സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണ കൈപ്പുസ്തകം: ഭൂകമ്പം

വാല്യം 1, രണ്ടാം പതിപ്പ്

കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

പ്രസാധകർ

കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി,
റവന്യു ദുരന്ത നിവാരണ വകുപ്പ്, കേരള സർക്കാർ

എഡിറ്റർ

ഡോ. ശേഖർ എൽ കുര്യാക്കോസ്

മെമ്പർ സെക്രട്ടറി, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

തയ്യാറാക്കിയത്

ഇന്ദു വി

ആർക്കിടെക്ട്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

ഗോകുൽ എ

ഹസാഡ് അനലിസ്റ്റ് (സിവിൽ), കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

പ്രദീപ് ജി എസ്

ഹസാഡ് ആൻഡ് റിസ്ക് അനലിസ്റ്റ്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

ഫഹദ് മർസൂക്

ഹസാഡ് അനലിസ്റ്റ്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

അനഘ ഇ

റൂറൽ ഡെവേലോപ്മെന്റ് സ്പെഷ്യലിസ്റ്,കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

കീർത്തന രമേശ്

ഹസാഡ് അനലിസ്റ്റ് (സിവിൽ), കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

അനശ്വര ദേവി ബി ആർ

ഹസാഡ് അനലിസ്റ്റ് (ജിയോളജി), കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

ആര്യാ നരേന്ദ്രൻ

ആർക്കിടെക്ട്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

കൃതജ്ഞത

ഡോ. ജയ വി,

പ്രൊഫസർ, കോളേജ് ഓഫ് എഞ്ചിനീയറിംഗ് ട്രിവാൻഡ്രം

ഹരികുമാർ

റീജിയണൽ കോ-ഓർഡിനേറ്റർ ഫോർ സൗത്ത് ഏഷ്യ, ജിയോ ഹസാർഡ്സ് ഇന്റർനാഷണൽ

ജോ ജോൺ ജോർജ്

സ്റ്റേറ്റ് പ്രൊജക്റ്റ് ഓഫീസർ, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

ഡോ. മിഥില മല്ലിക

സ്റ്റേറ്റ് പ്രൊജക്റ്റ് ഓഫീസർ, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

ഡോ. ജോയ് ഇളമൺ

മെമ്പർ, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

കവർ പേജ് ഡിസൈൻ

ഇന്ദു വി

ആർക്കിടെക്ട്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി.

ആര്യാ നരേന്ദ്രൻ

ആർക്കിടെക്ട്, കേരള സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി

ഉള്ളടക്കം

ചിത്രങ്ങളുടെ പട്ടിക

ഭൂപടങ്ങളുടെ പട്ടിക

പദാവലി

ആമുഖം

അദ്ധ്യായം- 1

പശ്ചാത്തലം 1

1.1. കൈപുസ്തകത്തിന്റെ വ്യാപ്തിയും ഉദ്ദേശവും 1

1.2. ഭൂകമ്പം എന്നാൽ എന്ത്? 2

ഭൂകമ്പ മാപനം 4

ഭൂകമ്പ നീരീക്ഷണം..........5

മാഗ്നിറ്റ്യൂട് 6

റിക്ടർ സ്കെയിൽ 6

തീവ്രത 7

1.3. ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ മേഖലകൾ 8

മുൻകാലങ്ങളിൽ ഇന്ത്യയിൽ സംഭവിച്ച പ്രധാന ഭൂകമ്പങ്ങൾ 10

1.4. കേരളത്തിലെ ഭൂകമ്പ സാധ്യതയും മുൻ സംഭവങ്ങളും 10

കേരളത്തിന്റെ ഭൂകമ്പ നിരീക്ഷണ സംവിധാനങ്ങൾ..........10

അദ്ധ്യായം- 2

ഭൂകമ്പത്തിൽ കെട്ടിടങ്ങൾക്കു എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു?..........13

2.1. ഭൂകമ്പ സമയത്തു കെട്ടിടത്തിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിവിധ ബലങ്ങൾ..........14

ജഡത്വ ബലങ്ങൾ 14

തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ കുലുക്കം 16

തിരിയുന്ന/പിരിയുന്ന ചലനം 16

2.2. വിവിധ തരത്തിലുള്ള കെട്ടിടങ്ങളുടെ പെരുമാറ്റരീതി 17

ഭാരം താങ്ങുന്ന കൽകെട്ട് ചുമരുകളുടെ പെരുമാറ്റം..........18

പ്രബലിത സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് ചട്ടക്കൂടോടുകൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളുടെ പെരുമാറ്റം..........21

2.3. കെട്ടിടങ്ങൾക്കു സംഭവിക്കാവുന്ന കേടുപാടുകളും അതിന്റെ കാരണങ്ങളും 23
2.4. സോൺ III-ഇൽ സംഭവിക്കാവുന്ന കേടുപാടുകൾ 32

അദ്ധ്യായം- 3
ഭൂകമ്പത്തെ അതിജീവിക്കുന്ന കെട്ടിടനിർമ്മാണം 34
3.1. അതിജീവനശേഷിയുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വം 34
ഭൂകമ്പങ്ങളെ അതിജീവിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള കെട്ടിട രൂപകൽപനാ തത്വങ്ങൾ 34
ഭൂകമ്പങ്ങളെ അതിജീവിക്കുവനായി കെട്ടിടങ്ങൾക്കു വേണ്ട ഗുണങ്ങൾ 35
3.2. മാർഗ്ഗനിർദ്ദേശങ്ങൾ 37
സ്ഥലം തിരഞ്ഞെടുപ്പും കെട്ടിടം സ്ഥാപിക്കലും 37
അടിസ്ഥാനം 39
3.3. വാസ്തുശില്പപരമായ രൂപകല്പന തന്ത്രങ്ങളും മറ്റു നിർദ്ദേശങ്ങളും 43
കെട്ടിടത്തിന്റെ വലുപ്പം 43
കെട്ടിടത്തിന്റെ രൂപരേഖയും (പ്ലാൻ) ആകാരവും 44
ചുമരുകളുടെ നീളം, ഉയരം, കനം, സന്ധികൾ 50
ജനൽ വാതിൽ എന്നീ തുറപ്പുകൾ 54
മേൽക്കൂരകൾ 57
3.4. കല്കെട്ടു ചുമരുകളുടെ ഭൂകമ്പ സമയത്തെ പ്രതികരണ രീതി എങ്ങനെ മെച്ചപ്പെടുത്താം? 58
കെട്ടിട നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ 59
3.5. വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട ഘടനാപരമായ കാര്യങ്ങൾ 62
തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ 65
ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ 71
തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങളും ലംബ ബന്ധനങ്ങളും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രീതികൾ 75
കോൺക്രീറ്റ് നിർമ്മിതമല്ലാത്ത ചരിഞ്ഞ മേൽക്കൂരകൾ 78
ഗോവണികൾ 81

3.6. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ആഘാതം ലഘൂകരിക്കുന്നതിനായി ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട ഘടനാപരമല്ലാത്ത കാര്യങ്ങൾ 84

അദ്ധ്യായം- 4

ഉപസംഹാരം 90

അനുബന്ധം- 1

നല്ല കെട്ടിടനിർമ്മാണ രീതികൾ 91

അനുബന്ധം- 2

ഫ്ലാറ്റ്/ അപ്പാർട്ട്മെന്റ് വാങ്ങുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ 111

റെഫെറെൻസുകൾ 115

ചിത്രങ്ങളുടെ പട്ടിക

Figure 1 ഭൗമോപരിതലത്തിലെ പ്രധാന ടെക്ടോണിക് പ്ലേറ്റുകൾ 3
Figure 2 നേപ്പാൾ ഭൂചലനം, ഏപ്രിൽ 2015 3
Figure 3 അടിസ്ഥാന പദാവലി........................... 4
Figure 4 ബെഡ്ഷീറ്റ് കുടയുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഓളങ്ങൾ........................... 13
Figure 5 കെട്ടിടത്തിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ........................... 13
Figure 6 ഭാരങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപാത........................... 14
Figure 7 ബസ് പുറപ്പെടുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഇനേർഷ്യ 15
Figure 8 കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം കുലുങ്ങുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഇനേർഷ്യയുടെ പ്രഭാവം 15
Figure 9 കെട്ടിടത്തിന്റെ ദിശകൾ 16
Figure 10 ഊഞ്ഞാൽ തിരിയുന്നു 17
Figure 11 കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം കൂടിയ ഭാഗം തിരിയുന്നു 17
Figure 12 ആർ.സി.സി ഫ്രെയിംഡ് കെട്ടിടം 18
Figure 13 ലോഡ് ബെയറിംഗ് കെട്ടിടങ്ങൾ 18
Figure 14 1991-ലെ ഉത്തരകാശി ഭൂചലനത്തിൽ ഭാഗികമായി തകർന്ന കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച ചുമരുകൾ 19
Figure 15 കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ 20
Figure 16 ചുമരിൽ വരുന്ന ബലത്തിന്റെ ദിശയാണ് ഭൂകമ്പ സമയത്തെ ചുമരിന്റെ പ്രകടനം നിർണ്ണയിക്കുന്നത്. 20
Figure 17 നല്ല പോലെ ബന്ധിപ്പിച്ച ചുമരുകൾ തമ്മിൽ മാത്രമേ ബലം (force) പങ്കുവയ്ക്കൽ സാധ്യമാവൂ........................... 21
Figure 18 2001 ഭുജ് ഭൂചലനത്തിൽ ആർ.സി.സി തൂണുകൾ തകർന്നതുമൂലം തകർന്ന കെട്ടിടം. തിരശ്ചീന ഭൂകമ്പ ബലം കെട്ടിടത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗത്തുനിന്നും താഴേക്കുള്ള ദിശയിൽ കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും........................... 22
Figure 19 മൂലകളിൽ ലംബമായ വിള്ളൽ........................... 24
Figure 20 മൂലകളിൽ നിന്നും മാറിയുള്ള ലംബമായ വിള്ളൽ 24
Figure 21 കോണോടുകോണായ ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ........................... 25
Figure 22 ജനാലയുടെ മൂലയിൽ കോണോടുകോണായ ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ 25
Figure 23 മട്ടച്ചുമരിന്റെ താഴ്ഭാഗത്തുള്ള തിരശ്ചീനമായ വിള്ളൽ 25
Figure 24 ബീമിന് താഴെയുള്ള വിള്ളൽ 26

Figure 25 തൂണിലെ വിള്ളൽ..26
Figure 26 ചുമര് വീർക്കുന്നു 27
Figure 27 ചുമരിന്റെ തൂക്കു തെറ്റുന്നു 27
Figure 28 ചുമരിന്റെ ഒരു വശം മാത്രം ഇടിഞ്ഞു വീഴുന്നു 27
Figure 29 ചുമരിന്റെ മുകൾ ഭാഗം തകരുന്നു 28
Figure 30 മട്ടച്ചുമരുകളുടെ മുകൾ ഭാഗം തകരുന്നു...28
Figure 31 കെട്ടിടത്തിന്റെ മൂലകൾ തകരുന്നു 29
Figure 32 ചുമരിന്റെ മധ്യഭാഗം തകരുന്നു 29
Figure 33 സ്ളാബിന്റെ ഒരു ഭാഗം തകരുന്നു 29
Figure 34 സ്ളാബ് തെന്നി മാറുന്നു 30
Figure 35 മേൽക്കൂരയുടെ കീഴ്ഭാഗം തകരുന്നു 30
Figure 36 ദ്രവിച്ച ബീമുകൾ പൊട്ടുന്നു 30
Figure 37 പാരപ്പെറ് ചുമരുകൾ തകരുന്നു..31
Figure 38 മണലിന്റെയും വെള്ളത്തിന്റെയും മിശ്രിതത്തിനു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം താങ്ങാനാവാതെ വരുന്നു...31
Figure 39 മണ്ണിന്റെ ദ്രവീകരണം മൂലം അടിസ്ഥാനം താഴ്ന്നു പോവുന്നു...........32
Figure 40 കെട്ടിടം പൂർണ്ണമായും തകരുന്നു..32
Figure 41 വ്യത്യസ്ത തീവ്രതയിലുള്ള ഭൂചലനങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങളുടെ പ്രകടന ലക്ഷ്യങ്ങൾ (performance objectives under different intensities of earthquake shaking): ചെറിയ ചലനങ്ങളിൽ നന്നാക്കിയെടുക്കതക്ക സാരമല്ലാത്ത കേടുപാടുകളും വരികയും ശക്തമായ ചലനങ്ങളിൽ തകർച്ച ഒഴിവാക്കലും................................35
Figure 42 ഡക്ടൈൽ ആയ ചില വസ്തുക്കൾ 36
Figure 43 ഉയർന്ന സുനാമി തിരമാലകൾ കടൽത്തീരത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ വെള്ളത്തിലാഴ്ത്തും...37
Figure 44 അസ്ഥിരമായ കുന്നിൻ ചരിവുകളിലെ പ്രധാന ഭീഷണി ഉരുൾപൊട്ടലാണ്...38
Figure 45 ചരിവുകൾ വശങ്ങളിലേക്കു പടരുന്ന പ്രക്രിയ:...38
Figure 46 ചരിവിൽ വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടകാര്യങ്ങൾ.................39
Figure 47 ഉയരം കൂടിയ കെട്ടിടം 43
Figure 48 നീളം കൂടിയ കെട്ടിടം...43
Figure 49 വിസ്തീർണം കൂടിയ കെട്ടിടം 43

Figure 50 C, H, T ആകൃതിയിലുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ 44
Figure 51 ഉൾവശത്തേക്കു മൂലകളുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ 44
Figure 52 വലിയ കെട്ടിടങ്ങളെ ചെറിയ ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുന്നു 44
Figure 53 സങ്കീർണ്ണമായ പ്ലാനുകളെ സെപറേഷൻ ജോയിൻറ് ഉപയോഗിച്ച് ലളിതമായ പ്ലാനുകൾ ആക്കാം. 45
Figure 54 ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടവും സമചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടവും 45
Figure 55 വീതിയേക്കാൾ 3 ഇരട്ടിയിൽ കൂടുതൽ നീളമുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ നീളം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുക 45
Figure 56 ലളിതമായ പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ 46
Figure 57 ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോറിൽ ഒരു വശത്തു ചുമരുകൾ ഇല്ലാതെ തൂണുകൾ മാത്രം ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ ഭൂകമ്പ സമയത്ത് ട്വിസ്റ്റ് ചെയ്യും (തിരിയും) 46
Figure 58 പ്രതിസമമായ രീതിയിൽ വരാന്തയുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ കൂടുതൽ ശക്തമാണ്. 46
Figure 59 തിരശ്ചീനമായ പ്രകമ്പനങ്ങൾ മൂലം തൊട്ടടുത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിയിടിക്കാം. 47
Figure 60 വ്യത്യസ്ത വീതിയിലുള്ള നിലകളോടു കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾ 47
Figure 61 ബലഹീനമായ നിലയോടു (weak storey) കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾ 48
Figure 62 തുറസ്സായ ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോറിലെ ആർ.സി.സി തൂണുകൾ തകർന്നതുമൂലം നിലംപതിച്ച കെട്ടിടം, 2001 ഭുജ് ഭൂചലനം. 48
Figure 63 തുടർച്ചയില്ലാത്ത ഹാങ്ങിങ് (hanging)/ ഫ്ലോട്ടിങ് (floating) തൂണുകൾ 49
Figure 64 തുടർച്ചയില്ലാത്ത ഘടനാപരമായ ഭാഗങ്ങൾ (structural members) 49
Figure 65 ചരിഞ്ഞ ഭൂമിയിലെ കെട്ടിടം 49
Figure 66 താങ്ങു കൊടുക്കാൻ കുറുകെ ഭിത്തിയില്ലാത്ത നീണ്ട ചുമരുകൾ നീളം കുറഞ്ഞവയെ അപേക്ഷിച്ചു ബലഹീനമായിരിക്കും. 50
Figure 67 കുറുകെയുള്ള ഭിത്തികൾ നീളമുള്ള ഭിത്തികളുമായി ശക്തമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കണം. 50
Figure 68 മുട്ടുചുമരുകൾ 51
Figure 69 പുറം ചുമരുകളും ഉൾച്ചുമരുകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ദൃഢമായിരിക്കണം. 51
Figure 70 അകം ചുമരുകളുടെ കനം 52

Figure 71 കനം കുറഞ്ഞ ഉയരം കൂടിയ ചുമരുകൾ ഇടിഞ്ഞു വീഴാം 52
Figure 72 പാരപ്പെറ്റ് 52
Figure 73 ചരിഞ്ഞ മേൽകൂരകൾക്കു മുകളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന ഉയരം കൂടിയ ഭിത്തികൾ 53
Figure 74 മട്ടച്ചുമരുകളുടെ ഉയരം 53
Figure 75 ഭാരം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായ മട്ടച്ചുമരിന്റെ മുകൾഭാഗം 54
Figure 76 ലിന്റൽ നിരപ്പ് 54
Figure 77 തുറപ്പുകളുടെ പ്രതിസാമ്യമില്ലാത്ത വിന്യാസം 54
Figure 78 തുറപ്പുകളുടെ പ്രതിസമതയുള്ള വിന്യാസം 55
Figure 79 അനേകം തുറപ്പുകൾ ഉള്ള ചുമർ 55
Figure 80 ചെറിയ ചുമരുകളിൽ ഒരു തുറപ്പ് മാത്രം നൽകുക 55
Figure 81 A+B+C എന്ന നീളം ചുമരിന്റെ നീളത്തെക്കാൾ താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കണം 56
Figure 82 തുറപ്പിൽ നിന്നും ഉൾവശത്തേക്കുള്ള മൂലയിലേക്കുള്ള ദൂരം (E) കുറഞ്ഞ ചുമരുകൾ 56
Figure 83 E≥H/6 56
Figure 84 നാല് വശങ്ങളിലും താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ളാബ് വാർക്കുക 57
Figure 85 മട്ടചുമരുകളുടെ തകർച്ച 57
Figure 86 4 വശങ്ങളിലേക്ക് ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയാണ് 2 വശങ്ങളിലേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയെക്കാൾ ശക്തം 57
Figure 87 ബോക്സ് ആക്ഷൻ ഉറപ്പു വരുത്താൻ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ 59
Figure 88 ഭിത്തി നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ പല തരം വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിക്കരുത് 61
Figure 89 ഉരുണ്ട കല്ലുകൾ നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കരുത് 62
Figure 90 തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ സൈസ്മിക് ബാൻഡുകൾ 63
Figure 91 സൈസ്മിക് ബാൻഡ് 64
Figure 92 സ്ട്രക്ച്ചറൽ ബീം 64
Figure 93 തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ 65
Figure 94 ഈവ് ബാൻഡും ഗേബിൾ ബാൻഡും 66
Figure 95 ഈവ് ബാൻഡിൽ നിന്നും ഗേബിൾ ബാൻഡിലേക്കുള്ള ഉയരം പരമാവധി 1 മീറ്റർ ആയിരിക്കണം 66

