٩٦٢٧١

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
پژوهشکده ساختمان و مسکن

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - مهندسی زلزله

تعیین مقیاسی برای برآورد شدت زمین‌لرزه‌ها در ایران

استاد راهنما : دکتر حمیدرضا رمضی

دانشجو : حسن ایمانی بوسجینی

۱۳۸۷/۵/۲۵

بهار ۱۳۸۱

۹۶۲۷۱

بسمه تعالی

پژوهشکده ساختمان و مسکن

تاییدیه هیات داوران

آقای **حسن ایمانی بوسجینی** پایان نامه کارشناسی ارشد ۶ واحدی خود را با عنوان **تعیین مقیاسی برای برآورد شدت زمین‌لرزه‌ها در ایران** در تاریخ ۱۳۸۱/۳/۸ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی عمران** با گرایش **مهندسی زلزله** پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ – استاد راهنما :	آقای دکتر ..	
۲– استاد مشاور :	آقای دکتر	
۳– استادان ممتحن:	آقای دکتر .	
	آقای دکتر .	
۴– مدیر گروه :	آقای دکتر .	

(یا نماینده گروه تخصصی)

کلیه حقوق اعم از چاپ، تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و
اقتباس برای پژوهشکده ساختمان و مسکن محفوظ است.

تقدیم به:

ارواح پاک آنانکه بی‌گناه در زمین‌لرزه‌های این سرزمین جان می‌بازند.

سپاسگزاری

پژوهشی که انجام شده حاصل تلاش ماهها و روزهایی بوده که این حقیر در پیشبرد آن سپری کرده‌ام و امید است که پژوهندگان و اهل قلم کاستی‌های این اثر را به دیده اغماض بنگرند که از هر آنچه در توان بوده دریغ نشده تا به مطلوب‌ترین و شایسته‌ترین نحو ارائه شود و در این میان جای آن دارد که از مساعدتهای بی‌دریغ استاد عالیقدر جناب آقای دکتر حمیدرضا رمضی که در گردآوری و تهیهٔ این پژوهش زحمات بسیار متحمل شده‌اند سپاس و قدردانی نمایم و برای ایشان از بارگاه خداوند متعال آرزوی موفقیت دارم.

همچنین لازم می‌دانم از آقایان دکتر قدرتی و دکتر طارق مهدی که بر من منت نهاده و در جلسه دفاعیه پایان‌نامه تشریف آوردند و نظرات و توصیه‌های ارزشمندی جهت بهبود و تصحیح آن ابراز داشتند،تشکر کنم.

در انتها لازم می‌دانم که از سرکار خانم بهاریان و سرکار خانم بصیری که در طی این دوره تحصیلی نهایت همکاری را با اینجانب مبذول داشتند، قدردانی نمایم.

چکیده

زمینلرزه‌ها از انجا که تأثیر در خور توجهی بر زندگی انسان داشته‌اند، همواره مورد توجه قرار گرفته‌اند. این توجه از دیدگاههای متفاوت بوده و از نخستین سئوالاتی که در این مورد ذهن بشر را مشغول نموده تعیین اندازه و شدت زمینلرزه است. شدت زلزله مقیاسی است توصیفی که براساس احساس آدمی و مشاهدهٔ اثرات زمینلرزه بیان شده است.مهمترین مقیاسهای شدت در حال حاضر عبارت از MM و MSK است.

اگرچه این مقیاسها امروزه در دنیا کاربرد وسیعی دارند اما به لحاظ محدودیت‌هایی در آنها، در برخی از کشورها از مقیاسهای ویژهٔ محلی استفاده می‌شود. یکی از عوامل مهم مؤثر در این محدودیت‌ها، وضعیت ساخت و ساز هر منطقه است. در همین ارتباط و در مورد ایران زمین، وجود گونه‌های ویژه‌ای از بناها موجب گردیده که یا در گروههای ساختمانی معرفی شده در مقیاسهای بین‌المللی فوق نمی‌گنجد و یا گنجاندن آن بدقت انجام نمی‌شود و با توجه به رابطهٔ مستقیم واکنش گونه‌های ساختمانی با محدودهٔ درجات شدت در هر مقیاس کاربردی، ضرورت تعریف جدیدی برای دسته‌بندی انواع مختلف ساختمانها که بتواند آنها را در محدودهٔ درجات مقیاسهای شدت جاری بگنجاند و یا طراحی مقیاس دیگری که بر پایهٔ کیفیت و واکنش این ساختمانها در برابر زلزله طرح‌ریزی شود، مشخص می‌گردد.

