

## سرعت امواج لرزه ای بر اجسام متراکم و کم تراکم

### آشنایی

اصولا چهار نوع مشخص از امواج ارتجاعی وجود دارند که در زمین لرزه ها محسوس بوده و می توانند باعث خسارت شوند. دو نوع از این امواج در داخل حجم و جسم صخره ها و زمین منتشر می شوند که به امواج حجمی موسومند و دو نوع دیگر از امواج به امواج سطحی معروفند که در ذیل به اختصار به تشریح هر کدام پرداخته می شود.

### امواج حجمی

انرژی رها شده در زیر زمین از درون زمین به شکل حرکت موجی به سطح آن می رسد. دو نوع حرکت موجی با طبیعت های مختلف ، یکی امواج طولی و دیگری امواج عرضی (برشی) قادر به عبور از پوسته زمین هستند.

### امواج طولی یا موج P

امواج طولی ، امواجی هستند که سرعت آنها از سایر امواج بیشتر است و بنابراین زودتر از بقیه امواج به محل ایستگاه لرزه نگاری می رسند. بنابراین به این امواج ، امواج اولیه یا P نیز گفته می شود. در این امواج جهت حرکت ذرات با جهت پیشروی موج منطبق است. این موج می تواند از مایعات عبور کند.

### امواج عرضی یا S

سرعت این امواج ، از امواج طولی کمتر است و دومین موجی است که به ایستگاه لرزه نگاری می رسد. به همین خاطر به این موج ، موج S یا موج ثانویه نیز گفته می شود. در این امواج جهت حرکت ذرات ماده ، عمود بر جهت پیشروی موج می باشد. امواج عرضی به علت خصوصیات خود (جهت ارتعاش عمود بر جهت انتشار) قادر به عبور از مایعات نمی باشند.

### امواج سطحی

زمانیکه امواج حجمی (طولی و عرضی) در داخل لایه های مختلف پوسته زمین منتشر می شوند، در سطح مشترک انواع لایه ها منعکس می شوند که در این حالت مقداری از انرژی یک نوع موج ، به انرژی موج دیگر

تبدیل می‌شود. در سطح زمین حرکاتی مشاهده می‌شود که فقط در قسمتهای سطحی وجود دارند و ناشی از امواجی می‌باشند که محدوده انتشار آنها مجاورت سطح زمین بوده و به همین دلیل به امواج سطحی معروف هستند. در زیر به شرح انواع این امواج می‌پردازیم:

### موج ریلی

در این امواج ذرات با حرکت خود، شکلی مانند بیضی که در صفحه قائم و موازی با جهت حرکت موج است، می‌سازند. این بیضی دارای محور اصلی در جهت قائم و محور فرعی در جهت افق می‌باشد. مقدار سرعت انتشار حرکت موج ریلی کمی کوچکتر از سرعت امواج عرضی می‌باشد.

### موج لایه

نوع دیگر امواج سطحی، موج لایه است که اساساً مانند موج برشی یا عرضی بوده، لیکن فاقد قدرت ایجاد تغییر مکان قائم می‌باشد. این موج، زمین را در جهت جانبی و در یک صفحه افقی موازی سطح زمین، ولی در جهت عمود بر امتداد انتشار موج، به انتشار در می‌آورد. با توجه به اینکه اثر ناشی از امواج لایه تکان افقی است، لذا خسارت وارده به ساختمانها از طریق پی آنها قابل توجه می‌باشد. سرعت امواج لایه همواره بستگی به فرکانس آنها داشته و در یک لایه سطحی از پوسته زمین بطور یکنواخت این سرعت بین مقدار سرعت امواج برشی در سنگ و سرعت امواج برشی در خاک تغییر می‌نماید.

### موج ریلی

نام ریلی از دانشمندی به نام ریلی که کاشف این موج بوده است گرفته شده است.

وقتی که زلزله‌ای رخ می‌دهد دو نوع موج ایجاد می‌شود که یکی امواج جسمی و دیگری امواج سطحی می‌باشد. امواج سطحی هم خود به دو نوع تقسیم می‌شوند که در این دو نوع نحوه انتشار موج با همدیگر فرق می‌کند. یکی از این امواج سطحی موج ریلی می‌باشد که در آن ذرات در قسمتی به صورت شکل بیضی حرکت می‌کنند. این بیضی دارای محور اصلی در جهت قائم و محور فرعی در جهت افق می‌باشد. سرعت انتشار موج ریلی کمتر از امواج حجمی است و سومین موجی است که به ایستگاه لرزه نگاری می‌رسد.

