بسم الله الرحمن الرحیم

دستورالعمل فنی

ساخت اصولی سازه چوبی

با مقاومت در برابر تأثیرات آب و هوا

نگارش

فرداد گلبابائی

موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

رضا حاجی حسنی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

عنوان طرح منتج به نشریه	کد مصوب
بررسی ساخت اصولی سازه‌های چوبی با مقاومت در برابر تاثیرات آب و هوایی و عوامل مخرب بیولوژیک در مجتمع تحقیقاتی البرز	۲-۰۹-۰۹-۹۲۱۰۳

عنوان: دستورالعمل ساخت اصولی سازه چوبی با مقاومت در برابر تأثیرات آب و هوا

نگارش: فرداد گلبابایی

نشانی نویسنده: موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویرایش علمی: کامیار صالحی

ویرایش فنی: اصغر احمدی

تهیه شده در: موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی

نشانی: اتوبان تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵.

تلفن: ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱

وب‌سایت: www.rifr-ac.ir

شمارگان: الکترونیکی

نوبت و سال انتشار: اول - ۱۳۹۸

شماره دستورالعمل: ۲

این نشریه به شماره ۵۵۴۳۰ در تاریخ ۱۳۹۷/۰۲/۰۴ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است

ISBN:978-964-473-414-4

مخاطبان:

تولیدکنندگان سازه‌های چوبی و مصرف کنندگان

شما با مطالعه این نشریه با موارد زیر آشنا می‌شوید:

سازه‌های مسکونی چوبی، بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی و عوامل عمده مؤثر در مقاومت چوب

فهرست مندرجات

مقدمه ۵

سازه‌های مسکونی چوبی ۶

مقاومت در برابر زلزله ۷

مقاومت در برابر آتش ۷

رفتار چوب در برابر آتش ۸

بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی ۸

عوامل عمده مؤثر در مقاومت چوب ۸

هدف ۹

دامنه ۹

مسئولیت ۹

روش کار ۱۰

مستندات مرتبط ۱۵

مستندات مرجع ۱۵

مقدمه

توسعه و پیشرفت جوامع شهری از یکسو و کمبود شدید چوب در کشور ما از سوی دیگر استفاده بهینه از چوب را به امری ضروری تبدیل کرده است. از آغاز تمدن بشری تاکنون چوب همیشه نقش مهمی در ارتباط بشر با محیط پیرامونش ایفا کرده است. با مطالعه کاربرد چوب به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین مصالح در ساختمان‌ها، چوب به‌عنوان الگویی برای سیستم‌های ساختمانی قرار گرفته است. اطلاعات و تجربیات ساختمانی در طی سال‌ها در سراسر جهان و در همه فرهنگ‌ها و تمدن‌ها و فراتر از مرزهای جغرافیایی گسترش و توسعه یافته است. تقریبا هیچ ماده‌ای نتوانسته این چنین در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار گیرد. ساختمان‌های چوبی قدیمی که بیشتر به شیوه سنتی ساخته شده‌اند تا به امروز به طور مرتب توسعه یافته‌اند. امروزه به علت شیوه‌های مدرن در ساخت اتصالات و پرداخت چوب می‌توان از تولیدات چند سازه چوبی و با استحکام بالاتر استفاده نمود. به‌دلیل تحقیقات گسترده نه تنها طراحی تیرهای چوبی بهبود یافته، بلکه انواع جدیدی از مواد چوبی با کیفیت بالا نیز به بازار ارائه شده است. قابلیت سازه‌های چوبی را می‌توان نه تنها در سازه‌های تحسین برانگیز استاتیکی مانند پل‌ها و سالن‌های بزرگ بلکه در ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله هم مشاهده کرد.