از همین دیدگاه، در پژوهش حاضر ضمن مروری بر پژوهش‌های پیشین و تشریح مقیاسهای شدت مهم بین‌المللی، گونه‌های مختلف ساختمانی و ارتباط درجات آسیب به آنها با ارزیابی شدت زمینلرزه، مورد بررسی دقیق‌تر و جزئی‌تر قرار گرفته و نقش آنها در

تفکیک مقیاسهای شدت مطالعه گردید که حاصل آن معرفی مقیاس مستقلی از شدت است که با ساخت و سازهای ایران همخوانی بیشتری دارد. علاوه بر آن، با بهره‌گیری از داده‌ها و اطلاعات زمینلرزه‌های مهم دهه‌های اخیر، پیوندهای کاهیدگی شدت و پاره‌ای از مشخصه‌های مهم مربوط به ساز و کار زمینلرزه‌های ایران مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و ضمن بیان کم و کیف آنها، روابط و پیوندهای جدیدی را که بنظر میرسد با داده‌های فوق‌الذکر همسویی و انطباق بیشتری دارند نتیجه‌گیری و پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی:

لرزه‌شناسی ، زمینلرزه ، شدت ، جنبش نیرومند زمین ، پیوندهای کاهیدگی شدت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: زمین‌لرزه و شدت آن

۱-۱- پدیدهٔ زمین‌لرزه ۴

۱-۲- علل وقوع زلزله ۴

۱-۳- امواج الاستیک در پیوند با زمین‌لرزه ۵

۱-۴- نواحی زلزله‌خیز جهان ۸

۱-۵- وضعیت زلزله‌خیزی ایران و شهرهای آن ۹

۱-۵-۱- زلزله‌خیزی فلات ایران ۹

۱-۵-۲- سابقه زلزله‌خیزی در شهرهای ایران ۱۷

۱-۶- کمی کردن زمین‌لرزه ۲۰

۱-۶-۱- شدت زلزله ۲۰

۱-۶-۲- بزرگی زلزله ۲۱

۱-۷- تاریخچهٔ مقیاس شدت ۲۵

۱-۷-۱- پژوهش‌های انجام شده تا سدهٔ بیستم ۲۵

۱-۷-۲- پژوهش‌های انجام شده در سدهٔ بیستم ۳۲

۱-۷-۳- پژوهش‌های انجام شده در مورد ایران ۳۷

فصل دوم: مهمترین مقیاس‌های شدت بین‌المللی

۲-۱- مقدمه ۴۲

۲-۲- مقیاس شدت اصلاح شدهٔ مرکالی MM ۴۲

۲-۳- مقیاس جهانی شدت جنبش نیرومند زمین ۵۰

۲-۴- مقیاس شدت MSK-1964 ..... ۵۲

۲-۵- مقیاس شدت آژانس هواشناسی ژاپن (JMA) ۵۹

۲-۶- نکات کلی در مورد مقیاسهای مختلف شدت و مقایسهٔ آنها ۶۱

۲-۶-۱- پیوند مقیاسهای شدت زلزله با حداکثر شتاب جنبش نیرومند زمین ۶۲

۲-۶-۲- مقایسهٔ مقیاسهای مختلف شدت زلزله ۶۵

فصل سوم: مقیاس شدت پیشنهادی برای ایران زمین

۳-۱- مقدمه ۷۰

۳-۲- مقیاس شدت پیشنهادی برای ایران ۷۱

۳-۲-۱- اصطلاحات و طبقه‌بندی عبارات بکار برده شده در مقیاس شدت ۷۲

۳-۲-۲- درجات مقیاس شدت ۷۳

۳-۳- تعاریف تکمیلی اصطلاحات و جزئیات طبقه بندی عبارات بکار برده شده در مقیاس شدت پیشنهادی ایران ۸۲

