അധ്യായം

07

ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes)

E9G1C6

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ രീതിയും കാരണങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു.
- ഫലകസീമകളിൽ നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ലോകത്തിലെ പ്രധാന ഭൂകമ്പമേഖലകളെ വരച്ചുകാണിക്കുന്നു.
- വിവിധ തരം ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ വിവേചിക്കുന്നു.
- സീസ്മോഗ്രാഫ്, സീസ്മോഗ്രാം എന്നിവ ചിത്രീകരിക്കുന്നു.
- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലിപ്പം നിർണയിക്കുന്ന വ്യാപ്തി, തീവ്രത മാനകങ്ങൾ തുലനം ചെയ്യുന്നു.
- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങളെ പ്രകൃതിദുരന്തമെന്ന നിലയിൽ തിരിച്ചറിയുന്നു.

ഭൂകമ്പങ്ങൾ അവയുടെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ മൂലം ചരിത്രത്തിലുടനീളം നാഗരികതയെ ഭയചകിതരാക്കിയിട്ടുണ്ട്. വളരെ ശക്തവും വേഗമേറിയതും അപ്രതീക്ഷിതവുമായ പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിൽപ്പെട്ടതാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ. വിവർത്തനിക സമ്മർദ ബലത്താൽ ശിലകളിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജം പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുന്നതിനാൽ ഭൂമിയിലുണ്ടാകുന്ന പ്രകമ്പനമാണ് ഭൂകമ്പം.

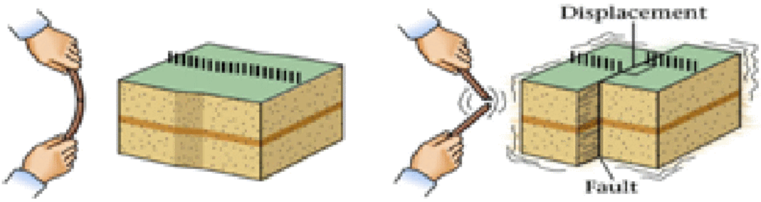
ഭൂകമ്പങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയ പഠനമാണ് **ഭൂകമ്പശാസ്ത്രം (seismology)**. ഭൂകമ്പങ്ങളെയും ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞരാണ് **ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയർ (seismologists)**. ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പവേധ കെട്ടിടങ്ങളോ മറ്റു നിർമ്മിതികളോ രൂപകല്പന ചെയ്യുവാനും, അപകട സാധ്യതാ മേഖലകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് അനുയോജ്യമായ കെട്ടിട നിർമ്മാണ നിയമാവലികൾക്ക് രൂപം നൽകുവാനും സിവിൽ എഞ്ചിനിയർമാർക്കും എഞ്ചിനീയറിംഗ് ഭൂവൈജ്ഞാനീയർക്കും ഭൂകമ്പപഠനം സവിശേഷ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

7.1 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണങ്ങൾ (Causes of earthquakes)

ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ ശിലകൾ, അവയെ വളയ്ക്കുവാനും തിരിക്കുവാനും പൊട്ടിക്കുവാനുമെല്ലാമുതകുന്ന ബലങ്ങൾക്ക് നിരന്തരം വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് ഇതിനകം അധ്യായം IV (ഭൗമശിലാഘടനകൾ (Geological structures)) ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ശിലകളിൽ രൂപമാറ്റത്തിന് ഹേതുവാകുന്ന ബലങ്ങളെ വ്യതിരിക്ത സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ (differential stresses) അതായത് എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നും തുല്യമല്ലാത്ത അളവിൽ ചെലുത്തപ്പെടുന്ന സമ്മർദ്ദ ബലം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ശിലകൾക്ക് വളയലോ, തിരിയലോ പൊട്ടലോ സംഭവിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് രൂപമാറ്റമുണ്ടാകുന്നുവെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ശിലകളെ രൂപമാറ്റപ്പെടുത്തുന്ന മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സമ്മർദ്ദബലങ്ങളെപ്പറ്റിയും (ശിലകളെ വലിച്ചുനീട്ടുന്ന വലിവുബലം (tensional stress), ശിലകളെ ഞെരുക്കുന്ന സങ്കോചബലം (compressional stress), ശിലകളെ ഉരസി നീക്കി തെന്നാൻ കാരണമാക്കുന്ന ഛേദകബലം (shear stress)) നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. വർദ്ധിതമായ വ്യതിരിക്ത സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾക്ക് ശില വിധേയമായാൽ, അതിന്റെ ആകൃതി, വലുപ്പം, വ്യാപ്തം, എന്നിവ മാറാവുന്നതാണ്. ആകൃതിയിലോ വലുപ്പത്തിലോ വ്യാപ്തത്തിലോ വരുന്ന അത്തരം മാറ്റത്തെയാണ് സമ്മർദ്ദഫലം (strain) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

രൂപമാറ്റത്തിന്റെ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളെയും (പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുന്ന ഇലാസ്തിക രൂപമാറ്റം (elastic deformation), പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കാത്ത വിധം രൂപം മാറുന്ന വഴങ്ങൽ രൂപമാറ്റം (ductile deformation), പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കാത്തതും

വസ്തുവിന് പൊട്ടൽ സംഭവിക്കുന്നതുമായ പൊട്ടൽ രൂപ മാറ്റം (fracture deformation) (ചിത്രം 7.1) സംബന്ധിച്ച് മനസ്സിലാക്കിയ കാര്യം ഓർത്തുനോക്കുക. സാധാരണയായി ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്തുള്ള ശിലകളെല്ലാം ഭംഗുരസ്വഭാവമുള്ളവയാണ്. അതിനാൽ, വ്യതിരിക്ത സമ്മർദബലങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുമ്പോൾ, അവ പൊട്ടിപ്പോകുന്നു.



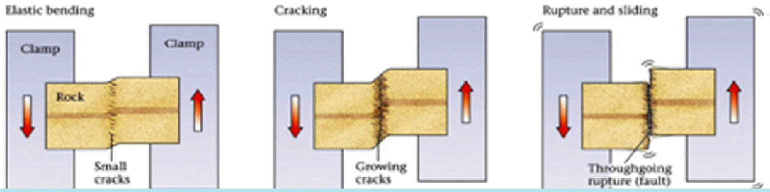
ചിത്രം 7.1 വഴങ്ങുന്ന സമ്മർദഫലവും ഭംഗുരരൂപമാറ്റവും

ഭംഗുര സ്വഭാവമുള്ള പാറകൾ പൊട്ടുകയും തത്ഫലമായി വിള്ളലിന്റെ ഇരു വശത്തുള്ള ശിലകൾക്ക് ആപേക്ഷികമായി സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോഴാണ് ഭ്രംശങ്ങൾ (faults) ഉണ്ടാകുന്നത്. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിവിധ കാരണങ്ങളിൽ ഭ്രംശനചലനമാണ് കൂടുതൽ വ്യാപകമായ ഒരു കാരണമായി വർത്തിക്കുന്നത്. ഭ്രംശനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന പിളർപ്പുകളും അനുബന്ധമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പ സ്പന്ദനങ്ങളും വിശദീകരിക്കുന്ന പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും വിവിധ സമയങ്ങളിലായി മുന്നോട്ട് വെക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

7.1.1 ഭ്രംശനവും ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തവും (Faulting and Elastic Rebound Theory)

1906 ൽ എച്ച്.എച്ച്.റീഡ് മുന്നോട്ട് വെച്ച ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം ഒട്ടുമിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കും തൃപ്തികരമായ വിശദീകരണം നൽകുന്ന ഒന്നായി വ്യാപകമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ശിലകളിൽ പടിപടിയായി സംഭരിക്കപ്പെട്ട സമ്മർദബലം പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുകയും തത്ഫലമായി ഭ്രംശനത്തിലൂടെ സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം സമ്മർദ്ദബലം ചെലുത്തപ്പെടുമ്പോൾ ശിലകൾ ഇലാസ്തിക സ്വഭാവത്തിലാണ് പെരുമാറുന്നത്. എപ്പോഴാണോ സമ്മർദബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്, ആദ്യം ഇലാസ്തികസ്വഭാവവും തുടർന്ന് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവത്തോടു കൂടിയതുമായ രൂപമാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ സമ്മർദ്ദബലത്തിന്റെ തീവ്രത വർദ്ധിക്കുന്നതോടെ, ശിലകൾ പ്ലാസ്റ്റിക് രൂപമാറ്റത്തിന്റെ പരിധി വിടുകയും അവയ്ക്ക് പിളർപ്പുണ്ടാവുകയും തുടർന്ന് സ്ഥാനഭ്രംശത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 7.2 ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം.

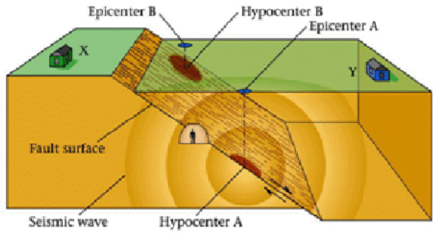
ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, ഒരു ഭ്രംശനത്തിലൂടെയുള്ള ശിലകളുടെ തെന്നലിന് വിഘ്നമുണ്ടാകുമ്പോൾ ഭ്രംശനത്തിനിരുഭാഗത്തും രൂപ മാറ്റത്തിലായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ശിലകളിൽ കൂടുതൽ ഊർജം സംഭരിക്കപ്പെ ടുന്നതാണ്. ശിലകളുടെ വഴുതൽ നടക്കുമ്പോൾ ഈ സംഭരിത ഊർജം വിമുക്ത മാവുകയും ഭൂകമ്പത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂകമ്പം നടക്കുന്നതിന് മുമ്പ് ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപമുള്ള ശിലകൾ വളയുന്നതായി കാണപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം ഈ വക്രീകൃതാവസ്ഥ, അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാകുന്നത് വക്രീകൃത ശിലകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ട ഊർജം ഭൂകമ്പത്തിലൂടെ പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുന്നുവെന്നാണ്.

ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഘർഷണം നിമിത്തം ഭ്രംശനത്തിലൂടെ അവ യുടെ തുടർന്നുള്ള ചലനം തടസ്സപ്പെടുന്നതാണ്. എന്നാൽ ഭ്രംശമേഖലകളിൽ വീണ്ടും ഇലാസ്തിക സമ്മർദ്ദഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഊർജം സംഭരിക്കപ്പെടുകയും ഘർഷണത്തെ മറികടക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ മറ്റൊരു ഭൂകമ്പമായി അത് ഭവി ക്കുന്നതാണ്. ഒരിക്കൽ ഒരു ഭ്രംശനം രൂപം കൊണ്ടാൽ, ഭൂവൽക്കത്തിലെ ഒരു ദുർബല മേഖലയായി അത് മാറുകയും അവിടെ സമ്മർദബലം ഉളവാക്കുന്നിട ത്തോളം കാലം ഭ്രംശന ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകാനിടവരികയും ചെയ്യുന്നു. ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനഭ്രംശം സംഭവിക്കുന്നതോട് കൂടെതന്നെ, സമ്മർദ്ദ ബലത്താൽ രൂപപ്പെട്ട വക്രതയിൽ നിന്നും അവ പൂർവ്വസ്ഥാനത്തേക്ക് മടങ്ങിവരുന്നുവെന്നതാണ് ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ആശയം. ഈ ഉത്പതന പ്രക്രിയാ വേളയിൽ സമ്മർദ്ദബലത്തിനിടയിൽ സംഭരി ക്കപ്പെട്ട ഇലാസ്തിക ഊർജം സ്ഥാനചലനം നടന്നിടത്ത് നിന്നും (ഭൂകമ്പ ഉത്ഭവ കേന്ദ്രം) സീസ്മിക് തരംഗങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ മോചിതമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും (Focus and epicenter of an earthquake)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിന് താഴെ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ശരിയായ സ്ഥാനമായി വർത്തിച്ച് ഭ്രംശന പിളർപ്പ് ആരംഭിക്കുന്ന സ്ഥലമാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ **ഉത്ഭവകേന്ദ്രം (focus)** അല്ലെങ്കിൽ **പ്രഭവകേന്ദ്രം** അഥവാ **ഹൈപോസെന്റർ (hypocentre)**. ഇതാണ് സീസ്മിക് തരംഗങ്ങൾ പുറപ്പെടുന്ന കൃത്യമായ സ്ഥാനം. മറ്റൊരർത്ഥ ത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനമാണ് ഫോക്കസ് (focus) അഥവാ

ഉത്ഭവകേന്ദ്രം. ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിൽ വിള്ളൽ ആരംഭിച്ച് ഭ്രംശന മേഖലയിലൂടെ അതിവേഗം വ്യാപിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. ഉത്ഭവ കേന്ദ്രത്തിന് നേരെ മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തിലുള്ള സ്ഥാനത്തെ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ **ഉപരികേന്ദ്രം (epicenter)** എന്നാണ് പറയുന്നത്.