مزیت ساختمان‌های چوبی در اقتصادی بودن و آسانی کار با آن است. سازه‌های چوبی مقاوم در برابر زلزله نه به دلیل کاربرد زیاد مصالح بلکه بیشتر به دلیل طراحی و محاسبات اقتصادی جزئیات اتصالات قابل توجیه است. ساختمان‌های مدرن چوبی از اواسط قرن ۱۹ میلادی تا به امروز بر اساس دانش تجربی توسعه یافته است. از سوی دیگر یکی از مصالح مهم مورد استفاده در سازه ها، بتن می‌باشد که سابقه استفاده از بتن به چند دهه اخیر برمی‌گردد. هر چند تفاوت بسیاری می‌توان بین سازه‌های چوبی و بتنی یافت نمود اما بزرگترین تمایز در طراحی و محاسبه سازه‌های چوبی در مقایسه با سازه‌های بتنی در این است که شکل‌پذیری در سازه‌های چوبی نه به کمک المان‌ها بلکه بوسیله اتصالات حاصل می‌شود. در این بین تیرهای چوبی درختان سوزنی برگ از مصالح ساختمانی با کیفیت محسوب می‌شوند. این مواد با نقش پایه‌ای خود باعث موفقیت سازه‌های چوبی به‌ویژه ساختمان‌های مسکونی دارای اسکلت چوبی می‌باشند. در مقایسه با مصالح ساختمانی بتنی چوب‌های مرغوب از خصوصیات مقاومتی و کاربردهای عالی برخوردارند و احتیاجات بالای مقاومت سازه‌های مدرن را برآورده می‌کنند. در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه ساختمان‌های چوبی وجود داشته است. از نظر طول عمر و ارزش می‌توان ساختمان‌های چوبی را هم ردیف با ساختمان‌های بتن آرمه به حساب آورد. این سازه‌ها مقاوم و شکل‌پذیر و اقتصادی می‌باشند. سبک چوب در مقایسه با دیگر مصالح متداول ساختمانی از نسبت مقاومت به وزن بهتری برخوردار است. بدلیل جرم کم ساختمان‌های چوبی نیروهای کمتری در هنگام زلزله تولید می‌شود. ازاین رو نیروهای ناشی از زلزله برای طراحی و محاسبات در ساختمان‌های چوبی کمتر است. در مقابل ساختمان‌های بتنی از نظر قدمت طول عمر کمتری از

ساختمان‌های چوبی دارند. از این‌رو مقایسه فنی و اقتصادی سازه چوبی با سازه بتنی می‌تواند مشخص کننده این باشد که چه سازه‌هایی از نظر اقتصادی و چه سازه‌هایی از لحاظ فنی برتری دارند و به چه دلیل استفاده می‌شوند.

سازه‌های مسکونی چوبی

در روش‌های نوین صنعتی سازی نه تنها به مسئله مسکن بلکه به بهره برداری بهینه از مصالح، سرعت و کیفیت ساخت نیز توجه شده است. یکی از راه‌های رسیدن به این اهداف بکار گیری مصالح چوبی سبک در ساختمان سازی می‌باشد. در زمینه تولید این سازه‌ها تکنولوژیهای بسیاری در کشورهای پیشرفته جهان ایجاد شده است. یکی از جدیدترین این روش‌ها در زمینه ساخت، فناوری و بهره‌برداری از چوب به‌عنوان رایج ترین و فراوان ترین مصالح موجود در طبیعت می‌باشد، به‌طوری‌که در آمریکا، کانادا، اروپا و به‌ویژه در کشورهای اسکاندیناوی، ژاپن، چین و چند کشور دیگر به‌عنوان یک سیستم بسیار پیشرفته و مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. ایجاد مسکن بدین طریق برای بیش از یک میلیارد نفر از مردم جهان خود گواه بر این مدعا می‌باشد. سبک سازی و مقاومت بالا در مقابل زلزله، سرعت در ساخت و بازگشت سریع سرمایه، عایق‌بندی و کاهش چشمگیر مصرف انرژی، عمر طولانی سازه بیش از یکصد سال، زیبایی و سازگار با اقلیم‌های متفاوت، نداشتن نخاله ساختمانی و دیگر مزایا، خانه‌های چوبی را در ردیف خانه‌های زیبا و مورد قبول در دنیا قرار داده است. سیستم سازه‌ای ساختمان‌های چوبی از مقاطع چوبی مختلفی ساخته می‌شوند. این نوع ساختمان جزء سازه‌های سبک شناخته شده است. در این نوع سیستم سازه ای، مقاطع چوبی چهار تراش با قرارگیری در فواصل حدود ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری و اتصال تخته‌های چند لایه چوبی و تخته‌های ماسیو بر روی آنها تشکیل یکسری دیوارهای باربر و برشی را می‌دهند.