۳-۳-۱- دسته‌بندی گونه‌های مختلف ساختمانی ۸۲

۳-۳-۲- تعریف عبارات مربوط به کمیت ۸۸

۳-۳-۳- دسته‌بندی درجهٔ تخریب ساختمانها ۸۹

۳-۴- خلاصهٔ وضعیت در درجات متفاوت شدت ۹۱

فصل چهارم: پیوندهای کاهیدگی شدت

۴-۱- کلیات ۹۵

۴-۱-۱- امواج و انرژی زمین‌لرزه ۹۶

۴-۱-۲- رابطهٔ شدت زمینلرزه و شتاب زمین ۹۶

۴-۱-۳- رابطهٔ شدت و بزرگی زلزله ۹۷

۴-۱-۴- رابطهٔ شدت و بزرگی با انرژی ۹۸

۴-۲- پیوند بین بزرگی و شدت زمین‌لرزه و کاهیدگی شدت ۹۹

۴-۳- بررسی ویژگی‌های شدت و کاهیدگی آن در ایران ۱۰۴

۴-۳-۱- مقدمه ۱۰۴

۴-۳-۲- داده‌ها ۱۰۵

۴-۳-۳- بررسی داده‌ها ۱۰۵

۴-۳-۴- منحنی‌های شدت-فاصله ۱۰۷

۴-۳-۵- منحنی‌های شدت-لگاریتم فاصله ۱۰۹

۴-۳-۶- مقایسهٔ رابطهٔ «رمضی- شنک» و رابطهٔ پیشنهادی این مقاله در مورد پیوندهای کاهیدگی شدت ۱۱۳

۴-۳-۷- منحنی‌های شدت-وسعت ۱۱۴

۴-۳-۸- شکل عمومی نقشه‌های هم‌لرز زمین‌لرزه‌های ایران ۱۱۷

فصل پنجم: خلاصه نتایج و ارائه پیشنهادات

۵-۱- خلاصه نتایج ۱۴۸

۵-۲- ارائه پیشنهادات ۱۵۲

فهرست مراجع ۱۵۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ نقشهٔ ایالتهای لرزه‌زمینساختی ایران (نوگل، ۱۹۹۳) ۱۳

شکل ۲-۱ نقشهٔ ایالت‌ها و زیرایالتهای لرزه‌زمینساختی ایران (رمضی- کارنیک. ۱۹۹۵)..... ۱۴

شکل ۳-۱ نقشهٔ مراکز زمین‌لرزه‌ها و خطواره‌های زمین‌ساختی ایران (رمضی، ۱۹۹۶)..... ۱۹

شکل ۴-۱ اولین زلزله‌سنج چینی‌ها..... ۲۷

شکل ۱-۳ محدودهٔ کمیت‌های بکار رفته در مقیاس شدت پیشنهادی ۸۸

شکل ۲-۳ درجه‌بندی خسارت زلزله ۹۱

شکل ۳-۳ روند کمی پیشرفت خسارت و تخریب گونه‌های مختلف ساختمانی در درجات متفاوت شدت بر پایهٔ مقیاس شدت پیشنهادی برای ایران ۹۳

شکل ۱-۴ نقشهٔ موقعیت زمین‌لرزه‌های مورد بررسی ۱۳۴

شکل a-۲-۴ منحنی‌های «شدت- فاصله» برای زلزله‌های مختلف (زمینلرزه‌های شمارهٔ ۱ تا ۱۱)..... ۱۳۵

شکل b-۲-۴ منحنی‌های «شدت- فاصله» برای زلزله‌های مختلف (زمینلرزه‌های شمارهٔ ۱۲ تا ۲۱)..... ۱۳۶

شکل ۳-۴ متوسط کاهش شدت زلزله برای بزرگی‌های متفاوت..... ۱۳۷

شکل ۴-۴ منحنی معادلات کاهیدگی شدت برای سه گروه زلزله مورد بررسی (نرمالایز شده نسبت به M_s^{120}) ۱۳۸