ചിത്രം 7.3 ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും

മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും ഉത്ഭവം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായിട്ടാണെങ്കിലും ചില ഭൂകമ്പങ്ങൾ കൂടുതൽ ആഴത്തിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിന്റെ പരമാവധി ആഴം ഏകദേശം 700 കി.മീറ്ററാണ്. ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആഴം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭൂകമ്പങ്ങളെ മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാവുന്നതാണ്.

എ) ആഴം കുറഞ്ഞ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Shallow focus earthquakes): ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനും 70 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിനുമിടയിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

ബി) മധ്യമ ആഴ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intermediate focus earthquakes): 70 മുതൽ 350 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ നിന്നുമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

സി) അഗാധ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Deep focus earthquakes): 350 മുതൽ 700 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

ആഴം കുറഞ്ഞ ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തോട് കൂടിയ ഭൂകമ്പങ്ങളാണ് സാധാരണ കൂടുതലായിട്ടുണ്ടാകുന്നത്. മൊത്തം പ്രമുക്തമാകുന്ന ഊർജത്തിന്റെ 85 ശതമാനവും ഈ ഗണത്തിൽ പെടുന്നു. വളരെ അപൂർവ്വമായിട്ടാണ് മധ്യമ ആഴത്തിലും (12%) കൂടുതൽ ആഴത്തിലും (3%) ഉത്ഭവകേന്ദ്രം സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. കൂടുതൽ ആഴത്തിലുള്ള ശിലകൾ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിനോ രൂപമാറ്റത്തിനോ വിധേയപ്പെടുന്നത് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവത്തോടെ ആയതിനാൽ ഭംഗുരസ്വഭാവമുള്ള ശിലകളെപ്പോലെ ഊർജ്ജം സംഭരിക്കുവാനും പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാക്കുവാനും പ്രാപ്തിയില്ലാത്തതാണ് ഇതിന് കാരണം.

7.1.2 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ടെക്റ്റോണിക് കാരണങ്ങൾ (Tectonic causes of earthquakes)

ഭ്രംശനത്താലുണ്ടാകുന്ന പിളർപ്പ് (Rupture) പ്രതലത്തിലൂടെ ശില പെട്ടെന്ന് ലംബമായോ പാർശ്വസ്ഥമായോ ചലിക്കുന്നത് മൂലമാണ് ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് നിമിത്തമാകുന്ന വിവിധ കാരണങ്ങളിൽ, വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനത്താലുണ്ടാകുന്ന ഭ്രംശ ചലനമാണ് കൂടുതൽ വ്യാപകമായി ഭൂകമ്പത്തിനിടയാക്കുന്നത്.

ടെക്റ്റോണിക് ഭൂകമ്പങ്ങൾ കൂടുതൽ സാധാരണവും വിനാശകരവുമാണ്. സ്ഥാനാന്തരണം മൂലമോ രൂപമാറ്റം മൂലമോ ഭൂവൽക്കത്തിനുണ്ടാകുന്ന ഘടനാപരമായ മാറ്റങ്ങളെയാണ് ടെക്റ്റോണിക് (tectonic) എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂവൽക്കത്തിനകത്തെ ചലനങ്ങൾ ദുർബല സ്ഥാനങ്ങളിൽ സമ്മർദ്ദബലം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാനും ശിലകളെ രൂപമാറ്റത്തിനിടയാക്കുവാനും കാരണമാകുന്നു.

ഫലകവിവർത്തനിക പ്രവർത്തനത്തോടനുബന്ധമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം നിരന്തരമായ മന്ദചലനത്തിലാണ്. ഭൂഗോളത്തിന്റെ മൊത്തം ഉപരിഭാഗവും ഫലകങ്ങളാൽ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ഫലകങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ചലിക്കുന്നതിനാൽ, ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ അവ പരസ്പരം ഉരസി നീങ്ങുന്നു (സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഫോൾട്ട് പോലെ), അതേ സമയം മറ്റ് ചിലയിടങ്ങളിൽ (സൗത്ത് അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ അതിർത്തിയിലെ പെറു - ചിലി ട്രഞ്ചിലേതുപോലെ) ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനടിയിലേക്ക് താഴുകയോ, ഒന്ന് മറ്റൊന്നിൽ നിന്നും (മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വത വരമ്പിലേത് പോലെ) പരസ്പരം അകന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം സ്ഥലങ്ങളിലെല്ലാം ഫലകാതിരുകളിലെ ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾ വക്രീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു (നാം അതിനെ സമ്മർദഫലം (strain) എന്ന് വിളിക്കുന്നു). ചലനം തുടരുന്നതിനനുസരിച്ച് സമ്മർദ്ദഫലം കൂടിക്കൂടി തുടർന്നുള്ള വക്രീകരണത്തെ അതിജയിക്കാൻ പറ്റാത്ത അവസ്ഥയിലേക്കെത്തുന്നു. അങ്ങനെ ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾ പൊട്ടിപ്പോവുകയും ഈ സംഭവവികാസം ഒരു ഭൂകമ്പത്തിനിടയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.1.3 നോൺ ടെക്റ്റോണിക് കാരണങ്ങളാലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Non-tectonic causes of earthquakes)

അഗ്നിപർവ്വത വിസ്ഫോടനങ്ങൾ, ഭൂഗർഭ ആണവ സ്ഫോടനം, ഭീമൻ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ, വലിയ ഉൽക്കാപതനം കൊണ്ടുള്ള ആഘാതം എന്നിവ മൂലമുണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങളോടനുബന്ധിച്ചു നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെല്ലാം വിവർത്തനികേതര കാരണങ്ങളിൽ പെടുന്നു.

അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെ അഗ്നിപർവ്വത ഭൂകമ്പങ്ങൾ (volcanic earthquakes) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം സന്ദർഭങ്ങളിലെല്ലാം, ഭൂകമ്പങ്ങൾ അഗ്നിപർവ്വതത്തിനു സമീപമുള്ള ശിലാപിണ്ഡങ്ങളുടെ പെട്ടെന്നുള്ള വഴുതൽ നടക്കുന്നത് മൂലവും അനുബന്ധമായി സംഭരിത ഊർജം പെട്ടെന്ന് പ്രമുക്തമാകുന്നതിനാലും ഉടലെടുക്കുന്നവയാണ്. സർക്കം പസഫിക് മേഖല (Circum Pacific belt) യിലും മധ്യ സമുദ്രാന്തര പർവ്വത വരമ്പുകളിലുമുള്ള സ്ഥിതിവിശേഷം പോലെ സജീവ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുടെയും ഇടയ്ക്കിടെയുണ്ടാകുന്ന വലിയ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ വിന്യാസസ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിൽ പരസ്പര സാദൃശ്യം കാണുന്നുണ്ട്.

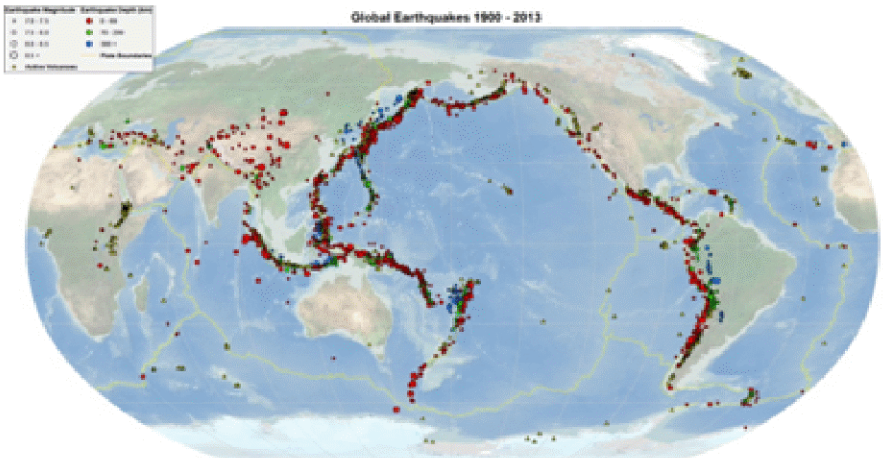
അഗ്നിപർവ്വത ഭൂകമ്പങ്ങൾ, സജീവമായ അഗ്നിപർവതങ്ങളെ ചുറ്റിപ്പറ്റിയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. പ്രധാനമായും സ്ഫോടനാത്മകമായ ഉൽസർജനത്താലും, ഭൂഗർഭ അറകളും ചാലുകളും ശിലാദ്രവ (magma) ത്താൽ ശക്തിയായി നിറയ്ക്കപ്പെടുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ആഘാതത്താലുമാണ് ഇത്തരം ഭൂകമ്പങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. വലിയ ഭൂഗർഭ ആണവ സ്ഫോടനങ്ങൾ വഴിയുള്ള പൊട്ടിത്തെറി, ഖനികളിലെ ഖനനം, അണക്കെട്ടുകൾക്ക് പിന്നിലെ വലിയ ജലസംഭരണികൾ (reservoirs) നിറയ്ക്കൽ എന്നിവയും ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കിടയാക്കാറുണ്ട്.

വലിയതും ഉയരമുള്ളതുമായ അണക്കെട്ടുകൾക്ക് പുറകിൽ വെള്ളം നിറയുന്നത് മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനങ്ങളെ റിസർവോയർ പ്രേരിത ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Reservoir Induced Seismicity or 'RIS') എന്ന് പറയുന്നു. 100 മീറ്ററിലധികം ആഴത്തിലും 1 ഘന കി.മീറ്റർ വ്യാപ്തത്തിലുമുള്ള ജലസംഭരണികളാകും കൂടുതലായും ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് വഴി വയ്ക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലെ കൊയ്നയിൽ 1967 ലുണ്ടായ ഭൂകമ്പം, കൊയ്ന ഡാമിന്റെയും ബന്ധപ്പെട്ട ജലാശയത്തിന്റെയും പ്രേരിതഫലമായിട്ടുണ്ടായതായി കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

മലഞ്ചെരുവുകളിൽ വേണ്ടത്ര ശക്തിയിലുണ്ടാകുന്ന ഉരുൾപൊട്ടലുകളും ശിലാപാതവും ചെറിയ തോതിലുള്ള ഭൂചലനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകാറുണ്ട്. വ്യവസായ മേഖലകളിൽ, കനത്ത യന്ത്രങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനവും, റെയിൽപ്പാതയിലൂടെയുള്ള തീവണ്ടികളുടെ ചലനവും, വലിയ വാഹനങ്ങളുടെ ചലനങ്ങളുമെല്ലാം, ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നേരിയ കമ്പനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നവയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉൽക്കാപതനമുണ്ടാക്കുന്ന ആഘാതവും ഭൂചലനത്തിന് കാരണമായേക്കാം.

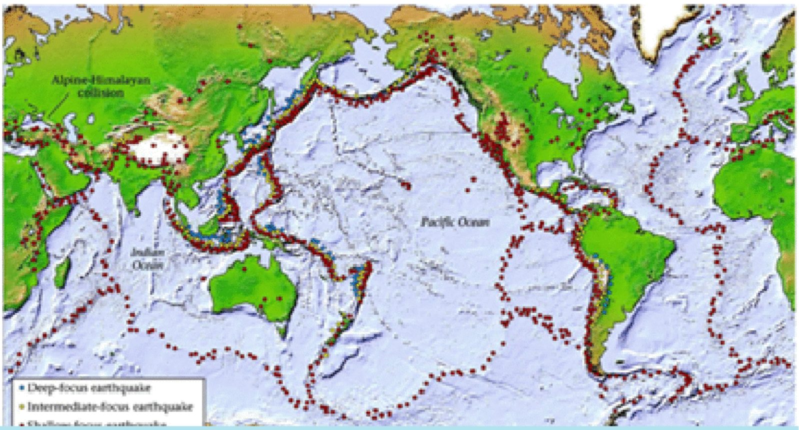
7.2 ഭൂകമ്പങ്ങളും പ്ലെയ്റ്റ് ടെക്റ്റോണിക്സും (Earthquakes and Plate tectonics)

ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിന്യാസ സ്ഥാനവും, ആവർത്തനവും **ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനം അഥവാ സീസ്മിസിറ്റി (seismicity)** എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാവുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.4). മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും വിവർത്തനിക ഫലക സീമകളോട് ചേർന്ന് നിലകൊള്ളുന്ന താരതമ്യേന പരിമിതമായ മേഖലകളിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ചിലത് ഫലകങ്ങൾക്കകത്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇവയെ **അന്തർഫലക ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intraplate earthquakes)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.4 ലോക ഭൂകമ്പ ഭൂപടം

ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ (Lithospheric Plates) ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച് ചലിക്കുന്ന മേഖലകളാണ് ഫലക സീമകളെന്ന് നിങ്ങൾ നേരത്തെ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് ഭൂകമ്പ മേഖലകളും ഫലകസീമകളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 7.5 ശിലാമണ്ഡല ഫലക സീമകളിലെ ഭൂകമ്പ മേഖലകൾ

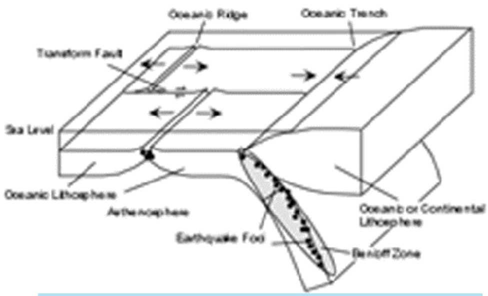
7.2.1 വിയോജന ഫലകസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at diverging plate boundaries)

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അകന്ന് നീങ്ങുന്ന (സമുദ്ര വരമ്പകളിലേതു പോലെ) മേഖലകളാണ് വിയോജന ഫലകസീമകൾ. ഇത്തരം ഭാഗങ്ങളിൽ ശിലാമണ്ഡലം വലിവു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്ന അവസ്ഥയിലാണ്. അതിനാൽ അവിടെ സാധാരണ ഭ്രംശനങ്ങളും ഭ്രംശതാഴ്വരകളും കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ഫലകസീമകളിലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ നേർഭ്രംശചലനം (Normal fault) കാണിക്കുന്ന

വയും 20 കി.മീറ്ററിൽ കുറഞ്ഞ ആഴത്തിൽ പ്രഭവസ്ഥാനമുള്ള (ആഴം കുറഞ്ഞ പ്രഭവസ്ഥാനത്തോട് കൂടിയ) വയുമായിരിക്കും. ഇത്തരം കുറഞ്ഞ ആഴത്തിലുള്ള പ്രഭവസ്ഥാനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, വിയോജന ഫലക സീമകളിൽ ഭംഗുര സ്വഭാവമുള്ള ശിലാമണ്ഡലം താരതമ്യേന നേർത്തതാണെന്നാണ്.