Figure 96 2 ലോന്ജിറ്റ്യുഡിനൽ കമ്പികളുള്ള ബാൻഡിന്റെ പരിച്ഛേദം......67
Figure 97 4 ലോന്ജിറ്റ്യുഡിനൽ കമ്പികളുള്ള ബാൻഡിന്റെ പരിച്ഛേദം......67
Figure 98 L ജംഗ്ഷനിലെ സ്ട്രക്ച്ചറൽ പ്ലാൻ 68
Figure 99 L ജംഗ്ഷന്റെ ത്രിമാന രൂപം 68
Figure 100 T ജംഗ്ഷനിലെ സ്ട്രക്ച്ചറൽ പ്ലാൻ 69
Figure 102 T ജംഗ്ഷന്റെ ത്രിമാന രൂപം 69
Figure 103 തടി കൊണ്ടുള്ള ബാൻഡ് 70
Figure 104 1: 1.5: 3 എന്ന അനുപാതത്തിൽ കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതം നിറയ്ക്കുക ... 70
Figure 105 അടിസ്ഥാനങ്ങളിൽ ലംബ ബന്ധനം ഉൾപ്പെടുത്തുന്ന രീതി 72
Figure 106 ഇഷ്ടിക ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ 72
Figure 107 കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ കൊണ്ടുള്ള ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ 73
Figure 108 ജനൽ-വാതിലുകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ 74
Figure 109 കമ്പികൾ യോജിപ്പിക്കാൻ ആവശ്യമായ ഓവർലാപ്പ് 77
Figure 110 തിരശ്ചീനമായ ബാൻഡും ലംബമായ കമ്പിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധനം 77
Figure 111 കോളർ ബീം 78
Figure 112 സ്ട്രട്ടുകളും Y/ K ബ്രെസിങ്ങുകളും 78
Figure 113 സ്ട്രട്ടുകളും X ബ്രെസിങ്ങുകളും 79
Figure 114 മേൽക്കൂരയുടെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളെയും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുക 79
Figure 115 ഷീറ്റും പട്ടികയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന J, U ഹുക്കുകൾ 80
Figure 116 ഓടും പട്ടികയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ജി. ഐ. കൊളുത്തുകൾ 80
Figure 117 മട്ടച്ചുമരുകൾക്കു മുകളിലായി റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് ചുമർ നിർമ്മാണം 81
Figure 118 കെട്ടിടത്തിനോട് ചേർത്ത് നിർമ്മിക്കുന്ന ഗോവണികളിൽ കേടുപാട് സംഭവിക്കാവുന്ന സ്ഥലങ്ങൾ 81
Figure 119 കല്കെട്ടു കെട്ടിടങ്ങളിലെ ഗോവണിയുടെ ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ വിശദാംശം 82
Figure 120 ഫാൾസ് സീലിംഗ് ക്ലാഡിങ് എന്നിവ ഭൂകമ്പത്തിൽ ഇളകി വീഴാം 85
Figure 121 പുറം മോടിക്കായി മാത്രം പണിയുന്നതും പുറത്തേക്കു തള്ളി നിൽക്കുന്നതുമായ നിർമ്മിതികൾ 85
Figure 122 സുരക്ഷിതമായി ഘടിപ്പിച്ച വാട്ടർ ടാങ്കും ചെടിച്ചട്ടികളും 86

Figure 123 ഘടനാപരമല്ലാത്ത ചെറിയ വസ്തുക്കൾ സംരക്ഷിക്കേണ്ട രീതി...........87
Figure 124 ബ്രാക്കറ്റുകൾ (L clamp) 87
Figure 125 സ്പ്രിങ്..87
Figure 126 ക്ലോസ്സ് സ്ക്രൂ ഐ 88
Figure 127 ഗൃഹോപകരണങ്ങൾ സ്ട്രാപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഉറപ്പിക്കുക 88
Figure 128 കോൺക്രീറ്റ് മിക്സർ..92
Figure 129 വൈബ്രേറ്റർ...92
Figure 130 നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന പാത്രങ്ങൾ 94
Figure 131 റാക്ക്ഡ് ബാക്..... 97
Figure 132 ടൂത്ത്ഡ്.................. 97
Figure 133 ചുമരുകൾ പാളികളായി അടർന്നു മാറാതിരിക്കാൻ കല്ല് കെട്ടുമ്പോൾ ഉപയോഗിക്കേണ്ട ആണിക്കല്ലുകൾ...99
Figure 134 ആണിക്കല്ലുകൾക്കു പകരമായുള്ള ചെറിയ ബീം...................................99
Figure 135 കരിങ്കല്ല് കെട്ട് ചുമരുകളിൽ തിരശ്ചീനമായ ലിന്റൽ ബാൻഡ് നിർബന്ധമാണ്...100
Figure 136 ബീമുകളിലെ സ്റ്റിറപ്പുകളുടെ വിന്യാസം 104
Figure 137 135 ഡിഗ്രി ഹുക്കിന്റെ വിശദാംശങ്ങൾ..105
Figure 138 തൂണുകളും ബീമുകളും ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങൾ 106
Figure 139 തൂണുകളിലെ സ്റ്റിറപ്പുകളുടെ വിന്യാസം 107
Figure 140 അധിക ഹുക്കുകൾ..107

ഭൂപടങ്ങളുടെ പട്ടിക

ഭൂപടം 1 ഇന്ത്യയിലെ സൈസ്മിക് മേഖലകളും പ്രധാന ഭൂകമ്പങ്ങളും 9
ഭൂപടം 2 കേരളത്തിൽ സംഭവിച്ച പ്രധാന ഭൂചലനങ്ങൾ 12

<u>പദാവലി</u>

Absorption capacity	: ആഗിരണശേഷി
Architectural design	: വാസ്തുശില്പപരമായ രൂപകൽപ്പന
Asymmetrical	: പ്രതിസാമ്യമില്ലാത്ത
Basement	: അടിത്തറ
Bond stone	: ആണിക്കല്ല്
Brittle	: എളുപ്പത്തിൽ പൊട്ടുന്ന
Buttress	: മുട്ടുചുമർ
Column	: തൂണ്
Composition	: ഉള്ളടക്കം
Concentrated load	: കേന്ദ്രീകരിച്ച ഭാരം
Connection	: ബന്ധം
Continuous vertical joint	: നേർ ഏശകൾ അഥവാ ചുമരിലെ കല്ലുകൾക്കിടയിൽ ലംബ രീതിയിലുള്ള തുടർച്ചയായുള്ള യോജിപ്പ്
Cross tie	: കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പി
Cross wall	: കുറുകെയുള്ള ഭിത്തി
Curing period	: കോൺക്രീറ്റ് ഉറയ്ക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള സമയം. ഈ സമയത്ത് ഈർപ്പം/ നനവ് അത്യാവശ്യമാണ്.
Design	: രൂപകൽപ്പന
Deviation	: വ്യതിചലനം
Diagonal direction	: കോണോടുകോണായ ദിശയിൽ
Discontinuity	: തുടർച്ചയില്ലായ്മ
Earthquake-induced forces	: ഭൂകമ്പ-പ്രേരിത ബലങ്ങൾ
Earthquake resistance	: ഭൂകമ്പ-പ്രതിരോധ ശേഷി
Earthquake safety	: ഭൂകമ്പ-സുരക്ഷ
Embankments	: അണകൾ
Evenness	: ഏകരൂപത

Expansive nature	: വികസിക്കുന്ന പ്രകൃതം
Force	: ബലം
Form	: ആകാരം
Foundation	: അടിസ്ഥാനം
Gable roof	: 2 വശങ്ങളിലേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂര
Gable wall	: മട്ടച്ചുമർ (രണ്ടു വശത്തേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിലെ ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള ചുമർ)
Geometry	: ജ്യാമിതി
Gravity	: ഗുരുത്വാകർഷണം
Ground water table	: ഭൂഗർഭ ജല വിതാനം
Hip roof	: 4 വശങ്ങളിലേക്ക് ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂര
Horizontal	: തിരശ്ചീനം
Horizontal band	: തിരശ്ചീന ബന്ധനം
Interlocked	: കോർത്തു കെട്ടൽ
Inertia	: ജഡത്വം
Integrity	: സമഗ്രത/ ഉറപ്പ്
Intensity	: തീവ്രത
Interface	: സമ്പർക്കമുഖം
Junction	: മൂല
Lateral	: പാർശ്വസ്ഥമായ
Lateral spreading	: വശങ്ങളിലേക്ക് പടർന്നു പോവൽ
Lateral tie	: കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പി
Layout	: വിന്യാസം
Level tube	: മട്ട ഹോസ്
Lime	: കുമ്മായം
Load	: ഭാരം
Load transfer path	: ഭാരം കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പാത

Longitudinal bar	: നീളത്തിലുള്ള കമ്പി
Mason	: മേസ്തിരി
Masonry	: കല്ല് (ഇഷ്ടിക, കരിങ്കല്ല്, വെട്ടുകല്ല്/ ചെങ്കല്ല്, സിമന്റ്/ കോൺക്രീറ്റ് ബ്ലോക്കുകൾ, മൺകട്ടകൾ, ഹുരുഡീസ് ബ്ലോക്കുകൾ/ പൊള്ളയായ കളിമൺ കട്ടകൾ എന്നിവ) ഉപയോഗിച്ചു ചുമരുകളും മറ്റും കെട്ടിപ്പടുക്കുന്ന നിർമ്മാണ രീതി
Mortar	: യോജിപ്പ് മിശ്രിതം/ ചാന്ത്
Mass	: പിണ്ഡം
One way roof slab	: രണ്ടു വശങ്ങളിൽ മാത്രം താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ലാബ്
Open ground storey	: പാർക്കിങ്ങിനും മറ്റും വേണ്ടിയുള്ള തുറസ്സായ ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോർ
Opening	: ജനൽ-വാതിൽ
Out-of-plane	: തൂക്കുമട്ടം തെറ്റിയ അവസ്ഥ
Perpendicular	: ലംബം
Plan	: രൂപരേഖ
Planning	: ആസൂത്രണം
Plumb bob	: തൂക്കു കട്ട/ ഗുണ്ട് നൂലും
Purlin	: പട്ടിക
Rafter	: കഴുക്കോൽ
Random rubble masonry	: കരിങ്കല്ലുപയോഗിച്ച് ക്രമരഹിതമായ രീതിയിൽ കെട്ടി പടുക്കുന്ന നിർമ്മാണ രീതി
R.C.C.	: റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് (ആർ. സി. സി.)
Resilience	: അതിജീവനശേഷി
Retaining wall	: സംരക്ഷണഭിത്തി

Ridge	: മേൽക്കൂരയുടെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗം
Scaffolding	: ചാരം കെട്ടൽ
Seismic Zone	: ഭൂകമ്പ സാധ്യത മേഖല
Settlement	: ഇരുന്നു പോവൽ
Shaking	: കുലുക്കം
Simple	: ലളിതം
Soft soil	: മാർദ്ദവമുള്ള, കട്ടി കുറഞ്ഞ മണ്ണ്
Soil liquefaction	: മണ്ണിന്റെ ദ്രവീകരണം
Steel	: ഉരുക്ക്
Stirrup	: കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പി
Strong direction	: ശക്തമായ ദിശയിൽ
Structural Configuration	: ഘടനാപരമായ വിന്യാസം/ രൂപരേഖ
Structural design	: ഘടനാപരമായ രൂപകൽപ്പന
Supervisor	: മേല്നോട്ടക്കാരൻ
Symmetrical	: പ്രതിസമതയുള്ള/ പ്രതിസമമായ
Tension/ tensile force	: വലിയുന്ന രീതിയിലുള്ള ബലം/ വലിവ് ബലം
Thickness	: കനം
Through stone	: ആണിക്കല്ല്
Twisting movement	: തിരിയുന്ന/പിരിയുന്ന ചലനം
Two way roof slab	: നാല് വശങ്ങളിലും താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ളാബ്
Uncoursed random masonry	: കല്ലുകൾ കൊണ്ട് അടുക്കുകളിലല്ലാതെ ക്രമരഹിതമായുള്ള കെട്ട്
Vertical	: ലംബം
Vertical band	: ലംബ ബന്ധനം
Verticality	: തൂക്ക്
Vulnerable	: ദുർബലമായ
Wall plate	: മേൽക്കൂരയുടെ ഉത്തരം

Wave	: ഓളം, തരംഗം
Weak direction	: ബലഹീനമായ ദിശ
Wythes	: കല്കെട്ടു ചുമരിന്റെ പരിച്ഛേദത്തിൽ ഒരു കല്ലിന്റെ കനത്തിൽ ഉള്ള ലംബമായ അടര്.

ആമുഖം

കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം മൂലം ലോകമൊട്ടാകെ ദുരന്തങ്ങളുടെ ആവൃത്തി വർധിച്ചു വരികയാണ്. 2017 മുതൽ കേരളവും വിവിധ ദുരന്തങ്ങൾ നേരിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. പ്രളയം, ഉരുൾപൊട്ടൽ എന്നിവയ്ക്കു പുറമെ ചുഴലിക്കാറ്റ്, ഇടിമിന്നൽ, അഗ്നിബാധ, വരൾച്ച എന്നിവയുടെ പ്രഭാവവും കേരളത്തിലെ ജനങ്ങളുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തെ ബാധിക്കുന്നതായി കാണാം. നേരിയ തോതിലുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളും മുൻകാലങ്ങളിൽ കേരളത്തിൽ പലയിടങ്ങളിലായി സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ മേഖല സോൺ III-ൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന കേരളത്തിൽ ഭൂകമ്പ സുരക്ഷയ്ക്ക് കൂടുതൽ ഊന്നൽ കൊടുക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ഭൂകമ്പ സമയത്ത് ഏറ്റവും കൂടുതൽ അപകടസാധ്യത സൃഷ്ടിക്കുന്നത് കെട്ടിടങ്ങളുടെ തകർച്ചയാണെങ്കിലും പൊതുവെ കേരളത്തിലെ ഭവന നിർമ്മാണ പ്രക്രിയയിൽ ഈ അപകടസാധ്യത കുറയ്ക്കുന്നതിനായുള്ള മുൻകരുതലുകൾ എടുക്കാറില്ല. ദുരന്തശേഷമുള്ള പ്രതികരണത്തിനുപരിയായി ദുരന്തങ്ങളെ അതിജീവിക്കുന്നതിനായുള്ള മുൻകരുതലുകൾക്ക് പ്രാധാന്യം നൽകുക വഴി ദുരന്ത സമയത്ത് മരണങ്ങളും സാമ്പത്തിക നഷ്ടവും കുറയ്ക്കുവാൻ സാധിക്കും. കേരളത്തിലെ ജനതയ്ക്ക് ഭൂകമ്പ-സുരക്ഷിതമായ കെട്ടിടനിർമ്മാണ രീതികൾ പരിചയപ്പെടുത്തുക എന്ന ഉദ്ദേശ്യത്തോടെ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്ന ഈ കൈപ്പുസ്തകം ഗൃഹനിർമ്മാണ പ്രക്രിയയിൽ ഭാഗഭാക്കാകുന്നവർക്കുള്ള ഒരു മാർഗ്ഗരേഖയായാണ് വിഭാവനം ചെയ്തിരിക്കുന്നത്.

……………………………………………

അദ്ധ്യായം- 1
പശ്ചാത്തലം

1.1. കൈപുസ്തകത്തിന്റെ വ്യാപ്തിയും ഉദ്ദേശവും

ശക്തമായ ഭൂചലനങ്ങൾ വിരളമാണെങ്കിലും കേരളം ഉൾപ്പെടുന്ന സോൺ III ഭൂകമ്പ സാധ്യത മേഖലയിൽ (Seismic zone III) മിതമായ തോതിൽ ഉള്ള ഭൂചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാകും. ഇതേ മേഖലയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ലാത്തൂരിൽ 1993-ഇൽ സംഭവിച്ച ഭൂചലനം കവർന്നത് പതിനായിരത്തോളം ജീവനുകളാണ്. മനുഷ്യരുടെയും പക്ഷിമൃഗാദികളുടെയും ജീവനഷ്ടത്തിനു പുറമെ വസ്തുവകകൾക്കും ഭൗതികമായ അടിസ്ഥാന സൗകര്യങ്ങൾക്കും കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കുകയും അതുവഴി വലിയ സാമ്പത്തിക നഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാനും ഭൂകമ്പങ്ങൾ കാരണമാകുന്നു. ഇന്ത്യയിൽ തന്നെ ജനസാന്ദ്രതയേറിയ സംസ്ഥാനങ്ങളിലൊന്നായ കേരളത്തിൽ, കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭൂകമ്പ-പ്രതിരോധ ശേഷി (earthquake resistance) ഉറപ്പു വരുത്തുക എന്നത് ഏറ്റവും അനിവാര്യമാണ്.

കേരളത്തിലെ ജനതയ്ക്ക് ഭൂകമ്പ-സുരക്ഷിതമായ കെട്ടിടനിർമ്മാണ രീതികൾ പരിചയപ്പെടുത്തുക എന്നതാണ് ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ ഉദ്ദേശ്യം.