شکل ۵-۴ مقایسه پیوندهای کاهیدگی شدت برای فواصل کم (0<R<200) ۱۳۹

شکل ۶-۴ مقایسهٔ پیوندهای کاهیدگی شدت برای فواصل زیاد (0<R<1000)..... ۱۴۰

شکل ۷-۴ منحنی‌های «بزرگی- وسعت مناطق تحت پوشش» برای شدتهای مختلف ۱۴۱

شکل ۸-۴ مقایسهٔ روند کاهیدگی شدت زمینلرزه‌های ایران با ترکیه ۱۴۲

شکل ۹-۴ مقایسهٔ روند کاهیدگی شدت زمینلرزه‌های ایران با کالیفرنیا و نوادای غربی..... ۱۴۳

شکل ۱۰-۴ منحنی رابطهٔ پیشنهادی تغییرات نسبتهای محور طولی و عرضی هم‌لرزهای ایران ۱۴۴

شکل ۱۱-۴ منحنی رابطهٔ مربعات شدت و نسبت محورهای طولی و عرضی هم‌لرزهای ایران ۱۴۵

شکل ۱۲-۴ منحنی‌های «بزرگی- شدت مرکزی» برای زمینلرزه‌های ایران..... ۱۴۶

فهرست جداول

جدول ۱-۲ رابطهٔ بین مقیاس‌های شدت JMA و MM با شتاب ماکزیمم ۶۳

جدول ۲-۲ رابطهٔ بین مقیاسهای مختلف شدت و شتاب ماکزیمم (AIJ, 1981)..... ۶۳

جدول ۳-۲ مقایسهٔ دو مقیاس شدت MM و JMA و شتابهای زمین و بزرگی زلزله معادل..... ۶۴

جدول ۴-۲ مقایسهٔ سه مقیاس اصلی شدت (JMA- MSK- MM)..... ۶۷

جدول ۵-۲ مقایسهٔ سنجش‌های مختلف شدت زمین‌لرزه ۶۸

جدول ۱-۳ خلاصهٔ وضعیت کلی آثار زمین‌لرزه در درجات متفاوت شدت در مقیاس شدت پیشنهادی برای ایران و ارتباط تقریبی آنها با بزرگی زمین‌لرزه ۱۱۹

جدول ۱-۴ زلزله‌های انتخاب شده برای مطالعهٔ کاهیدگی شدت..... ۱۲۰

جدول ۳-۴ مقادیر شعاع میانگین دایره‌های معادل (R_m) و لگاریتم آنها در شدتهای متفاوت برای گروههای مختلف زمین‌لرزه‌ها ۱۲۶

جدول ۱-۳-۴ مقادیر R_m و $\text{Log } R_m$ برای زلزله‌های گروه اول ($M_s \geq 7.2$) ۱۲۶

جدول ۲-۳-۴ مقادیر R_m و $\text{Log } R_m$ برای زلزله‌های گروه دوم ($6.3 \leq M_s < 7.2$) ۱۲۷

جدول ۳-۳-۴ مقادیر R_m و $\text{Log } R_m$ برای زلزله‌های گروه سوم ($5.4 \leq M_s < 6.3$) ۱۲۷

جدول ۴-۳-۴ مقادیر R_m و $\text{Log } R_m$ برای زلزله‌های گروه چهارم ($M_s < 5.4$) ۱۲۸

جدول ۴-۴ مقایسهٔ شدتهای مرکزی در روابط «رمضی- شنک» و «پیشنهادی» و «ریشتر- گوتنبرگ» ... ۱۲۸