7.2.2 സംയോജന ഫലകസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at converging plate boundaries)

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ പരസ്പരം അടുക്കുന്ന ഫലക സീമകളാണ് സംയോജന ഫലകസീമകൾ. ഇവിടെ ചുരുങ്ങൽ ബലങ്ങൾ സജീവമാവുകയും, പ്രതിഭ്രംശനം (Reverse fault) അല്ലെങ്കിൽ തള്ളൽഭ്രംശനം (thrust fault) സാധാരണയായി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്ന മേഖലകളാണ്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള സംയോജന സീമകളാണുള്ളത്. അതായത് (1) നിമജ്ജന സീമകൾ (subduction boundaries). ഇവിടെ ഒരു സമുദ്രഫലകം മറ്റൊരു സമുദ്ര ഫലകത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ വൻകരാ ഫലകത്തിന്റെ അടിയിലേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്നു. (2) സംഘട്ടന സീമകൾ (Collision boundaries) ഇവിടെ വൻകരാശിലാമണ്ഡലത്തോട് കൂടിയ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിയിടിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.6 നിമജ്ജന മേഖലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂചലനങ്ങൾ

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്ന നിമജ്ജന സീമകളിൽ, താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിലുള്ള ശിലാമണ്ഡലം മാന്റിലിലേക്ക് തള്ളി ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നു. നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ശിലാമണ്ഡലം താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിലായതിനാൽ, താണുപോകുമ്പോൾ ഭംഗുരാവസ്ഥയിൽ തന്നെ ശേഷിക്കുകയും, ചുരുങ്ങൽ ബലത്താൽ പൊട്ടാനിടവരികയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ പൊട്ടുന്ന വേളയിൽ, അടിയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതിനനുസൃതമായി വർദ്ധിത ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഒരു മേഖലയെത്തന്നെ സൃഷ്ടിക്കുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.6). ഒരു സമുദ്ര ഫലകം മറ്റൊരു ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് തെന്നിയിറങ്ങുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഈ ഭൂകമ്പ മേഖലയെ **ബെനിയോഫ് മേഖല (Benioff Zone)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു. ബെനിയോഫ് മേഖലയിൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രഭവകേന്ദ്രം 700 കി.മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിലെത്താവുന്നതാണ്. സംഘട്ടനസീമകളിൽ (collision boundaries) രണ്ട് വൻകരാ ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടിയിടിക്കുകയും, വലന-തള്ളൽ പർവ്വത മേഖലകളെ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. തള്ളൽ ഭ്രംശന പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി 200 കി.മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിലുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതാണ്.

7.2.3 ഛേദക/രൂപാന്തര ഭ്രംശസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at transform fault boundaries)

ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായി തെന്നി നീങ്ങുന്ന തരത്തിലുള്ള സീമകളാണ് ഛേദക സീമകൾ (രൂപാന്തര ഭ്രംശ സീമകൾ). കാലിഫോർണിയയിലെ സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശം (San Andreas Fault) അറിയപ്പെട്ടതിൽ വെച്ചേറ്റവും വലിയ ഛേദക സീമയാണ്. ഈ സീമകളിലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രഭവ കേന്ദ്രങ്ങൾ ആഴം കുറഞ്ഞവയും 50 കി.മീറ്ററിൽ താഴെ ഉള്ളവയുമായിരിക്കും.

7.2.4 ഫലകാന്തർഭാഗ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intraplate earthquakes)

ഫലക സീമകളുടെ സമീപമല്ലാത്ത വിധത്തിൽ, വൻകരകളുടെ സ്ഥിരതയാർന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളാണിവ. ചില ഫലകാന്തർഭാഗ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണങ്ങൾ ശരിയായ വിധം ബോധ്യപ്പെട്ടിട്ടില്ലെങ്കിൽ കൂടി, പുരാതന ഭ്രംശ മേഖലകൾ പുനഃസജീവമാകുന്നതിന്റെ ഫലമായി പല ഭൂകമ്പങ്ങളും ഇത്തരത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്.

7.3 ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പമേഖലകൾ (Seismic belts of the world)

ഭൂഗോളത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് എന്തെന്നാൽ ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പം ഇടയ്ക്കിടെ നടക്കുന്നുവെന്നും, മറ്റ് ചിലയിടങ്ങളിൽ വളരെ അപൂർവ്വവും ദുർബലവുമാണെന്നാണ്. വിനാശകരമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ മിക്കതും ഉത്ഭവിക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യക്തമായി നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ട മേഖലകളിലാണ്. അവ (1) പസഫിക് സമുദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള മേഖല (The Circum Pacific belt) യും (2) മെഡിറ്ററേനിയൻ - ട്രാൻസ് ഏഷ്യാറ്റിക് ഹിമാലയൻ (Mediterranean - Trans Asiatic Himalayan belt) മേഖലയുമാണ്. ഇവയിൽ പസഫിക് സമുദ്ര പരിധിയെ വലയം ചെയ്തു സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന മേഖലയിലാണ് ഏറ്റവും കൂടുതലായി ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. അഗാധ സമുദ്രകയങ്ങളും (deep ocean trenches) അനുബന്ധമായ ദ്വീപുകമാനങ്ങളും (island arcs) ഈ മേഖലയോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്നു. തെക്ക്, വടക്കെ അമേരിക്കകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ മലനിരകളിൽ നിന്നും തുടങ്ങി, ഏഷ്യയിലൂടെ കടന്ന് കിഴക്കൻ തീരത്ത് കൂടെയും അതോട് ചേർന്നു കിടക്കുന്ന ദ്വീപുകമാനങ്ങളിലൂടെയും തെക്കോട്ട് നീണ്ട് കിടക്കുന്നതാണ് ഈ മേഖല. ലോകത്തിലെ ആഴമില്ലാത്ത പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളിൽ 80 ശതമാനവും, ഇടത്തരം ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രമുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ 90 ശതമാനവും അഗാധ പ്രഭവകേന്ദ്രമുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഏതാണ്ട് 100 ശതമാനവും ഈ മേഖലയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

രണ്ടാമത്തെ വലിയ ഭൂകമ്പമേഖലയാണ് മെഡിറ്ററേനിയൻ - ഹിമാലയൻ മേഖല. ഇത് മെഡിറ്ററേനിയൻ കടൽ വഴി മധ്യ പൂർവ്വ രാജ്യങ്ങൾ, ഹിമാലയ

പർവ്വത പ്രദേശങ്ങൾ കടന്ന് ഈസ്റ്റ് ഇൻഡീസിലൂടെ ആസ്ട്രേലിയയുടെ വടക്ക് ഭാഗത്തായി പസഫിക് മേഖലയിലേക്ക് എത്തുന്നു. ഈ മേഖല ഏതാണ്ട് ടെർഷ്യറി - നവീന കാലഘട്ടത്തെ പർവ്വതോത്ഥാന മേഖലകളിലൂടെയാണ് കടന്ന് പോകുന്നത്. ഭൂകമ്പ മേഖലകളായി കിടക്കുന്നത് കരഭാഗത്തെ ഉൾനാടൻ ഭൂപ്രദേശങ്ങളായതിനാൽ അനുബന്ധമായി ഗർത്തങ്ങൾ കാണപ്പെടുകയില്ല. ഇവയ്ക്ക് പുറമെ മറ്റു ഭൂകമ്പമേഖലകളായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് സമുദ്ര മധ്യമലകളും (Mid oceanic ridges) അവയെ ഛേദിച്ചു കിടക്കുന്ന രൂപാന്തര (ഛേദക) ഭ്രംശ മേഖലകളുമാണ്.

വിവിധ ഫലകങ്ങളുടെ സീമകളിലായിട്ടാണ് മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും ഉടലെടുക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഭൂഗോളത്തിന്റെ ദുർബല മേഖലകളുമായും വിവർത്തനികമായി അസ്ഥിരപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങളുമായും ഭൂകമ്പ മേഖലകൾ വളരെയധികം ബന്ധപ്പെട്ടു കിടക്കുന്നുണ്ട്. നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ലോഗിൽ ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പ മേഖലകളെ കാണിക്കുന്ന ഒരു ഭൂപടം ഇനി നിങ്ങൾ തയ്യാറാക്കുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭ്രംശനങ്ങൾ, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങൾ, ഉപകേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നിവ എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
2. ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്ന ബെനിയോഫ് മേഖലയെ എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാം?
3. ഭൂകമ്പങ്ങൾ ദൃഢസ്വഭാവമുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങളിലാണ് നടക്കുന്നത്, മറിച്ച് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവമുള്ള ആസ്തനോസ്ഫിയറിലല്ല. ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഈ പ്രതിഭാസത്തെ വിശദീകരിക്കാനാവുമോ?

7.4 ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ (Seismic waves)

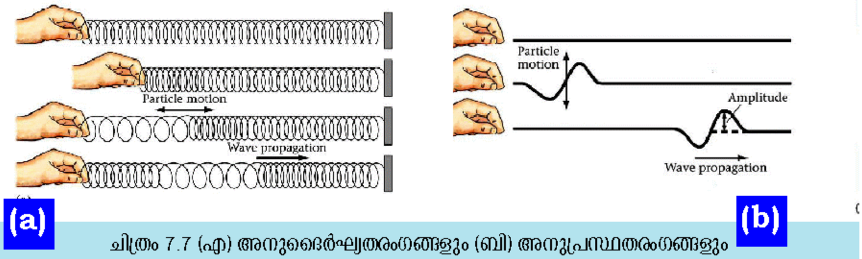
ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ ഭ്രംശനങ്ങളിൽ, പൊട്ടൽ സംഭവിച്ച് ശിലകളിലെ ഇലാസ്തിക ആയാസ ഊർജം പെട്ടെന്ന് പുറത്ത് വരുന്നത് മൂലം ഭൂമിയിലുണ്ടാകുന്ന ഇളക്കമോ കുലുക്കമോ ആണ് ഭൂകമ്പമെന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഊർജത്തിന്റെ ഈ പ്രമുക്തമാകൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവ പ്രദേശത്തിന് സമീപം തീവ്രമായ ഭൗമചലനമുണ്ടാക്കുകയും ഭൂമിയൊട്ടാകെ വ്യാപിക്കുന്ന വിധത്തിൽ **ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ (seismic waves)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന ഇലാസ്തിക ഊർജമായി പുറപ്പെടുവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂചലനം ഏതാനും സെക്കന്റുകളോ വളരെ അപൂർവ്വമായി മാത്രം ഒരു മിനുട്ടിൽ കൂടുതലോ നിലനിൽക്കുന്നതാണ്.

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ സമയത്തും അതിനു ശേഷവും ഭൂമിയിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന വികിരണ ഊർജമാണ് ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളായി അറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ തരംഗങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഒരു പൊതു ധാരണ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

തരംഗ വ്യാപന സമയത്ത്, അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾ എങ്ങനെ ചലിക്കുന്നുവെന്നതിനെയോ, അല്ലെങ്കിൽ തരംഗങ്ങൾ അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിൽ രൂപമാറ്റമുണ്ടാക്കുന്നതെങ്ങനെയാണോ എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, തരംഗങ്ങളെ തരംതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഈ വിധത്തിൽ, തരംഗങ്ങളെ രണ്ടിനമായി തിരിക്കാവുന്നതാണ്.