പുതിയ വീട് നിർമ്മിക്കുന്ന വീട്ടുടമകളെയാണ് ഈ പുസ്തകം പ്രധാനമായും ലക്ഷ്യമിടുന്നത്. ഭൂകമ്പത്തെ ചെറുത്തു നിൽക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള പാർപ്പിടങ്ങൾ ഒരുക്കുന്നതിന് വീട്ടുടമകൾക്കുള്ള പൊതുവായ മാർഗ്ഗനിർദ്ദേശങ്ങളാണ് ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ കാതൽ. ഇതിനു പുറമെ ഗൃഹനിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പങ്കാളികളാകുന്ന മേസ്തിരിമാർ, മേൽനോട്ടക്കാർ എന്നിവർക്കും ഉപകാരപ്രദമാകുന്ന നിർദ്ദേശങ്ങൾ കൂടി ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

കല്ല് (ഇഷ്ടിക, കരിങ്കല്ല്, വെട്ടുകല്ല്/ ചെങ്കല്ല്, സിമന്റ്/ കോൺക്രീറ്റ് ബ്ലോക്കുകൾ, മൺകട്ടകൾ, ഹുരുഡീസ് ബ്ലോക്കുകൾ/ പൊള്ളയായ കളിമൺ കട്ടകൾ എന്നിവ) ഉപയോഗിച്ചു ചുമരുകളും മറ്റും കെട്ടിപ്പടുക്കുന്ന നിർമ്മാണ രീതിയാണ് (masonry construction) കേരളത്തിൽ പൊതുവെ പിന്തുടർന്നു വരുന്നത്. മുൻകാലങ്ങളിൽ ഇന്ത്യയിൽ സംഭവിച്ചിട്ടുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളിലുണ്ടായ നാശനഷ്ടങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കല്ലുകെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങൾ (masonry buildings) തകരുന്നത് ഒരുപാടു മരണങ്ങൾക്ക് കാരണമായിട്ടുണ്ട് എന്നാണ്. അതിനാൽ തന്നെ കല്ലുകെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭൂകമ്പ-സുരക്ഷ എങ്ങനെ ഉറപ്പുവരുത്താം എന്ന വിഷയത്തിലാണ് ഈ പുസ്തകം ഊന്നൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

ഭൂകമ്പം എന്നാൽ എന്ത്?

ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന കമ്പനമാണ് ഭൂകമ്പം.വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് തരംഗ രൂപത്തിൽ ഊർജ്ജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഒരു സ്വാഭാവിക പ്രതിഭാസമാണ് ഇത്.

എന്ത് കൊണ്ട് ഭൂകമ്പം ഉണ്ടാകുന്നു ?

ഭൂകമ്പം ഉണ്ടാകുന്നതിന് പല കാരണങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിലും പ്രധാന കാരണം ഫലകചലനങ്ങളാണ് (Plate movements) . ഭൂമിയുടെ പുറംപാളി നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ഒട്ടനവധി ചെറുതും വലുതുമായ ശിലാഫലകങ്ങൾ (Lithospheric Plates) കൊണ്ടാണ്. ഈ ഫലകങ്ങളുടെ ചലനം മൂലം ഫലകാതിരുകളിലെ വിടവുകളായ ഭ്രംശമേഖല (Faults)കളിലൂടെ ഉള്ളറയിൽ നിന്നുള്ള ഊർജ്ജം സ്വതന്ത്രമാകുന്നു.

ഭ്രംശ മേഖലയ്ക്ക് ഇരുവശത്തുമുള്ള ശിലാഫലകങ്ങൾക്ക് വിപരീത ദിശയിലേക്ക് തെന്നിമാറാനുള പ്രവണതയുണ്ട്. എന്നാൽ മുകളിലുള്ള ശിലാപാളികളുടെ സമ്മർദ്ദവും ഘർഷണവും മൂലം ഇവയെ ചേർത്തു നിർത്തുന്നു. ഏതെങ്കിലും അവസരത്തിൽ ഈ സമ്മർദ്ദത്തേയും ഘർഷണബലത്തേയും അതിജീവിച്ചാൽ ഈ ഫലകങ്ങൾ (Plates) വേഗത്തിൽ ഉരസി നീങ്ങുകയും ഊർജ്ജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നതിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഭൂമി കുലുക്കത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം (crust) നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് വളരെ മന്ദഗതിയിൽ സദാ ചലിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന 7 പ്രധാന ടെക്ടോണിക് പ്ലേറ്റുകൾ (tectonic plates) കൊണ്ടാണ്. ഈ ചലനം മൂലം പ്ലേറ്റുകളുടെ ഇടയിലുള്ള സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലെ (fault i.e., interface between the plates) വലിയ പാറകൾ സമ്മർദ്ദത്തിൽപെട്ട് ഞെരുങ്ങി ഉടഞ്ഞു പോവുകയും, സംഭരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം പെട്ടെന്ന് പുറത്തു വിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ഊർജ്ജം സൈസ്മിക് തരംഗങ്ങളായി (seismic waves) വ്യാപിക്കുകയും അവ ഭൂമിയുടെ അകത്തും ഉപരിതലത്തിലും സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതു മൂലം ഭൂമിയുടെ പ്രതലവും അതിനു മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നവയെല്ലാം തന്നെയും ഒരു മുന്നറിയിപ്പും കൂടാതെ ശക്തമായി കുലുങ്ങുന്ന പ്രതിഭാസത്തെയാണ് ഭൂകമ്പം അഥവാ ഭൂചലനം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

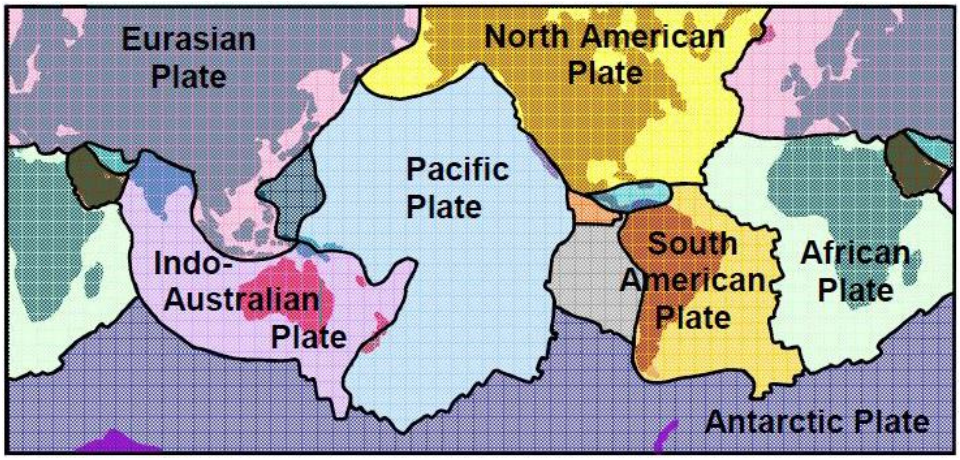


Figure 1 ഭൗമോപരിതലത്തിലെ പ്രധാന ടെക്ടോണിക് പ്ലേറ്റുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

Figure 2 നേപ്പാൾ ഭൂചലനം, ഏപ്രിൽ 2015

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

ഭൂകമ്പ മാപനം

ടെക്ടോണിക് പ്ലേറ്റുകൾ തെന്നി മാറാൻ തുടങ്ങുന്ന ഫോൾട്ടിലെ (fault) ആരംഭ ബിന്ദുവിനെ ഫോക്കസ് അഥവാ ഹൈപോസെന്റർ (focus or hypocenter) എന്നും അതിനു നേരെ മുകളിലായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള ബിന്ദുവിനെ എപിസെന്റർ (epicenter) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ഫോക്കസിൽ നിന്നും എപ്പിസെന്ററിലേക്കുള്ള ദൂരമായ ഫോക്കൽ ഡെപ്ത് (focal depth) ഭൂചലനത്തിന്റെ നാശനഷ്ട സാധ്യത നിർണ്ണയിക്കുന്ന ഒരു സുപ്രധാന ഘടകമാണ്. കനത്ത നാശം വിതയ്ക്കുന്ന മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും ഫോക്കൽ ഡെപ്ത് 70 കിലോമീറ്ററിൽ താഴെയായിരിക്കും.

എപിസെന്ററിൽ നിന്നും മറ്റേത് സ്ഥലത്തേക്കുമുള്ള (any point of interest) ദൂരത്തെ എപിസെൻട്രൽ ദൂരം (epicentral distance) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

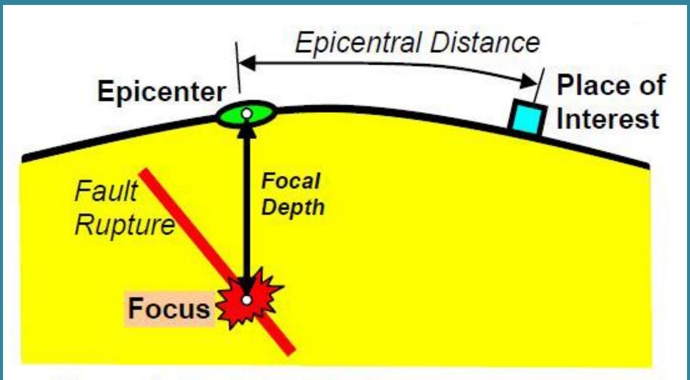


Figure 3 അടിസ്ഥാന പദാവലി

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

വലിയ ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് (main shock) മുൻപും ശേഷവും ഒന്നിലധികം ചെറിയ ഭൂചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാകാം. ഇതിൽ മുന്പുണ്ടാകുന്നവ ഫോർഷോക്ക് (foreshock) എന്നും കഴിഞ്ഞുണ്ടാകുന്നവ ആഫ്റ്റർഷോക്ക് (aftershock) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

ഭൂകമ്പ നിരീക്ഷണം

ഭൂമിക്കുള്ളിൽ ഊർജ്ജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന കേന്ദ്രത്തെ **പ്രഭവകേന്ദ്രം** (Focus/Hypocentre) എന്നും ഇതിനു നേർ മുകളിൽ പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിന് ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ഭൗമോപരിതലത്തിലെ കേന്ദ്രത്തെ **അധികേന്ദ്രം** (Epicentre) എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ ആദ്യം എത്തുന്നത് അധി കേന്ദ്രത്തിലാണ് അവിടെ നിന്നും വിവിധ ദിശകളിലേയ്ക്ക് തരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അധികേന്ദ്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരത്തെ **പ്രഭവ കേന്ദ്ര ആഴം** (epicentral depth)എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഫലമായുള്ള നാശനഷ്ടസാധ്യത നിർണ്ണയിക്കുന്ന ഒരു സുപ്രധാന ഘടകമാണ് ഇത്. കനത്ത നാശം വിതയ്ക്കുന്ന മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും **പ്രഭവ കേന്ദ്ര ആഴം** 70 km ന് താഴെ ആയിരിക്കും

അധികേന്ദ്രത്തിൽ (Epicentre) നിന്നും മറ്റു സ്ഥലങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരത്തെ **അധി കേന്ദ്ര ദൂരം** (Epicentral distance) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഒരു വലിയ ഭൂകമ്പത്തിന് മുൻപും ശേഷവും ഒന്നിലധികം ചെറിയ ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകാം. മുൻപുണ്ടാകുന്നവയെ **ഫോർഷോക്ക്** (fore shock)എന്നും ശേഷമുണ്ടാകുന്നവയെ **ആഫ്റ്റർ ഷോക്ക്** (after shock) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

മാഗ്നിറ്റ്യൂട് (Magnitude)

മാഗ്നിറ്റ്യൂട് എന്നത് ഭൂചലനത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ വലിപ്പത്തിന്റെ അളവിനെ സംബന്ധിച്ചുള്ളതാണ്. (Magnitude is a quantitative measure of the actual size of the earthquake.)

റിക്ടർ സ്കെയിൽ (Richter Scale)

ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ശക്തി (മാഗ്നിറ്റ്യൂട്) അളക്കുന്നതിനായി ചാൾസ് റിക്ടർ 1935-ഇൽ വികസിപ്പിച്ചെടുത്ത ഒരു സൂചികയാണ് റിക്ടർ സ്കെയിൽ. ഇതൊരു ഭൗതികമായ ഉപകരണമല്ല. **സൈസ്മോഗ്രാഫുകളിൽ** രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളുടെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂടിൻറെ ലോഗരിതത്തിൽ നിന്നുമാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ മാഗ്നിറ്റ്യൂട് നിർണ്ണയിക്കുന്നത്.

എന്ന്, എപ്പോൾ, എവിടെ ഭൂമികുലുക്കമുണ്ടാകും എന്ന് പ്രവചിക്കാനല്ല റിക്ടർ സ്കെയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഭൂചലനങ്ങളുടെ മാഗ്നിറ്റ്യൂടുകൾ തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്താൻ റിക്ടർ സ്കെയിൽ സഹായിക്കുന്നു.

പട്ടിക 1: ആഗോളതലത്തിൽ ഭൂചലനങ്ങളുടെ മാഗ്നിറ്റ്യൂടിൻറെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള തരംതിരിക്കൽ

വിഭാഗം	മാഗ്നിറ്റ്യൂട്
ഗ്രേറ്റ് (Great)	8- ഉം അതിനു മുകളിലും
വലിയ/ മേജർ (Major)	7 - 7.9
ശക്തമായ/ സ്ട്രോങ്ങ് (Strong)	6 - 6.9
മിതമായ/ മോഡറേറ്റ് (Moderate)	5 - 5.9
ലഘുവായ/ ലൈറ്റ് (Light)	4 - 4.9
ചെറിയ/ മൈനർ (Minor)	3 - 3.9
വളരെ ചെറിയ/ വെരി മൈനർ (Very Minor)	< 3.0

സ്രോതസ്: http: :/neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html

തീവ്രത (Intensity)

ഒരു സ്ഥലത്തുണ്ടാകുന്ന യഥാർത്ഥ ചലനത്തിന്റെയും അത് മനുഷ്യരിലും കെട്ടിടങ്ങളിലും ഭൂമിയിലും ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രഭാവത്തിന്റെയും ഗുണാത്മകമായ (qualitative)/ വിഷയസംബന്ധമായ (subjective) അളവിനെയാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത (intensity) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഒരു ബിന്ദുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന തീവ്രത എന്നത് ഭൂമികുലുക്കത്തിന്റെ ശക്തിയെ (മാഗ്നിറ്റ്യൂട്) മാത്രമല്ല എപിസെന്ററിൽ നിന്നും ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ദൂരത്തേയും ആ പ്രദേശത്തെ ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തെയും (geology) ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. തീവ്രതയുടെ ശ്രേണികൾ കുറിക്കുന്നത് റോമൻ അക്കങ്ങളിലാണ്. (ഉദാഹരണത്തിന് പരിഷ്കരിച്ച മെർസല്ലി തീവ്രത സ്കെയിൽ (Modified Mercalli Intensity Scale) പ്രകാരം I സൂചിപ്പിക്കുന്നത് "വേദ്യമല്ലാത്തത്" എന്നതിനെയും XII സൂചിപ്പിക്കുന്നത് "പൂർണ്ണ വിനാശം" എന്നതിനെയുമാണ്.

<u>ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ</u>

ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളെ പ്രധാനമായും മൂന്നായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു

1.പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ (Primary wave)

2.ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ (Secondary wave)

3. പ്രതല തരംഗങ്ങൾ (Surface wave)

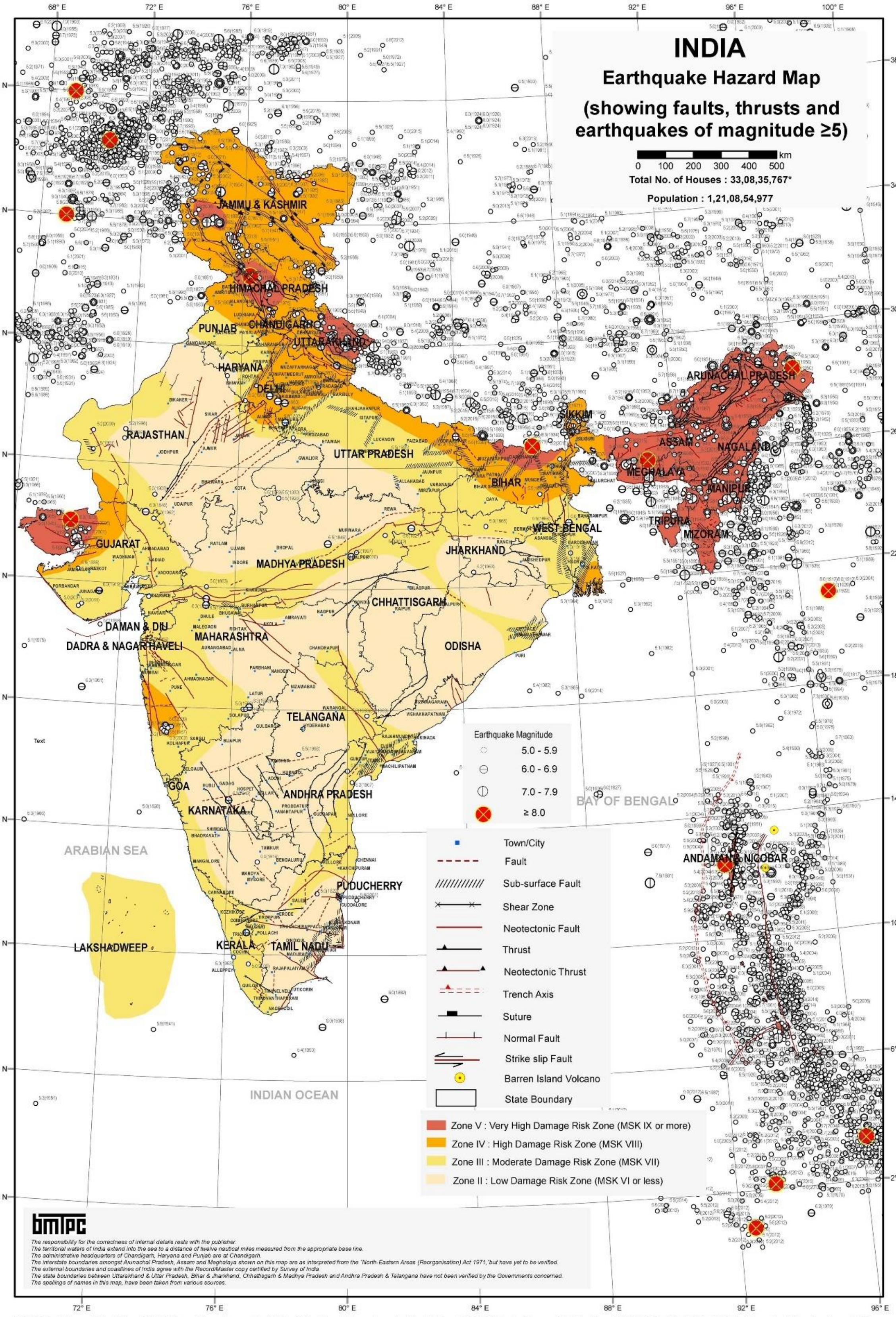
പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങളും ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങളും ഭൂമിക്കുള്ളിൽ കൂടിയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്നാൽ എന്നാൽ പ്രതല തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു.പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും ആദ്യം പുറപ്പെടുകയും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ആദ്യം എത്തുകയും ചെയ്യുന്നവയാണ്.ഇവയ്ക്ക് ഖര ദ്രാവക വാതക പദാർത്ഥങ്ങളിലൂടെ കൂടെ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾക്ക് ശേഷം ഉപരിതലത്തിൽ എത്തുന്ന തരംഗമാണ് ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ . ഇവയ്ക്ക് ഖര പദാർത്ഥങ്ങളിലൂടെ മാത്രമേ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുകയുള്ളൂ.ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെ കുറിച്ച് പഠിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഒരു പ്രധാന തരംഗമാണ് ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ .ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ മാത്രം സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ് പ്രതലതരംഗങ്ങൾ .പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങളും ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങളും ഉപരിതല ശിലകളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് പ്രതലതരംഗങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു.ഏറ്റവും വിനാശകാരിയായ

