در کلاسهای مختلف عددی ثابت است. بنابراین با افزایش طول پایه، قطر سینه آن نیز افزایش می‌یابد. در جدول (۳) حداقل قطر سر تیر برای کلاسهای مختلف آورده شده است.

جدول (۳) حداقل قطر سر تیر برای کلاسهای مختلف

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل قطر سر تیر (سانتیمتر)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲

۳-۱-۲۵- تغییرات مجاز قطر سر تیر

ازآنجاکه به‌هنگام انتخاب درختان برای تهیه پایه‌های چوبی شاید بتوان به قطر تعیین‌شده برای سر تیر دست یافت، تغییرات مجازی برابر ۲+ سانتیمتر برای قطر سر تیر در تمام کلاسها درنظر گرفته می‌شود.

۳-۱-۲۶- نیروی شکست

نیروی شکست پایه در کلاسهای مختلف در جدول (۴) آورده شده است. روش آزمایش به‌منظور محاسبه این نیرو در پیوست (الف) ذکر شده است.

جدول (۴) نیروی شکست پایه برای کلاسهای مختلف

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
نیروی شکست (کیلوگرم‌نیرو)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰

۳-۱-۲۷- طول پایه‌های چوبی

بطور معمول طول پایه‌های چوبی به‌کار گرفته‌شده در شبکه برق بین ۸ تا ۱۸ متر می‌باشد. در محدوده مذکور، عموما" اعداد ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۷ و ۱۸ متر به‌عنوان طول پایه درنظر گرفته می‌شوند.

۳-۱-۲۸- حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر

در جدول (۵) حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتری انتهای تیر به‌ازای طولها و کلاسهای مختلف تیرها داده شده است.

۳-۱-۲۹- رطوبت پایه‌ها

عملیات اشباع انواع چوب (بجز صنوبر) تا زمانی که رطوبت متوسط هر دسته از پایه‌ها به حداکثر ۲۸ درصد کاهش نیابد نمی‌تواند شروع شود. در این شرایط رطوبت هیچیک از پایه‌های یک دسته، نباید بیش از ۳۰ درصد باشد. رطوبت پایه‌ها بیش از شروع عملیات اشباع را می‌توان با استفاده از رطوبت‌سنج و یا آزمایشی که در پیوست (ب) توضیح داده شده است به‌دست آورد. درصورت استفاده از رطوبت‌سنج، اگر

رطوبت بیش از ۲۵ درصد نشان داده شود باید به‌کمک آزمایش مذکور نتیجه را تائید نمود. پایه‌هایی که قرار است اشباع شوند باید تحت باران شدید و پیوسته قرار نگیرند. زمانی که لازم است پایه‌های چوبی رطوبت خود را ازدست بدهند بین ۶ تا ۱۲ ماه است.

ازآنجاکه زمان لازم برای آن که چوب رطوبت خود را به‌صورت طبیعی ازدست بدهد زیاد است می‌توان از روش مصنوعی برای خشک کردن چوب استفاده کرد. روش کار به این صورت است که چوبها در اتاقهای سرپوشیده بزرگی که لوله‌های حاوی بخار گرم در آنها پیش‌بینی شده است قرار می‌گیرند. دمای اتاقها در حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد است و به این ترتیب چوبها در طی زمانی در حدود ۲۴ ساعت یا بیشتر رطوبت اضافی خود را ازدست داده آماده اشباع می‌شوند.

جدول (۵) حداقل محیط سینه در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
طول تیر (متر)	حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر (سانتیمتر)						
۸	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۵۸/۵	۵۵
۹	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳/۵	۷۰	۶۲	۵۸/۵
۱۱	۹۶/۵	۹۰	۸۴	۷۸/۵	۷۳/۵	۶۷	۶۲
۱۲	۱۰۱/۵	۹۵	۹۱/۵	۸۲/۵	۷۷/۵	۷۱	۶۶
۱۴	۱۰۷	۱۰۳	۹۳	۸۶	۸۲/۵	۷۳/۵	۶۸/۵
۱۵	۱۱۲	۱۰۷	۹۵	۹۰	۸۶	۷۷/۵	۷۲
۱۷	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۱/۵	۹۶/۵	۸۹	۸۰	—
۱۸	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۴	۹۹	۹۱/۵	۸۴	—

۳-۱-۳۰- اشباع پایه‌های چوبی

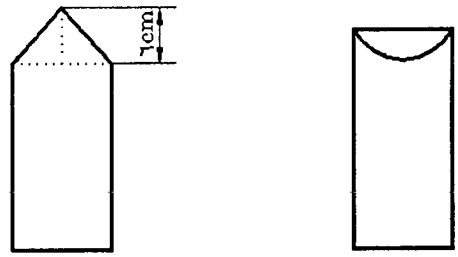
به‌منظور افزایش عمر مفید چوب و جلوگیری از نفوذ حشرات و قارچها در چوب، پایه‌های چوبی

باید اشباع شوند. بطور عمده از کرئوزوت، روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی و مواد معدنی قابل حل در آب، جهت اشباع چوب استفاده می‌شود.

پیش از شروع عملیات اشباع می‌باید پوست‌کنی چوب، خراطی و صافکاری، تنظیم طول تیر و برش سر آن و سوراخکاری، رطوبت‌گیری و توزین پایه انجام شوند. تعیین میزان نفوذ مواد اشباع‌کننده در پایه در پیوست (ج) توضیح داده شده است.

۳-۱-۳۱- برش سر تیر

به‌منظور حفاظت تیر از آثار نامناسب باقی ماندن برف و باران و ایجاد یخ‌زدگی در سر تیر که موجب ترکیدن پایه در راس آن می‌شود، سر تیر در دو جهت به‌صورت مورب باید برش داده شود. ارتفاع مثلث حاصله از برش بین ۶ تا ۱۰ سانتیمتر است (شکل (۱۷)).



شکل (۱۷) برش سر تیر

۳-۱-۳۲- آزمایشهای لازم جهت اجرا بر روی پایه‌های چوبی

آزمایشهایی که لازم است بر روی پایه‌های چوبی انجام شوند عبارتند از آزمایش تعیین نیروی شکست، آزمایش فشاری (محاسبه ضریب ارتجاعی) و محاسبه حداکثر تنش فشاری، آزمایش خمشی، آزمایش مقاومت در مقابل ضربه و محاسبه وزن ویژه. مجموعه تجهیزات لازم برای آزمایش در پیوست (الف) توضیح داده شده‌اند.

۳-۲- مشخصات فنی کراس‌آرمهای چوبی

۳-۲-۱- نوع چوب

کراس‌آرمهای چوبی در شبکه فشار متوسط به‌کار می‌روند و قابل نصب بر روی پایه‌های چوبی و بتنی

هستند. باتوجه‌به نیروهای وارده ازطرف سیمها، وزن یخ و برف و فشار باد لازم است کراس‌آرمها از بهترین نوع چوب ساخته شوند. درصورت استفاده از چوب درختان پهن‌برگ برای ساخت کراس‌آرم، چوب درختان راش، ممرز، افرا، خرمندی، انجیلی و گز ایرانی برای این منظور مناسب هستند و از درختان سوزنی‌برگ، کاج پنیوسیلویریس (در خارج از کشور کشت می‌شود) مناسب می‌باشند.

۳-۲-۲- شرایط ساخت

چوبهای کراس‌آرم باید از چهار طرف تراش خورده و صاف شوند. کناره لبه‌های فوقانی آنها به اندازه ۱ سانتیمتر باید پخ شود.

۳-۲-۳- رطوبت چوب در موقع اشباع

رطوبت در کراس‌آرم در موقع اشباع نباید از ۲۲ درصد بیشتر باشد.

۳-۲-۴- شرایط انتخاب چوب برای تهیه کراس‌آرم

باتوجه‌به اینکه نیرو در جهات مختلف به کراس‌آرم وارد می‌شود به‌هنگام انتخاب چوب کراس‌آرم شرایط زیر باید رعایت شود:

۳-۲-۴-۱- ترك بر روی سطح فوقانی کراس‌آرم

حداکثر مجاز طول، عرض و عمق ترك بر روی سطح فوقانی کراس‌آرم به‌ترتیب ۱۵، ۰/۱۶ و ۰/۳ سانتیمتر است. قرار گرفتن سوراخ میله مقره بر روی ترکهای مجاز و یا در کنار آنها بلامانع است.

۳-۲-۴-۲- ترك بر روی سایر سطوح

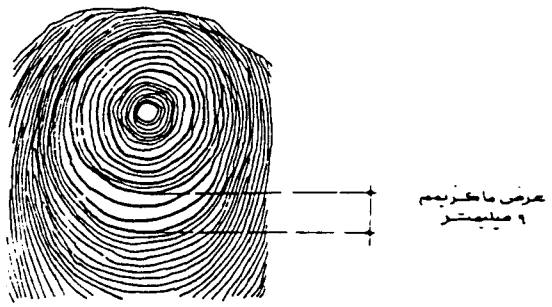
حداکثر مجاز طول، عرض و عمق ترك بر روی سایر سطوح کراس‌آرم به‌ترتیب یک سوم طول کراس‌آرم، ۰/۳ سانتیمتر و ۰/۳ سانتیمتر می‌باشد.