(1) അനുദൈർഘ്യ (സമ്മർദ) തരംഗങ്ങൾ (Longitudinal (compressional) waves) - സഞ്ചരിക്കുന്ന മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾ തരംഗദിശക്ക് സമാന്തരമായി ചലിക്കുകയും സഞ്ചാര വേളയിൽ പദാർത്ഥത്തെ ഞെരുക്കുകയും അയക്കുകയും (മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിപ്പിച്ച്) ചെയ്യുന്നതുമായ തരംഗങ്ങളാണിവ. (ചിത്രം 7.7 എ). ഈ തരംഗങ്ങൾക്ക് എല്ലാവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയും (ഖരവും ദ്രവവും) സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നതാണ്.

(2) അനുപ്രസ്ഥ (ഛേദക) തരംഗങ്ങൾ (Transverse / Shear waves) - തരംഗ പ്രസരണ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായി മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിക്കുന്ന വിധത്തിലുള്ള തരംഗങ്ങളാണിവ (ചിത്രം 7.7 ബി). ഒരു കുളത്തിലെ അലകളും, ഒരു വലിച്ചു കെട്ടിയ കയർ ഇളക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന തരംഗവുമെല്ലാം വേഗത്തിൽ മനസ്സിലാകുന്ന വിധത്തിലുള്ള അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളാണ്. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾക്ക് ദ്രവങ്ങളിലൂടെ (വാതകങ്ങളും ദ്രാവകങ്ങളും) വ്യാപിക്കാനാവില്ല.



ചിത്രം 7.7 (എ) അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളും (ബി) അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളും

തരംഗങ്ങളെ അവ കടന്നുപോകുന്ന സ്ഥലവും സ്വഭാവവുമനുസരിച്ച് രണ്ട് തരമായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(1) അന്തർ തരംഗങ്ങൾ (Body waves):- ഇവ വസ്തുവിലൂടെ അല്ലെങ്കിൽ പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് കൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ്. (2) ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ (Surface waves):- പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണിവ. ഭൂകമ്പങ്ങൾ മൂലം അന്തർ തരംഗങ്ങളും ഉപരിതല തരം

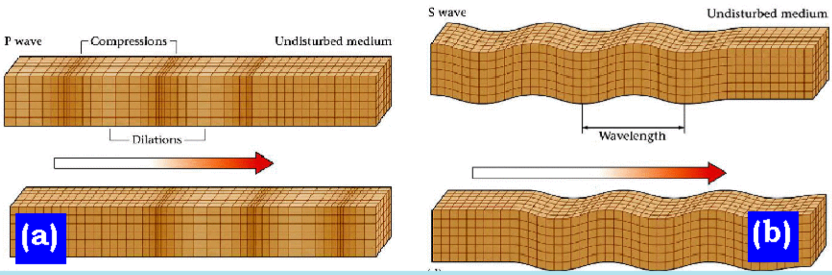
ഗങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾക്ക് പലതരത്തിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നതിനാൽ അവയെ വിവിധ ഇനങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

7.4.1 അന്തർതരംഗങ്ങൾ (Body waves)

അന്തർ തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ അന്തർ ഭാഗത്തുനിന്നും എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനത്ത് നിന്നാണവ പുറപ്പെടുന്നത്. രണ്ട് തരം അന്തർ തരംഗങ്ങളുണ്ട്.

(എ) പി-തരംഗങ്ങൾ (പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ) (Primary waves) : പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ സമ്മർദ തരംഗങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ 'തള്ളൽ-വലിവ്' തരംഗങ്ങളോ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളോ ആകുന്നു (ചിത്രം 7.8 എ). ഈ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം അവ കടന്ന് പോകുന്ന ശിലകളുടെ ഇലാസ്തിക പ്രത്യേകതകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. വായുവിലൂടെ ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതിനു സമാനമാണ് P-തരംഗങ്ങളുടെ സഞ്ചാരം. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളിൽ ഏറ്റവും വേഗതയാർന്നവയാണ് ഈ തരംഗങ്ങൾ. അതിനാൽ ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ ഇവ ആദ്യമേ എത്തുന്നതാണ്.

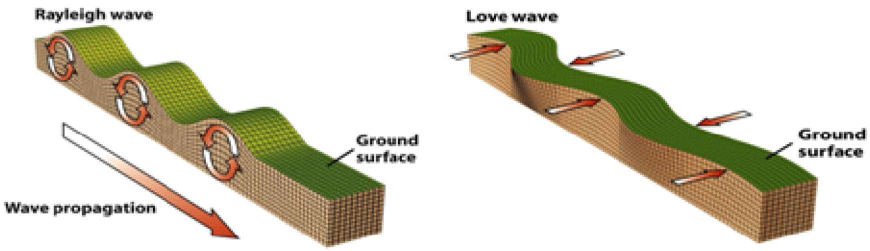
(ബി) എസ്-തരംഗങ്ങൾ (ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ) (Secondary waves) : ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളാണ്. (ചിത്രം 7.8 ബി). P-തരംഗങ്ങളുടെ വേഗതയുടെ 60 ശതമാനത്തോളം വേഗത്തിൽ ഈ അന്തർതരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ P-തരംഗങ്ങൾ എത്തിയതിന് ശേഷമാണ് ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ S-തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നത്. S-തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത പ്രധാനമായും അവ കടന്ന് പോകുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെയും ദൃഢതയെയും ആശ്രയിച്ചാണ്. അപരൂപണത്തെ പ്രതിരോധിക്കുവാനുള്ള ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ശേഷിയെയാണ് ദൃഢത (rigidity) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നത്. ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് ദൃഢതയില്ലെന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണല്ലോ. അതിനാൽ ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ S-തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം പൂജ്യമാണ്. (അതായത്, അവ ദ്രാവകങ്ങളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയില്ല.)



ചിത്രം 7.8 (എ) പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങളും (ബി) ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങളും

7.4.2 ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ (Surface waves)

അന്തർ തരംഗങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാതെ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന തരംഗങ്ങളാണ് രണ്ടാമത്തെ ഇനമായ ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ. ഇവയ്ക്ക് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സഞ്ചാര വേഗതയാണുള്ളത്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ഉപരിതല തരംഗങ്ങളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. (എ) R-തരംഗങ്ങൾ (റേലി (Rayleigh) എന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ നാമത്തിലറിയപ്പെടുന്നു). ഈ അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ കടന്ന് പോകുമ്പോൾ, പ്രതിലോമഗതിയിൽ, ഭൂതലം മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും മുകളിലേക്കും താഴേക്കും ലംബതലത്തിൽ ദീർഘ വൃത്താകൃതിയിൽ ചലിക്കും. (ബി) L-തരംഗങ്ങൾ (ലവ്, എന്ന ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയന്റെ നാമധേയത്തിൽ അറിയപ്പെടുന്നു). ഈ ഉപരിതല അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ ഭൂതലത്തെ വശങ്ങളിലേക്ക് തിരശ്ചീന തലത്തിൽ (പാമ്പ് ഇഴയുന്നത് പോലെ) ചലിപ്പിക്കും. ഉപരിതല സമ്മർദ്ദ തരംഗങ്ങളില്ല, മറിച്ച് ഉപരിതല അപരൂപണ തരംഗങ്ങളേയുള്ളൂ (ചിത്രം 7.9) എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.



ചിത്രം 7.9 റേലി തരംഗങ്ങളും ലവ് തരംഗങ്ങളും

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭൂകമ്പമുണ്ടാകുമ്പോൾ, തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നതാണ്. അന്തർ തരംഗങ്ങളും ഉപരിതല തരംഗങ്ങളും തമ്മിൽ ഏത് വിധത്തിലാണ് വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നത്?
2. പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ സമ്മർദ തരംഗങ്ങളെന്ന് പറയപ്പെടാൻ കാരണമെന്താണ്?

7.5 സീസ്മോഗ്രാഫും സീസ്മോഗ്രാമും (Seismograph and Seismogram)

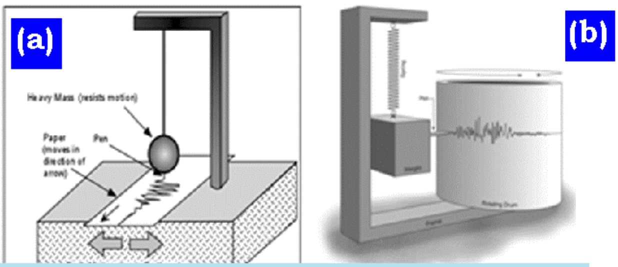
ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുകയും രേഖപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്ന ഉപകരണങ്ങളാണ് **സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ (seismographs)** അല്ലെങ്കിൽ **ഭൂകമ്പമാപിനികൾ (seismometers)**. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ മുമ്പും പിമ്പുമുള്ള ഭൂമിയുടെ കമ്പ

നങ്ങൾ അളക്കാൻ ഭൂകമ്പ വൈജ്ഞാനികൾ, സീസ്മോഗ്രാഫുകളെയാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഉപകരണത്തെ സീസ്മോഗ്രാഫ് (ഭൂകമ്പ ലേഖി) എന്നും, തത്ഫലമായി ലഭിക്കുന്ന കമ്പനങ്ങളെ കാണിക്കുന്ന രേഖകളെ സീസ്മോഗ്രാം **(Seismogram)** അഥവാ ഭൂകമ്പ അഭിലേഖം എന്നും പറയപ്പെടുന്നു.

കമ്പനങ്ങൾക്കൊപ്പം നീങ്ങാൻ ഭൂകമ്പ ലേഖിയ്ക്കു കഴിയുമെങ്കിലും, അതിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഏതാണ്ട് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നില കൊള്ളണം. നിശ്ചലതാ (ജഡത്വം) തത്വമാണ് ഇവിടെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. ഇപ്രകാരം രേഖപ്പെടുത്തുന്ന (പേന പോലെയുള്ള) ഉപകരണ ഭാഗത്തെ, ഭൂമിയോടൊപ്പം ചലിക്കാതെ മാറ്റി നിർത്തപ്പെട്ട് കൊണ്ടാണ് ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നത്. നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തു പെട്ടെന്നൊരു ചലനത്തോട് കാണിക്കുന്ന പ്രതിരോധത്തെ (നേരെ മറിച്ചും) യാണ് നിശ്ചലതാ (ജഡത്വം) തത്വം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു സ്പ്രിംഗിനാൽ തൂക്കിയിട്ട വലിയൊരു പിണ്ഡത്തോട് പേനയെ ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ, പേനയും അനുബന്ധമായ വലിയ പിണ്ഡവും, ഭൂമിയോട് ചേർന്ന്കിടക്കുന്ന ഉപകരണത്തിലെ കടലാസിനേക്കാൾ കുറവായിട്ടേ ചലിക്കുകയുള്ളൂ. ഈ കടലാസിലാണ് കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നത്.

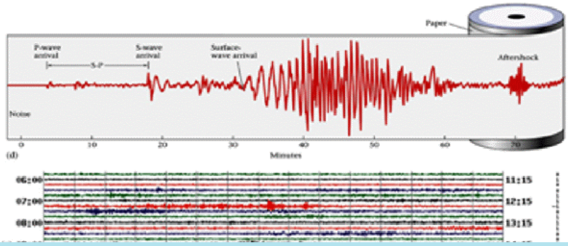
തൂക്കിയിടപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന ഘനപിണ്ഡം ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ കമ്പന സമയത്ത് നിശ്ചലമായി നിലകൊള്ളുന്നതാണ്. ഭൂതലം കമ്പനം ചെയ്യുന്ന സമയത്ത് ഉപകരണത്തിലെ കടലാസ് കഷണം പതിച്ചിട്ടുള്ള കറങ്ങുന്ന ഡ്രമ്മും കമ്പനത്തിന് വിധേയമാകുന്നതാണ്. അതേസമയത്ത് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരുന്ന പിണ്ഡത്തെ ഭൗമചലനത്തെ കൃത്യമായി രേഖപ്പെടുത്തുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കറങ്ങുന്ന ഡ്രമ്മിനു മീതെയുള്ള കടലാസ് തുണ്ടത്തിന് മുകളിലാണ് കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുക. കടലാസിൽ പേനയാൽ പതിയുന്ന ഈ ലിഖിതമാണ് സീസ്മോഗ്രാം.

ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ചലനത്തിന് കാരണമാകുന്നു. സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ ഈ ചലനത്തെ തിരിച്ചറിയുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ ഭൂതലത്തിന്റെ ലംബദിശയിലുള്ള ചലനത്തെ തിരിച്ചറിയുവാനായി രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളവയായിരിക്കും. മറ്റ് ചിലവ തിരശ്ചീന ചലനങ്ങളെ (പല ദിശകളിൽ-തെക്ക്-വടക്ക്, കിഴക്ക് - പടിഞ്ഞാറ്) തിരിച്ചറിയാനായി രൂപകല്പന ചെയ്തവയുമായിരിക്കും. ഭൂതലം താഴേക്ക് ചലിക്കുമ്പോൾ, സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ മേല് പോട്ടുള്ള



ചിത്രം 7.10 (എ) യും (ബി)യും :- സീസ്മോഗ്രാഫിന്റെ ഒരു ലളിത നിർമാണം.