### خصوصیات موج ریلی

ریلی (۱۸۸۵) معتقد بود که یک سطح آزاد سطح مشترک هوا - زمین ، موج ویژه‌ای می‌تواند وابسته باشد. نتیجه‌ای که او ارائه داد. این بود که این موج با سرعت تقریبی  $0.9$  سرعت موج  $S$  سیر می‌کند، و در فاصله‌های کم از چشمه ، انتظار می‌رود که ورود آن خیلی دیرتر از ورود موج  $S$  نباشد. در این موج حرکت ذره شامل دو مولفه قائم و افقی است، ولی در هر نقطه ، این حرکت الزاماً در صفحه قائمی است که راستای انتشار موج را در بردارد.

این نظریه حرکت ذره را بیضی با محور بزرگ قائم پیش بینی می‌کند، که در عمقهای کوچک حرکت آن پس‌رو است، به طوری که حرکت در نوک بیضی مخالف راستای انتشار است. هر دو مولفه حرکت در زیر سطح با افزایش عمق کاهش می‌یابند. یکی از مشخصه‌های واقعی این موج که در ژئوفیزیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، این است که انرژی به جای اینکه مانند موجهای حجمی در سه بعد توزیع شود، در دو بعد توزیع می‌شود. این امر برتری نسبی این موجها را روی نگاشته‌ها ، بویژه نگاشته‌های زمین لرزه‌های دور توجیه می‌کند.

#### ناحیه تشکیل امواج ریلی

امواج ریلی ناشی از امواج عرضی یا طولی است که از کانون انتشار می‌یابند، ولی از همسایگی مرکز زلزله تولید نمی‌شوند و ناحیه تشکیل این امواج معمولاً با مرکز زلزله فاصله دارد.

#### منشأ موج انفجاری

سبب بروز موج انفجاری توسعه گازهای سوزان و فشرده‌ای است که از انفجار با سرعت به خارج حرکت کرده و فشار اتمسفر اطراف را بالا می‌برند. فیزیک امواجی که در لحظات بعدی به اطراف گسترده می‌شوند سرعتشان از امواج اولیه زیادتر است. زیرا از داخل هوایی عبور می‌کنند که توسط امواج اولیه گرم شده است. به همین دلیل این فیزیک امواج ثانویه در یک زمان معین به فیزیک امواج اولیه می‌رسند. و فشارشان باهم توأم می‌گردد و تشکیل یک سطح می‌دهند که به نام جبهه ضربه (جبهه موج) خوانده می‌شود. هنگامی که جسمی در برابر این جبهه قرارگیرد، فشار رویه‌ای آن بالا رفته و در یک لحظه بسیار کوتاه به ماکزیمم اندازه خود می‌رسد. این فشار به سادگی جسم را دور زده و از همه طرف آنرا احاطه کرده و می‌فشارد.

#### فشار انفجاری

فشار حاصل از فیزیک امواج انفجاری (کمپرس) یا فشار نامیده می‌شود. در پشت جبهه ضربه هوایی که با موج انفجاری همراه است دارای سرعت زیادی است و فشار دیگری بوجود می‌آید که می‌خواهد اجسام را در سوی حرکت خود به جنبش در آورد. در نتیجه یا آنها را واژگون می‌کند یا می‌غلتاند و یا قطعات آنها را از هم پاره می‌کند. این فشار بعدی را فشار دینامیک یا متحرک گویند.

بعضی از هدفها مانند ساختمانهای بزرگ که پنجره‌ها و درهای نسبتا کوچک و دیوار قوی دارند. در مقابل فشار استاتیک تأثیر پذیرند، در حالی که برجها، تیرهای تلگراف و تجهیزات نظامی (مانند خودروها و توپخانه‌ها) بیشتر در اثر فشار دینامیک خسارت می‌بینند. هر دو این فشارها بر حسب پوند بر اینچ مربع مافوق فشار معمولی اتمسفر بیان شده و با علامت اختصاری (پ - ا - م) نشان داده می‌شوند که به ترتیب از کلمات پوند، اینچ و مربع اقتباس شده است.

#### مرحله مثبت و مرحله منفی

فشار ایجاد شده بوسیله انفجارها مانند T.N.T یا انفجار اتمی که شبیه هم هستند، اما مقدار و دوام زمانی انفجار اتمی چند برابر زیادتر است. در ترکش سلاح ۲۰ تنی وقتی جبهه ضربه در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر را پیموده فشار داخل آن با چنان سرعتی کاهش می‌یابد که عملا از فشار اتمسفر اطراف کمتر می‌شود. در این حال یک فشار منفی ایجاد می‌شود که هوا را می‌مکد. این مرحله به نام مرحله مکش یا منفی خوانده می‌شود. تا از مرحله مثبت یا کمپرس (تراکم) متمایز گردد.

طول زمان مرحله منفی سه تا سه و نیم برابر مرحله مثبت است، در مرحله مثبت باد به طرف خارج حرکت می‌کند، در حالیکه در مرحله منفی سوی باد به داخل است. درابتدای انفجار فشار به ماکزیمم مقدار خودش می‌رسد (مرحله مثبت) لیکن به تدریج کم شده و به مقدار اتمسفر می‌رسد و سپس مرحله منفی آغاز شده و بالاخره مجدداً به میزان اتمسفر می‌رسد.