۳-۲-۴-۳- شکاف

هیچ نوع شکافی بر روی کراس‌آرم مجاز نیست.

۳-۲-۴-۴- چوب فشار و چوب کششی در کراس‌آرم

بطور کلی وجود هیچ نوع چوب فشاری و کششی بر روی سطوح کراس‌آرم مجاز نیست. درصورتی که در دو سر انتهایی کراس‌آرم، چوب فشاری یا کششی مشاهده گردد به‌نحوی که تمام آن در داخل کراس‌آرم قرار گرفته و از سطوح دیگر قابل رویت نباشد آنگاه چوب فشاری یا کششی باید کمتر از ۶ حلقه رشد سالانه داشته باشد و عرض آن از ۹ میلیمتر تجاوز ننماید (شکل (۱۸)).



شکل (۱۸) عرض مجاز چوب فشاری یا کششی در کراس‌آرم چوبی

۳-۲-۴-۵- پوسیدگی

هیچ نوع پوسیدگی در کراس‌آرم مجاز نیست.

۳-۲-۴-۶- الیاف مارپیچ یا مورب

انحراف الیاف چوب از راستای محور طولی در امتداد کراس‌آرم نباید از ۲ سانتیمتر در طول کراس‌آرم تجاوز کند (انحراف الیاف در اطراف گره مستثنی است).

۳-۲-۴-۷- گره

وجود گره در قسمتهای مرکزی و فوقانی کراس‌آرم درصورتی که قطر آن از ۲ سانتیمتر تجاوز نکند بلامانع است. درصورت وجود گره در قسمتهای مرکزی سایر سطوح، حداکثر قطر آن می‌تواند ۴ سانتیمتر باشد.

۳-۲-۴-۸- حفره‌های جای گره

حفره‌های جای گره در سطح فوقانی بلامانع است. درصورتی که حداکثر قطر و عمق آن به‌ترتیب

۲ و ۱ سانتیمتر باشد. در سطوح دیگر، حداکثر مجاز قطر و عمق حفره‌ها ۲ سانتیمتر است.

۳-۲-۴-۹- گره‌های نمایان از دورو

برای اندازه‌گیری مجاز گره‌های روی سطوح کراس‌آرم که از دورو دیده می‌شوند باید متوسط قطر آن گره‌ها را محاسبه نمود و سپس شرایط لازم برای گره را تحقیق نمود.

۳-۲-۴-۱۰- حداکثر قطرگره و مجموع قطر گره‌ها در کراس‌آرم

حداکثر اندازه مجاز قطر گره و مجموع قطر گره‌ها در کراس‌آرم وابسته به محل گره است و مطابق شرایط جدول (۶) تعیین می‌شود.

جدول (۶)

محل گره	اطراف‌مرکز، نیمه‌بالا	اطراف‌مرکز، نیمه‌پایین	اطراف‌نیمه‌انتهایی
- قطر گره (میلیمتر)	۲۵	۳۰	۴۰
- مجموع قطر گره‌ها (میلیمتر)	۵۰	۶۰	۷۵
- قطر گره‌هایی که عرض سوراخهای میله مقره را قطع می‌کنند (میلیمتر)	۱۶	۱۶	۱۶
- فاصله‌گره و حفره‌های جای گره با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر باسوراخهای جای میله مقره (میلیمتر)	۱۸	۹	۹

۳-۲-۴-۱۱- تکان‌خوردگی

تکان‌خوردگی در کراس‌آرم مجاز نیست.

۳-۲-۴-۱۲- درون‌قرمزی

درون‌قرمزی در چوب کراس‌آرم مجاز نیست.

۳-۲-۴-۱۳- انحنای مقعر

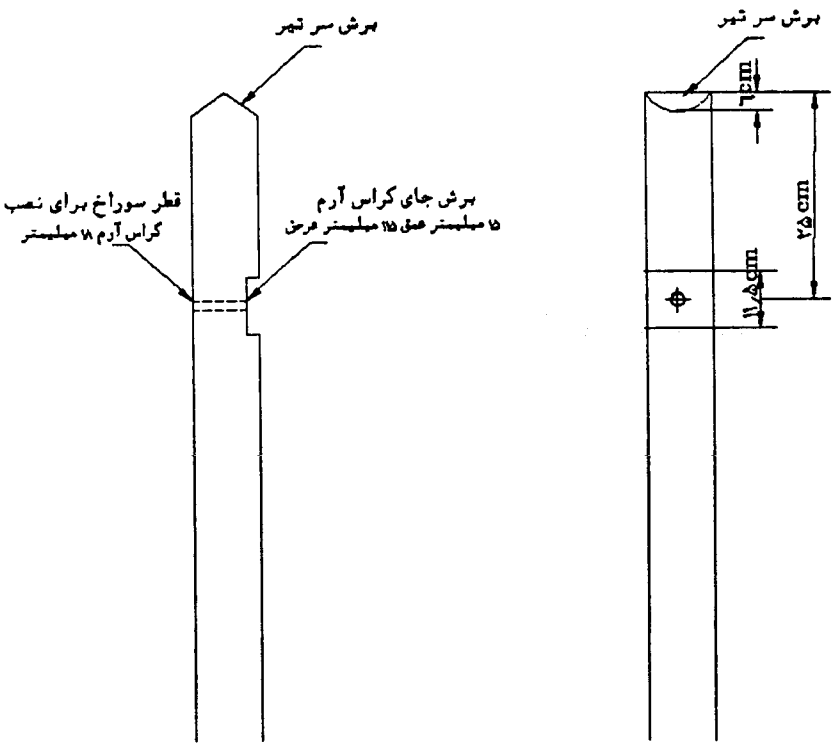
بعضی مواقع به‌علت وجود انحنا در چوب درخت، بر روی کراس‌آرم یا کناره‌های آن تقعر ایجاد

می‌شود که حدود مجاز آن در قسمتهای مختلف کراس‌آرم به‌صورت زیر است:

- سطح بالای کراس‌آرم با دوانحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۱۰۰ میلیمتر طول،
- سطح زیرین کراس‌آرم با سه‌انحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۲۰۰ میلیمتر طول،
- سطوح جانبی کراس‌آرم با سه‌انحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۲۰۰ میلیمتر طول.
- وجود قسمتهای مقعر کوچکتر و کوتاهتر از مقادیر ذکرشده در سطوح کراس‌آرم قابل قبول است.

۳-۲-۴-۱۴- نصب کراس‌آرم بر روی پایه

در شکل (۱۹) محل نصب کراس‌آرم بر روی پایه نشان داده شده است.



شکل (۱۹) محل نصب کراس‌آرم بر روی پایه

۴- نگهداری، حمل و نصب پایه‌های چوبی

۴-۱- مقدمه

بدنه تیرهای چوبی نباید با سطح زمین تماس داشته باشد زیرا بتدریج رطوبت زمین را جذب می‌کند. بنابراین بخشی از چوب، مرطوب شده و بخشی دیگر که درمعرض هوای آزاد یا نور خورشید قرار دارد رطوبت خود را ازدست می‌دهد. اختلاف رطوبت بین دو قسمت پایه سبب ایجاد تنش و گسیختگی سلولهای چوب شده و درنتیجه ترك و شکافهای عمیق بوجود می‌آید که پایه را غیرقابل استفاده می‌سازند. ازطرف دیگر نامنظم قرار گرفتن پایه‌ها بر روی یکدیگر و وارد آمدن فشار بر یک تیر براثر سنگینی پایه‌های روی آن که منجربه متمرکز شدن نیرو در یک نقطه می‌گردد موجب پیدایش انحنا و خمیدگی غیرمجاز می‌شود. بنابراین صدمات غیرقابل جبران و احتمالا" شکستن پایه بوجود خواهد آمد.

برای نگهداری پایه‌های چوبی در انبارها به‌مدت طولانی، لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

۴-۲- محل انبار

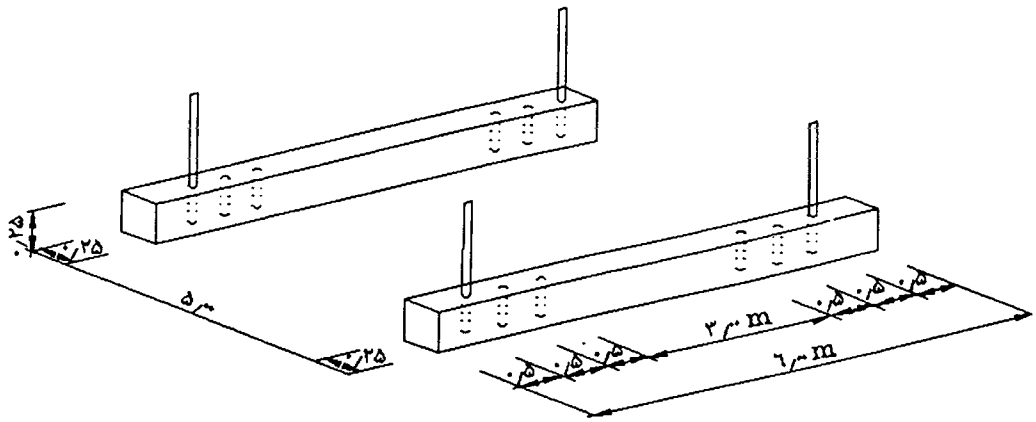
مناسبترین محل برای نگهداری پایه‌های چوبی انبارهای تمام‌بسته است تا به‌این صورت پایه‌ها از آسیب عوامل جوی و همچنین آتش‌سوزی مصون باشند. درصورت عدم‌امکان تهیه چنین مکانهایی می‌توان با نصب ایرانیت در محل استقرار پایه‌ها، آن محل را مسقف نمود. در انبار فضای کافی برای حرکت کامیون و مانور جرثقیل باید پیش‌بینی شود. به‌منظور سهولت استفاده از پایه‌های با کلاسهای مختلف، لازم است یک سکوی اختصاصی برای هر کلاس پایه، در انبار درنظر گرفته شود.