1.2. ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ മേഖലകൾ (Seismic zones)

ഇന്ത്യ, ഓസ്ട്രേലിയ, ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിന്റെ വലിയൊരു ഭാഗം, മറ്റു ചെറുരാജ്യങ്ങൾ എന്നിവ അടങ്ങുന്ന ഇൻഡോ-ഓസ്ട്രേലിയൻ പ്ലേറ്റിന്റെ വടക്കു-പടിഞ്ഞാറൻ അതിരിലായാണ് ഇന്ത്യ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

ഇന്ത്യയിലെ ഓരോ സ്ഥലത്തേയും ഭൂഗർഭശാസ്ത്രപരമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ മൂലം ഓരോ സ്ഥലത്തും വിനാശകരമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകുവാനുള്ള സാധ്യത വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഈ ഭാഗങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നതിനായി ഒരു സൈസ്മിക് ഭൂപടം ആവശ്യമാണ്. പൂർവ്വകാല ഭൂചലനങ്ങളുടെ തീവ്രതയുടെ തോതനുസരിച്ച് ഇന്ത്യയെ വിവിധ ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ മേഖലകൾ അഥവാ സൈസ്മിക് സോണുകളായി (seismic zones) വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തിലും, സൈസ്മോടെക്ടോണിക്സിലും (seismotectonics), രാജ്യത്തെ ഭൂകമ്പങ്ങളെ കുറിച്ചും കൂടുതൽ അറിവ് നേടുന്നതിനനുസരിച്ച് കാലികമായി ഈ സീസ്മിക് ഭൂപടങ്ങൾ പരിഷ്കരിക്കാറുണ്ട്.

IS: 1893 (Part 1)- 2002 പ്രകാരമുള്ള ഇന്ത്യൻ സൈസ്മിക് ഭൂപടം രാജ്യത്തെ സൈസ്മിക് സോണുകളുടെ ഒരു വലിയ സ്കെയിലിലുള്ള ചിത്രം നൽകുന്നു. II, III, IV, V എന്നിങ്ങനെ നാല് സൈസ്മിക് സോണുകൾ ഇന്ത്യയിലുണ്ട് (ഭൂപടം 1 കാണുക).



BMTPC : Vulnerability Atlas - 3rd Edition : Peer Group, MoHUA, GOI; Map is Based on digitised data of SOI; Seismic Zones of India Map IS 1893 (Part I): 2002, BIS; Earthquake Epicentre from IMD; Seismotectonic Atlas of India and its Environs, GSI; Houses/Population as per Census 2011; *Houses including vacant & locked houses. Disclaimer: The maps are solely for thematic presentation.

ഭൂപടം 1 ഇന്ത്യയിലെ സൈസ്മിക് മേഖലകളും പ്രധാന ഭൂകമ്പങ്ങളും

സ്രോതസ്: Vulnerability Atlas of India, Third Edition 2019, BMTPC

മുൻകാലങ്ങളിൽ ഇന്ത്യയിൽ സംഭവിച്ച പ്രധാന ഭൂകമ്പങ്ങൾ

കഴിഞ്ഞ രണ്ടു ശതാബ്ദകാലയളവിൽ സാരവത്തായ അനവധി ഭൂചലനങ്ങൾ ഇന്ത്യയിലും പരിസരപ്രദേശങ്ങളിലും ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. 1897നും 1950നുമിടയിലുള്ള 53 വർഷ കാലയളവിൽ നാല് വലിയ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Great Earthquakes) (M>8) സംഭവിക്കുകയുണ്ടായി. 2001 ജനുവരിയിൽ ഗുജറാത്തിലെ ഭുജിലും (M 7.7) 2005 ഒക്ടോബറിൽ കശ്മീരിലെ മുസാഫറാബാദിനടുത്തും (M 7.6) ഉണ്ടായ ഭൂചലനങ്ങൾ വലിയ നാശമാണ് വിതച്ചത്. ഇന്ത്യയിൽ സംഭവിച്ച പ്രധാന ഭൂചലനങ്ങൾ ഭൂപടം 1-ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

1.3. കേരളത്തിലെ ഭൂകമ്പ സാധ്യതയും മുൻ സംഭവങ്ങളും

കേരളം മുഖ്യമായും സോൺ III അഥവാ മിതമായ ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ മേഖലയിലാണ് (Moderate Damage Risk Zone) (MSK VII) സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. കേരളത്തിന്റെ ഭൂവിസ്തീർണ്ണത്തിന്റെ 97.99 % സോൺ III-ലും 2.01 % സോൺ II-ലും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

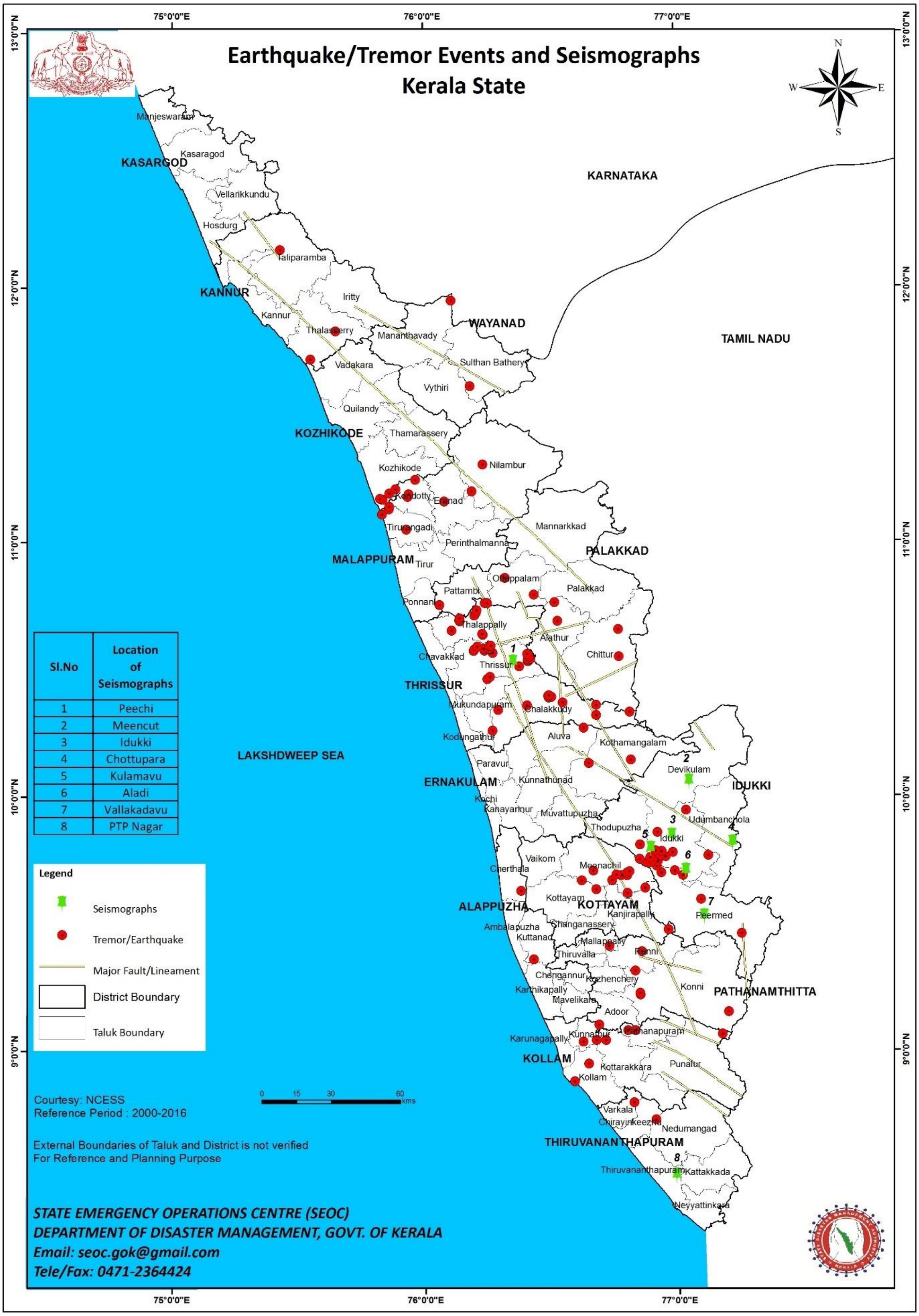
കേരളത്തിൽ ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളിൽ ഉയർന്ന തോതിൽ മനുഷ്യനോ സ്വത്തിനോ നാശം സംഭവിച്ചിട്ടില്ല. എന്നിരുന്നാലും ഇതേ മേഖലയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന മഹാരാഷ്ട്രയിലെ ലാത്തൂരിൽ 1993 ൽ ഉണ്ടായ ഭൂകമ്പം ഒരുപാട് ആശങ്കകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. കേരളത്തിന്റെ ഘടനയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും ഭൂരൂപങ്ങളും നദീവ്യവസ്ഥകളുമാണ്. കേരളത്തിൽ ചെറുതും വലുതുമായ അനവധി ഭ്രംശമേഖലകളുടെ സാന്നിധ്യം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഉദാ: പെരിയാർ , ഇടമലയാർ , മൂവാറ്റുപുഴ etc. അതുകൊണ്ട് തന്നെ ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഏതു മാറ്റവും ഇത്തരം ദുർബലമായ ഭ്രംശ മേഖലകളിൽ പ്രകമ്പനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

കേരളത്തിന്റെ ഭൂകമ്പ നിരീക്ഷണ സംവിധാനങ്ങൾ

ഭൂകമ്പ നിരീക്ഷണത്തിനായി കേരളത്തിൽ നിരവധി സംവിധാനങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. തിരുവനന്തപുരത്തെയും കൊച്ചിയിലെയും IMD നിരീക്ഷണ കേന്ദ്രങ്ങൾ , വിവിധ ജല വൈദ്യുത പദ്ധതി മേഖലകളിലെ നിരീക്ഷണ സംവിധാനങ്ങൾ , കേന്ദ്ര ഭൗമ ശാസ്ത്ര പഠന കേന്ദ്രത്തിൻെറ തൃശ്ശൂരിലെ പീച്ചി നിരീക്ഷണ കേന്ദ്രം, നാഷണൽ സെന്റർ ഫോർ സിസ്മോളജി യുടെ ഇടുക്കി ചോറ്റുപാറ നിരീക്ഷണ കേന്ദ്രം എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ശേഖരിച്ച വിവരങ്ങളിൽ നിന്നും മനസിലാകുന്നത് 4 ന് മുകളിൽ തീവ്രതയുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങൾ വളരെ കുറച്ചു മാത്രമാണ് അടുത്ത കാലത്തായി സംഭവിച്ചിട്ടുള്ളത്. നെടുങ്കണ്ടം (1998), വടക്കാഞ്ചേരി (1994), ഈരാറ്റുപേട്ട (2000, 2001) തിരുവനന്തപുരത്ത് നിന്നും തെക്കുപടിഞ്ഞാറ് 150 km അകലെ (2001) എന്നിവയാണ് അവ. ഇവയിൽ ഏറ്റവും തീവ്രത കൂടിയത് 2000-ൽ ഇരാറ്റുപേട്ടയിൽ ഉണ്ടായതാണ്. കോട്ടയം ,ഇടുക്കി, തൃശ്ശൂർ. പാലക്കാട്,

തുടങ്ങിയ ജില്ലകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന മധ്യ കേരളത്തിലാണ് കൂടുതൽ ഭൂകമ്പ സാധ്യതയുള്ളത്

കേരളത്തിൽ പല ഭൂചലനങ്ങളുണ്ടായ ചരിത്രമുണ്ടെങ്കിലും സൈസ്മിക് രേഖകളുടെ ലഭ്യത മൂലം കഴിഞ്ഞ എഴുപത് വർഷക്കാലയളവിൽ സംഭവിച്ചവ മാത്രമാണ് കൃത്യമായി രേഖാസഹിതം കുറിച്ചു വെച്ചിട്ടുള്ളത് (well documented). പല സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നും ശേഖരിച്ചതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ചരിത്രപരമായതും അടുത്ത കാലത്തു സംഭവിച്ചതുമായ (1950നു ശേഷം) ഭൂമികുലുക്കങ്ങളുടെ എണ്ണം ഏകദേശം 60 ആണ് (KSCSTE, 2007). സംസ്ഥാനത്തിന്റെ പല ഭാഗങ്ങളിലായി ഒട്ടേറെ മൈക്രോ ഭൂകമ്പങ്ങളും (മാഗ്നിറ്റ്യൂട് രണ്ടിനേക്കാൾ കുറഞ്ഞവ, M<2.0) നേരിയ ചലനങ്ങളും രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം നേരിയ പ്രകമ്പനങ്ങൾക്ക് നദീജലമാർഗ്ഗങ്ങളുടെ സമീപത്തുള്ള ലിനിയമെന്റുകളുമായി (lineaments) സ്ഥലസംബന്ധിയായ (spatial) ബന്ധമുണ്ട്. കേരളത്തിൽ കഴിഞ്ഞ 20 വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ഒരു പ്രധാന ഭൂകമ്പം സംഭവിച്ചത് 12 ഡിസംബർ 2000-ൽ ഈരാറ്റുപേട്ടയിൽ (5 M) ആയിരുന്നു. ഭൂമികുലുക്കം മൂലം സാരമായ കേടുപാടുകളോ മരണങ്ങളോ ഈ അടുത്ത കാലത്ത് കേരളത്തിൽ ഉണ്ടായാതായി വിവരം ലഭിച്ചിട്ടില്ല.



ഭൂപടം 2 കേരളത്തിൽ സംഭവിച്ച പ്രധാന ഭൂചലനങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Kerala State Disaster Management Plan 2016, KSDMA

അദ്ധ്യായം- 2
ഭൂകമ്പത്തിൽ കെട്ടിടങ്ങൾക്കു എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു?

ഒരു കിടക്കവിരി/ ബെഡ്ഷീറ്റ് എടുത്തു കുടയുന്നത് ഒന്ന് ആലോചിച്ചു നോക്കൂ. ഒരറ്റത്തു പിടിച്ചു കുടയുമ്പോൾ അതിൽ ഓളങ്ങൾ/ തരംഗങ്ങൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നതും അവ ഒരറ്റം മുതൽ മറ്റേ അറ്റം വരെ വ്യാപിക്കുന്നതും കാണാം. ഇത് തന്നെയാണ് ഭൂമി കുലുക്ക സമയത്തും സംഭവിക്കുന്നത്.

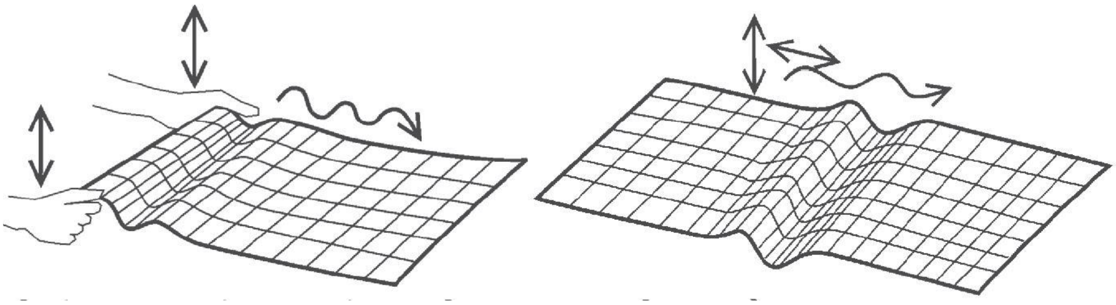


Figure 4 *ബെഡ്ഷീറ്റ് കുടയുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഓളങ്ങൾ*

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers, NDMA

ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചാൽ നമുക്ക് തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ ചലനങ്ങൾ ഒന്നിച്ചു ചേർന്നാണ് ഈ തരംഗം രൂപപ്പെടുന്നത് എന്നു കാണാം. അതിനാൽ തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ ബലങ്ങൾ (forces) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതല പാളികളിൽ അനുഭവപ്പെടും.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനു മുകളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഇത്തരം ബാഹ്യബലങ്ങൾ വലുതും ചെറുതുമായ പ്രഹരങ്ങളാണ് ഏൽപ്പിക്കുന്നത്. സാധാരണ സ്ഥിതിയിൽ ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം ലംബമായി ഭൂമിയിലേക്ക് പോകുന്നു. ഈ ഭാരം കണക്കാക്കിയാണ് എല്ലാ കെട്ടിടങ്ങളും ഘടനാപരമായി രൂപകൽപ്പന ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. എന്നാൽ തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാവുമ്പോൾ കെട്ടിടങ്ങളിൽ തിരശ്ചീനമായ ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതു മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന വശങ്ങളിലേക്കുള്ള ചലനങ്ങൾ വഹിക്കുന്നതിനായി കെട്ടിടത്തിന്റെ ഘടനക്കു പ്രത്യേക രൂപകൽപ്പന ആവശ്യമാണ്. കെട്ടിടത്തിന്റെ ആകൃതി, നിർമ്മാണ രീതി, നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ എന്നിവ, വശങ്ങളിലേക്കുള്ള ഉലച്ചിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിനു പര്യാപ്തമല്ലെങ്കിൽ കെട്ടിടത്തിൽ വിള്ളലുകളും സാരമായ നാശനഷ്ടങ്ങളും ഉണ്ടാകുവാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.