مقایسه طول زمان فشار حاصل از انفجارات معمولی و هسته‌ای

در یک مسافت معین که فشار حاصل از انفجارات معمولی برابر فشار حاصل از انفجار هسته‌ای باشد دوام زمان فشار انفجار هسته‌ای ۱۰۰ برابر یا بیشتر از دوام زمانی فشار انفجارات معمولی خواهد بود و همین امر در ایجاد خسارت بیشتر بسیار موثر است.

#### تأثیر موج انفجاری بر روی ساختمانها

مقاومت یک ساختمان در برابر موج انفجاری در درجه اول به قدرت و جنس ساختمان بستگی داشته و در درجه دوم بستگی به شکل آن و تعداد دریچه‌های موجود دارد، قویترین آنها ساختمانهای چهار گوش فولادی و بتنی هستند و ضعیفترین آنها چتری شکل کارخانجات اند که دارای تیرهای سبک و طویل و سقفهای بدون حایل می‌باشد شکل ساختمان زیاد موثر نیست، زیرا تقریباً تمام ساختمانها چهار گوش هستند. یک ساختمان باریک و طویل اگر از قسمت باریک خود در معرض موج انفجاری قرار گیرد خسارت کمتری خواهد دید تا از قسمت پهن در معرض موج قرار گیرد.

موضوع شکل فقط در بعضی از قسمتهای ساختمان موثر است. مثلاً در مورد دود کشها و پایه پلها چون موج انفجاری بطور سریع همه اطراف آنها را احاطه کرده و دور تا دور را به یک میزان می‌فشارد. در نتیجه مقاومیشان بسیار زیاد می‌شود غالباً دیده شده است شکسته شدن سریع درها و دریچه‌ها و خراب شدن قسمتهای ضعیف یک ساختمان اغلب مفید به نظر می‌رسد، زیرا همین امر سبب می‌شود که فشار درون ساختمان و خارج آن بطور سریع برابر شده و از ویرانی زیادتر جلوگیری شود.

#### سوی موج انفجاری و پناهگاهها

در یک انفجار هوایی در سطح زمین و نزدیکی آن فشار موج انفجاری بیشتر روی سقف ساختمانها تأثیر می‌گذارد، لیکن در مسافتهای دورتر تأثیر بر روی دیوارها خواهد بود. واضح است که در سطح زمین و نزدیکی آن ساختمانها و عوارض زمین امکان حفاظت کمتری دارند، در حالیکه در مسافتهای دورتر ممکن است تپه ها و دره های تنگ حفاظت خوبی بوجود آورند همچنین این امکان هم وجود دارد که دره های تنگ اثر موج انفجاری را افزایش دهند ایجاد حفاظت بوسیله سایر ساختمانها تنها تحت بعضی شرایط استثنائی مسیر خواهد شد.

## تأثیر موج انفجاری روی یک شهر مدرن

اگر انفجار بمب ۲۰ کیلو تنی در ارتفاع ۲ کیلومتری سطح زمین صورت گیرد، در دایره‌ای به شعاع یک چهارم مایل از سطح زمین صرف نظر از نوع ساختمانها انهدام کامل است. از آن به بعد تا مسافت یک مایلی ساختمانهای بتنی شدیداً آسیب می‌بینند. در صورتیکه بقیه ساختمانها به کلی ویران می‌شوند. خانه‌های مسکونی تا مسافت ۱.۵ مایلی منهدم شده و تا مسافت ۸ مایلی خسارت شدید، متوسط و سبک خواهند دید. پلها، جاده‌ها و بزرگ راهها بخاطر شکل ساختمانی‌شان در برابر موج انفجاری بسیار مقاوم هستند.

در ژاپن پلهایی که دارای پایه فولادی بوده و از بتن تقویت شده، ساخته بودند. فقط در قسمت سطح و نرده‌های اطراف کمی آسیب دیدند. و در نتیجه تا هنوز قابل استفاده بوده‌اند. فقط در یک مورد، رویه یکی از پلها از پایه‌ها جدا شده و فرو ریخت. رویه وسیع پلهای مطلق به علت خاصیت انعطافی خود پا بر جا مانده بودند. البته پلهای نظامی نیز به همین اندازه از خود مقاومت نشان می‌دهند، لیکن نباید انتظار داشت که در برابر انفجار بمبهای بزرگتر و یا از نوع دیگر ترکش (هوایی کوتاه و سطحی) چنین پایداری داشته باشند جاده‌ها و زیرسازی آنها، آهن و خطوط آن نسبتاً از موج انفجاری آسیبی دریافت نمی‌کنند فقط ممکن است بوسیله خرده سنگ و نخالی مسدود گردند.