۴-۳- سکوی استقرار تیر (بالشتک)

بالا نگهداشتن بدنه پایه از زمین و ممانعت از تماس مستقیم آن با کف انبار و ایجاد تهویه لازم در قسمت زیرین پایه‌ها ازطریق ایجاد سکوها انجام می‌شود. سکوها می‌توانند فلزی یا بتنی باشند. فاصله دو سکوی تیرهای با کلاسهای مختلف از یکدیگر باید ۵ متر و ارتفاع سکوها از کف انبار ۲۵ سانتیمتر باشد.

در سکوهای فلزی که بطور معمول از تیرآهن و یا ناودانی شماره ۲۶ به طول ۶ متر ساخته می‌شود گیره‌هایی تعبیه شده که می‌توان برحسب تعداد تیر انبارشده، محل گیره را بر روی سکو تغییر داد. در سکوهای بتنی که دارای ابعاد ۲۵×۲۵ سانتیمتر و طول ۶ متر هستند می‌توان در هر ۰/۵ متر با تعبیه لوله‌ای به قطر سه‌چهارم اینچ و بلندی ۲۵ سانتیمتر در داخل بتن، سوراخهایی در سراسر سکو تعبیه نمود تا با قرار دادن یک میله در داخل آن از غلطیدن پایه بر روی سکو ممانعت شود (شکل (۲۰)). محل نصب میله را می‌توان برحسب تعداد تیر انبارشده بر روی سکو انتخاب نمود.

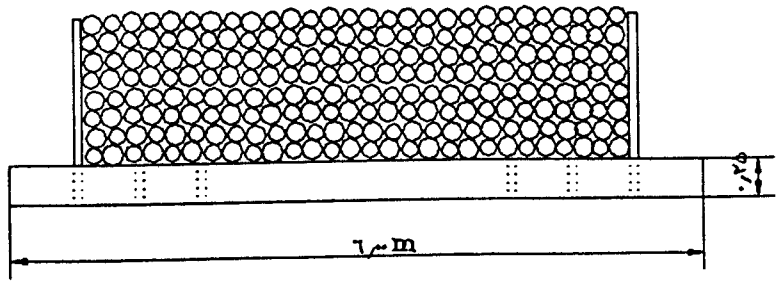
برای تهیه سکوهای موقت در کارگاهها می‌توان از تراورسهای چوبی با ابعاد ۲۶۰×۲۵×۱۵ سانتیمتر استفاده کرد.



شکل (۲۰) نمونه سکوی بتنی

۴-۴- نحوه قرار گرفتن پایه‌ها بر روی سکو

به‌منظور قرار دادن پایه‌ها بر روی سکو به این شکل عمل می‌شود که اولین ردیف تیرها به‌صورت معکوس کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (سر و ته دو پایه مجاور، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرد)، ردیفهای بالایی نیز به‌همین ترتیب قرار می‌گیرند و بعلاوه سر و ته دو پایه از دو ردیف متوالی، روی هم قرار می‌گیرد (شکل (۲۱)).



شکل (۲۱) قرار گرفتن پایه‌ها بر روی سکو

۴-۵- حمل و جابجایی پایه‌ها

لازم است موارد زیر به‌هنگام حمل و جابجایی پایه‌ها رعایت شوند:

الف- طول وسیله حمل و نقل متناسب با طول تیر باشد.

ب - نحوه قرار گرفتن پایه‌ها در داخل کامیون همانند نحوه استقرار آنها روی سکوها است تا به این صورت از تجمع سر یا ته پایه‌ها در یک قسمت که موجب ریزش آنها هنگام حرکت کامیون، براثر لغزش روی یکدیگر می‌گردد جلوگیری شود.

پ - برای پایین آوردن پایه از داخل کامیون از جرثقیل استفاده شود. درصورت دراختیار نبودن جرثقیل، با قرار دادن دو پایه در کنار کامیون و سپس لغزاندن پایه بر روی سراشیبی ایجادشده توسط پایه‌های مزبور و کنترل حرکت تیر به‌کمک دو طناب که در سر و ته تیر بسته می‌شود از انداختن تیر به پایین ممانعت به‌عمل آید.

همواره باید توجه داشت که به‌هنگام تخلیه پایه‌ها، از وارد آمدن ضربه به آنها جلوگیری شود زیرا اعمال ضربه می‌تواند ترکهای کوچک در پایه ایجاد کند که این ترکها به مرور زمان تبدیل به شکاف می‌شوند و پایه را بلااستفاده می‌کنند.

۴-۶- حداقل عمق دفن پایه

عمق دفن پایه‌های چوبی بستگی به طول و نوع پایه (ازنظر وزن) و نوع زمین محل دفن آن دارد. این ارتباط در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول (۷) حداقل عمق دفن پایه‌های چوبی

سنگ‌دار			خوب			سست			معمولی			نوع خاک
سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	شرایط آب و هوایی / نوع پایه (متر)
۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۲/۰	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۸
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۲/۱	۱/۹	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۹
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱۰
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۲/۲	۲/۱	۱/۸	۱/۹	۱/۷	۱/۶	۱۱
۱/۴	۱/۳	—	۱/۷	۱/۶	—	۲/۳	۲/۱	—	۱/۹	۱/۷	—	۱۲
۱/۴	۱/۳	—	۱/۷	۱/۶	—	۲/۴	۲/۲	—	۲/۰	۱/۸	—	۱۳
۱/۵	۱/۴	—	۱/۷	۱/۷	—	۲/۴	۲/۳	—	۲/۱	۱/۹	—	۱۴
۱/۵	—	—	۱/۸	—	—	۲/۵	—	—	۲/۱	—	—	۱۵
۱/۶	—	—	۱/۸	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۶
۱/۶	—	—	۱/۹	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۷
۱/۷	—	—	۱/۹	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۸
۱/۷	—	—	۲/۰	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۹

مشخصات انواع مختلف خاک که در جدول مشخص شده‌اند به‌شرح زیر است:

خاک معمولی: عبارت است از گل خشک و سفت، شنزار خشک و سفت و شن به‌هم‌فشرده و سفت.

خاک سست: عبارت است از گل نرم و تر و شن نرم و تر، گل خشک مخلوط با ماسه نرم و طبقات گل و ماسه.

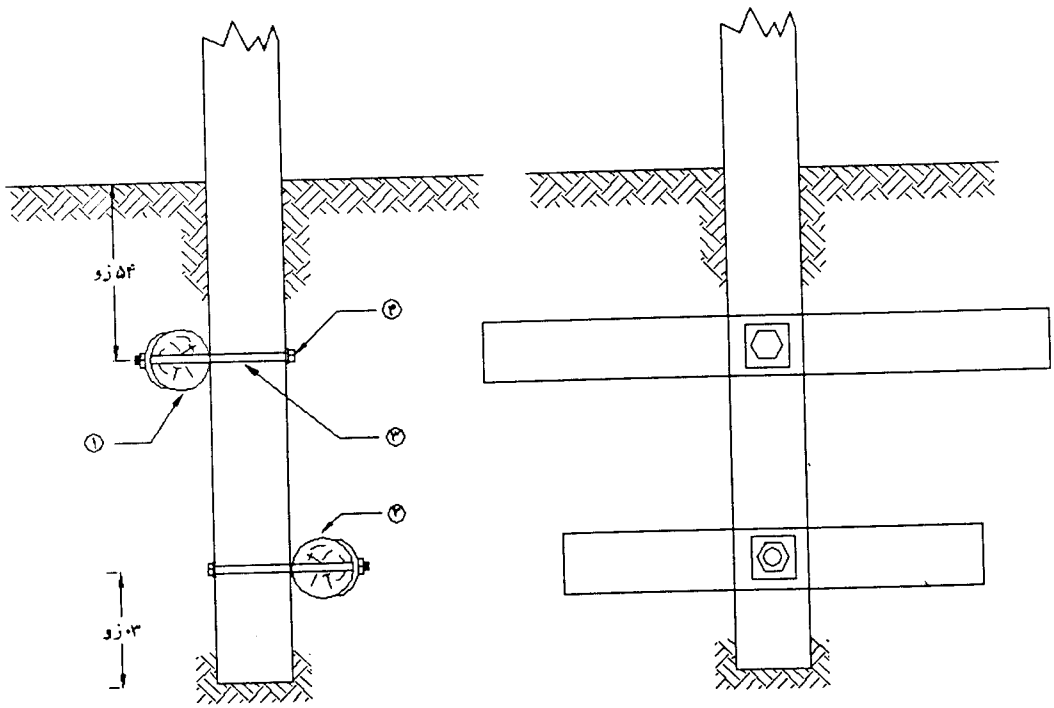
خاک خوب: عبارت است از شن درشت به‌هم‌فشرده، سنگ و گل طبقه‌طبقه‌شده، سنگ سست و شن و ماسه که خوب پهن شده باشد.