ساختمانهای چوبی سبک یکی از روش‌های ساخت با امتیازات سازه‌ای و زیست محیطی ویژه می‌باشد. پژوهش‌های بسیاری در رابطه با اثرهای زیست محیطی سازه‌های چوبی توسط مؤسسه تحقیقات پایداری مواد و مصالح در سال ۲۰۰۱ در کشور کانادا انجام شده است که نتیجه برتری چوب را نسبت به فولاد و بتن در مواردی مانند عمر مفید مصالح، تولید، قابلیت کاربرد در محل احداث و ضایعات نشان داده است. علاوه بر امتیازات زیست محیطی، ایمنی و سبک بودن سازه‌های چوبی در مواجه با زلزله عملکرد خوبی داشته است. ساخت و ساز ساختمانهای چوبی نوین در کشور امریکا در دهه ۱۸۴۰ آغاز و انجام شده و در Platform Framing تکامل این سیستم در کشور سوئد بگونه ساخت طبقه ای پیشرفت و از آنجا به کشور انگلستان و کشورهای دیگر گسترش پیدا کرده است. سیستم ساختمانی قاب سبک چوبی یکی از پیچیده ترین سیستمهای ساختمانی است که تنها شامل اجرای درست سازه چوبی از نظر مقاومتی نمی‌شود، بلکه رعایت همه اصول فیزیک ساختمان برای کارکرد آن ضروریست. در این سیستم محافظت سازه چوبی از عوامل مخرب محیط از قبیل رطوبت، قارچ ها، حشراتی که از چوب تغذیه می‌کنند،

میکروارگانیزم ها، حرارت زیاد و آتش سوزی ضروری می‌باشد. شالوده این سیستم ساختمانی علاوه بر تحمل بار سبک سازه چوبی باید از نفوذ آب، رطوبت و حشرات به داخل سازه چوبی به نحو بسیار مؤثری جلوگیری به‌عمل آورد. ساختمانهای چوبی کاربرد و شناخت وسیعی در کشورهای امریکا، ژاپن، کانادا و اروپا دارد. به‌طور کلی این سیستم بعلت سبک بودن در مناطق زلزله‌خیز بهترین سیستم ساختمانی به حساب می‌آید.