جدول ۵-۴ وسعت مناطق تحت پوشش شدتهای متفاوت زمین‌لرزه‌ها..... ۱۲۹

جدول ۱-۵-۴ مساحت (A_m) مناطق تحت پوشش شدتهای متفاوت بر حسب Km^2..... ۱۲۹

جدول ۲-۵-۴ لگاریتم مساحت (Log Am) مناطق تحت پوشش شدتهای متفاوت ۱۲۹

جدول ۶-۴ نسبت‌های محور طولی و عرضی خطوط هم‌لرز زمین‌لرزه‌های انتخاب شده..... ۱۳۰

مقدمه

کشور ایران از نظر جغرافیایی در یک منطقهٔ زلزله‌خیز جهان قرار گرفته است. نگاهی به خسارتهای ناشی از زلزله‌های متعدد گذشته نشان می‌دهد که درصد بالایی از ساختمانهایی که تاکنون در کشور ساخته شده‌اند در برابر زلزله مقاوم نیستند و یا مقاومت کافی و قابل قبولی ندارند. این موضوع باعث می‌گردد که به محض وقوع هر زلزله، تلفات جانی و مالی سنگینی به مردم تحمیل شده و گاهاً موجب آوارگی صدها هزار نفر می‌شود. از این رو مطالعه و بررسی زلزله‌ها از زوایای گوناگون و یافتن راهکاریی برای مقابله با این پدیدهٔ مخرب ضرورت می‌یابد.

سنجش کمیت زلزله از نخستین و مهمترین پارامترهایی است که در مطالعهٔ زمین‌لرزه‌ها مورد توجه می‌باشد. این پارامتر خود از طریق دو کمیت شدت و بزرگی معرفی می‌شود. شدت زلزله مقیاسی است توصیفی که براساس میزان ویرانی‌ها، احساس و تغییراتی که در محیط طبیعی زمین ایجاد می‌کند بیان می‌شود و برای آن مقیاس‌های متفاوتی توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده. اما بطور کلی نظر به اینکه در برآورد این کمیت، وضعیت محل مورد سنجش اثر تعیین‌کننده‌ای دارد لذا ناگفته پیداست که اندازه آن ممکن است برای دو منطقهٔ متفاوت که با فاصلهٔ مساوی از مرکز یک زلزله قرار دارند، متفاوت باشد. به همین دلیل، تعریف مقیاسی برای هر منطقهٔ خاص ضرورت می‌یابد و تمامی پژوهشگران نیز بر این ضرورت تأیید و تأکید داشته‌اند، در پژوهش حاضر ضمن نگاهی به مقولهٔ شدت بطور

اعم و تعریف مقیاس مستقلی برای شدت زمینلرزه‌های ایران، بخشی از مشخصه‌های مهم و ساز و کار زلزله‌های این منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل اول این مجموعه، زمین‌لـرزه و شـدت آن بطـور کلـی بررسـی و بیـان شـده و مروری بر پژوهش‌های پیشین در این زمینه صورت گرفته است. در فصل دوم، مقیاس‌های شدت مطرح به تفصیل بیان و مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. ضمناً در ارتباط بـا مقیاس‌هـایی که تاکنون برای ایران مورد استفاده بوده مطالبی آورده شده است. در فصـل سـوم ضمـن توضیحاتی در مورد گونه‌های مختلف ساختمانی ایران و تقسیم‌بندی آنها، جزئیـات مقیـاس شدت پیشنهادی برای ایران زمین ارائه گردیده است.

فصل چهارم مبانی و قالب کلی پیوندهای کاهیدگی شـدت را توضیـح داده و کـم و کیـف کاربرد پیوندهای پیشین را در مورد ایران به بحث می‌گذارد. همچنین ضمن پی‌گیری و بیان نتایج مطالعات و تحلیل داده‌های مربوط بـه زمین‌لرزه‌هـای مـهم دهـه‌های اخـیر، روابـط و پیوندهایی که بنظر میرسد برای ساز و کار زلزلـه‌های ایـن بخـش از جـهان سـازگارترنـد، پیشنهاد گردیده است. در نهایت فصل پنجم این مجموعه به جمع‌بندی، نتیجـه‌گیـری و ارائـه پیشنهاد و توصیه‌هایی در این زمینه اختصاص یافته است.

امید آنکه این مجموعه اثری در باز کردن راه‌های تخفیـف خرابیـها داشـته باشـد اگرچـه تأثیر آن بسیار اندک و در جنب کوششهای اهل فن در حکم هیچ باشد ...