خاک سنگ‌دار: عبارت است از خاکی که محتوی سنگهای با حجم متوسط و سخت باشد.

۴-۷- نصب پایه‌های چوبی

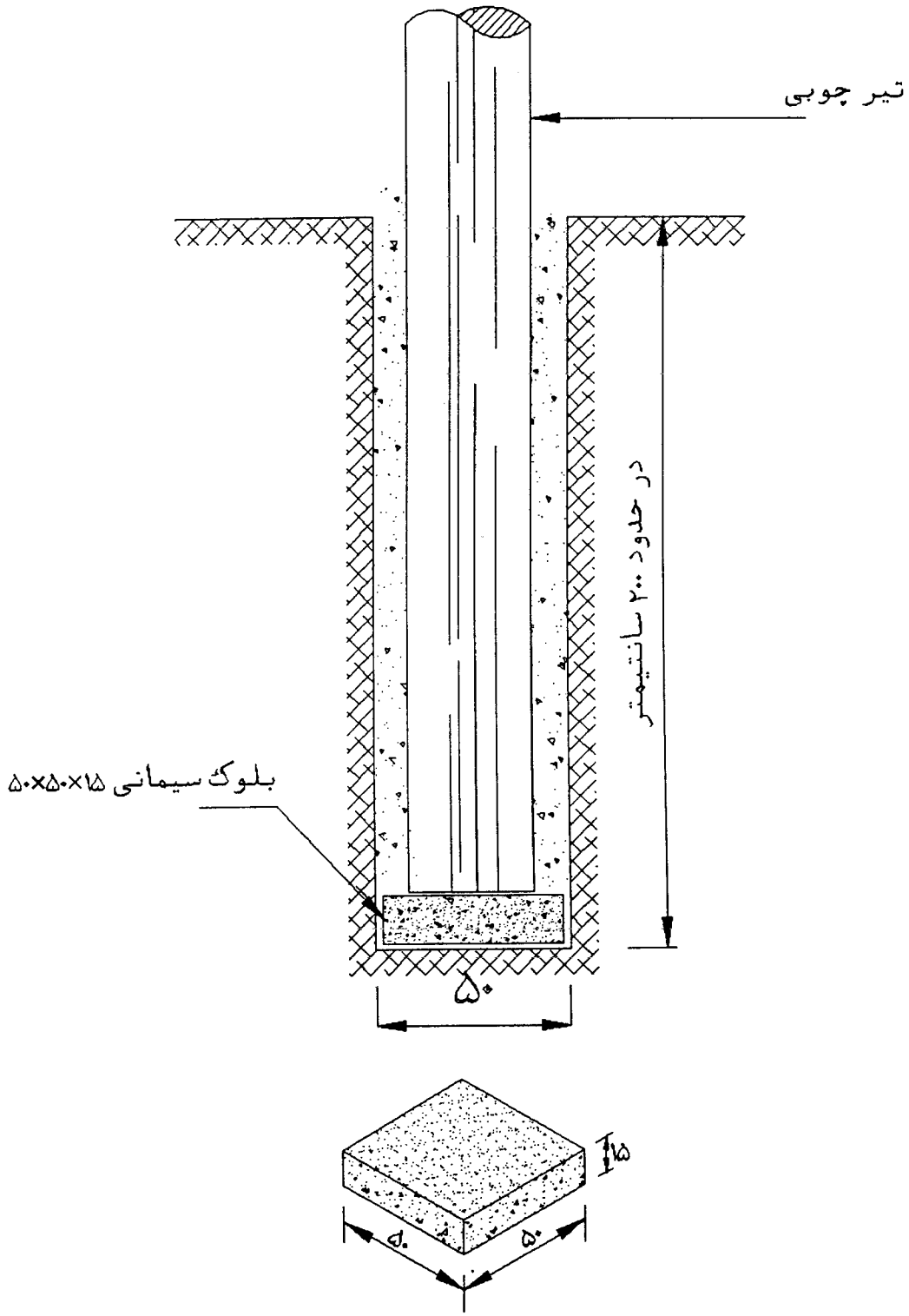
۴-۷-۱- در شرایطی که زمین محل دفن پایه سست بوده و یا به دلایلی نتوان عمق دفن پایه را به‌اندازه لازم پیش‌بینی کرد، برای مستحکم نمودن، پایه آن را داخل زمین کلاف‌بندی می‌نماییم. شکل (۲۲) جزئیات کار و مشخصات تجهیزات موردنیاز را نشان می‌دهد.

۴-۷-۲- درصورتی که زمین محل دفن پایه سست باشد می‌توان با استفاده از بلوك سیمانی در گودال دفن پایه، استحکام لازم برای پایه را تامین نمود. جزئیات این روش در شکل (۲۳) نشان داده شده است.



① کنده چوبی کروئوزت دار به طول ۱٫۵ متر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر
② کنده چوب کروئوزوت دار به طول ۱ متر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر
③ پیچ و مهره به قطر ۲ میلیمتر و طول ۶۰ سانتیمتر
④ واشر مربع خم شده به طول وعرض ۱۰۰ میلیمتر، قطر سوراخ ۲۲ میلیمتر

شکل (۲۲) جزئیات نصب پایه در زمین سست



شکل (۲۳) نصب پایه در زمین سست با استفاده از بلوک سیمانی

پیوست الف- دستگاههای لازم جهت انجام آزمایش روی پایه‌های چوبی

برای تعیین نیروی شکست پایه‌های چوبی و آزمایش فشاری می‌توان از مجموعه دستگاهی که مشابه آزمایش پایه‌های بتنی است استفاده کرد.

الف -۱- جایگاه آزمایش

جایگاه آزمایش پایه‌های چوبی مطابق شکل (الف-۱) است. قسمتی از انتهای پایه که در داخل زمین قرار می‌گیرد در داخل دستگاه توسط الوار و جک ثابت نگهداشته شده و پایه در فاصله ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری از راس آن تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد.

بخشهای مختلف دستگاه آزمایش در ادامه شرح داده می‌شود.

الف -۱-۱- سکوی بتنی

این سکو شامل دو دیواره است که از بتن مسلح و به ارتفاع ۰/۶، طول ۲ و ضخامت ۰/۴ متر و به‌صورت یکپارچه با فونداسیون ساخته شده است.

الف -۱-۲- پایه ثابت

پایه ثابت به‌صورت نقطه اتکایی برای کشیدن سرتیر به‌کار می‌رود.

الف -۱-۳- دستگاه اندازه‌گیری نیرو (دینامومتر)

با این دستگاه نیروی کششی واردشده به تیر اندازه‌گیری می‌شود و در هر لحظه می‌توان تغییرات نیرو را ثبت نمود.

الف -۱-۴- سیم بکسل

قطر سیم بکسلی که برای آزمایش به‌کار می‌رود بین ۱۶ تا ۲۰ میلیمتر است. باید توجه داشت به‌هنگام آغاز کشش پایه، سیم بکسل بر امتداد آزاد پایه عمود باشد.

الف -۱-۵- الوارهای چوبی

ابعاد سطح مقطع الوارهای چوبی در حدود ۱۵×۲۵ سانتیمتر و طول آنها در حدود یک متر است.

از الوارهـای چوبـی برای محکم نگهداشتن انتهـای پایـه و جلوگیری از اعمـال فشـار بیش از حد به قسمـت تحتانـی تیـر استفاده می‌شود. همچنین آنها موجب می‌شوند انتهـای پایـه محکمتر در دستگـاه نگهداشته شود (شکل (الف-۲)).

الف -۱-۶- جکهای روغنی

قدرت این جکها بین ۱۵ تا ۱۰ تن است و برای محکمتر بستن و بهتر نگهداشتن انتهای پایه در دستگاه به‌کار می‌روند. تعداد این جکها سه عدد است.

الف -۱-۷- خط‌کش مدرج

این خط‌کش نشان‌دهنده میزان انحراف تیر براثر نیروی کشش وارد بر آن در طول آزمایش است.

الف -۱-۸- تیرفور

وسیله‌ای است که با استفاده از آن می‌توان نیروی کشش واردشده به تیر را تغییر داد. قدرت انواع مختلف این وسیله بین ۲ تا ۵ تن است.