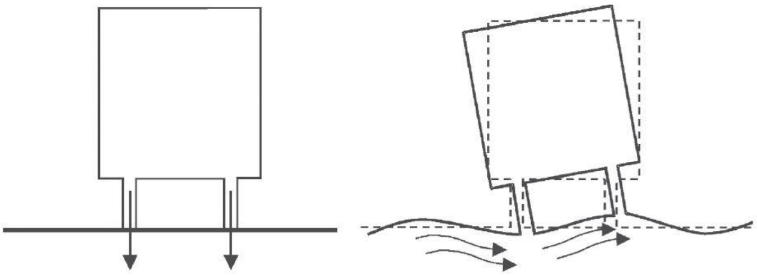


Figure 5 *കെട്ടിടത്തിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ*

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers, NDMA

അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഇത്തരം ചലനങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലങ്ങളെ ചെറുക്കുകയോ അവയേൽപ്പിക്കുന്ന ആഘാതം ലഘൂകരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്ന സംവിധാനങ്ങൾ കെട്ടിടനിർമ്മാണത്തിൽ അവശ്യം ഉൾപെടുത്തിയിരിക്കണം. കെട്ടിട നിർമ്മാണ വേളയിൽ എടുക്കുന്ന മുൻകരുതലുകൾ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും ഭൂകമ്പം മൂലമുണ്ടാകുന്ന കേടുപാടുകളുടെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ.

2.1. ഭൂകമ്പ സമയത്തു കെട്ടിടത്തിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിവിധ ബലങ്ങൾ

സാധാരണ അവസ്ഥയിൽ ഒരു കെട്ടിടത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവും (gravity loads) കാറ്റിന്റെ ബലവും (wind load) ആണ്. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലങ്ങൾ (അതായത്, കെട്ടിടത്തിന്റേതു മാത്രമായ ഭാരം അഥവാ ഡെഡ് ലോഡ് (dead load), കെട്ടിടത്തിലെ ആളുകളുടെയും സാധനസാമഗ്രികളുടെയും ഭാരം അഥവാ ലൈവ് ലോഡ് (live load) എന്നിവ മൂലം ഉണ്ടാകുന്നത്) ലംബമായി താഴോട്ടും കാറ്റിന്റെ ബലങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായുമാണ് കെട്ടിടത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

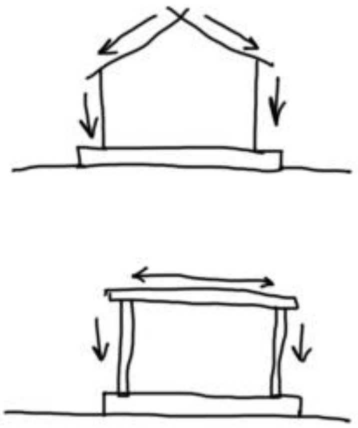


Figure 6 *ഭാരങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപാത*

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

ഇവയ്ക്കു പുറമെ, ഭൂകമ്പ സമയത്ത് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ കൂടി കെട്ടിടത്തെ ബാധിക്കുന്നു:

ജഡത്വ ബലങ്ങൾ (Inertia Forces)

നിങ്ങൾ നിർത്തിയിട്ട ഒരു ബസിൽ നിൽക്കുകയാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. പെട്ടെന്ന് ബസ് പുറപ്പെട്ടു മുന്നോട്ടു ചലിച്ചാൽ എന്ത് സംഭവിക്കും? നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തു ഒരു ബലം (force) പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ എന്നവണ്ണം നിങ്ങൾ പിന്നോട്ടു മറിഞ്ഞു വീഴും. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്?

ബസ് പെട്ടെന്ന് മുന്നോട്ടു നീങ്ങുമ്പോൾ അതിനോടൊപ്പം നിങ്ങളുടെ പാദങ്ങളും നീങ്ങുന്നു. എന്നാൽ നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തിന്റെ മുകൾ

ഭാഗം ജഡത്വം (inertia) മൂലം അതിന്റെ പൂർവസ്ഥലത്തു തന്നെ നിൽക്കുന്നു.

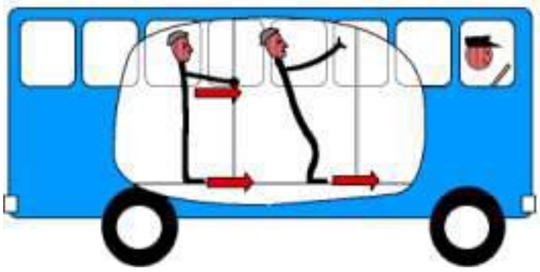


Figure 7 ബസ് പുറപ്പെടുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഇനേർഷ്യ

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

ഭൂകമ്പത്തിൽ ഭൂമി ചലിക്കുമ്പോഴും സമാനമായ അനുഭവമാണ് കെട്ടിടങ്ങൾക്കുണ്ടാവുന്നത്. ഭൂകമ്പം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ഭൂമി കുലുങ്ങുകയും, അതിന്മേൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ (base of the building) ഈ ചലനം അനുഭവപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. കെട്ടിടത്തിനകത്തു, ചുമരുകൾ തൂണുകൾ എന്നിവ ഫ്ലെക്സിബിൾ (flexible) ആണെന്നതിനാൽ, കെട്ടിടത്തിന്റെ മേൽക്കൂരയുടെ ചലനം ഭൂമിയുടെ ചലനത്തിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. കെട്ടിടത്തിന്റെ കീഴ്ഭാഗവും മുകൾ ഭാഗവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷികമായ ചലനം ചുമരുകളിലും തൂണുകളിലും സ്ട്രെസ് (stress) ഏല്പിക്കുന്നു.

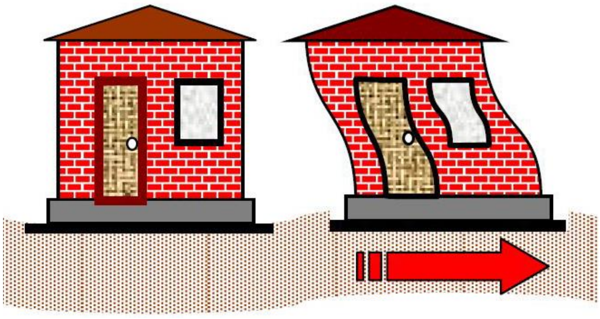


Figure 8 കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം കുലുങ്ങുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഇനേർഷ്യയുടെ പ്രഭാവം

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ചുമരുകളും തൂണുകളുമാണ് ഇനേർഷ്യ ബലം വഹിക്കുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കെട്ടിടഭാഗങ്ങൾ. എന്നാൽ സാധാരണ പിന്തുടർന്ന് വരുന്ന കെട്ടിട നിർമ്മാണ രീതികളിൽ ഫ്ലോർ സ്ലാബുകളുടെയും ബീമുകളുടെയും നിർമ്മാണത്തിലാണ് കൂടുതൽ ശ്രദ്ധയും ഊന്നലും നൽകി വരുന്നത്. ചുമരുകൾ താരതമ്യേന കനം കുറച്ചും എളുപ്പത്തിൽ പൊട്ടുന്ന (brittle) വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിച്ചുമാണ് നിർമ്മിക്കുന്നത് (ഉദാഹരണത്തിന് കല്ല്/ ഇഷ്ടിക കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന ചുമരുകൾ i.e., masonry walls). ഭൂകമ്പത്തിൽ ചുമരുകളുടെ കനത്തിന്റെ ദിശയിൽ വരുന്ന (along the direction of their thickness) തിരശ്ചീനമായ ജഡത്വ (inertia)

ബലങ്ങൾ വഹിക്കുവാൻ ഇത്തരം ചുമരുകൾക്കു ശേഷി കുറവായിരിക്കും.

കെട്ടിടത്തിന്റെ പിണ്ഡം (mass) കൂടുംതോറും ജഡത്വ (inertia) ബലം കൂടും[1]. അതിനാൽ ഭാരം കുറഞ്ഞ കെട്ടിടങ്ങൾക്കു ഭൂകമ്പത്തെ അതിജീവിക്കാനുള്ള ശേഷി കൂടുതലായിരിക്കും.

തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ കുലുക്കം

ഭൂകമ്പത്തിൽ ഭൂമി 3 ദിശകളിൽ- തിരശ്ചീനമായ 2 ദിശകളും (X and Y), ലംബമായ ഒരു ദിശയും (Z)- ചലിക്കുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ ഭാരങ്ങളെടുക്കുന്നതിനു വേണ്ടി ഫാക്ടർ ഓഫ് സേഫ്റ്റി (factor of safety) കണക്കാക്കി കെട്ടിടം രൂപകൽപന ചെയ്യുന്നതിനാൽ സാധാരണഗതിയിൽ ലംബമായ ചലനങ്ങളെ വഹിക്കുവാൻ ഒട്ടുമിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും പ്രാപ്തമാണ്. എന്നാൽ പൊതുവെ ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായ ചലനങ്ങൾ അതിജീവിക്കുവാൻ കഴിവുള്ളവയായിരിക്കണമെന്നില്ല. അതുകൊണ്ടു തന്നെ കെട്ടിടങ്ങളെ തിരശ്ചീനമായ ഭൂകമ്പ ബലങ്ങൾ ഉൾക്കൊണ്ട് അവയെ ചെറുത്തു നിൽക്കുന്നതിനു പ്രാപ്തമാക്കേണ്ടതുണ്ട്.

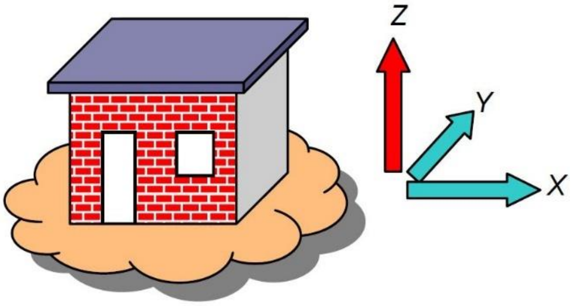


Figure 9 കെട്ടിടത്തിന്റെ ദിശകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

തിരിയുന്ന/ പിരിയുന്ന ചലനം (Twisting Movement)

നിങ്ങൾ ഒരു ഊഞ്ഞാലിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ഇരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഊഞ്ഞാലിന്റെ 2 വശങ്ങളുടെയും ചലനം ഒരേ രീതിയിൽ ആയിരിക്കും. എന്നാൽ നിങ്ങൾ ഊഞ്ഞാലിന്റെ ഒരു വശത്തേക്കു നീങ്ങി ഇരുന്നാൽ ഊഞ്ഞാൽ തിരിയുന്നതായി കാണാം.

[1] ന്യൂട്ടൺന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമ പ്രകാരം ജഡത്വ ബലം F= പിണ്ഡം m X ത്വരണം a

Figure 10 ഊഞ്ഞാൽ തിരിയുന്നു
സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ഇത് പോലെ തന്നെ, കെട്ടിടത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തിന് ഭാരക്കൂടുതൽ ഉണ്ടെങ്കിൽ ഭാരം കൂടിയ ഭാഗം കൂടുതൽ ചലിക്കാനും അതു മൂലം കെട്ടിടം ഒരു ഭാഗം കൊണ്ട് തിരിയാനും കാരണമാകുന്നു.

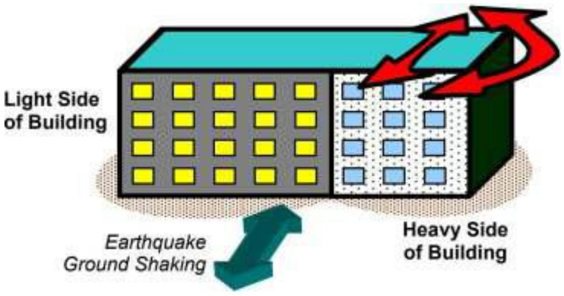


Figure 11 കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം കൂടിയ ഭാഗം തിരിയുന്നു
സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

2.2. വിവിധ തരത്തിലുള്ള കെട്ടിടങ്ങളുടെ പ്രതികരണ രീതി (Behaviour of different types of buildings):

നിർമ്മാണ രീതിയനുസരിച്ച് കെട്ടിടങ്ങളെ,

1. കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകളോടും ബീമുകളോടും കൂടിയതും (Framed Structure)
2. ഭാരം താങ്ങുന്ന ചുമരുകളോട് ,(Load bearing structure)

എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തിരിക്കാം.

റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് (Reinforced cement concrete (RCC)/ ആർ.സി.സി) ഫ്രെയിംഡ് കെട്ടിടങ്ങൾ:

ഭാരം താങ്ങാൻ ഉരുക്കു കമ്പിയുള്ള പ്രബലിത സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് (Reinforced cement concrete) തൂണുകളും ബീമുകളും ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ ചട്ടക്കൂടോടു കൂടിയ (Framed) കെട്ടിടങ്ങൾ എന്നു പറയാം.

ഒരു സാധാരണ ആർ.സി.സി കെട്ടിടം നിർമ്മിക്കപ്പെടുന്നത് ബീമുകൾ സ്ലാബുകൾ എന്നീ തിരശ്ചീനമായ ഭാഗങ്ങളും (horizontal members), തൂണുകൾ, ചുമരുകൾ എന്നീ ലംബമായ ഭാഗങ്ങളും (vertical members) ചേർന്നാണ്. ഇവയെ ഭൂമിയിൽ താങ്ങി നിർത്തുന്നത് കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനമാണ്.

ആർ.സി.സി തൂണുകളും അവയെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ബീമുകളും അടങ്ങിയ സംവിധാനത്തെയാണ് ആർ.സി.സി ഫ്രെയിം (Frame) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

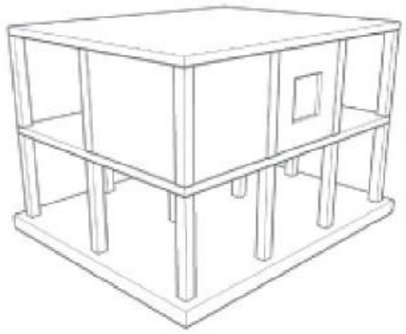


Figure 12 ആർ.സി.സി ഫ്രെയിംഡ് കെട്ടിടം

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers, NDMA

ലോഡ് ബെയറിംഗ് കെട്ടിടങ്ങൾ (Load bearing structures): ഭാരം താങ്ങാൻ റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകളോ ബീമുകളോ ഇല്ലാതെ, ചുമരുകൾ (walls) തന്നെ നേരിട്ട് ഭാരം വഹിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളെ ഭാരം താങ്ങുന്ന ചുമരോടുകൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾ (Load bearing structures) എന്നു വിളിക്കാം.

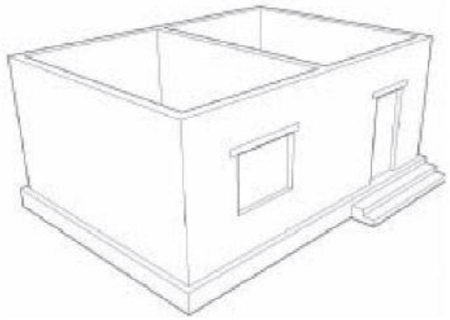


Figure 13 ലോഡ് ബെയറിംഗ് കെട്ടിടങ്ങൾ

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers, NDMA

ഭാരം താങ്ങുന്ന കൽകെട്ട് ചുമരുകളുടെ പ്രതികരണ രീതി (Behaviour of Load Bearing Masonry Walls)

കല്ല് (ഇഷ്ടിക, കരിങ്കല്ല്, വെട്ടുകല്ല്/ ചെങ്കല്ല്, സിമന്റ്/ കോൺക്രീറ്റ് ബ്ലോക്കുകൾ, മൺകട്ടകൾ, ഹുരുഡീസ് ബ്ലോക്കുകൾ/ പൊള്ളയായ കളിമൺ കട്ടകൾ എന്നിവ) കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങൾ എളുപ്പത്തിൽ തകരുന്നവയും (brittle) ശക്തമായ ഭൂചലന സാഹചര്യങ്ങളിൽ മറ്റു കെട്ടിടങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു ദുർബലവുമാണ്. ഭൂകമ്പ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന തിരശ്ചീന ശക്തിയെ പൂർണ്ണമായും ചെറുത്തു നിൽക്കാൻ ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങൾക്കു സാധിക്കുകയില്ല. ഇന്ത്യയിലെ പൂർവ്വകാല ഭൂകമ്പങ്ങളിൽ തകർന്ന ഇത്തരം നിർമ്മിതികളിലുണ്ടായിരുന്ന മരണപ്പെട്ടവരുടെ വലിയ സംഖ്യയും ഇതിനെ സ്ഥിതീകരിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭൂകമ്പ സുരക്ഷ മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നത് ഏറെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നതാണ്.