അല്ലെങ്കിൽ ഉപരിയായ ഒരു ചായ്‌വ് രേഖപ്പെടുത്തുന്നുവെന്നർത്ഥം. സീസ്‌മോഗ്രാഫിന്റെ ലളിതമായ ഒരു നിർമ്മിതിയാണ് ചിത്രം 7.10 (എ) യും (ബി) യും കാണിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 7.11 : P - തരംഗങ്ങളുടെയും S - തരംഗങ്ങളുടെയും ഭൂകമ്പാദി ലേഖം

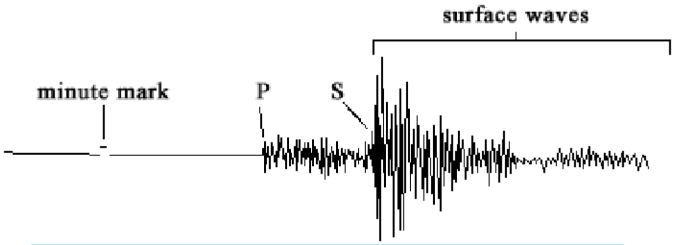
സീസ്‌മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഭൂകമ്പത്തിന്റെ രേഖ, കമ്പനങ്ങളെയും സമയത്തെയും നേർക്കുനേർ കാണിക്കുന്ന ഒരു രൂപരേഖയാണ്. സീസ്‌മോഗ്രാഫിൽ സമയം നിശ്ചിത ഇടവേളകളുടെ രൂപത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കും. അതിനാൽ ആദ്യത്തെ P-തരംഗം എത്തുന്ന സമയവും ആദ്യത്തെ S-തരംഗമെത്തിയ സമയവും നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയും.

മുമ്പ് നാം മനസ്സിലാക്കിയതു പ്രകാരം, S-തരംഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് P-തരംഗങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന പ്രവേഗമുള്ളതിനാൽ, ചിത്രം 7.11 ൽ നിങ്ങൾ കാണുന്നത് പോലെ, ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ S-തരംഗങ്ങൾക്ക് മുമ്പായി P-തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നതാണ്.

ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ S-തരംഗങ്ങളെക്കാൾ കുറഞ്ഞ വേഗതയിലും, S-തരംഗങ്ങൾ P-തരംഗങ്ങളേക്കാൾ സാവധാനത്തിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ S-തരംഗങ്ങൾ എത്തിയതിന് ശേഷമായിരിക്കും ഭൂകമ്പമാപിനിയിൽ ഉപരിതലതരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നത്.

ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾക്ക് ആയതി കൂടുതലും താരതമ്യേന കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിയുമാണ്. എല്ലാതരത്തിലുള്ള ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾക്കും സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തിനനുസൃതമായി ആയതിയിൽ കുറവ് വരുന്നതാണ്. അത്തരത്തിൽ, എല്ലാ കാര്യങ്ങളും തുല്യവിധത്തിലാണെങ്കിൽ കൂടി, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും അകലുന്നതിനുസരിച്ച് കുലുക്കത്തിനും കുറവ് അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്. ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നതിന് കൂടുതലും കാരണമാകുന്നതും, ഭൂകമ്പവേളയിലെ മിക്ക നാശനഷ്ടങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കുന്നതും ഉപരിതല തരംഗങ്ങളാണ്.

ഒരു സീസ്‌മോഗ്രാം നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചാൽ, അവയിലൊന്നാകെ കുറെ വേച്ചുവേച്ചു പോവുന്ന വരകൾ കാണാവുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.12). ഭൂകമ്പലേഖിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളാണിവ. തരംഗങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ആർക്കും തിരിച്ചറിയാനാകാത്ത വിധം ചെറുതായിരിക്കും. ഭൂകമ്പമാപിനിക്ക് സമീപമുള്ള റോഡ് ഗതാഗതം മൂലമുണ്ടാകുന്ന കുലുക്കം, തീരത്ത് കടൽത്തിരമാലകൾ ആഞ്ഞടിക്കുന്നതിനാലോ, കാറ്റ് മൂലമോ അല്ലെങ്കിൽ കുലുക്കമുണ്ടാക്കുന്ന മറ്റെന്തെങ്കിലും സംഭവങ്ങൾ കൊണ്ടോ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നവയാണ് ഈ ചെറിയ അളവിലുള്ള **സൂക്ഷ്മ ഭൂചലനതരംഗങ്ങൾ (microseisms).**

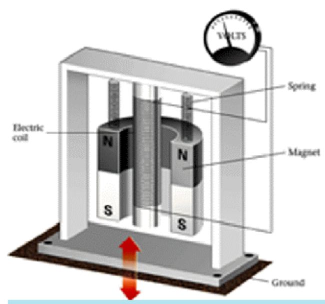


ചിത്രം 7.12 സീസ്മോഗ്രാഫിലെ വേച്ചുവേച്ചുള്ള വരകൾ

അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ, വേച്ചുവേച്ചുള്ള ഈ വരകളിൽ ഏതാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റേതായി വരിക? എല്ലാതരം ചെറുവരകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, വലിപ്പത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആദ്യത്തെ വര P-തരംഗമായിരിക്കും. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളിൽ ഏറ്റവും വേഗതയാർന്നത് P-തരംഗങ്ങളായതിനാൽ, അതായിരിക്കും ഭൂകമ്പമാപിനി രേഖകളിൽ ഒന്നാമതായി രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നത്. അടുത്തത് S-തരംഗങ്ങളുടെ ഒരു ഗണമായിരിക്കും കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവ സാധാരണ P-തരംഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതൽ വലുപ്പമുള്ളവയായിരിക്കും.

ഭൂകമ്പാഭിലേഖത്തിൽ S-തരംഗങ്ങളൊന്നും രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ലെങ്കിൽ, ഭൂകമ്പമാപിനി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പ്രദേശത്തിന്റെ മറുഭാഗത്താണ് ഭൂമിയിൽ ഭൂകമ്പമുണ്ടായിരിക്കുന്നത് എന്നർത്ഥമാക്കാം. S-തരംഗങ്ങൾക്ക് ദ്രാവക പാളി (ബാഹ്യ അകക്കാമ്പ്) യിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാനാവാത്തതിനാൽ ഈ ഭൂകമ്പമാപിനിയിൽ അവയ്ക്ക് എത്തിപ്പെടാനാവില്ല.

ആധുനിക ഭൂകമ്പലേഖികൾ, പ്രാചീന രീതിയിൽ രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളവയുടെ അതേ തത്വങ്ങളിൽ തന്നെയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇവയിൽ ഒരു കാന്തത്തിനകത്ത് സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള കമ്പിച്ചുരുളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത് (ചിത്രം 7.13). ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലൂടെ, ചലിക്കുന്ന കമ്പിയിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു കമ്പ്യൂട്ടർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാൻ സാധിക്കും. ഒരു മില്ലിമീറ്ററിന്റെ ദശലക്ഷത്തിലൊരംശത്തോളം ചെറിയ ചലനങ്ങൾവരെ ആധുനിക ഭൂകമ്പലേഖികൾക്ക് അളക്കാൻ കഴിയുന്നതാണ്. ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ഭൂകമ്പലേഖികൾ ഏകതാനമായി ഒത്തുനോക്കി കൃത്യത സ്ഥിരീകരിക്കുകയും അത് വഴി താരതമ്യപ്പെടുത്താവുന്ന ഡാറ്റ ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്നതുമാണ്.



ചിത്രം 7.13 ഒരു ആധുനിക സീസ്മോഗ്രാഫിന്റെ പ്രവർത്തനം

7.6 ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം അളക്കൽ (വ്യാപ്തിയും തീവ്രതയും) (Measuring the size of an earthquake (Magnitude and Intensity))

ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം അളക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ്. (1) വ്യാപ്തി (Magnitude) (2) തീവ്രത (Intensity). ഭൂകമ്പത്താൽ മോചിതമായ ഊർജത്തിന്റെ അളവിനെയാണ് വ്യാപ്തി സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത നിർണയിക്കുന്നത്, ഭൂകമ്പഫലമായി സംഭവിച്ച നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവും രീതിയും അനുസരിച്ചാണ്.

(എ) ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തി (Earthquake Magnitude) :

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം മെച്ചപ്പെട്ട രീതിയിൽ കണക്കാക്കാനാവുന്നത് ഭൂകമ്പഫലമായി പുറത്ത് വന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവിനാലാണ്. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ശക്തിയോ അല്ലെങ്കിൽ ഭൂകമ്പത്തോടെ പുറത്ത് വന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവിനെയോ ആണ് വ്യാപ്തി സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

ഭൂകമ്പത്താൽ ഉണ്ടായതും സീസ്മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതുമായ ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആയതി നോക്കിയാണ് ഭൂകമ്പവ്യാപ്തി പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. 1935 – ൽ അമേരിക്കൻ ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയനായ ചാൾസ്. എഫ്. റിക്ടർ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഒരു വ്യാപ്തിമാനകം ആവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. ഭൂകമ്പ ഉപരികേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും 100 കി.മീറ്റർ ദൂരത്തുള്ള പ്രമാണികമായ ഒരു സീസ്മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതും പരമാവധി ആയതി കാണുന്നതുമായ (മില്ലി മീറ്ററിന്റെ ആയിരത്തിലൊരംശം എന്ന കണക്കിൽ) ഭൂകമ്പതരംഗത്തിന്റെ ലോഗരിത മൂല്യ (10 ആധാരമാക്കി) മാണ് ഈ മാനകത്തിൽ കണക്കാക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പ വ്യാപ്തിയിൽ ഓരോ അക്കത്തിന്റെ വർദ്ധനവിനും തരംഗ ആയതിയിൽ 10 മടങ്ങ് വർദ്ധനവ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതാണ് (റിക്ടർ വ്യാപ്തി മാനകത്തിലെ വർദ്ധന ഒന്നാണെങ്കിൽ, പത്ത് മടങ്ങ് വലുപ്പമുള്ള ശക്തിയോടുകൂടിയ ഭൂകമ്പത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു എന്ന് പറയുന്നത് തെറ്റാണ്)

ഭൂകമ്പ വ്യാപ്തി മാനകത്തിൽ ഓരോ അക്കം വർദ്ധിക്കുന്നത് 31 ഇരട്ടി അളവ് ഊർജം ബഹിർഗമിക്കുന്നതിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നതായി കണക്കാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ വ്യാപ്തി 7 കാണിക്കുന്ന ഒരു ഭൂകമ്പം വ്യാപ്തി 6 രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ 31 മടങ്ങ് കൂടുതൽ ഊർജം പുറത്ത് വിടുന്നതാണ്. വ്യാപ്തി 8 ഉള്ള ഒരു ഭൂകമ്പം വ്യാപ്തി 6 ആയ ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ 31x31 അല്ലെങ്കിൽ 961 മടങ്ങ് കൂടുതൽ ഊർജം വിമുക്തമാക്കുന്നതാണ്. പട്ടിക 7.1 ൽ വ്യത്യസ്ത വ്യാപ്തിയുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ലോകവ്യാപകമായ ആവൃത്തി വിവരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.1 വിവിധ വ്യാപ്തിയുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ആവൃത്തി		
വ്യാപ്തി	ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രതിവർഷ എണ്ണം	വിവരണം
> 8.5	0.3	മഹാഭൂകമ്പം
8.0 - 8.4	1	
7.5 -7.9	3	അതിശക്തം
7.0-7.4	15	
6.6-6.9	56	
6.0-6.5	210	വിനാശകരം
5.0-5.9	800	ഹാനികരം
4.0-4.9	6,200	ലഘുഭൂകമ്പം
3.0-3.9	4,900	
2.0-2.9	3,00,000	
0-1.9	7,00,000	

പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി തീവ്രതാമാനകം
(Modified Mercalli Intensity Scale)

മെർക്കാലി തീവ്രതാമാനകം - ഭൂകമ്പത്താൽ സംഭവിച്ച നാശനഷ്ടങ്ങളും എത്രമാത്രം കുലുക്കം അനുഭവപ്പെട്ടുവെന്നതും അടിസ്ഥാനമാക്കി ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത നിർവ്വചിക്കുന്നു. 1800 കളുടെ അവസാനത്തോടെയാണ് പരിഷ്ക്കരിച്ച മാനകം വികസിപ്പിക്കപ്പെട്ടത്. വലിയൊരു പ്രദേശത്ത് കെട്ടിടങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളും ഭൂതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന കുലുക്കത്തിന്റെ തീവ്രതയും നിർണയിക്കാനാണ് ഇതുപയോഗിക്കുന്നത്. I മുതൽ XII വരെയുള്ള റോമൻ അക്കങ്ങളുപയോഗിച്ചാണ് ഈ മാനകം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പമുണ്ടായ സ്ഥലത്ത് അനുഭവപ്പെട്ട നാശനഷ്ടങ്ങളുടെയും ഭൂതല കുലുക്കത്തിന്റെയും തീവ്രത സംബന്ധിച്ച ജനങ്ങളുടെ പ്രതികരണങ്ങൾ സർവ്വേ നടത്തിയാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത മാനകം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത്. പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി മാനകം ചുവടെ പട്ടിക 7.2 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. റിക്ടർ മാനക വ്യാപ്തിയും, പരമാവധി തീവ്രതയും തമ്മിലുള്ള പാരസ്പര്യം ഉപരികേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള പ്രദേശത്ത് മാത്രമേ ബാധകമായി കാണുകയുള്ളൂ എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.