الف -۱-۹- مقدمات اولیه اجرای آزمایش

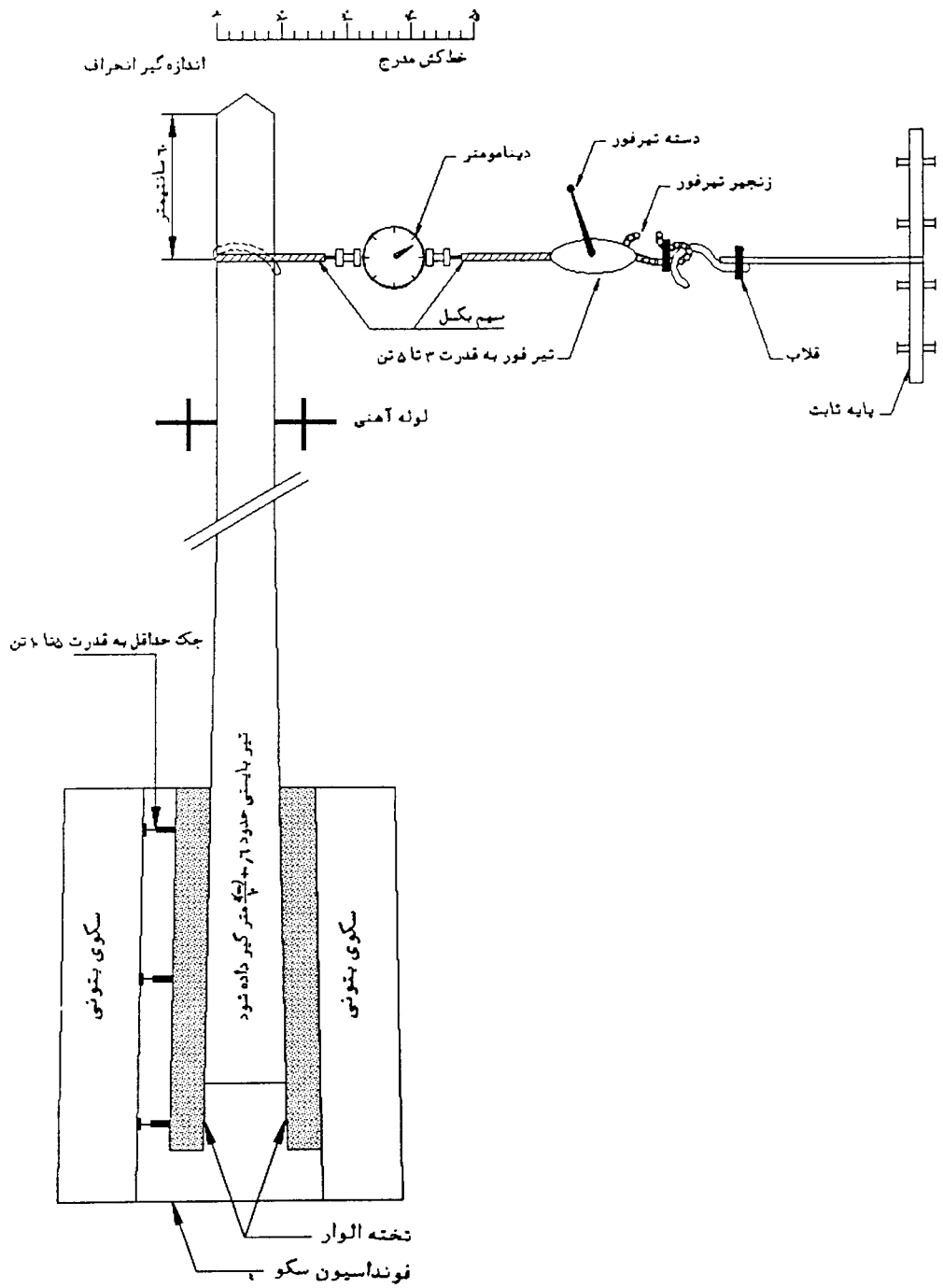
پیش از آغاز آزمایش، موارد زیر باید انجام شوند:

الف- قسمتی از پایه که در داخل زمین قرار می‌گیرد مشخص شده و علامت‌گذاری شود.

ب - پایه به‌صورت افقی به‌نحوی در بستر آزمایش قرار گیرد که قمستی از آن که در داخل زمین قرار دارد بین دو دیواره بتنی واقع شود.

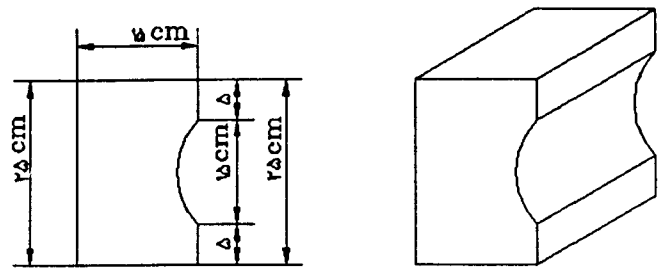
پ - قسمت انتهایی پایه با استفاده از الوارهای چوبی و جکهای روغنی بین دو دیواره بتنی کاملا" محکم شود.

ت - برای آنکه قسمت آزاد پایه بتواند در جهت نیروی کششی واردشده به آن حرکت کند، در فاصله ۳ متری از سرتیر، دو لوله آهنی به قطر ۵ تا ۱۰ سانتیمتر، در طرفین پایه قرار داده و لوله دیگری روی آنها و زیر پایه به‌نحوی قرار داده شود که سطحی لغزنده برای حرکت پایه ایجاد گردد.



شکل (الف-۱) دستگاه آزمایش پایه‌های چوبی

عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع	عنوان جزء: جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	صفحه: ۳۶



شکل (الف-۲) الوارهای چوبی

الف -۲- بار

بار باید به نقطه‌ای در فاصله ۶۰ سانتیمتری از سرتیر توسط تیرفور اعمال گردد. خط کشش بین نقطه مربوطه بر روی تیر و تیرفور باید ثابت باشد. کشش پایه تا زمان شکسته شدن آن باید ادامه یابد. سرعت اعمال کشش باید به‌صورتی باشد که موجب انحراف پایه در نقطه کشش به حدی که از رابطه زیر به‌دست می‌آید شود:

$$N = \frac{2\ \pi\ Z\ L^2}{3\ C_g}$$

N: نرخ انحراف (میلیمتر بر دقیقه)،

Z: نرخ کرنش تار انتهایی[1] که برابر ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود[2]،

L: فاصله نقطه اعمال نیرو تا دستگاه نگهدارنده (میلیمتر)

C_g: محیط پایه در نقطه متناظر با سطح زمین (میلیمتر).

الف -۳- محل تیرفور

چنانچه تیرفور به اندازه کافی از پایه فاصله داشته باشد به‌صورتی که زاویه بین محل ابتدایی و انتهایی خط کشش کوچک باشد، فرض عمود بودن خط کشش بر محور پایه با دقت بسیار خوبی قابل قبول خواهد

1- Fiber Strain

2- ASTM-D 198

بود. محل تیرفور در جدول (الف-۱) نشان داده شده است.

جدول (الف-۱)

طول پایه (متر)	فاصله از محور پایه (متر)	فاصله از سطح زمین (متر)
۸	۳۸/۱	۵/۳
۹	۴۵/۷	۶/۷
۱۱	۵۳/۳	۸/۱
۱۲	۶۱	۹/۴
۱۴	۶۸/۶	۱۰/۸
۱۵	۷۶/۲	۱۲/۲
۱۷	۸۳/۸	۱۳/۶
۱۸	۹۱/۴	۱۴/۹

الف -۳- اندازه‌گیری نیرو

نیرو باید توسط ابزار مناسبی که به‌صورت سری با خط کشش (اعمال نیرو) باشد اندازه گرفته شود. اندازه‌گیری می‌تواند با دینامومتر انجام شود. در این صورت باید ظرفیت آن مناسب و دارای درجه‌بندی ۲۰۰ نیوتنی (مدرج‌شده براساس ۲۰۰ نیوتن) باشد. در فواصل زمانی معین بین آزمایشها، کالیبراسیون دینامومتر باید تحقیق گردد.

الف -۴- انحرافات

اندازه‌گیری انحراف و نیروی اعمالی باید حداقل ۱۵ بار انجام شود و مناسبتر است که دفعات اندازه‌گیری، ۲۵ تا ۴۰ بار باشد. اندازه‌گیری انحراف باید در جهت عمود بر محور پایه انجام شود. میزان نزدیک شدن نقطه وارد کردن نیرو به انتهای پایه (براثر انحراف پایه) باید همزمان با افزایش نیرو اندازه‌گیری شود.

مقدار انحراف نقطه متناظر با سطح زمین باید اندازه‌گیری شود.

الف -۵- روش آزمایش

قبل از اعمال نیرو به پایه، صفحات نشانگر میزان انحراف در قسمتهای مختلف پایه، باید صفر را نشان دهند. همچنین اندازه‌گیری زیر نیز باید انجام و نتایج آن یادداشت شوند:

- فاصله انتهای پایه تا نقطه متناظر با سطح زمین،
- فاصله نقطه متناظر با سطح زمین تا نقطه اعمال نیرو،
- محیط پایه در نقطه متناظر با سطح زمین و نقطه اعمال نیرو،
- نوع چوب پایه،
- محل اصلی تهیه چوب پایه،
- نحوه اشباع چوب،
- شماره آزمایش.