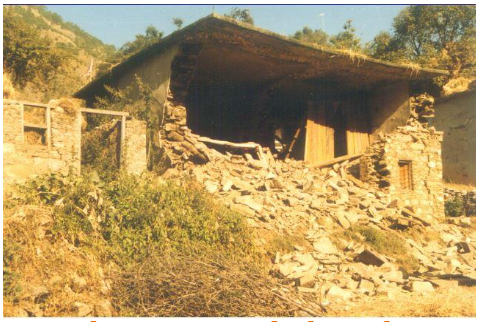


Figure 14 1991-ലെ ഉത്തരകാശി ഭൂചലനത്തിൽ ഭാഗികമായി തകർന്ന കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച ചുമരുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

കല്ല് കെട്ട് പ്രധാനമായും രണ്ടു തരത്തിലാണ്: ഇഷ്ടിക കൊണ്ട് കെട്ടുന്നതും കരിങ്കല്ല് പോലുള്ള കല്ലുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ക്രമരഹിതമായ രീതിയിൽ (random rubble masonry) കെട്ടുന്നതും. ഇവ രണ്ടും രണ്ടു വ്യത്യസ്ത രീതിയിലാണ് ഭൂകമ്പ ബലങ്ങളോട് പ്രതികരിക്കുന്നത്. കരിങ്കല്ല് പോലുള്ള കല്ലുകൾ കൊണ്ട് അടുക്കുകളിലല്ലാതെ ക്രമരഹിതമായ (uncoursed random masonry) കെട്ടുന്ന ചുമരുകൾ കാഴ്ചക്ക് ബലമുള്ളതായി തോന്നുമെങ്കിലും ഭൂകമ്പ ബലങ്ങൾക്കെതിരെ വളരെയധികം ദുർബലമാണ്. ഇത്തരം ചുമരുകളുടെ പ്രധാന പോരായ്മകൾ അതിന്റെ കൂടിയ കനവും (excessive thickness), ചുമരിന്റെ അകം പുറം പ്രതലങ്ങൾ (wythes) തമ്മിൽ ഉള്ള ബന്ധമില്ലായ്മയും, ഉരുണ്ട കല്ലുകളുടെ ഉപയോഗവുമാണ്. 2001-ലെ ഭുജ് (ഗുജറാത്ത്) ഭൂചലനത്തിലുണ്ടായ 13,800-ൽ പരം മരണങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങൾ തകർന്നുണ്ടായതാണെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു.

കേരളത്തിൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള അടുക്കുകളിലല്ലാത്ത ക്രമരഹിതമായ കരിങ്കല്ലുകെട്ടു നിർമ്മിതികൾ പൊതുവെ കുറവായതിനാൽ ഈ കൈപ്പുസ്തകം ഊന്നൽ കൊടുക്കുന്നത് ഇഷ്ടിക, സിമന്റ്/ കോൺക്രീറ്റ് ബ്ലോക്കുകൾ, മൺകട്ടകൾ, വെട്ടുകല്ല്/ ചെങ്കല്ല്, എന്നിവ കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ വീടുകളുടെ ഭൂകമ്പ സുരക്ഷയിലാണ്.

ഇഷ്ടിക പോലുള്ള കല്ല് കെട്ടി (brick masonry) നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളുടെ 3 ഭാഗങ്ങളിൽ (മേൽക്കൂര, ചുമരുകൾ, അടിസ്ഥാനം), തിരശ്ചീനമായ ഭൂകമ്പ ബലങ്ങൾ നേരിടുന്നതിൽ (horizontal forces due to earthquake) ഏറ്റവും ദുർബലമായത് (vulnerable to damage) ചുമരുകളാണ്.

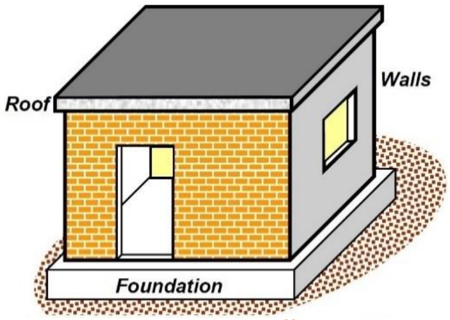


Figure 15 കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ചുമരിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തു, അതിന്റെ പ്രതലത്തോട് ലംബമായി (perpendicular to the surface)- അതായത് ബലഹീനമായ ദിശയിൽ (weak direction)- തിരശ്ചീനമായ തള്ളൽ കൊടുത്താൽ ആ ചുമര് പെട്ടെന്ന് മറിഞ്ഞു വീഴും. എന്നാൽ ചുമരിന്റെ നീളത്തിൽ/ നീളത്തിന്റെ ദിശയിൽ (along the length)- അതായത് ശക്തമായ ദിശയിൽ (strong direction)- ബലം ചെലുത്തിയാൽ അതിനെ ചെറുക്കാൻ ചുമരിനു സാധിക്കും.

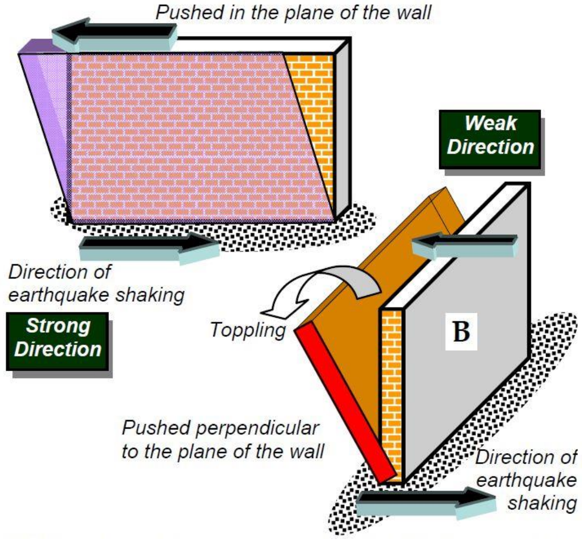


Figure 16 ചുമരിൽ വരുന്ന ബലത്തിന്റെ ദിശയാണ് ഭൂകമ്പ സമയത്തെ ചുമരിന്റെ പ്രകടനം നിർണ്ണയിക്കുന്നത്.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ഭൂചലനം ഉണ്ടാവുമ്പോൾ ഭൂമി ഒരേ സമയം ലംബമായും തിരശ്ചീനമായ 2 ദിശകളിലും ചലിക്കുന്നു. തിരശ്ചീനമായി പ്രകമ്പനങ്ങളാണ് കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളെ ഏറ്റവും കൂടുതൽ ബാധിക്കുന്നത്. മേൽക്കൂരയിൽ രൂപപ്പെടുന്ന തിരശ്ചീനമായി ജഡത്വ ബലം (horizontal inertia force) ചുമരുകളിലേക്കു കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുകയും അത് ചുമരുകളുടെ ശക്തമോ ബലഹീനമോ ആയ ദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എല്ലാ ചുമരുകളും ഒരു പെട്ടി പോലെ ഒരുമിച്ചു കൂട്ടിക്കെട്ടിയില്ലെങ്കിൽ ബലഹീനമായ ദിശയിൽ ഭാരം വരുന്ന ചുമരുകൾ മറിഞ്ഞു വീഴും. ചുമരുകൾ തമ്മിൽ കൂട്ടികെട്ടുന്ന പോലെ തന്നെ ചുമരുകൾ മേൽക്കൂരയായും അടിസ്ഥാനമായും

ബന്ധിപ്പിക്കേണ്ടത് കെട്ടിടത്തിന്റെ സമഗ്രതയും ഉറപ്പും (integrity) സംരക്ഷിക്കുന്നതിന് അനിവാര്യമാണ്.

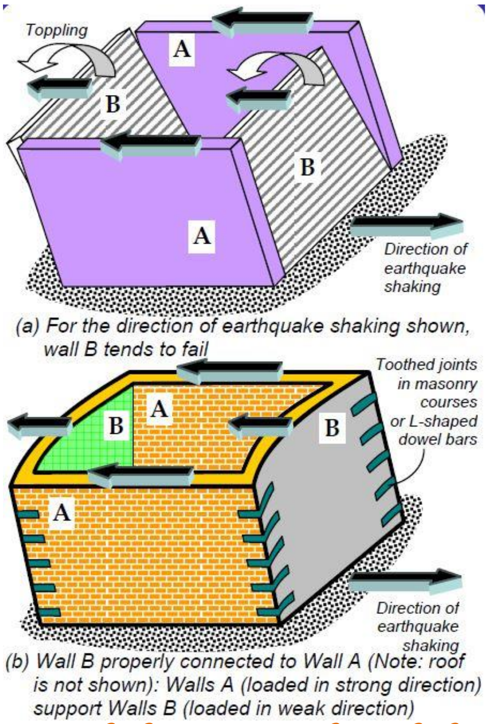


Figure 17 നല്ല പോലെ ബന്ധിപ്പിച്ച ചുമരുകൾ തമ്മിൽ മാത്രമേ ബലം (force) പങ്കുവയ്ക്കൽ സാധ്യമാവൂ.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

പ്രബലിത സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് ചട്ടക്കൂടോടുകൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളുടെ പ്രതികരണ രീതി
(Working of buildings with reinforced cement concrete framework)

ഭൂകമ്പത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഇനേർഷ്യ ബലങ്ങൾ (inertia forces) കെട്ടിടത്തിന്റെ പിണ്ഡത്തിനു (load) ആനുപാതികമായിരിക്കും. കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗം ഭാരവും തറയുടെ ലെവലുകളിൽ (floor levels) ആയതിനാൽ ഈ ഇനേർഷ്യ ബലങ്ങൾ (inertia forces) പ്രാഥമികമായും രൂപപ്പെടുന്നത് തറയുടെ ലെവലുകളിൽ ആണ്. ഈ ബലങ്ങൾ താഴോട്ടുള്ള ദിശയിൽ സ്ലാബുകളിലൂടെയും ബീമുകളിലൂടെയും തൂണുകളിലേക്കും ചുമരുകളിലേക്കും പിന്നീട് അടിസ്ഥാനത്തിലേക്കും (foundation) സഞ്ചരിക്കുകയും ഭൂമിയിലേക്ക് കൈമാറ്റം (dispersed) ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ജഡത്വ ബലങ്ങൾ കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകളിൽ നിന്നും താഴെയുള്ള ഭാഗത്തു വന്നു കുമിഞ്ഞു കൂടുന്നത് (accumulate) കാരണം താഴെ ഉള്ള നിലകളിൽ ഉയർന്ന തോതിൽ ഉള്ള ഭൂകമ്പ-പ്രേരിത ബലങ്ങൾ (higher earthquake-induced forces) അനുഭവപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് താഴെ ഉള്ള നിലകളെ മുകളിൽ ഉള്ളവയെക്കാൾ ശക്തമാക്കി രൂപകൽപന ചെയ്യേണ്ടതാണ്.

മോശമായ രൂപകല്പനയും നിർമ്മാണ രീതികളും ആർ.സി.സി കെട്ടിടങ്ങളിലും വലിയ അപകടങ്ങൾ വിളിച്ചു വരുത്തും. ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ളോറിലെ (ground floor) തൂണുകൾ തകർന്നതിനാൽ ഒരുപാട് കെട്ടിടങ്ങൾ 2001 ഭുജ് ഭൂചലനത്തിൽ തകർന്നു വീണിട്ടുണ്ട്.

Figure 18 2001 ഭുജ് ഭൂചലനത്തിൽ ആർ.സി.സി തൂണുകൾ തകർന്നതുമൂലം തകർന്ന കെട്ടിടം. തിരശ്ചീന ഭൂകമ്പ ബലം കെട്ടിടത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗത്തുനിന്നും താഴേക്കുള്ള ദിശയിൽ കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ഒരു ആർ.സി.സി ഫ്രെയിംഡ് കെട്ടിടത്തിൽ തൂണുകളും തറകളും/ ഫ്ലോറുകളും (floors) വാർത്ത്, കോൺക്രീറ്റ് ഉറച്ചു കഴിഞ്ഞതിനു ശേഷം തൂണുകൾക്കും ഫ്ലോറിനും ഇടയിലുള്ള ലംബമായ സ്ഥലം കല്ല് കൊണ്ടുള്ള ചുമരുകൾ (masonry walls) കെട്ടി ഫ്ലോർ ഏരിയയെ മുറികളായി വിഭജിക്കുന്നു. ഇൻഫിൽ ചുമരുകൾ (infill walls) എന്നു വിളിക്കുന്ന ഇത്തരം ചുമരുകളെ, സാധാരണഗതിയിൽ, ചുറ്റുമുള്ള ആർ.സി.സി തൂണുകളുമായും ബീമുകളുമായും ബന്ധിപ്പിക്കാറില്ല. ഭൂകമ്പ സമയത്ത് തൂണുകളുടെ ഫ്ലോർ നിരപ്പിൽ തിരശ്ചീനബലം വരികയും അവ തിരശ്ചീനദിശയിൽ ചലിക്കാൻ ശ്രമിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ ഇൻഫിൽ ചുമരുകൾ ഈ ചലനത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. ഈ ചുമരുകളുടെ ഉയർന്ന ഭാരവും കനവും (thickness) കാരണം വലിയ തിരശ്ചീന ബലങ്ങളെ ഇവ ആകർഷിക്കും. പക്ഷെ കല്ലുകൊണ്ടുള്ള നിർമ്മാണം എളുപ്പത്തിൽ തകരുന്നവയായതിനാൽ (brittle) അവയ്ക്കു താങ്ങാനാവുന്നതിലും കൂടുതൽ തിരശ്ചീന ഭാരം (lateral force) വരുമ്പോൾ അവയിൽ വിള്ളൽ രൂപപ്പെടുന്നു. അതായത് നമ്മുടെ കെട്ടിടങ്ങളിലുള്ള ഇലക്ട്രിക്ക് ഫ്യൂസ് വയർ (electric fuse wire) പോലെയാണ് ഇൻഫിൽ ചുമരുകൾ ഇവിടെ പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ഭൂമി ശക്തമായി കുലുങ്ങുമ്പോൾ വിള്ളലുകൾ വന്നാലും അതുവരെ ഈ ചുമരുകൾ ബീമുകളുടെയും തൂണുകളുടെയും കൂടെ ഭാരം പങ്കു വെക്കുകയും അതു വഴി കെട്ടിടത്തിന് സംഭവിച്ചേക്കാവുന്ന വലിയ കേടുപാടുകൾ തടയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂചലന സമയത്തുള്ള ഇൻഫിൽ ചുമരുകളുടെ പ്രവർത്തനശേഷി വർധിപ്പിക്കുന്നതിന് വേണ്ടി ശക്തമായ യോജിപ്പ് മിശ്രിതം/ ചാന്ത് (mortar) ഉപയോഗിക്കുന്നതും, നല്ല രീതിയിലുള്ള കല്ല് കെട്ടും (proper

masonry courses), ആർ.സി.സി ഫ്രെയിമിനും ഇൻഫിൽ ചുമരുകൾക്കുമിടയിലുള്ള വിടവ് ശരിയായ രീതിയിൽ അടയ്ക്കുന്നതും (proper packing of gaps) സഹായിക്കും. എന്നിരുന്നാലും ചുമരിന്റെ കനത്തെ അപേക്ഷിച്ചു ക്രമാതീതമായ ഉയരവും നീളവുമുള്ള ഇൻഫിൽ ചുമരുകളുടെ തൂക്കുമട്ടം തെറ്റാം (fall out-of-plane). ഇത് ജീവനെ അപായപ്പെടുത്തുന്ന തരത്തിലാവാം.

2.3. കെട്ടിടങ്ങൾക്കു സംഭവിക്കാവുന്ന കേടുപാടുകളും അതിന്റെ കാരണങ്ങളും

മാഗ്നിറ്റ്യൂടിനു പുറമെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളും ഒരു സ്ഥലത്തുണ്ടായേക്കാവുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ തോത് നിർണ്ണയിക്കുന്നു:

- എപിസെന്ററിൽ (epicentre) നിന്നും ഹൈപോസെന്ററിലേക്കുള്ള (Hypocentre) ദൂരം
- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം
- ഭൂചലനത്തിന്റെ ആഴം അഥവാ ഫോക്കൽ ഡെപ്ത് (focal depth)
- ആ സ്ഥലത്തെ കെട്ടിടങ്ങളുടെ തരങ്ങൾ (building typology)
- ആ പ്രദേശത്തെ കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഉപയോഗിച്ചിട്ടുള്ള നിർമ്മാണ വസ്തുക്കളുടെയും നിർമ്മാണ രീതികളുടെയും ഗുണനിലവാരം
- ആ ഭൂചലനം മറ്റേതെങ്കിലും പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങൾക്കു തുടക്കം കുറിക്കുന്നുണ്ടോ എന്നത്

ഭൂചലനത്തിൽ കെട്ടിടങ്ങളും അതിന്റെ ഭാഗങ്ങളും വളയുകയും നീളുകയും ഞെരുങ്ങുകയും തിരിയുകയും (bend, elongate, compress and twist) ചെയ്യുന്നു. പല ചുമരുകൾ പല ദിശകളിൽ ചലിക്കുന്നു (Various walls move in different directions). ഇത് മൂലം ചുമരുകളിലും കെട്ടിടഭാഗങ്ങളുടെ മൂലകളിലും സന്ധികളിലും (junction of various parts of the building) വലിയുന്ന തരത്തിലുള്ള ബലം (tension) രൂപപ്പെടുന്നു. കെട്ടിടത്തിന് മതിയായ ബലം ഇല്ലാത്ത സാഹചര്യത്തിൽ നാശനഷ്ടങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു.

കല്ല് കെട്ടിന്റെ ശക്തി നിർണ്ണയിക്കുന്നതിൽ ഒരു സുപ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നത് യോജിപ്പ് മിശ്രിതം/ ചാന്തിന്റെ (mortar) ഗുണനിലവാരമാണ്. നേർത്ത/ ബലഹീനമായ ചാന്തുപയോഗിച്ചു കെട്ടുന്ന നിർമ്മിതികളിൽ സാരമായ കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കും.

ഭൂചലനം സംഭവിച്ചാൽ സാധാരണ കണ്ടു വരുന്ന കേടുപാടുകൾ ഇപ്രകാരമാണ്:

- **വിള്ളലുകൾ (cracks):** മുഖ്യമായും 2 തരത്തിലാണ് വിള്ളലുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഒന്ന് ചുമരുകളുടെ പൂശലിൽ മാത്രം കാണുന്നവ (plaster cracks). അവ താരതമ്യേന അപകടകാരികളല്ല. എന്നാൽ ഭിത്തിയിലെ നിർമ്മാണവസ്തുവിലോ അവയെ തമ്മിൽ യോജിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്ന യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തി(ലോ/ ചാന്തിലോ (mortar) വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ അവ അപകടകാരികൾ തന്നെയാണ്.

പലപ്പോഴും വിള്ളലുകലും തകർച്ചകളും ഉണ്ടാകുന്നത് കെട്ടിടങ്ങളുടെ മൂലകളിലും തുറപ്പുകളുടെ കോണുകളിലും(corners) അത് പോലെ അടുത്തടുത്ത് വരുന്ന തുറപ്പുകളുടെ ഇടയിൽ വരുന്ന ഭിത്തി ഭാഗങ്ങളിലുമാണ്. അതു കാരണം ഈ മേഖലകൾ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധയോടുകൂടി നിർമ്മിക്കുകയോ ബലപ്പെടുത്തുകയോ വേണം.