مقاومت در برابر زلزله

زمین لرزه‌های فراوانی که در گوشه و کنار جهان به وقوع پیوسته است، نشان داده‌اند که خانه‌های با اسکلت چوبی مقاومت بسیار زیادی در برابر زمین لرزه دارند. در کشور امریکا، ایالت کالیفرنیا یکی از ایالاتی با شرایط زلزله‌خیزی خیلی زیاد، مساحت مدارس عمومی بیش از چهارصد میلیون متر مربع است که بیش از هشتاد درصد آنها دارای اسکلت چوبی هستند. در زمین لرزه نورتریج که در سال ۱۹۹۴ به وقوع پیوست هیچ‌یک از سازه‌های چوبی این مدارس دچار آسیب جدی نگردیدند. تخریب جدی تنها در میان اجزای غیرچوبی این ساختمان‌ها بوقوع پیوست. تحقیقات و بررسی‌هایی که پس از زلزله نورتریج توسط بخش توسعه ساختمان و شهرسازی امریکا انجام شده است، نشان می‌دهد که بیشتر ساختمانهای چوبی مسکونی نو در زلزله خوب عمل کرده‌اند(Toker, 2005). در سال ۲۰۰۲ دولت ایالتی کالیفرنیا تصمیم گرفت که در ساخت ساختمانهای بتنی و آجری مدارس کالیفرنیا تجدیدنظر کند، زیرا ساختمان‌های با اسکلت چوبی بهترین مقاومت را در برابر زلزله از خود نشان داده بودند. به‌طوری‌که بسیاری از خانه‌های چوبی با پی بتنی نتوانسته است در برابر زمین لرزه مقاومت نماید ولی سازه چوبی بدون آسیب زیاد پابرجا مانده است. یک اصل بسیار مهم در این سیستم ساختمانی یکپارچگی سازه آن است. همه دیوارها، سقف ها، سقف خارجی، شالوده و دیگر اجزای تشکیل دهنده سازه ساختمان باید بدرستی و با دقت بسیار همانند جعبه ای یکپارچه به یکدیگر دوخته شوند. نیروی منتقل شده از سقف به شالوده باید بگونه ای خطی باشد و از ممان چرخشی تا آنجا که امکان دارد، اجتناب کرد (Toker, 2005). از مهمترین مزایای سازه‌های چوبی مقاومت بالای آنها در برابر انواع بلایای طبیعی (سیل، زلزله و...) است. ضریب میرایی بالای چوب آن را مناسب ترین نوع مصالح برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله می‌داند و نیز از اصول کلی مقاوم سازی سازه‌ها در برابر زلزله کاهش بار مرده ساختمان است که این امر در صورتی که سازه چوبی باشد در قیاس با سازه‌های دیگر (فولاد و بتن) به طور متوسط هفت برابر سبک تر خواهد شد (Toker, 2005).

مقاومت در برابر آتش

اگر حرارت و زمان آتش سوزی و دسترسی به اکسیژن هوا به اندازه کافی باشد، چوب در حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد آتش می‌گیرد. برای مشتعل شدن تحت تأثیر مستقیم آتش، چوب

به درجه حرارتی بین ۴۰۰-۳۰۰ درجه سانتیگراد نیاز دارد. اگر چوب تحت تأثیر تشعشع حرارتی قرار گیرد و حرارت آن بالا رود به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد نیازمندیم تا بتوانیم آن را شعله ور کنیم. با درجه حرارت در حدود ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد شعله ور شدن و سوختن چوب به گونه ای کنترل شده با سرعتی ثابت انجام می‌شود.

رفتار چوب در برابر آتش

مقاومت چوب در برابر آتش بستگی بسیار به حجم آن دارد. در سطح چوب هنگام سوختن لایه ضخیمی از ذغال با مقاومت حرارتی زیاد تولید می‌شود که مانع از نفوذ حرارت به داخل چوب می‌شود. در نتیجه با تداوم آتش ضخامت لایه ذغال بیشتر شده و باعث افزایش زمان مقاومت چوب در برابر آتش می‌گردد. مقاومت باقی مانده یک عضو چوبی سازه در هنگام آتش سوزی برابر است با مقاومت سطح مقطع قسمتی از آن که هنوز ذغال نشده است. بنابراین بر خلاف سازه فولادی است که مقاومت خود را با ازدیاد حرارت از دست می‌دهد.

بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی

در طراحی سازه ای ساختمانهای چوبی مسائل مربوط به ویژگی‌های چوب که روی کیفیت مکانیکی چوب تأثیر دارند، بسیار مهم می‌باشند. شناخت و استفاده درست از مقاومت‌های مجاز چوب مهمترین مرحله در طراحی یک ساختمان چوبی می‌باشد. طبیعت خواص چوب سالم در شرایط مختلف محیطی از قبیل محل جغرافیایی، نوع خاک، مقدار نور و بارندگی و دیگر شرایط تغییر می‌کند و محصول تولید شده دارای خواص متغیر خواهد بود. به همین علت تحقیقات خواص مکانیکی چوب بر مبنای نمونه‌برداری و احتمالات آماری مورد مطالعه و خواص گونه مورد مطالعه تعیین می‌شود. معمول‌ترین خواص یا مقاومت‌های مجاز چوب عبارتند از: مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مقاومت فشاری موازی با الیاف، مقاومت فشاری عمود بر الیاف، مقاومت برشی و مدول الاستیسیته است.