پس از اندازه‌گیریهای اولیه، نیرو باید با افزایش یکنواخت و پیوسته به پایه اعمال گردد تا پایه بشکند. پس از هر بار افزایش در مقدار نیرو، مقدار انحراف متناظر با آن باید قرائت و ثبت شود. حداکثر بار که موجب ازبین بردن مقاومت پایه شده است باید با قرائت دینامومتر یادداشت شود. پس از شکسته شدن پایه، نقطه‌ای که شکستگی در آن اتفاق افتاده باید تعیین شود (به‌صورت تقریبی) و فاصله آن از محل اعمال نیرو اندازه‌گیری و یادداشت شود.

پس از انجام آزمایش منحنی انحراف پایه براساس نیروی اعمال‌شده به آن باید ترسیم گردد.

پیوست ب- محاسبه رطوبت پایه با آزمایش کوره

ب -۱- نمونه‌گیری

نمونه‌ای از پایه به طولی برابر عمق دفن پایه یا ۷۵ میلیمتر (هرکدام که بزرگتر است)، می‌باید از پایه جدا شود. نمونه باید از قسمتی خارج از فاصله ۱/۵ متری از هر دو طرف پایه جدا شود. پس از جدا نمودن نمونه به‌کمک مته ترخالی و دستگاه خارج‌کننده[1]، دو قسمت پایه باید به‌دقت توسط قطعه‌ای ممرز اشباع‌شده به یکدیگر جفت شود.

ب -۲- نحوه آزمایش

نمونه بلافاصله پس از جدا شدن، وزن می‌شود (m_1). سپس در کوره‌ای که دمای آن ۲±۱۰۳ درجه سانتیگراد است قرار داده شده و خشک کردن تا زمانی که وزن آن ثابت بماند انجام می‌شود. نمونه پس از خارج شدن از کوره، بلافاصله وزن می‌شود (m_2). درصد رطوبت موجود در پایه (ω) طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

(پ -۱)

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

1- Extractor

پیوست ج- تعیین میزان نفوذ مواد اشباع‌کننده در پایه

ج -۱- نمونه‌گیری

از یک مجموعه ساخته‌شده باید تعداد ۱۰ عدد یا ۱۰ درصد کل پایه‌ها، هر یک که بزرگتر است، انتخاب شود. باید توجه داشت که کسری از یک پایه را باید یک پایه به‌حساب آورد. پایه‌های نمونه باید پیش از اشباع انتخاب و علامت‌گذاری شوند و یا به‌صورت تصادفی پس از عملیات اشباع انتخاب شوند.

ج -۲- روش کار

پس از انجام اشباع، به‌کمک دستگاه نمونه‌گیر[1] تکه‌ای که در فاصله ۱/۵ متری از دو سر پایه قرار نداشته باشد از هر یک از پایه‌های نمونه جدا می‌شود. پس از جدا شدن تکه‌ها باید دو قسمت باقیمانده به یکدیگر جفت شوند. درصورت استفاده از کرئوزوت برای اشباع، میزان نفوذ به‌صورت چشمی می‌تواند تشخیص داده شود. درصورت استفاده از CCA[2] برای اشباع باید مطابق با استاندارد شماره ۵۶۶۶ BS، قسمت دوم، عمل شود.

چنانچه تکه‌های جداشده از نمونه‌ها نشان‌دهنده نفوذ کامل ماده اشباع در سطح و زیر پوست در پایه‌های نمونه باشند، کلیه پایه‌ها ازنظر اشباع شدن تائید می‌شوند. درصورتی که یک یا تعدادی از پایه‌های نمونه، کاملا" اشباع نشده باشند، عمل اشباع برای آنها باید مجددا" انجام شود. اگر تعداد کل پایه‌ها به‌اندازه کافی باشد، مجموعه نمونه دیگری که تعداد نمونه‌های آن برابر تعداد نمونه‌های مجموعه اول باشد انتخاب می‌شود. اگر پس از انجام عملیات اشباع روی نمونه‌های دوم، کلیه نمونه‌ها نشان‌دهنده نفوذ کامل ماده اشباع در سطح و زیر پوست پایه‌های نمونه باشند، کلیه پایه‌های باقیمانده ازنظر اشباع شدن تائید می‌گردند. درصورتی که در نمونه دوم، یک یا تعدادی از پایه‌های نمونه اشباع نشده باشند، اشباع آنها مجددا" انجام

1- Test Borer

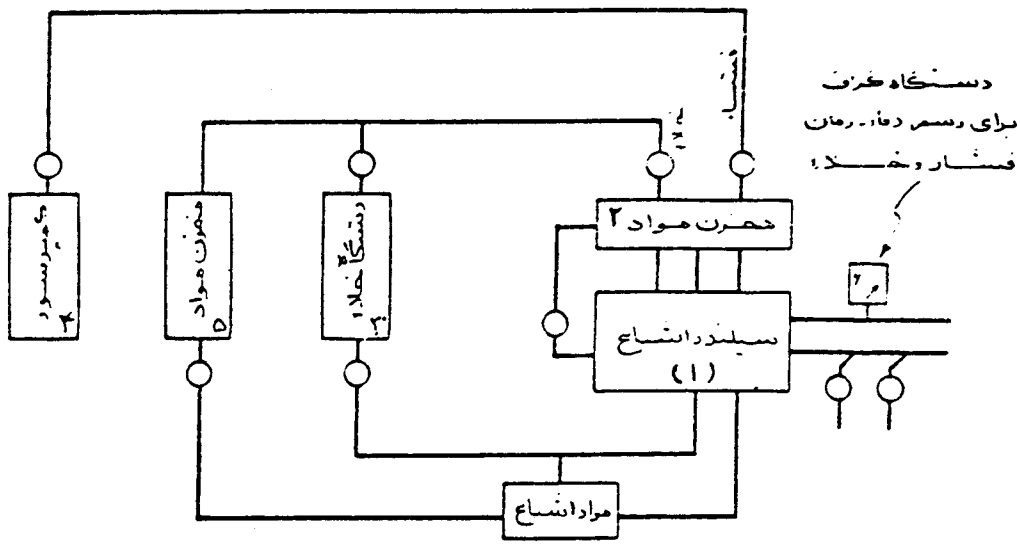
2- Cupper / Chrome / Arsenic Mixture

می‌شود. عمل نمونه‌گیری تا زمانی که مجموعه نمونه‌ای که در آن کلیه پایه‌ها اشباع شده باشند به‌دست آید و یا تا زمانی که کلیه پایه‌های مجموعه اصلی نمونه‌گیری شده باشند ادامه می‌یابد.

همانگونه که ذکر شد به‌منظور ارزیابی چگونگی اشباع پایه‌ها می‌توان سطح مقطع نمونه‌هایی که از پایه گرفته می‌شوند را مشاهده نمود و میزان و یکنواختی نفوذ مایع اشباع در چوب را بررسی کرد. در این مورد می‌توان از یک معیار کمی نیز استفاده کرد به این صورت که میزان جذب مایع اشباع (کرئوزوت) باید حداقل ۱۱۲ گرم به‌ازای هردسی مترمکعب چوب باشد. به آن ترتیب باتوجه‌به وزن کرئوزوت قبل و بعد از اشباع و حجم پایه می‌توان در مورد میزان اشباع شدن پایه قضاوت کرد.

پیوست د- اشباع پایه‌های چوبی

مرسوم‌ترین و رایج‌ترین روش اشباع پایه‌های چوبی، روش ظروف سربسته می‌باشد. در این روش، پایه‌ها در مخازن غیرقابل نفوذ و ایزوله قرار داده شده و سپس مایع اشباع تحت فشار وارد مخزن شده و چوب را اشباع می‌نماید. ساختمان این سیستم مطابق شکل (د-۱) است.



شکل (د-۱) قسمتهای اصلی سیستم اشباع پایه‌های چوبی

قسمتهای اصلی سیستم مذکور عبارتند از:

۱- مخزن اصلی استوانه‌ای شکل که پایه‌ها در آن قرار می‌گیرند،

۲- ظرف ذخیره مایع اشباع که مایع از آن وارد مخزن اصلی می‌گردد،

۳- دستگاه خلاءساز،

۴- کمپرسور هوا برای افزایش فشار داخل مخزن اصلی،

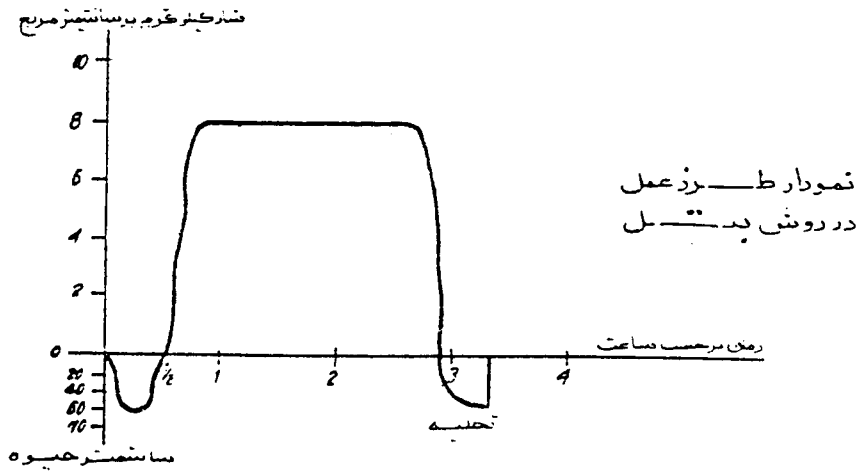
۵- ظرف مخصوص گرم کردن مایع اشباع،

۶- دستگاههای ثبات فشار، دما، زمان و مقدار خلاء.