കെട്ടിടത്തിന്റെ പല ഭാഗങ്ങളിലായി ഉണ്ടായേക്കാവുന്ന വിള്ളലുകളെ കുറിച്ച് ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു

- **മൂലകളിൽ ലംബമായ വിള്ളൽ**
  കാരണം: ദുർബലമായ കോണിന് 2 ചുമരുകൾ തമ്മിലുള്ള വലിയുന്ന രീതിയിലുള്ള ബലം (tension) താങ്ങാനാവാതെ വരുന്നു.

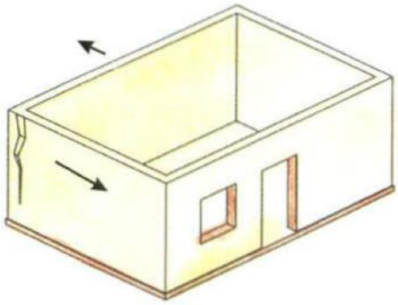


Figure 19 മൂലകളിൽ ലംബമായ വിള്ളൽ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **മൂലകളിൽ നിന്നും മാറിയുള്ള ലംബമായ വിള്ളൽ**
  കാരണം: വളയുന്നതു മൂലം ചുമരിനു വലിവ് ബലം (tension) താങ്ങാനാവാതെ വരുന്നു.

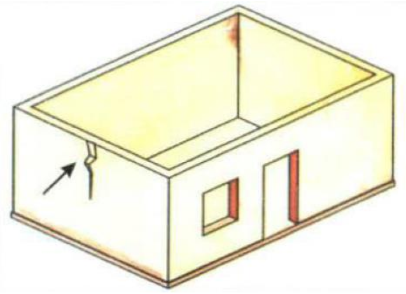


Figure 20 മൂലകളിൽ നിന്നും മാറിയുള്ള ലംബമായ വിള്ളൽ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **കോണോടുകോണായ (diagonal) ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ**
  കാരണം: കോണോടുകോണായ ദിശയിലുള്ള ദീർഘീകരണം (elongation) മൂലമുണ്ടാകുന്ന വലിവ് ബലത്തെ (tension) ചുമരിനു താങ്ങാനാവാതെ വരുന്നു.

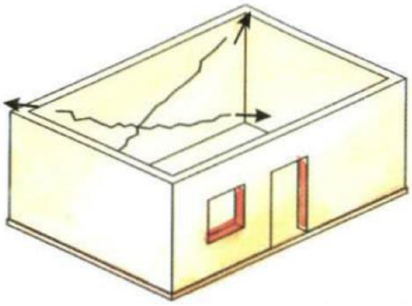


Figure 21 കോണോടുകോണായ ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **ജനാലയുടെ മൂലയിൽ കോണോടുകോണായ (diagonal) ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ.**

  കാരണം: കോണോടുകോണായ ദിശയിൽ (diagonal direction) ഉള്ള വലിവ് ബലത്തിനെതിരെ (tension) ജനൽ, വാതിൽ എന്നീ തുറപ്പുകൾ (openings) ഉള്ള ചുമരുകൾ ദുർബലമാണ്.

  തിരശ്ചീനമായ വിള്ളലുകളെക്കാൾ അപകടകാരികളാണ് വികർണ്ണ ദിശയിലുള്ള (diagonal) വിള്ളലുകൾ.

Figure 22 ജനാലയുടെ മൂലയിൽ കോണോടുകോണായ ദിശയിലുള്ള വിള്ളൽ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **മട്ടച്ചുമരിന്റെ താഴ്ഭാഗത്തുള്ള തിരശ്ചീനമായ വിള്ളൽ (Horizontal Crack at the base of Gable Wall)**

  കാരണം: അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടുമുള്ള പ്രകമ്പനങ്ങൾ മൂലം ഉണ്ടാവുന്ന വലിവ് ബലത്തെ (tension force) മട്ടച്ചുമരിന് ചെറുത്തു നില്ക്കാൻ കഴിയുന്നില്ല.

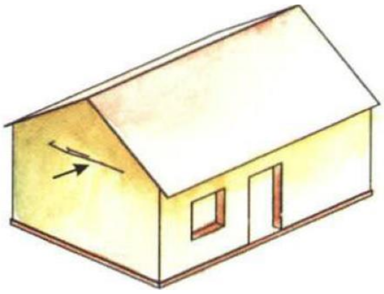


Figure 23 മട്ടച്ചുമരിന്റെ താഴ്ഭാഗത്തുള്ള തിരശ്ചീനമായ വിള്ളൽ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **ബീമിന് താഴെയുള്ള വിള്ളൽ.**
  കാരണം: ഭൂകമ്പ സമയത്തു ബീമിൽ നിന്നും വരുന്ന കേന്ദ്രീകരിച്ച ഭാരം (concentrated load) ചുമരിൽ ഏല്പിക്കുന്ന വലിവ് ബലത്തെ (tension) ചെറുത്തു നില്ക്കാൻ ചുമരിനു സാധിക്കാതെ വരുന്നു.

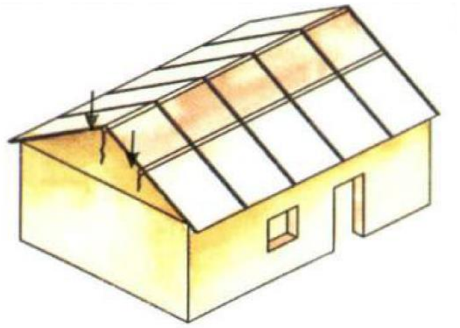


Figure 24 *ബീമിന് താഴെയുള്ള വിള്ളൽ*

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **കല്ലുകെട്ടിയ തൂണിലെ (Masonry Column) വിള്ളൽ.**
  കാരണം: മേൽക്കൂര, അതിനെ താങ്ങുന്ന തൂണുകളിൽ ഏൽപ്പിക്കുന്ന തിരശ്ചീനമായ തള്ളൽ (horizontal push) മൂലം തൂണുകൾ വളയുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വലിവ് (tension from its bending) കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച തൂണുകൾക്കു താങ്ങാൻ പറ്റാതെ വരുന്നു.

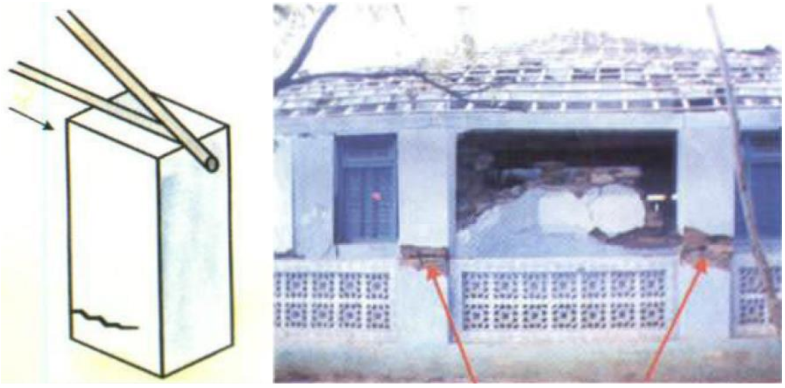


Figure 25 *തൂണിലെ വിള്ളൽ*

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **ചുമര് വീർക്കുന്നു/ ചുമരിനു വീക്കം സംഭവിക്കുന്നു (Wall bulged).**
  കാരണം: കനം (thickness) കൂടിയ കൽ ചുമരുകളുടെ (കരിങ്കൽ ചുമരുകൾ പോലുള്ളവ) അകം-പുറം വശങ്ങൾ (wythes/ faces) കൃത്യമായി അന്യോന്യം കോർത്തു കെട്ടിയില്ലെങ്കിൽ (interlocked adequately) ഭൂകമ്പത്തിൽ അകം-പുറം വശങ്ങൾ തമ്മിൽ വേർപെടാൻ തുടങ്ങുകയും ചുമർ വീർത്തു വരുകയും ചെയ്യുന്നു.

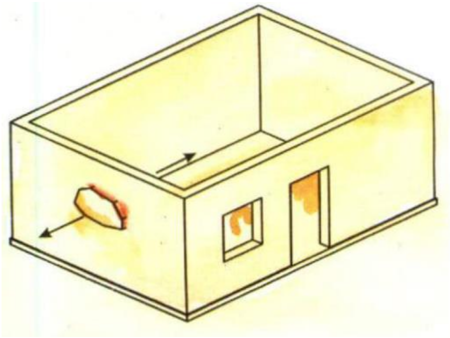


Figure 26 ചുമര് വീർക്കുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **ചുമരിന്റെ തൂക്കു തെറ്റുന്നു (Wall going out of plumb).**
  കാരണം: ചുമരിന്റെ 2 മൂലകളിൽ വിള്ളൽ വീഴുമ്പോൾ ചുമരിനു 2 അറ്റങ്ങളിൽ ഉള്ള താങ്ങു/ ബന്ധം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. തുടർന്നുണ്ടാവുന്ന ചലനങ്ങളിൽ ചുമർ ചരിയുകയും ലംബമായി തൂക്കു തെറ്റുകയും ചെയുന്നു.

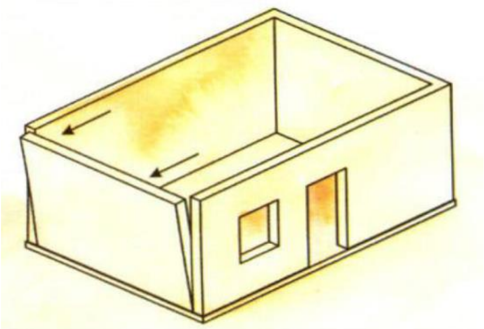


Figure 27 ചുമരിന്റെ തൂക്കു തെറ്റുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **ചുമരിന്റെ ഒരു വശം (face) ഇടിഞ്ഞു വീഴുകയും മറു വശം കേടുപറ്റാതെ നിൽക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (Delamination).**
  കാരണം: കനം കൂടിയ കൽ ചുമരുകളുടെ അകം-പുറം വശങ്ങൾ (wythes/ faces) കൃത്യമായി അന്യോന്യം കോർത്തു കെട്ടിയില്ലെങ്കിൽ (interlocked adequately) ഭൂകമ്പത്തിൽ അകം-പുറം വശങ്ങൾ തമ്മിൽ വേർപെട്ടു ഇടിഞ്ഞു വീഴുന്നു. ആണിക്കല്ലുകളുടെ (through stones/ bond stones) അഭാവം ഇത്തരം തകർച്ചക്ക് കാരണമാവാം.

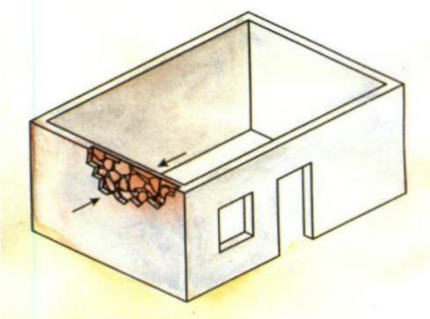


Figure 28 ചുമരിന്റെ ഒരു വശം മാത്രം ഇടിഞ്ഞു വീഴുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers, Training of Masons on Hazard-Resistant Construction and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **ചുമരിന്റെ മുകൾ വശത്തെ ചെറിയ ഭാഗം തകരുന്നു.**
  കാരണം: ദൃഢമായി ഉറപ്പിച്ചിട്ടില്ലാത്ത മേൽക്കൂരയെ താങ്ങുന്ന ദുർബലമായ ചുമരുകൾക്കു അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ഉള്ള വളയൽ (back and forth bending) മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന വലിവ് (tension) താങ്ങാൻ പറ്റാതെ വരുന്നു.

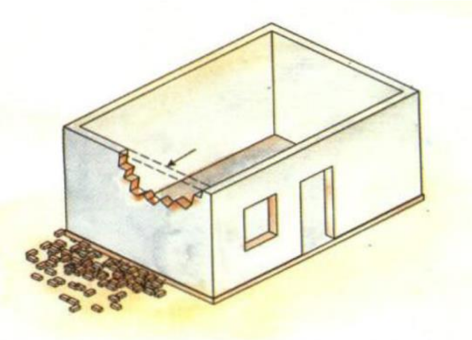


Figure 29 ചുമരിന്റെ മുകൾ ഭാഗം തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **മട്ടച്ചുമരുകളുടെ (gable walls) മുകൾ ഭാഗം തകരുന്നു.**
  കരിങ്കല്ല്, വെട്ടുകല്ല് എന്നിങ്ങനെയുള്ള കല്ല് ഉപയോഗിച്ചു കെട്ടിയ ചുമരുകളിൽ ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത് വീടിനകത്തുള്ളവരെ സാരമായി അപകടപ്പെടുത്താം.

Figure 30 മട്ടച്ചുമരുകളുടെ മുകൾ ഭാഗം തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **കെട്ടിടത്തിന്റെ മൂലകൾ തകരുന്നു.**

Figure 31 കെട്ടിടത്തിന്റെ മൂലകൾ തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir and Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **നീളം കൂടിയ ചുമരിന്റെ പകുതിക്കു വച്ചു ചുമരിന്റെ മധ്യഭാഗം തകരുന്നു.**

Figure 32 ചുമരിന്റെ മധ്യഭാഗം തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **സ്ലാബിന്റെ(roof slab) ഒരു ഭാഗം തകരുന്നു.**
  കാരണം: സ്ലാബിനെ താങ്ങി നിർത്തുന്ന ചുമരിന്റെ ഭാഗം തകരുന്നതുമൂലം സ്ലാബിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തിന് താങ്ങു ലഭിക്കാതെ വരുകയും അതിനു ശേഷം ആ ഭാഗം തകരുകയും ചെയ്യുന്നു.

Figure 33 സ്ളാബിന്റെ ഒരു ഭാഗം തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- **സ്ലാബ് അതിന്റെ സ്ഥാനത്തു നിന്നും തെന്നി മാറുന്നു.**
  കാരണം: സ്ലാബ് ചുമരിലേൽപ്പിക്കുന്ന തിരശ്ചീന ബലത്തെ പിടിച്ചു നിർത്തുവാൻ സ്ലാബും ചുമരും തമ്മിലുള്ള ദുർബലമായ സന്ധിക്കു സാധിക്കുന്നില്ല.

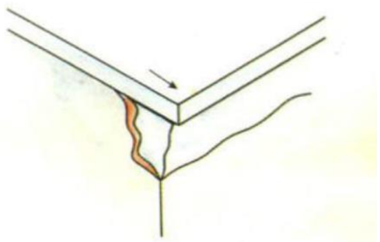


Figure 34 സ്ലാബ് തെന്നി മാറുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- മേൽക്കൂരയെ താങ്ങി നിർത്തുന്ന ചുമരിന്റെ ഭാഗം തകരുകയും അതുമൂലം മേൽക്കൂരയുടെ കീഴ്ഭാഗം തകരുകയും ചെയ്യുന്നു.

Figure 35 മേൽക്കൂരയുടെ കീഴ്ഭാഗം തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

- പെട്ടെന്നുള്ള ആഘാതത്തിൽ ദ്രവിച്ച ബീമുകൾ പൊട്ടുന്നു (Sudden shock causes breakage of rotten beam).

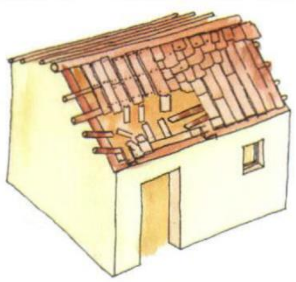


Figure 36 ദ്രവിച്ച ബീമുകൾ പൊട്ടുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **കല്ല് കെട്ടി നിർമ്മിച്ച ഉയർന്ന പാരപ്പെറ്റ് ചുമരുകൾ തകരുന്നു.** വീടുകളുടെ പാരപ്പെറ്റ് ചുമര് ഇടിഞ്ഞുള്ള അപകടസാധ്യത കേരളത്തിൽ വളരെ പ്രസക്തമാണ്. വീടിനു പുറത്തു നിൽക്കുന്നവരുടെ മുകളിലേക്ക് പാരപ്പെറ്റ് ഇടിഞ്ഞു വീണ് ആപത്തു സംഭവിക്കാം.

Figure 37 പാരപ്പെറ്റ് ചുമരുകൾ തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിത്തറ ഇരുന്നു പോകുന്നു. (Foundation settlement)** കാരണം: കെട്ടിടത്തിനു കീഴെയുള്ള മണ്ണിന്റെ ദ്രവീകരണം (soil liquefaction) മൂലം മണ്ണിനു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം താങ്ങാനാകാതെ വരികയും അടിസ്ഥാനം താഴ്ന്നു പോവുകയും ചെയ്യുന്നു.

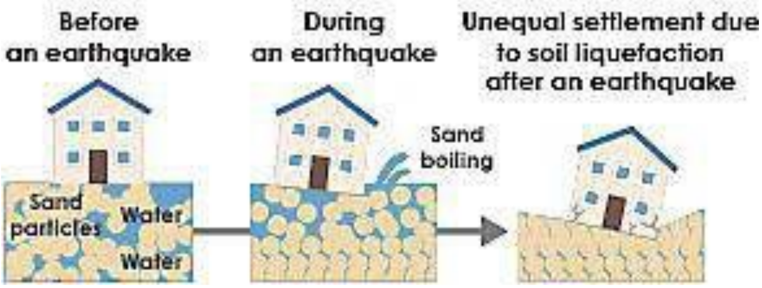


Figure 38 മണലിന്റെയും വെള്ളത്തിന്റെയും മിശ്രിതത്തിനു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം താങ്ങാനാവാതെ വരുന്നു

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

ഭൂമി കുലുക്കത്തിലോ പെട്ടെന്നു മണ്ണിൽ ഏൽക്കുന്ന ഭാരം കാരണമോ മണ്ണിന്റെ സ്വാഭാവികമായ ബലവും കാഠിന്യവും കുറയുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് ദ്രവീകരണം. ഭൂമിക്കടിയിലുള്ള മണലിന്റെയും വെള്ളത്തിന്റെയും മിശ്രിതത്തിനു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം താങ്ങാനാവാതെ വരികയും, അതിനാൽ കെട്ടിടം താഴ്ന്നു പോകുകയും ചെയുന്നു. മണ്ണിൻറെ ദ്രവീകരണത്തിൽ ഭൂഗർഭ ജല നിരപ്പ് ഒരു പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നു. കേരളത്തിൽ പലയിടത്തും ഭൂഗർഭ ജല നിരപ്പ് ഉയർന്നതാണ്.