فصل اول

زمین‌لرزه و شدت آن

۱-۱- پدیدهٔ زمین‌لرزه

زمین‌لرزه پدیدهٔ انتشار امواج در زمین به علت آزاد شدن مقدار زیادی انرژی ناشی از اغتشاش سریع در پوستهٔ زمین و یا در قسمت بالائی گوشته در مدت کوتاه می‌باشد.

وقتی زمینلرزه‌ای بوقوع می‌پیوندد تنها باعث تکان خوردن زمین نمی‌گردد بلکه ممکن است با پدیده‌های مختلف دیگر همراه باشد. لرزشهای ناشی از زمینلرزه، حرکات پوسته‌ای، تشکیل گسل و چونامی (امواج سهمگین دریاها و اقیانوسها در اثر زمینلرزه) و همینطور روانگرایی از پدیده‌هایی هستند که هر کدام می‌توانند از نقطه‌نظر مهندسی اهمیت داشته باشند. به علاوه تغییراتی در ژئومغناطیس بوجود می‌آید که اگرچه در حال حاضر ارتباط چندانی با مهندسی زلزله ندارد ولی از آنجاییکه در اکثر میدانهای فیزیکی تغییراتی ایجاد می‌شود، لذا از توجه ژئوفیزیکی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

در مرتعش شدن سطح زمین، معمولاً ابتدا لرزه‌های خفیفی در زمان کوتاهی بوجود می‌آید و پس از آن برای مدتی ارتعاش قابل توجه و شدیدی رخ می‌دهد که بتدریج ناپدید می‌گردد [۱].

۱-۲- علل وقوع زلزله

شناخت و مطالعه علل وقوع زلزله از اساسی‌ترین مسائل زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله به شمار می‌آید. البته در حال حاضر تحولات (مکانیزم) اساسی در داخل زمین که منجر به آزاد شدن انرژی و وقوع زلزله می‌گردد هنوز به طور کامل روشن نشده است و در این مورد نظریه‌های مختلفی پیشنهاد شده که در بعضی حالات متناقض یکدیگر می‌باشند. طی چند دههٔ گذشته معلوم شده است که علل وقوع زلزله ارتباط نزدیکی به تغیرات تنش در

پوسته وبخش بالایی گوشتهٔ زمین دارد . توسعه نظریه تکتونیک صفحه‌ای در طی ۳۰ سال گذشته مقدار قابل ملاحظه‌ای درک بشر را برای شناخت وقوع زلزله زیاد کرده است.

آخرین یافته‌ها در این خصوص نشانگر اینست که بیش از نود و پنج درصد علل وقوع زلزله‌ها مربوط به حرکات تکتونیک صفحه‌ای است ولی عوامل دیگر نظیر آتشفشانها، فرو ریختن غارهای عظیم زیرزمینی و لغزش زمین که همگی آنها نیز در هر حال تابع حرکات پوسته زمین است می‌توانند در ایجاد زمینلرزه‌ها نقش داشته باشند[۱].

۳-۱- امواج الاستیک در پیوند با زمین‌لرزه

از دیدگاه مهندسی زلزله، برای طرح و اجرای سازه‌ها به گونه‌ای پایدار در برابر زمینلرزه دست‌یابی به سرشت امواج زمینلرزه‌ای و نگاشت آنها در حوزه مکان،زمان و فرکانس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اساس علم لرزه‌شناسی نیز بر انتشار امواج الاستیک در لایه‌های مختلف زمین بنا نهاده شده است. برای فهم درست از چگونگی انتشار امواج الاستیک باید با اصول فیزیکی حاکم بر ویژگی‌های انتشار امواج، از قبیل فرکانس، سرعت انتشار، سرعت جنبش ذرات، دامنهٔ نوسان، میزان انرژی، جذب، کاهیدگی و چگونگی بازتاب و شکست آنها در لایه‌های مختلف زمین آشنایی پیدا کرد. از آنجا که شرح تئوری امواج الاستیک و عوامل موثر بر انتشار این امواج در قالب این نوشتار نمی‌گنجد، در ادامه تنها به بیان انواع امواج و گروه‌بندی آنها پرداخته می‌شود.