പട്ടിക 7.2 പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി മാനകം		
തീവ്രത	സവിശേഷ ഫലങ്ങൾ	തത്തുല്യ റിക്ടർ മാനകം
I	ജനങ്ങൾക്ക് യാതൊരു രീതിയിലുമുള്ള ഭൗമചലനവും അനുഭവപ്പെടുകയില്ല	3.4
II	വിശ്രമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചിലർക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു. പ്രത്യേകിച്ച് വലിയ കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകൾ നിലയിലുള്ളവർക്ക്.	
III	കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉള്ളിലുള്ളവർക്ക് ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ആട്ടമുണ്ടാകുന്നു. വെളിയിലുള്ള പലർക്കും ഭൂകമ്പമാണെന്ന് തിരിച്ചറിയാനാവാത്ത സ്ഥിതി.	4.2
IV	കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉള്ളിലുള്ളവർക്ക് ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. തൂങ്ങിക്കിടക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ആട്ടമുണ്ടാകുന്നു. പാത്രങ്ങൾ, കതകുകൾ, ജനാലകൾ എന്നിവ അനങ്ങുന്നു. ചരക്കുലോറി ഭിത്തിയിലിടിക്കുന്ന പോലെതോന്നും, വെളിയിലുള്ള പലർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. നിർത്തിയിട്ടിരിക്കുന്ന കാറുകൾക്ക് ചാഞ്ചാട്ടമുണ്ടാകുന്നു.	4.3 - 4.8
V	ഏതാണ്ടെല്ലാവർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഉറങ്ങുന്ന ആളുകൾ എഴുന്നേൽക്കുന്നു. വാതിൽ പൊളികൾ തുറക്കുകയും അടയുകയും ചെയ്യുന്നു. പാത്രങ്ങൾ താഴെ വീണ് ഉടയുന്നു. ചെറിയ വസ്തുക്കൾ അനങ്ങുകയും വട്ടം തിരിയുകയും ചെയ്യുന്നു. മരങ്ങൾ കുലുങ്ങുന്നു. തുറന്ന പാത്രത്തിലെ ദ്രാവകങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് തെറിക്കുന്നു.	4.9-5.4
VI	എല്ലാവർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ജനങ്ങൾക്ക് നടക്കാൻ പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു. വസ്തുക്കൾ അലമാരകളിൽ നിന്നും തെറിച്ച് പോകുന്നു. ഭിത്തിയിലെ ചിത്രങ്ങൾ അടർന്ന് വീഴുന്നു. ഫർണിച്ചറുകൾക്ക് സ്ഥാന ചലനമുണ്ടാകുന്നു. ഭിത്തിയിലെ സിമന്റ് തേപ്പിന് വിള്ളൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ചെടികളും മരങ്ങളും വിറക്കുന്നു. ബലവത്തല്ലാത്ത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് നേരിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.	5.5 - 6.1
VII	ജനങ്ങൾക്ക് നിൽക്കാൻ പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു. കാറുകൾ കുലുങ്ങുന്നതായി ഡ്രൈവർമാർക്കനുഭവ	

	പ്പെടുന്നു. ഫർണിച്ചറുകൾ തകരുന്നു. ഇളകിയ ഇഷ്ടികകകൾ കെട്ടിടങ്ങളിൽ നിന്നും താഴേയ്ക്ക് പതിക്കുന്നു. നല്ല രീതിയിൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിട ങ്ങൾക്ക് നിസ്സാര തകരാറുകൾ സംഭവിക്കുന്നു. മോശമായി നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ തകരാറുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.	5.5 - 6.1
VIII	കാറോടിക്കുന്നവർക്ക് ബുദ്ധിമുട്ട് അനുഭവപ്പെടുന്നു. ശരിയായി ഉറപ്പിക്കാത്ത കെട്ടിടങ്ങൾ അടിതെറ്റുന്നു. ടവറുകളും പുകക്കുഴലുകളും വളയുകയും നിലം പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നല്ലരീതിയിൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് നേരിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. മോശപ്പെട്ട രീതിയിൽ പണിത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് സാരമായ നഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. മരത്തിന്റെ ശാഖ കൾ പൊട്ടിവീഴുന്നു. കുന്നിൻ പ്രദേശങ്ങളിൽ നനഞ്ഞ പ്രതലങ്ങൾക്ക് വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. കിണറുകളിലെ ജലവിതാനങ്ങൾക്ക് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു.	6.2 - 6.9
IX	നന്നായി പണിത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കാര്യമായ നാശ നഷ്ടങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അടിത്തറയിൽ നിന്ന് കെട്ടിടങ്ങൾ തെന്നി മാറുന്നു. മണ്ണിനടിയിലെ പൈപ്പുകൾക്ക് തകർച്ചയുണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയിൽ സ്പഷ്ടമായ വിള്ളലുണ്ടാകുന്നു. ജലസംഭരണി കൾക്ക് കാര്യമായ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.	6.2 - 6.9
X	മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും അടിത്തറയോട് കൂടി തകരുന്നു. ചില പാലങ്ങൾ തകരുന്നു. അണക്കെട്ടുകൾ പൊളി യുന്നു. വലിയ ഉരുൾപ്പൊട്ടലുകളുണ്ടാകുന്നു. കനാ ലുകൾ, നദികൾ, തടാകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ തീര ങ്ങളിലേക്ക് വെള്ളം കയറുന്നു. ഭൂമിയിൽ വലിയ അളവിൽ വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. റെയിൽ പാളങ്ങൾ വളയുന്നു.	7.0 - 7.3
XI	മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും നിലം പതിക്കുന്നു. ചില പാല ങ്ങൾക്ക് നാശമുണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയിൽ വലിയ വിള്ള ലുകൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. പൈപ്പ് ലൈനുകൾ പൂർണ്ണമായും തകരുന്നു. റെയിലുകൾ വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞു നാശമാകുന്നു.	7.4 - 7.9
XII	സമ്പൂർണ്ണ നാശനഷ്ടമുണ്ടാകുന്നു. വസ്തുക്കൾ വായുവിലേക്ക് എറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂതലത്തിൽ മൺ തിരകളും അലകളുമുണ്ടാകുന്നു. ശിലകൾ വലിയ അളവിൽ നീങ്ങുന്നു.	>8.0

ഒരു ഭൂകമ്പം നടന്നാൽ, പരമാവധി തീവ്രതയുള്ള പ്രദേശത്തിന് ചുറ്റുമായി വ്യത്യസ്ത തീവ്രത കാണിക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളുണ്ടാകാവുന്നതാണ്. വലിയൊരു പ്രദേശത്ത് ഭൂകമ്പ ഫലമായുണ്ടായ ആഘാതങ്ങൾ പരിശോധിക്കുന്നതിന് മെർക്കാലി മാനകം വളരെ സഹായകരമാണ്. കാരണം, ഉപരികേന്ദ്രത്തിനടുത്തുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ റിക്ടർ മാനക പ്രകാരം കണക്കാക്കിയ വലിപ്പത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രതികരണമായിട്ട് മാത്രമല്ല, ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്തുള്ള വ്യത്യസ്ത തരം പദാർത്ഥങ്ങൾ ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളെ പ്രസരണം നടത്തുന്നതിന്റെ കാര്യക്ഷമത എത്രത്തോളമുണ്ടെന്ന് കാണിക്കുന്നതിനും ഈ മാനകം ഉപകരിക്കുന്നതാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. റിക്ടർ മാനകത്തിലെ ഓരോ അക്കം വർദ്ധിക്കുമ്പോഴും തരംഗ ആയതിയിൽ എത്ര മടങ്ങ് വർദ്ധനവാണുണ്ടാകുന്നത്?
2. റിക്ടർ മാനക പ്രകാരം വ്യാപ്തി 5 രേഖപ്പെടുത്തിയ ഒരു ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ എത്ര മടങ്ങ് ഊർജമാണ് 7 വ്യാപ്തിയുള്ള ഒരു ഭൂകമ്പം പുറത്ത് വിടുന്നത്?
3. ഭൂകമ്പ വേളയിലുണ്ടാകുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവുകോൽ ഏതാണ്?

7.7 ഭൂകമ്പ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects of earthquakes)

ഭൂകമ്പം ഒരു പ്രകൃതിദുരന്തമാണ്. ജനങ്ങളുടെ ജീവൻ കാക്കുവാനോ രക്ഷപ്പെടാനോ അവസരവും സാധ്യതയും അത് നൽകാറില്ല. തൽക്ഷണം അത്യാപത്താവുകയും, കാലേക്കൂട്ടി ജനങ്ങൾക്ക് മുന്നറിയിപ്പ് നൽകാൻ അത്ര സാധ്യത ലഭിക്കാതെ അപ്രതീക്ഷിതമായ ആവർത്തനത്തോട് കൂടിയതുമായ നിലയിൽ ജനങ്ങൾ അകപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ആദ്യത്തെ ഭൂകമ്പം 1556 ൽ ചൈനയിൽ മിനിറ്റുകൾക്കുള്ളിൽ 8,30,000 ആളുകളെ കൊന്നൊടുക്കി. അതിന് ശേഷവും ജപ്പാൻ, ഇന്തോനേഷ്യ, റഷ്യ, ഇറ്റലി, ഇന്ത്യ തുടങ്ങി ലോകത്തിലെ മറ്റു പല ഭാഗങ്ങളെയും ഭൂകമ്പം ബാധിക്കുകയും നാശത്തിന്റെയും തകർച്ചയുടെയും അടയാളങ്ങൾ ശേഷിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ മാത്രം, ഭൂകമ്പം മൂലം ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ ദശലക്ഷക്കണക്കിനാളുകൾ കൊല്ലപ്പെടുകയും ഒട്ടനവധി പേർ ശാരീരിക വൈകല്യങ്ങൾക്കടിമയാവുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. രാജ്യം, അതിന്റെ റിപ്പബ്ലിക് ദിനം ആഘോഷിക്കുമ്പോൾ, ഇന്ത്യയിൽ 2001 ജനുവരി 26 ന് ഗുജറാത്ത് ഭൂകമ്പത്തിൽ ഒരൊറ്റ ദിവസത്തിനകം ഒരു ദശലക്ഷം പേർക്ക് പരിക്കേൽക്കുകയോ കൊല്ലപ്പെടുകയോ ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

വിനാശത്തിനും തകർച്ചക്കും ഹേതുവാകുന്ന വിവിധങ്ങളായ അനന്തരഫലങ്ങൾക്ക് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഇടയാക്കുന്നു. ഭൗമ സവിശേഷതകൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന രൂപാന്തരം, മനുഷ്യനിർമ്മിത ഘടനാസംവിധാനങ്ങളുടെ തകർച്ച, മനുഷ്യരുടെയും മൃഗങ്ങളുടെയും ജീവന് ആഘാതം എന്നിവയെല്ലാം ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു. ഈ ഫലങ്ങളിൽ ചിലത് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആഗമനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൗമ ചലനത്തിന്റെ പ്രത്യക്ഷ പ്രാഥമിക ഫലങ്ങളും മറ്റ് ചിലത് ദ്വിതീയ ഫലങ്ങളുമാണ്.

(എ) ഭൗമരൂപങ്ങളുടെ രൂപാന്തരം (Modification of geological features): ചെരിവുതലങ്ങളുടെ വികാസങ്ങൾക്കും, ചിലപ്പോൾ പൊട്ടലുകൾക്കും തുറന്ന വിള്ളലുകൾക്കും കാരണമാകുന്ന വിധത്തിൽ ശിലകളുടെ തിരശ്ചീനവും ലംബദിശീയവുമായ സ്ഥാനാന്തരണം ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഭൂജലവും അതിന്റെ ചലനവും പലപ്പോഴും ഭൂകമ്പത്താൽ താറുമാറാകുന്നു. ചിലപ്പോൾ നദികളുടെ ഒഴുക്ക് വഴിമാറുന്നു. തീവ്രമായ തകർച്ചയുണ്ടാകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, ശക്തമായ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ സാധാരണ ഗതിയിൽ സങ്കീർണ്ണവും ഭൗമോപരിതല വസ്തുകളുടെ പ്രകൃതത്തെയും സ്ഥലാകൃതിയെയും ആശ്രയിച്ചുമാണ്. കാഠിന്യ ശിലകളുള്ള പ്രദേശത്തേക്കാൾ, അയഞ്ഞതും ഉറപ്പില്ലാത്തതുമായ അവസാദങ്ങളുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ തകർച്ച കൂടുതൽ ഗുരുതരമായിരിക്കും.