عوامل عمده مؤثر در مقاومت چوب

برای نهایی شدن مقاومت‌های اندازه‌گیری شده، با آزمایش نمونه‌های کوچک و بزرگ، اثرهای عوامل تأثیرگذار اعمال می‌شود. باید در نظر داشت که طراح هیچ سروکاری با مراحل آزمایش و نتایج آن ندارد. در مجموع مراحل درجه بندی و تدوین مقاومت‌های مجاز اسمی چوب توسط متخصصان چوب انجام می‌شود ولی تنظیم مقاومت‌های مجاز به عهده طراح گذاشته شده است. در احداث ساختمانهای چوبی اعم از مسکونی یا تجاری بیشتر از گونه‌های درختان سوزنی‌برگ به دلیل سبک بودن و مقاومت بیشتر در برابر عوامل مخرب بیولوژیک استفاده می‌شود. در محاسبات سازه‌ای مقاطع چهارتراش چوبی چوب‌های نراد، نوئل، اسپیروس و یا هر نوع گونه سوزنی چوبی که با مشخصات این چند گونه ساختمانی مطابقت داشته باشند، می‌توان استفاده نمود.

هدف

آنچه که در هنگام طراحی یک سازه چوبی در ذهن یک محقق صنایع چوب می‌گذرد، این است که ما در حال حاضر چوب به اندازه کافی نداریم، همچنین جنگلهای ما توان تأمین این ماده اولیه را برای فعالیت‌های تولیدی ندارند. بنابراین وظیفه هر محقق و طراحی است که از آنچه داریم بدقت و با روشهای اصولی استفاده نماید، در این راستا در تهیه این دستورالعمل فنی اهداف زیر مورد توجه بوده است.

۱- طراحی و ساخت اصولی سازه چوبی؛

۲- صرفه‌جویی در مصرف چوب و استفاده بهینه و مناسب از آن؛

۳ - استفاده از چوب‌آلات اشباع شده و بررسی مقاومت‌های آنها؛

۴- صیانت از جنگلهای طبیعی و اندک کشور؛

۵- افزایش عمر سازه‌های چوبی.

دامنه

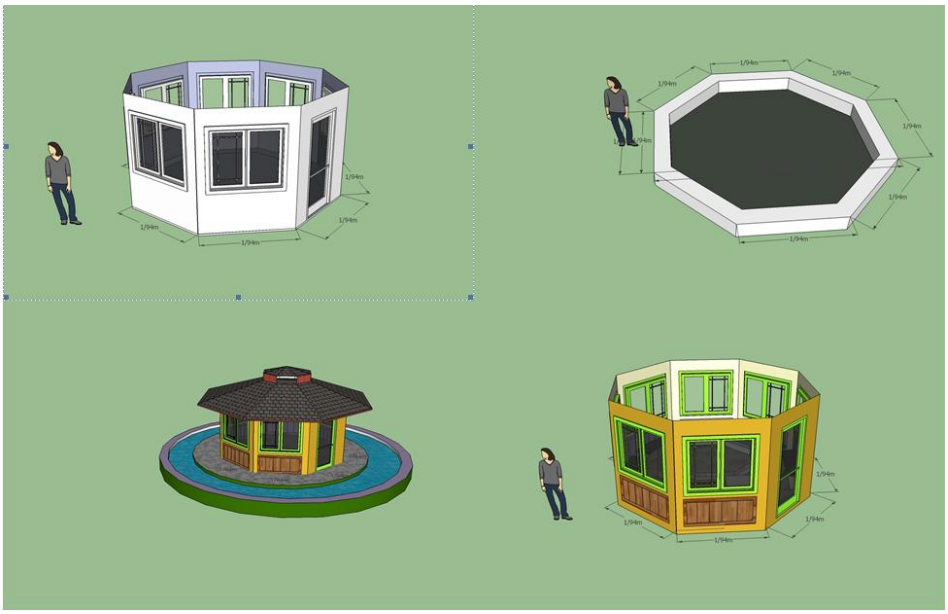
در کشورهایی مانند فنلاند و سوئد خانه‌های چوبی با قدمت چند صد ساله دیده می‌شود که هم زیبایی دارند و هم استقامت و هم مقاومت در برابر زلزله. بررسیهای انجام شده در ساخت این سازه چوبی ما را در ساخت خانه‌های چوبی راهنمایی خواهد نمود. با رعایت نمودن استفاده از گونه چوبی مناسب و ماده حفاظتی مناسب ما خواهیم توانست خانه چوبی بادوام و زیبا و ضد زلزله داشته باشیم.