اشباع پایه‌های چوبی در ظروف سربسته به دو طریق انجام می‌گیرد که در ادامه ذکر می‌شوند.

د-۱- روش بتل[1]

چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پایه‌هایی که برای اشباع آماده شده‌اند در مخزن اصلی قرار گرفته و به‌مدت ۳۰ دقیقه در فشاری به‌اندازه ۰/۴ اتمسفر که باید در داخل مخزن ایجاد شود باقی می‌مانند. سپس مایع اشباع که معمولاً" کرئوزوت است و باید به دمایی در حدود ۹۰ درجه سانتیگراد رسانده شده باشد وارد مخزن شده و در این حال فشار مخزن تا حدود ۷ اتمسفر افزایش داده شده و به‌مدت ۲ ساعت ثابت نگهداشته می‌شود. سپس فشار کاهش داده می‌شود و کرئوزوت باقیمانده در مخزن تخلیه می‌گردد. با ایجاد خلاء در مخزن اصلی، کرئوزوت اضافی پایه نیز خارج می‌شود. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۲) نشان داده شده است.



شکل (د-۲) منحنی عملیات اشباع به روش بتل

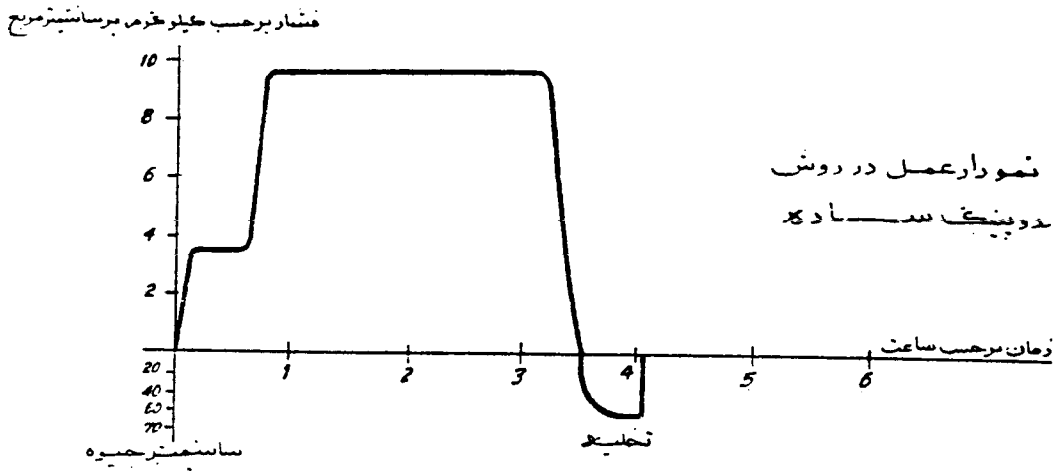
در این روش، پس از ایجاد خلاء اولیه هوای داخل حفره‌های چوب خارج می‌شود و بنابراین کرئوزوت با فشار بالا به‌راحتی در چوب نفوذ می‌کند.

1- Bettel

د-۲- روش روپینگ[1]

د-۲-۱- روش روپینگ ساده

از این روش معمولا" برای اشباع پایه‌هایی که چوب آنها از نوع سوزنی‌برگان است استفاده می‌شود. چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پس از قرار گرفتن پایه‌ها در مخزن اصلی، حدود ۱۵ تا ۳۰ دقیقه فشار مخزن تا حد ۱۳ اتمسفر افزایش داده می‌شود تا هوا کاملا" در داخل چوب نفوذ نماید. سپس مایع اشباع که معمولا" کرئوزوت است و تا حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد گرم شده است وارد مخزن شده و در این حال فشار به ۹ اتمسفر رسانده شده و به‌مدت ۲ تا ۳ ساعت ثابت نگهداشته می‌شود. به این صورت که کرئوزوت وارد خلل و فرج چوب شده و هوای داخل آنها را متراکم می‌کند. سپس فشار مخزن یکباره کاهش داده می‌شود و به این ترتیب هوای متراکم در چوب منبسط شده و کرئوزوت اضافی در چوب را خارج می‌کند. در انتها خلائی به میزان ۰/۴ اتمسفر در مخزن ایجاد شده تا باقیمانده کرئوزوت تخلیه گردد. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۳) نشان داده شده است.



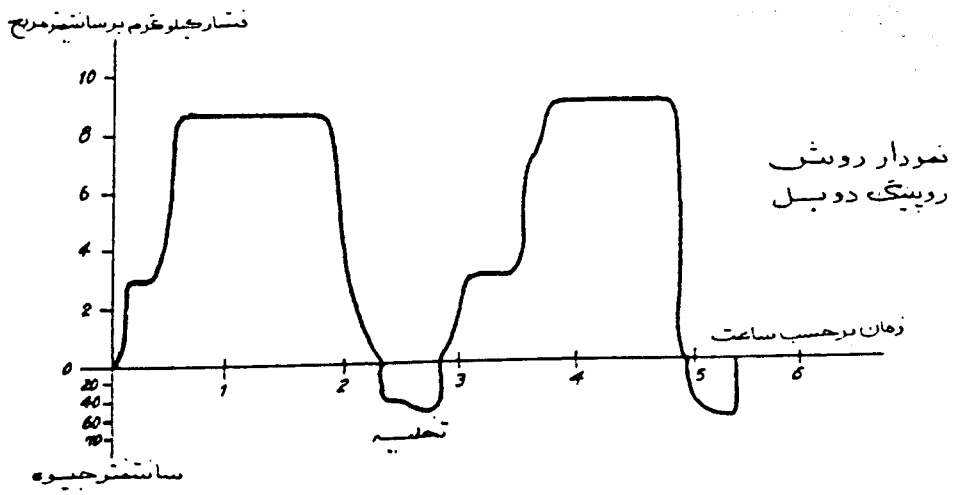
شکل (د-۳) منحنی عملیات اشباع به روش روپینگ ساده

د-۲-۲- روش روپینگ دوبل

از این روش برای اشباع چوبهای سوزنی برگی که به‌خوبی اشباع‌پذیر نیستند و چوبهای پهن‌برگان

1- Rupping

(به‌ویژه راش) استفاده می‌شود. چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پس از قرار گرفتن پایه‌ها در مخزن اصلی، فشار آن به‌مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به مقدار ۱۳ اتمسفر تنظیم می‌گردد. سپس مایع اشباع که معمولاً" کرئوزوت است و تا دمای حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد گرم شده وارد مخزن می‌شود. سپس فشار تا ۹ اتمسفر بالا برده شده و به‌مدت حدود ۹۰ دقیقه نگهداشته می‌شود و به‌دنبال آن فشار به‌طور ناگهانی کاهش داده شده و کرئوزوت اضافی از مخزن تخلیه می‌گردد. سپس خلائی به‌میزان ۰/۴ - اتمسفر به‌مدت ۳۰ دقیقه در مخزن اتمسفر تنظیم می‌گردد و سپس کرئوزوت با دمای حدود ۱۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد وارد مخزن می‌شود. به‌دنبال آن فشار مخزن به‌مدت یک ساعت در حد ۹ اتمسفر ثابت نگهداشته شده و پس از این زمان فشار به‌صورت ناگهانی کاهش داده می‌شود و کرئوزوت اضافی تخلیه می‌گردد. در انتها به‌مدت ۳۰ دقیقه در مخزن خلاء ایجاد می‌شود. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۴) نشان داده شده است.



شکل (د-۴) منحنی عملیات اشباع به روش روپینگ دوبل

د-۳- مواد قابل استفاده برای اشباع چوب

موادی که به‌طور عمده برای اشباع پایه‌های چوبی به‌کار می‌روند، عبارتند از: کرئوزوت، روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی و مواد معدنی قابل حل در آب. توصیه می‌شود از کرئوزوت

خالص برای اشباع پایه‌های چوبی استفاده شود.

مهمترین مشخصات کرئوزوت که برای اشباع استفاده می‌شود به‌شرح زیر است:

۱- کرئوزوت بطور انحصاری از قطران زغال سنگ تهیه شده باشد.

۲- خالص باشد.

۳- وزن مخصوص آن در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد از ۱/۱۳۵ گرم بر سانتیمترمکعب بیشتر و از ۱/۰۲۵ گرم بر سانتیمترمکعب کمتر نباشد.