(ബി) നിർമാണ ഘടനാ സംവിധാനങ്ങളുടെ തകർച്ച (Damage to Structures) : കെട്ടിടങ്ങൾ, പാലങ്ങൾ, പൈപ്പ് ലൈനുകൾ, റെയിൽ പാതകൾ, അണക്കെട്ടുകൾ, ജലസംഭരണികൾ, മറ്റ് മനുഷ്യ നിർമ്മിത ഘടനാ സംവിധാനങ്ങൾക്കെല്ലാം കാര്യമായ നാശമുണ്ടാക്കാൻ ഭൂകമ്പം കാരണമായേക്കാം (ചിത്രം 7.14) ഭൂതലത്തിന്റെ കുലുക്കത്താൽ കെട്ടിട സംവിധാനങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന തകർച്ച നിർമ്മാണ രീതിക്കനുസരിച്ചാണ്. കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടും കല്ലുകൊണ്ടും നിർമ്മിതമായ കെട്ടിടങ്ങൾ അവയുടെ ഭംഗുരസ്വഭാവം കാരണം, കൂടുതൽ വഴക്കം ഉള്ള മരം, സ്റ്റീൽ മുതലായവ കൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടത്തേക്കാൾ തകർച്ചക്ക് വിധേയമാകുന്നതാണ്. ഭൂകമ്പങ്ങൾ റോഡ് വഴിയുള്ള ഗതാഗതങ്ങളും ആശയ വിനിമയസംവിധാനങ്ങളും തകർക്കുകയും, ജലത്തെ വഹിച്ച് കൊണ്ട് പോകുന്ന പൈപ്പുകളെയും വാതക പൈപ്പ് ലൈനുകളെയും നശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. റെയിൽ പാളങ്ങൾ വളഞ്ഞ് പിണയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ കടന്ന് പോകുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ഭൂതലത്തിന്റെ കുലുക്കമാണ് മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും നിലം പതിക്കുന്നതിന് ഹേതുവാകുന്നത്. നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ രീതിയും വിസ്തൃതിയുമെല്ലാം പ്രാഥമികമായും ഭൂതലചലനത്തിന്റെ ശക്തിയുമായും കെട്ടിടത്തിന്റെ അസ്ഥിവാരത്തിന്റെ പ്രകൃതവുമായും ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 7.14 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ

(സി) **ഭൂതല പിളർപ്പ് (Ground rupture):** ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ചലനമുണ്ടാകുന്ന ഭ്രംശമേഖലകളിലാണ് ഭൂതലത്തിൽ വിള്ളലുണ്ടാകുന്നത്. ഇത് സംഭവിക്കുമ്പോൾ ഭ്രംശമേഖലയ്ക്ക് കുറുകെയുള്ള പ്രദേശത്ത് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട മനുഷ്യനിർമ്മിത ശില്പഘടനകളെല്ലാം നിലം പൊത്തുന്നതാണ്. അതേ സമയം ചുറ്റുഭാഗത്തെ കെട്ടിടങ്ങൾ ഭ്രംശമേഖലയ്ക്ക് കുറുകെ അല്ലാത്തവ പലതും നാശമേൽക്കാതെ അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്തേക്കാം.

(ഡി) **ഭൂകമ്പ കടൽതിരമാലകൾ അഥവാ സുനാമി (Seismic sea waves or tsunami):** സമുദ്രാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങളെത്തുടർന്ന്, സമുദ്രങ്ങളിലും തീരത്തോടടുത്തായിക്കിടക്കുന്ന കടലോരങ്ങളിലുമെല്ലാം വളരെയധികം തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ജലതിരമാലകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതാണ്. ഇവയാണ് **ഭൂകമ്പ കടൽതിരമാലകൾ അല്ലെങ്കിൽ സുനാമി തിരകൾ.** (സുനാമി എന്ന ജപ്പാൻ പദത്തിനർത്ഥം "തുറമുഖ തിരകൾ" എന്നാണ്). സമുദ്രങ്ങളിലൂടെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കൂറ്റൻ തിരമാലകളാണ് സുനാമി. ഈ തിരകൾ ചിലപ്പോൾ ശരാശരി സമുദ്രജലനിരപ്പിൽ നിന്നും ദശമീറ്ററുകൾ വരെ ഉയരത്തിലെത്തുകയും, തീരദേശ അധിവാസങ്ങളെ അങ്ങേയറ്റം വിനാശകരമായി ബാധിക്കുകയും ചെയ്തേക്കാം.

സുനാമി തിരകളും തീരപ്രദേശത്ത് അവയുടെ ആഘാതങ്ങളും ചുവടെ തന്നിട്ടുള്ള ചിത്രം (ചിത്രം 7.15 എയും ബിയും) കാണിക്കുന്നു.

ചിത്രം 7.15 (എ), (ബി) : തീരപ്രദേശത്ത് സുനാമിയുടെ ആഘാതങ്ങൾ

2004 ഡിസംബർ 26 നാണ് രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതിൽ വെച്ചേറ്റവും നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടായ സുനാമിയുണ്ടായത്. ഇൻഡോനേഷ്യയിലെ സുമാത്ര തീരത്ത് നിന്നകലെ കടൽ തട്ടിലുണ്ടായ ഭൂകമ്പത്തോടനുബന്ധിച്ചാണ് സുനാമിയുണ്ടായത്. ഇന്തോനേഷ്യയിൽ നിന്ന് (ഇന്ത്യയുൾപ്പെടെ) ശ്രീലങ്കയിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് തീരദേശമൊന്നാകെ പ്രളയത്തിലാഴ്ത്തിയ തിരമാലകളുടെ പരമ്പരയാൽ 2,00,000 ൽ കൂടുതൽ ആളുകൾ കൊല്ലപ്പെട്ടു. കൂടാതെ അനുബന്ധ തിരകൾ ആഫ്രിക്കയുടെ തെക്കെ അറ്റത്തെ തീരം വരെ എത്തുകയും ചെയ്തു.

(ഇ) സെയ്ഷുകൾ (Seiches): കരബന്ധിതമായ തടാകങ്ങൾ, കനാലുകൾ, ഉൾക്കടലുകൾ എന്നിവയിൽ താളാത്മകമായ ജലചലനത്തിന് ഭൂകമ്പങ്ങളും സുനാമിതിരകളും പ്രേരിതമാകാറുണ്ട്. ഇവ **സെയ്ഷുകൾ** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ആന്ദോളനങ്ങൾ മണിക്കൂറുകളോ അല്ലെങ്കിൽ ഒന്നോ രണ്ടോ ദിവസമോ ഉണ്ടാകാം.

(എഫ്) കടൽകമ്പനങ്ങൾ (Seaquakes): ഭൂകമ്പത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളും അതേതുടർന്ന് കടൽത്തറയിലൂടെ അവയ്ക്കു അപവർത്തനം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങളും കടൽ ജലത്തിലൂടെ പൊതുവെ സെക്കന്റിൽ 1.5 കി.മീ വേഗത്തിൽ കടന്നു പോകുന്നു. അത്തരം തിരകൾ, മതിയായ തീവ്രതയോടെ, ഒരു കപ്പലിനെ നേരിടുമ്പോൾ കപ്പൽ അന്തർലീനമായ ഒരു വസ്തുവിൽ ഇടിക്കുന്ന പ്രതീതി അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ കടൽക്കമ്പനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

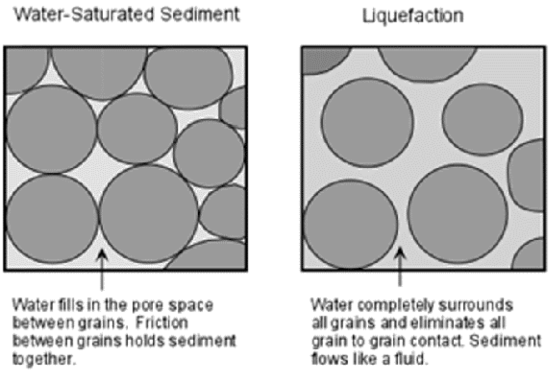
(ജി) അഗ്നി (Fire): ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഒരു ദ്വിതീയഫലമായിട്ടാണ് അഗ്നിയുണ്ടാകുന്നത്. ഭൂകമ്പം മൂലം വൈദ്യുതി ലൈനുകൾ പൊട്ടുകയും, പ്രകൃതി വാതക ലൈനുകൾ തകർന്നു പോകുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ, ഭൂകമ്പത്തെത്തുടർന്ന് അഗ്നിബാധയുണ്ടാകാനിടയുണ്ട്. ഭൂകമ്പസമയത്ത് ജലപ്പൈപ്പുകൾ തകർന്നിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, തീ പടർന്നു പിടിക്കാൻ തുടങ്ങിയത് കെടുത്തിക്കളയാൻ വേണ്ട ജല വിതരണ സംവിധാനമില്ലാതാകുകയും ചെയ്യും.

(എച്ച്) ഉരുൾപൊട്ടലുകളും അവശിഷ്ട/ശിലാ പതനങ്ങളും (Landslides and Debris/Rock Falls): മലയോര ഭാഗങ്ങൾ ഭൂകമ്പത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് വഴി ദ്രുതഗതിയിലുള്ള ഭൂദ്രവ്യശോഷണ സംഭവവികാസങ്ങളായ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ, ശിലാപതനം, ശിലാകഷണ പതനം, ഇടിഞ്ഞു താഴൽ, പാറക്കഷണങ്ങളോട് കൂടിയ ഹിമാനീയപാതം തുടങ്ങിയവ വേഗത്തിലാകാം. കടലിനോടോ തടാകത്തോടോ ചേർന്നുള്ള കരഭാഗത്ത് പെട്ടെന്ന് അവതലനം സംഭവിക്കുന്നത് തീരദേശ പ്രളയത്തിലും മുങ്ങിമരണത്തിലും കലാശിക്കുന്നതാണ്.

(ഐ) പ്രളയം (Flooding): സുനാമി, മനുഷ്യനിർമ്മിത അണക്കെട്ടുകളുടെയും ജലസംഭരണികളുടെയും തകർച്ച, ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം ഭൂതലഭാഗം അവതലനത്തിന് വിധേയമാകൽ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം മൂലം ദ്വിതീയ ഫലമായി പ്രളയമുണ്ടാകാവുന്നതാണ്.

(ജെ) ദ്രവീകരണം (Liquefaction): ഭൂകമ്പത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുലുക്കം കാരണം ചില ജല പൂരിതമായ അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങളുടെ ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങൾ ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് ദ്രവീകരണം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ താഴെ നില കൊള്ളുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് വഴി അവസാദങ്ങളിലെ തരികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം നഷ്ടമാവുകയും, അവ ഒഴുകാൻ പ്രവണത കാണിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഏതാനും മിനുട്ടുകൾക്ക് ശേഷം ദ്രവീകരണം സംഭവിക്കാം.

നിങ്ങൾ അടുത്ത പ്രാവശ്യം കടൽത്തീരത്തേക്ക് പോകുമ്പോൾ ഈ പ്രക്രിയ സ്വയം ബോധ്യപ്പെടുന്നതാണ്. തിരമാലകൾ കയറിവരുന്ന സമയത്ത് തന്നെ മണലിൽ നിൽക്കുക. നിങ്ങൾ നിശ്ചലമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെങ്കിൽ മണൽ നിങ്ങളുടെ ഭാരത്തെ നിഷ്പ്രയാസം താങ്ങി നിർത്തും. പക്ഷെ, നിങ്ങൾ നനഞ്ഞ ഈ മണലിന് മുകളിൽ നിന്ന് കൊണ്ട്, ശരീരം കുലുക്കാൻ തുടങ്ങുകയാണെങ്കിൽ, ദ്രവീകരണ (ചിത്രം 7.16) ഫലമായി മണലൊഴുകാൻ ആരംഭിക്കുകയും, നിങ്ങളുടെ കാൽപാദം മണലിൽ താഴുകയും ചെയ്യുന്നതുമായിരിക്കും.