مسئولیت

با بررسی سوابق استفاده از چوب برای ساخت و ساز و دانستن خواص مقاومتی چوب از نظر استحکام و استفاده از مواد حفاظتی برای اصلاح چوب که مقاومت آن را در برابر پوسیدگی چندین برابر می‌کند، مسئولیت برای استفاده از چوب برای ساخت یک سازه چوبی بر عهده طراح و سازنده سازه خواهد بود.

روش کار

در وهله اول اقدام به انجام محاسبات در مورد ابعاد سازه چوبی نموده و بعد به‌منظور بدست آوردن دید کامل از ابعاد و اندازه‌های آن، از نرم‌افزار Sketch up استفاده می‌کنیم، با این نرم‌افزار تمام مراحل کار به‌صورت سه بعدی تهیه می‌شود.



مراحل طراحی با نرم‌افزار

طرح نهایی مورد انتظار

در اولین مرحله عملیات، به‌منظور رعایت اصول حفاظتی و عدم تماس سازه با خاک که از عوامل انتقال آلودگی قارچی می‌باشد و با توجه به طرح سازه و سطح زیربنا، اقدام به طراحی و ساخت یک سکو به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۹۰۰ سانتی‌متر گردید و به‌منظور افزایش مقاومت، سطح آن سنگ‌فرش شد.

سکو برای نصب سازه

در مرحله دوم با توجه به سوابق تحقیقاتی در مورد ساخت سازه چوبی و بررسی‌های انجام شده، از بین گونه‌های چوبی مورد نظر از نظر مقاومت و وزن مخصوص و ثبات ابعاد، گونه کاج تهران الداریکا انتخاب گردید.

مراحل تبدیل از درخت به گرده بینه

چوبها با توجه به نقشه طراحی شده به ابعاد مناسب تبدیل شدند. آلاچیق مورد طراحی نسبت به انواع مشابه آن دارای ابعاد بزرگتری بوده و دارای هشت ضلع می‌باشد و با طراحی و اتصالات اصولی و جدید مانند سقف آن که بصورت خورشیدی تهیه و برای جلوگیری از اشغال فضای داخل آلاچیق از ستون استفاده نشده است. همچنین از پنجره‌های کشویی در این طراحی استفاده شده است و قسمت سقف آلاچیق نیز از چوب کاج بصورت لمبه‌کوبی‌شده ساخته شده است.

سقف خورشیدی

طرح نهایی سازه چوبی

مستندات مرتبط

۱- آیین‌نامه طراحی سازه‌های چوبی
۲- فناوریهای نوین در صنعت ساختمان سازی
۳- تکنولوژی سازه‌های چوبی

مستندات مرجع

۱- دکتر سپهر گنجه‌ای، بررسی و ارزیابی چند سیستم مطرح در پروژه‌هاس انبوه سازی ساختمانهای مسکونی، سیستم خانه‌های اسکلت سبک چوبی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشر ک – ۵۰۰. تهران ۱۳۸۹.
۲- آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۸۴–۲۸۰۰، مر کز تحقیقات ساختمان و مسکن ۱۳۸۴.

3-ASTM, 1979. Standard method of the properties of wood base fiber and particle panel material USA.
4- International Building Code, International Code Council. INC., Country Club Hills, 2009
5- Maki, N. and Tanka, S., Single Family Wooden House, EERI and IAEE, World Housing Encyclopedia (WHE). Report No. 86, Japon, 1995, Website: www.word-hosing.net