۴- درصد غلظت اسید موجود در آن بین ۵ تا ۹ باشد.

۵- در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد، مواد موجود در آن نباید به‌صورت جامد رسوب کنند.

۶- محتوای حجمی آب آن کمتر از یک درصد باشد.

باتوجه‌به سمی بودن کرئوزوت باید از دستکش به‌هنگام کار با آن استفاده شود.

روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی که به‌عنوان مایع اشباع به‌کار می‌روند معمولا" پنتاکروفنل و نفتانات دوکوئیور هستند. ازسوی دیگر باید توجه داشت حتی‌الامکان از مواد معدنی قابل حل در آب به‌عنوان ماده اشباع‌کننده استفاده نشود و استفاده از آن به‌خصوص برای پایه‌هایی که در زمینهای مرطوب نصب می‌شوند مناسب نیست. انواع مهم نمکهای معدنی که به‌عنوان ماده اشباع به‌کار می‌روند عبارتند از: نمک ولمن[1] (تانالیت)، نمک بولیدن، نفتالین کلره، ددت و آلدرین.

1- Wollman

پیوســـت هـ- محاسبه نیروی شکست پایه و حداکثر تنش خمشی پایه در نقطه متناظر با سطح زمین

هـ-۱- نیروی شکست

نیروی شکست پایه چوبی برای تیرهای بدون مهار (F) براساس تئوری خمش و با محاسبه تنش در مقاطع بحرانی پایه تعیین می‌شود.

مقاطع بحرانی عبارتند از:

۱- سطح زمین،

۲- نقطه‌ای در پایه که قطر آن معادل ۱/۵ برابر قطر نقطه اعمال نیرو است، با این فرض که این نقطه در بالای سطح زمین واقع شده باشد.

نیروی شکست مطابق رابطه (هـ-۱) و برحسب نیوتن بر میلیمترمربع بدست می‌آید:

(هـ-۱)

$$F = \frac{F Z}{I_c}$$

در رابطه فوق داریم:

F: تنش خمشی نهایی (نیوتن بر میلیمترمربع)،

I_c: فاصله بین مقطع بحرانی و نقطه اعمال نیرو (میلیمتر)،

Z: مدول مقطع در مقطع بحرانی به قطر dc که برابر است با $\pi dc^3/32$ (میلیمترمکعب).

هـ-۲- حداکثر تنش خمشی در سطح زمین

برای محاسبه حداکثر تنش در نقطه متناظر با سطح زمین، پایه را مطابق شکل (هـ-۱) بین دو نگهدارنده قرار می‌دهیم. نیرویی را به نقطه متناظر با سطح زمین به‌صورت پیوسته به‌نحوی اعمال می‌کنیم که شکست پایه طی زمانی برابر ۳۰۰±۹۰۰ ثانیه رخ دهد. نرخ تغییر نیرو باید به‌صورتی باشد که برای نقطه اعمال نیرو، انحرافی که توسط رابطه (هـ-۲) تعیین می‌شود را ایجاد نماید (برحسب میلیمتر بر دقیقه):

(هـ-۲)

$$N = \frac{2\pi\ a\ b\ Z}{3C_t}$$

N: نرخ انحراف نقطه اعمال نیرو (میلیمتر بر دقیقه)،

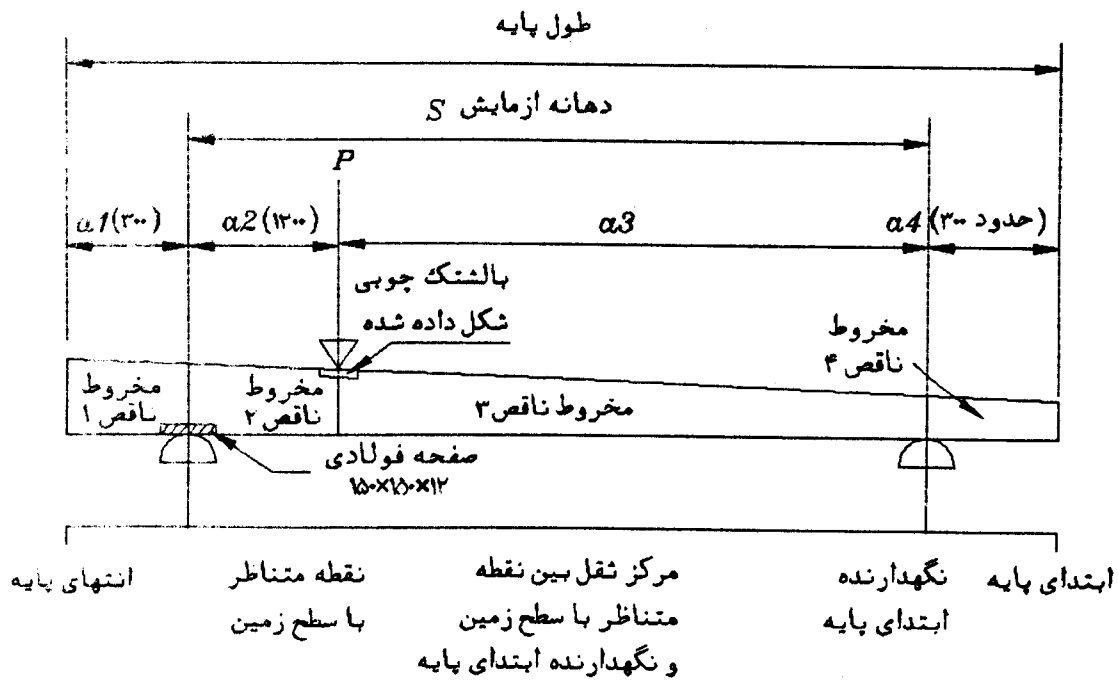
Z: نرخ کرنش تار انتهایی که براساس استاندارد ASTM-D۱۹۸ برابر ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود (میلیمتر بر میلیمتر دقیقه mm/mm.min)،

a: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده سر پایه،

b: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده پایه،

C_t: محیط پایه در نقطه اعمال نیرو (میلیمتر).

باتوجه‌به پارامترهای مشخص‌شده روی شکل، محاسبات را مطابق روابط زیر انجام می‌دهیم



تمامی ابعاد به میلیمتر میباشند

شکل (هـ-۱)

حداکثر تنش در سطح زمین برحسب نیوتن بر میلیمترمربع از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_g = \frac{32}{\pi\ d^3\ (R_t\ a_3 - W_3\ g_3 - W_4\ (a_3 + g_4) + \frac{P_{a_2\ a_3}}{S})} \qquad (هـ-۳)$$

در رابطه فوق داریم:

d: قطر پایه در نقطه اعمال نیرو (میلیمتر)،

a_2: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده انتهای پایه (میلیمتر)،

a_3: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده سر پایه (میلیمتر)،

S: فاصله بین نگهدارنده سر و ته پایه (میلیمتر)،

g_2: فاصله بین نقطه اعمال نیرو و مرکز ثقل آن قسمت از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده سرتیر واقع شده است (میلیمتر)،

g_3: فاصله بین نگهدارنده سر پایه و مرکز ثقل قسمت پیش‌آمدگی پایه در سر پایه (میلیمتر)،

W_2: نیروی عمودی (وزن) قسمتی از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده سر پایه واقع شده است (نیوتن)،

W_3: نیروی عمودی (وزن) پیش‌آمدگی پایه در قسمت سر آن (نیوتن)،

P: حداکثر نیروی اعمالی (نیوتن)،

R_t: نیروی عکس‌العمل در نگهدارنده سر پایه براثر وزن پایه (نیوتن). این نیرو از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$R_t = \frac{1}{S\ (W_2\ g_2 + (a_2 + g_3)\ W_3 + W_4\ (a_2 + a_3 + g_4) - W_1\ (a_1 - g_1))} \qquad (هـ-۴)$$

در رابطه (هـ-۴) داریم:

W_1: نیروی عمودی (وزن) پیش‌آمدگی پایه در قسمت انتهای آن (نیوتن)،

W_2: نیروی عمودی (وزن) قسمتی از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده انتهای پایه واقع است (نیوتن)،

g_1: فاصله انتهای پایه از مرکز ثقل پیش‌آمدگی پایه در قسمت انتهای آن (میلیمتر)،

g_2: فاصله نگهدارنده انتهای پایه از مرکز ثقل قسمتی از پایه که بین نگهدارنده انتهایی و نقطه اعمال نیرو واقع است (میلیمتر)،

a_1: فاصله انتهای پایه از نگهدارنده انتهای پایه (میلیمتر).

فاصله مرکز ثقل یک مخروط ناقص از یک مخروط (g)، از قاعده مخروط ناقص، توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

(هـ-۵)

$$g = \frac{h}{4} \frac{(d_b^2 + 3d_t^2 + 2d_b\, d_t)}{(d_b^2 + d_t^2 + d_b\, d_t)}$$

d_b: قطر قاعده (میلیمتر)،

d_t: قطر قسمت بالا (میلیمتر)،

h: ارتفاع مخروط ناقص مناسب (میلیمتر).