ചിത്രം 7.16: ജലപൂരിത അവസാദങ്ങളിൽ ദ്രവീകരണത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ

(കെ) തുടർചലനങ്ങൾ (Aftershocks): മുഖ്യാഘാതത്തിന് ശേഷമുണ്ടാകുന്ന ലഘുഭൂകമ്പങ്ങളാണ് പിന്നാഘാതങ്ങൾ. ഭൂകമ്പങ്ങൾ മൂലം പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിനടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളിലെ സമ്മർദ്ദബലം മാറ്റത്തിനിടയാകുകയും, മുഖ്യഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം അനേകം ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കിടയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ എപ്പോഴും ലഘു ഭൂകമ്പങ്ങളായിരിക്കും. പക്ഷെ പ്രധാന ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം മാസങ്ങളോളം അവ അവശേഷിക്കും. ഭൂകമ്പബാധിത പ്രദേശങ്ങളിൽ രക്ഷാ പ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്നവർക്ക് സുരക്ഷ ഭീഷണിയാകുന്നതിനും തകർന്ന കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നതിനും ഇവ നിമിത്തമാകുന്നതിനാൽ, പിന്നാഘാതങ്ങൾ പ്രത്യേകിച്ചും അപകടകരമാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന പ്രാഥമിക ഫലങ്ങൾ നിരത്തുക.
2. ഭൂകമ്പസമയത്ത്, ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് അടിസ്ഥാന ശിലയുടെ പ്രകൃതത്തെയും ഉപരികേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ദൂരത്തെയുമെല്ലാം എങ്ങനെ ആശ്രയിക്കുന്നു?

ഭൂകമ്പ പ്രവചനം (Earthquake prediction)

ഭൂകമ്പങ്ങളെ പ്രവചിക്കാൻ പ്രായോഗികമായ ഒരു രീതി ഉടൻ കണ്ടെത്തുമെന്ന് പല ശാസ്ത്രകാരന്മാരും വിശ്വസിക്കുന്നു. എന്നാൽ നിരന്തരപരാജയം, ഇത് സാധ്യമാകുമോ എന്ന ചോദ്യത്തിലേക്കാണ് പലരെയും നയിച്ചിരിക്കുന്നത്. മതിയായ വിഭവങ്ങൾ ലഭിച്ചാൽ, പ്രവചനം സാധ്യമാണെന്ന് ചില ശാസ്ത്രകാരന്മാർ കരുതുന്നുവെങ്കിൽ, മറ്റ് പലരും ഭൂകമ്പ പ്രവചനം സാധ്യമല്ലെന്ന അഭിപ്രായക്കാരാണ്.

ദീർഘകാല പ്രവചനം (Long term forecasting)

മുൻകാലങ്ങളിൽ എവിടെ, എപ്പോൾ ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടായി എന്ന അറിവ് ആധാരമാക്കിയാണ് ദീർഘകാല പ്രവചനം നടത്തുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ, ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പുനരാവൃത്തി ഇടവേളകളും, സ്ഥാനങ്ങളും നിർണയിക്കാൻ, നിലവിലെ വിവർത്തനിക ക്രമീകരണം, ചരിത്ര രേഖകൾ, ഭൗമ വിജ്ഞാനീയ രേഖകൾ എന്നിവയെല്ലാം പഠന വിധേയമാക്കുന്നു.

ഹ്രസ്വകാല പ്രവചനം (Short term prediction)

ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപം, വരാനിരിക്കുന്ന ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളെ നിരീക്ഷിക്കലാണ് ഹ്രസ്വകാല പ്രവചനമായി കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പുണ്ടായേക്കാവുന്ന അസാധാരണമായ സംഭവങ്ങളോ പ്രക്രിയകളോ മുന്നോടി പ്രക്രിയകൾ എന്ന് വിശേഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ വരും ഭൂകമ്പങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാം. നിരീക്ഷണ സാധ്യമായ മുൻകൂർ സംഭവങ്ങളുടെ ശ്രേണികൾ ഉണ്ടായിരുന്നിട്ടും, വിജയകരമായ രീതിയിൽ ഹ്രസ്വകാല ഭൂകമ്പ മുൻകൂർ പ്രവചനം ലഭിക്കാൻ ഇനിയും പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു.

സുപ്രധാനമായ മുൻകൂർ സംഭവങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്നവയാണ്.

i) **ഭൂതലം ഉയരുകയും ചായുകയും ചെയ്യൽ (Uplift and tilting of ground):** സജീവമായ ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപത്ത് നിന്നുമെടുക്കുന്ന അളവുകൾ കാണിക്കുന്നത് ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പായി, ഭ്രംശമേഖലകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സമ്മർദഫലമായി ശിലകൾ തള്ളിവീർത്ത് ഭൂതലത്തിന് ഉയർച്ചയോ ചായ്‌വോ സംഭവിക്കുന്നുവെന്നാണ്. ഇത് ചെറിയ വിള്ളലുകളുടെ (സൂക്ഷ്മ

വിള്ളലുകൾ) രൂപീകരണത്തിലേക്ക് നയിച്ചേക്കാം. ഈ വിള്ളലുകൾ പിന്നാഘാതങ്ങളെന്നറിയപ്പെടുന്ന ലഘു ഭൂകമ്പങ്ങളിലേക്കും നയിക്കുന്നതാണ്.

ii) **മുന്നാഘാതങ്ങൾ (Fore shocks)**:- 1975 ൽ ചൈനയിൽ ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ്, നിരവധി മുന്നാഘാതങ്ങളുടെ നിരീക്ഷണം, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വിജയകരമായ പ്രവചനത്തിലേക്കും, ഹൈച്ചെങ് പട്ടണത്തിലെ ആളുകളെ ഒഴിപ്പിക്കുന്നതിലേക്കും നയിച്ചു. വ്യാപ്തി 7.3 രേഖപ്പെടുത്തിയ ഭൂകമ്പമുണ്ടായപ്പോൾ, 100 ദശലക്ഷം പേർ വസിക്കുന്ന നഗരം തകർന്നടിഞ്ഞെങ്കിലും, വിജയകരമായ കുടിഒഴിപ്പിക്കലിലൂടെ മരണം നൂറ് കണക്കിൽ ഒതുങ്ങി.

iii) **കിണറുകളിൽ ജലനിരപ്പിൽ വരുന്ന പെട്ടെന്നുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ (Abrupt changes of water level in wells)**:- ഒരു ഭ്രംശനത്തിന് സമീപം, ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റമുണ്ടാകുമ്പോൾ, ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ (ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിലും, സുഷിരങ്ങളിലും നിലകൊള്ളുന്ന ജലം) മർദ്ദത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങളുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഇത് ഭൂഗർഭജലത്തെ ഉയർന്ന അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്ന വിതാനത്തിലേക്ക് ചലിപ്പിക്കുകയും, കിണറുകളിലെ ജലനിരപ്പിൽ മാറ്റങ്ങൾക്ക് കാരണമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

iv) **റാഡോൺ വാതകത്തിന്റെ പുറന്തള്ളൽ Emission of radon gas)**:- യുറേനിയത്തിന്റെയും ശിലകളിലെ മറ്റ് ചില മൂലകങ്ങളുടെയും, റേഡിയോ ആക്ടീവ് ജീർണ്ണനഫലമായി ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു നിഷ്ക്രിയ വാതകമാണ് റാഡോൺ. നിഷ്ക്രിയ വാതകമായതിനാൽ, റാഡോൺ മറ്റ് മൂലകങ്ങളോട് ചേർന്ന് സംയുക്തങ്ങളായി മാറുന്നില്ല. അതിനാൽ മറ്റ് പല വിധേന പുറത്ത് തള്ളിവരുന്നത് വരെ അതിന്റെ പരൽഘടനയിൽ തന്നെ അവശേഷിക്കുന്നതാണ്. സമ്മർദ്ദഫലത്താൽ ശിലകൾക്കുണ്ടാകുന്ന രൂപമാറ്റം റാഡോൺ വാതകത്തെ വെളിയിലേക്ക് എത്തിച്ച്, കിണർ ജലത്തിൽ കാണാൻ മാത്രം റാഡോൺ വാതക ഉൽസർജ്ജനത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. മുമ്പ് വിവരിച്ച സൂക്ഷ്മ വിള്ളലുകൾ, ഭൂഗർഭജലത്തിലേക്ക് റാഡോൺ ബഹിർഗമിക്കാനുള്ള വഴികൾ ആയിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് മുമ്പായി റാഡോൺ ഉൽസർജനത്തിന്റെ അളവിൽ വർദ്ധനവ് രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

v) **മൃഗങ്ങളുടെ വിചിത്രമായ പെരുമാറ്റം (Strange animal behaviour)**:- ചൈനയിലെ തജ്ഞിനിൽ 7.4 വ്യാപ്തി രേഖപ്പെടുത്തിയ ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ്, മൃഗങ്ങൾ അസാധാരണമായ സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിച്ചതായി മൃഗപാലകർ റിപ്പോർട്ട് ചെയ്യുകയുണ്ടായി. പാമ്പുകൾ അവയുടെ മാളങ്ങളിലേക്ക് പോകാൻ മടി കാണിച്ചു, അരയന്നങ്ങൾ വെള്ളത്തിനടുത്തേക്ക് പോകാൻ വിസമ്മതിച്ചിരുന്നു, പാണ്ടകൾ അലറിയിരുന്നു തുടങ്ങിയവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ് ഈ പ്രതിഭാസം പഠിക്കാൻ കഴിഞ്ഞ ആദ്യ ശ്രമമായിരുന്നു ഇത്. മൃഗങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രവചനം ആവർത്തിക്കാൻ പല ശ്രമങ്ങൾ നടത്തിയിരുന്നുവെങ്കിലും, മറ്റ് വിജയകരമായ പ്രവചനങ്ങളൊന്നും ഉണ്ടായിട്ടില്ല.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ വസിക്കുന്നവർക്ക് ഭൂകമ്പമെന്നത് പ്രധാന പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിലൊന്ന് തന്നെയാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെയുള്ള ഭ്രംശനങ്ങളിലൂടെയുള്ള ശിലകളുടെ ചലനങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ് മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും. ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം, ശിലകളിൽ ഊർജ്ജം എങ്ങനെ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നത് വിശദീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരു ഭൂകമ്പം സംഭവിക്കുമ്പോൾ, ഇലാസ്തിക ഊർജ്ജം വിമോചിതമായി, കമ്പനങ്ങളായി (ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ) അയക്കപ്പെടുകയും, ഭൂമിയിലൂടെ എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂകമ്പവേളയിൽ ശിലകളുടെ പൊട്ടൽ മൂലം വിമുക്തമാകുന്ന ഊർജത്തിന്റെ ആഗമനം ഭൂകമ്പമാപിനികളിൽ ഭൂകമ്പാഭിലേഖങ്ങളായി രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നു. ഭൂകമ്പവേളയിൽ പുറത്ത് വരുന്ന മൊത്തം ഊർജത്തിന്റെ അളവാണ് റിക്ടർ വ്യാപ്തി മാനകം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പത്തോടനുബന്ധിച്ചുണ്ടായ നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ തരവും ജനങ്ങളുടെ അതിനോടുള്ള പ്രതികരണവും വ്യക്തിനിഷ്ഠമായി ഭൂകമ്പ തീവ്രതാമാനകം അളക്കുന്നു. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങളുടെ വീഴ്ച്ച, ഭൂതല തകർച്ച, സുനാമി, അഗ്നി മുതലായവയുൾപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും, ഭൂകമ്പത്താൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ആന്തരഭാഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിന് ഏറെ വിലപ്പെട്ടതാണ്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെപറയുന്നവ വിശദീകരിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന പദങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുക.

   എ) ഭൂകമ്പം ഉത്ഭവിക്കുന്ന യഥാർത്ഥ സ്ഥാനം.

   ബി) ഭൂകമ്പകേന്ദ്രത്തിന് നേരെ മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സ്ഥാനം.

   സി) സീസ്മോഗ്രാഫിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന രേഖകൾ.

2. ബ്രാക്കറ്റുകളിൽ നൽകിയിട്ടുള്ളതിൽ നിന്നും ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുക്കുക.

   (ഭൂകമ്പ ശാസ്ത്രം, സീസ്മോഗ്രാം, ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനം, സുനാമി)

   എ) വളരെ ഉയർന്ന തരംഗ ദൈർഘ്യമുള്ള ഭൂകമ്പ കടൽതിരകൾ

   ബി) ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആഗമനം കണ്ടെത്തുന്ന ഉപകരണം.

   സി) ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രീയ പഠനം.

   ഡി) ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ആവൃത്തിയും വിന്യാസ സ്ഥാനങ്ങളും.

3. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണത്തെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം വിവരിക്കുക.

4. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവ കേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

5. P-തരംഗങ്ങളുടെ ചലനവും S-തരംഗങ്ങളുടെ ചലനവും തമ്മിലുള്ള സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളുമെഴുതുക.

6. ഏത് തരം ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളാണ് കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് വലിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കിത്തീർക്കുന്നത്?

7. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രതയും വ്യാപ്തിയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്താണ്?

8. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിന്യാസ സ്ഥാനങ്ങൾ ഫലകസീമകളുമായി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെങ്ങനെയാണ്?

9. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രധാന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

10. റിക്ടർ മാനകം ഭൂതല ചലനത്തിന്റെയും ഊർജ്ജ ബഹിർഗമനത്തിന്റെയും അനുശ്രണമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതെങ്ങനെ?