در حالت کلی امواج را می‌توان به دو گروه امواج پیکری و امواج سطحی تقسیم نمود. هر یک از این گروه‌ها نیز بسته به ساز و کار ارتعاش و انتشار، پیوند میان راستای انتشار و

جهت ارتعاش می‌توانند به گروه‌های دیگری تقسیم شوند که در ذیل به اختصار بـه تشـریح هر کدام پرداخته می‌شود.

امواج پیکری: (Body Waves)

این گونه امواج در تمام پیکرهٔ مواد و در تمام جهات پخـش می‌شـوند. بـه عنـوان نمونـه وقتی که تمرکز تنش در پوستهٔ زمین از تاب برشی سنگ‌ها و یا تاب برشـی سـطح گسـل‌ها فراتر می‌رود، یک شکست ناگهانی در پوسته ایجاد می‌شود (معمولاً سطح شکست بر سـطح شکستگی‌های پیشین یعنی گسله‌ها منطبق است) و سبب گسـترش امـواج پیکـری در زمیـن می‌شود. امواج پیکری خود به دو گروه امواج فشاری و امواج برشی قابل تقسیم هستند.

امواج فشاری: (Comperessional Waves)

امواج فشاری که امـواج طولـی (Longitudinal) و نخسـتین (Primary) نـیز نـامیده می‌شـوند، امواجی هستند که ساز و کار جنبش ذره‌ها در آنها به صورت فشاری و کششی است. یعنی در مسیر گذر خود مواد را در راستای گسترش خود فشرده و سپس در آنها کشـش ایجـاد می‌نمایند و یا ابتدا در آنها کشش و سپس فشار ایجاد می‌کنند. این گروه از امواج از آنجا که راستای گسترش و ارتعاش آنها بـر هـم منطبـق اسـت بـه عبـارت دیـگر ارتعـاش در طـول گسترش امواج است، امواج طولی نیز نامیده می‌شوند. از سـوی دیـگر بـه علـت اینکـه آنـها نخستین گروهی هستند که به دستگاههای لرزه‌نگار می‌رسند به نام امواج نخسـتین (اولیـه) نیز شناخته می‌شوند سرعت این امواج از امواج دیگر بیشتر است.

امواج برشی: (Shear Waves)

این گروه از امواج ساز و کار برشی دارند و به موادی که در گذرگاه آنها قرار می‌گیرند تنش برشی وارد می‌کنند. راستای ذرات و به عبارت دیگر راستای تنش برشی وارد شده به ذرات بر راستای گسترش امواج برشی عمود است. بنابراین پیچیدگی تنها در راستاهای عمود بر راستای گسترش پدید می‌آید و به همین علت آنها امواج عرضی نیز نامیده می‌شوند. از سوی دیگر این امواج، دومین گروه امواجی هستند که به لرزه‌نگارها می‌رسد از این رو به آنها امواج ثانویه هم گفته می‌شود موادی که دارای تاب برشی نباشند نمی‌توانند امواج برشی را انتقال دهند. بنابراین، امواج برشی در سیال‌ها و گازها گسترش نمی‌یابند.

امواج سطحی: (Surface Waves)

افزون بر گروه امواج پیکری گروه دیگری از امواج هستند که امواج سطحی نامیده می‌شوند. امواج سطحی بر اثر بازتاب چندین بارهٔ امواج پیکری در لایه‌های سطحی زمین ایجاد می‌شوند و دامنهٔ آنها در ژرفا کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که در ژرفای چندین کیلومتری محو می‌شوند. گروه امواج سطحی سبب ویرانی‌های ناشی از زمینلرزه هستند. این امواج به امواج ریلی و لاو گروه‌بندی می‌شوند.

امواج ریلی: (Aaygleigh)

این امواج سبب جنبش ذرات پیرامون یک مسیربیضوی که در یک سطح شیب‌دار در نظر گرفته می‌شود (مانند حرکت ماری که به صورت یک حلقه به دور خود پیچیده و بر روی یک سطح شیب‌دار قرار گرفته باشد) می‌شوند. امواج ریلی هم مؤلفه موازی و هم مؤلفهٔ