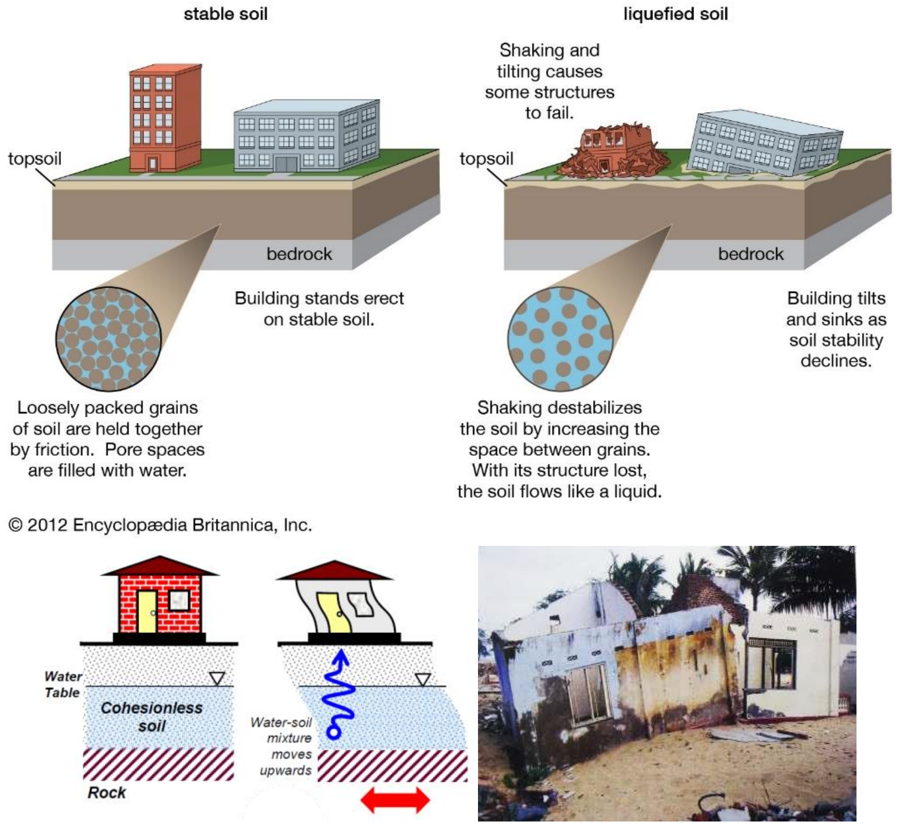


Figure 39 മണ്ണിന്റെ ദ്രവീകരണം മൂലം അടിസ്ഥാനം താഴ്ന്നു പോവുന്നു

സ്രോതസ്: Encyclopaedia Britannica, Inc.,. Earthquake Tips: Learning Earthquake Design, IITK-BMTPC and Construction and Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

- **കെട്ടിടം പൂർണ്ണമായും തകരുന്നു.**
  കാരണം: ഉയർന്ന തോതിലും കൂടുതൽ സമയവും ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പ-പ്രേരിത ബലങ്ങൾ മോശമായി നിർമ്മിച്ച കെട്ടിടങ്ങളെ പൂർണ്ണമായും തകർക്കുന്നു.

Figure 40 കെട്ടിടം പൂർണ്ണമായും തകരുന്നു

സ്രോതസ്: Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir

ചുമരുകൾ പൂർണ്ണമായും തകർന്നതു മൂലം മേൽക്കൂര മൊത്തമായി താഴേക്ക് വീഴുന്നു.

2.4. സോൺ III-ഇൽ സംഭവിക്കാവുന്ന കേടുപാടുകൾ

കേരളം ഉൾപ്പെടുന്ന സോൺ III-ഇൽ വിവിധ തരം കെട്ടിടങ്ങൾക്കു സംഭവിക്കാൻ സാധ്യതയുള്ള കേടുപാടുകൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയാണ്:

- കച്ചാ കെട്ടിടങ്ങൾ[2]: ഏകദേശം 75% കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് വലിയ വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടാവുകയും 5% കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങൾ തകരുകയും ചെയ്യുന്നു.
- ഭാഗികമായ - പക്കാ കെട്ടിടങ്ങൾ[3]: ഏകദേശം 75% കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് വലിയ വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.
- പക്കാ കെട്ടിടങ്ങൾ[4]: ഏകദേശം 75% കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് ചെറിയ വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടാവുകയും 5% കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് വലിയ വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

[2] മണ്ണ് പോലെയുള്ള സ്ഥിരമല്ലാത്ത വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിച്ച് കെട്ടിയതും പുല്ലോ ഓലയോ മേഞ്ഞതുമായ കെട്ടിടങ്ങൾ

[3] ചുമരുകളോ മേൽക്കൂരയോ ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് പക്കാ (സ്ഥിരമായ) വസ്തുക്കൾകൊണ്ട് നിർമ്മിച്ച കെട്ടിടങ്ങൾ

[4] സ്ഥിരമായ വസ്തുക്കൾ (ഉദാ: ഇഷ്ടിക, കല്ല്, സിമന്റ് ബ്ലോക്കുകൾ, ഓടുകൾ, കോൺക്രീറ്റ് എന്നിവ) ഉപയോഗിച്ചു നിർമ്മിച്ച ചുമരുകളും മേൽക്കൂരയും ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ

അദ്ധ്യായം- 3
ഭൂകമ്പത്തെ അതിജീവിക്കുന്ന കെട്ടിടനിർമ്മാണം

3.1. അതിജീവനശേഷിയുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വം

ദുരന്ത നിരുദ്ധമായ (disaster-proof) കെട്ടിടങ്ങൾ (അതായത് എത്ര തീവ്രമായ ദുരന്തത്തിലും യാതൊരു കേടുപാടുകളും സംഭവിക്കാത്ത കെട്ടിടങ്ങൾ) നിർമ്മിക്കുന്നത് അത്യധികം ചെലവേറിയതും അതിനാൽ തന്നെ അപ്രായോഗികവുമാണ്. ദുരന്തങ്ങളിൽ കേടു പാടുകൾ സംഭവിച്ചാലും പെട്ടെന്ന് തകർന്നു വീഴാത്ത തരത്തിലുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുക എന്നുള്ളതാണ് എഞ്ചിനീയർമാരുടെ ലക്ഷ്യം. ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങളെ ദുരന്തങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കുന്ന (disaster resistant)/ ദുരന്തങ്ങളെ അതിജീവിക്കുന്ന (disaster resilient) കെട്ടിടങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കാം. കെട്ടിടത്തിലെ ആളുകളുടെയും വസ്തുക്കളുടെയും സുരക്ഷ ഉറപ്പു വരുത്തി ഒരു ദുരന്തം ഒഴിവാക്കുക എന്നതാണ് ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങളിലൂടെ ലക്ഷ്യമാക്കുന്നത്.

ഭൂകമ്പങ്ങളെ അതിജീവിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള കെട്ടിട രൂപകൽപനാ തത്വങ്ങൾ (Design principle)

- ചെറിയ തോതിലുള്ള എന്നാൽ കൂടെക്കൂടെയുണ്ടാകുന്ന/ കുലുക്കങ്ങളിൽ (minor but frequent shaking): കെട്ടിടത്തിലെ തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ ബലങ്ങൾ വഹിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകങ്ങൾക്ക് കേടുപാടുകൾ വരാതിരിക്കുകയും, ഭാരമെടുക്കാത്ത മറ്റു ഭാഗങ്ങൾക്ക് അറ്റകുറ്റപ്പണികളിലൂടെ നന്നാക്കിയെടുക്കാവുന്ന തരത്തിൽ ഉള്ള ചെറിയ കേടുപാടുകളും മാത്രമേ സംഭവിക്കാവൂ.

- മിതമായ തോതിലുള്ള എന്നാൽ ഇടവിട്ടുണ്ടാകുന്ന കുലുക്കങ്ങളിൽ (moderate but occasional shaking): പ്രധാന ഘടകങ്ങൾക്ക് നന്നാക്കിയെടുക്കാവുന്ന തരത്തിൽ ഉള്ള ചെറിയ കേടുപാടുകളും, മറ്റു ഭാഗങ്ങൾക്ക് അവയെ മാറ്റി സ്ഥാപിക്കേണ്ടി വരുന്ന തരത്തിൽ ഉള്ള കേടുപാടുകളുമേ സംഭവിക്കാവൂ.

- ശക്തമായ എന്നാൽ അപൂർവമായി ഉണ്ടാകുന്ന കുലുക്കങ്ങളിൽ (strong but rare shaking): പ്രധാന ഘടകങ്ങൾക്ക് സാരമായ, ഒരു പക്ഷെ നന്നാക്കിയെടുക്കാൻ പറ്റാത്ത, നാശം സംഭവിക്കുകയും, എങ്കിലും കെട്ടിടം തകർന്നു വീഴാതിരിക്കുകയും ചെയ്യണം.

അതായത്, ചെറിയ ചലനങ്ങൾക്കു ശേഷം വളരെ ചുരുങ്ങിയ സമയം കൊണ്ട് തന്നെ കെട്ടിടം പൂർണമായും പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുകയും കുറഞ്ഞ ചെലവിൽ അറ്റകുറ്റപ്പണികൾ ചെയ്തു തീർക്കാനും സാധിക്കുന്നു. മിതമായ തോതിലുള്ള ചലനങ്ങൾ സംഭവിച്ചാൽ പ്രധാന ഘടകങ്ങളുടെ അറ്റകുറ്റപ്പണികളും ശക്തിപ്പെടുത്തലും (retrofitting and

strengthening) പൂർത്തീകരിച്ചതിനു ശേഷം മാത്രം കെട്ടിടം പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുന്നു. ശക്തമായ ഭൂചലനത്തിൽ, കെട്ടിടം പ്രവർത്തനരഹിതമാവും വിധം കേടുപാടുകൾ സംഭവിച്ചാലും കെട്ടിടം തകർന്നു വീഴാത്തതിനാൽ ആളുകളെ ഒഴിപ്പിക്കാനും വസ്തുക്കൾ/ സാധനങ്ങൾ വീണ്ടെടുക്കാനും സാധിക്കുന്നു.

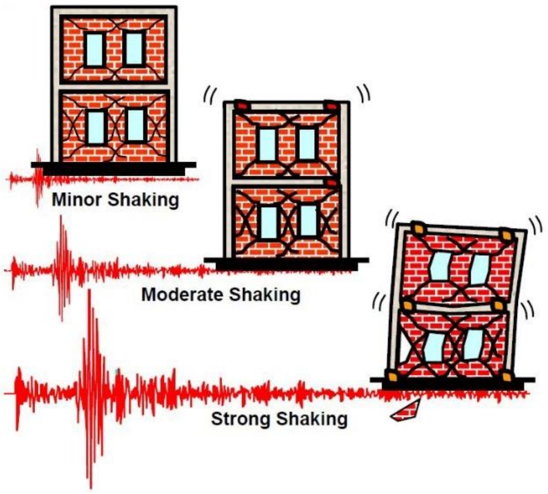


Figure 41 വ്യത്യസ്ത തീവ്രതയിലുള്ള ഭൂചലനങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങളുടെ പ്രകടന ലക്ഷ്യങ്ങൾ (performance objectives under different intensities of earthquake shaking): ചെറിയ ചലനങ്ങളിൽ നന്നാക്കിയെടുക്കതക്ക സാരമല്ലാത്ത കേടുപാടുകളും വരികയും ശക്തമായ ചലനങ്ങളിൽ തകർച്ച ഒഴിവാക്കലും.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ഭൂകമ്പങ്ങളെ അതിജീവിക്കുവനായി കെട്ടിടങ്ങൾക്കു വേണ്ട ഗുണങ്ങൾ

മേല്പറഞ്ഞ തത്വങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി, ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ ശേഷിയുള്ള കെട്ടിടത്തിന് 4 ഗുണങ്ങളാണ് ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടത്.

1. *നല്ല ഘടനാപരമായ വിന്യാസം/ രൂപരേഖ (Good Structural Configuration): കെട്ടിടത്തിന്റെ വലിപ്പം, ആകൃതി, ഭാരം എടുക്കുന്ന ഘടനാസംവിധാനം (structural system carrying loads) എന്നിവ ജഡത്വ ബലങ്ങളുടെ (inertia forces) നേരിട്ടുള്ളതും നിർബാധവുമായ ഭൂമിയിലേക്കുള്ള പ്രവാഹം ഉറപ്പുവരുത്തുന്ന രീതിയിൽ ആയിരിക്കണം.*

2. പാർശ്വസ്ഥമായ ശക്തി (Lateral strength): കെട്ടിടത്തിനു ചെറുത്തു നിൽക്കാൻ സാധിക്കുന്ന പരമാവധി പാർശ്വസ്ഥമായ (തിരശ്ചീനമായ) ബലം {lateral (horizontal) force} എന്നത് കെട്ടിടത്തിൽ കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കുമ്പോളും കെട്ടിടം തകർന്നു വീഴാത്ത തരത്തിലുള്ളതാണ്. (The maximum lateral (horizontal) force that it can resist is such that the damage induced in it does not result in collapse.)

3. മതിയായ സ്റ്റിഫ്നെസ്സ് (Adequate Stiffness): പാർശ്വസ്ഥമായ ഭാരം ചെറുക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള സംവിധാനത്തിൽ, കുറഞ്ഞ തോതിലോ മിതമായ തോതിലോ ഉള്ള പ്രകമ്പനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന രൂപഭേദങ്ങൾ (deformations) അതിന്റെ ഭാഗങ്ങൾക്ക് കേടുപാടുകൾ ഏല്പിക്കാത്ത തരത്തിൽ ആയിരിക്കണം സംവിധാനത്തിന്റെ രൂപകൽപന. (Adequate Stiffness: Its lateral load resisting system is such that the earthquake-induced deformations in it do not damage its contents under low-to moderate shaking.)

4. നല്ല ഡക്റ്റിലിടറ്റി (ductility) അഥവാ പൊട്ടാതെ വളയുവാനുള്ള ശേഷി: തീവ്രമായ/ ശക്തമായ പ്രകമ്പനങ്ങൾക്കു വഴങ്ങിയതിനു ശേഷവും വലിയ രൂപഭേദങ്ങൾക്കു വിധേയമാകുവാനുള്ള കെട്ടിടത്തിന്റെ ശേഷി വർധിപ്പിക്കുവാൻ അനുകൂലമായ രൂപകല്പനക്കും വിശദാംശങ്ങൾക്കും സാധിക്കും. (Good Ductility: Its capacity to undergo large deformations under severe earthquake shaking even after yielding, is improved by favourable design and detailing strategies.)

ഡക്ക്റ്റൈൽ ആയ ചില വസ്തുക്കളുടെ ഉദാഹരണങ്ങളാണ് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

Figure 42 ഡക്ക്റ്റൈൽ ആയ ചില വസ്തുക്കൾ

3.2. മാർഗ്ഗനിർദ്ദേശങ്ങൾ

സ്ഥലം തിരഞ്ഞെടുപ്പും (Site selection) കെട്ടിടം സ്ഥാപിക്കലും (Siting the building):

- വീട് നിർമ്മിക്കുന്നതിനുള്ള സ്ഥലം തെരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിന് മുൻപെ ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂകമ്പ സാധ്യത മനസ്സിലാക്കി വയ്ക്കുക.
- ഭൂകമ്പ സുരക്ഷ മുൻ നിർത്തി വീടിനായുള്ള സ്ഥലം തെരഞ്ഞെടുക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട പ്രധാന കാര്യങ്ങൾ:
    - ഫോൾട്ടുകൾ/ റപ്ച്ചർ മേഖലകൾ (rupture zone) എന്നിവയിൽ നിന്നും അകന്ന സ്ഥലമായിരിക്കണം.
    - ഭൂകമ്പം മൂലം അടുത്തുള്ള സമുദ്രത്തിൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്ന സുനാമി തിരമാലകൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ജലനിരപ്പിൽ നിന്നും ഉയർന്നതായിരിക്കണം തെരഞ്ഞെടുത്ത സ്ഥലം. കടൽത്തീരങ്ങളിൽ ഉള്ള വീടുകൾ സുനാമിയിൽ മുങ്ങിപോകും.

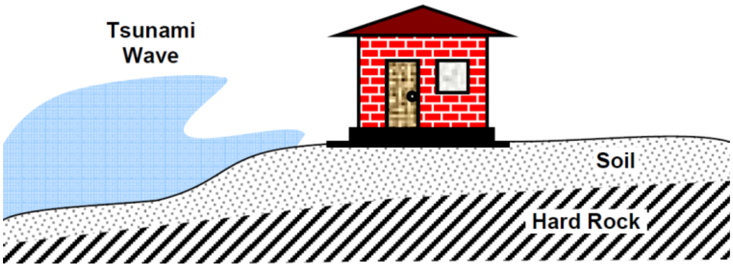


Figure 43 ഉയർന്ന സുനാമി തിരമാലകൾ കടൽത്തീരത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ വെള്ളത്തിലാഴ്ത്തും

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

    - ഭൂമികുലുക്കം മൂലം ഉണ്ടായേക്കാവുന്ന കാട്ടു തീയിൽ നിന്നും സുരക്ഷ നേടുന്നതിനായി വനമേഖലയിൽ നിന്നും മാറിയുള്ള സ്ഥലം തെരഞ്ഞെടുക്കുക.
    - ഭൂചലന പ്രേരിതമായ മണ്ണിന്റെ ദ്രവീകരണം (Earthquake induced soil liquefaction), ഭൂമി ഇരുന്നു പോവൽ (settlement), വശങ്ങളിലേക്ക് പടർന്നു പോവൽ (lateral spreading) എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങളിൽ നിന്നും മുക്തമായ ഭൂമി ആയിരിക്കണം.

മേല്പറഞ്ഞ ഭീഷണികളിൽ നിന്ന് മുക്തമായ പ്ലോട്ട് ആണെങ്കിലും, ഭൂകമ്പ ബലങ്ങൾ മാറ്റി നിർത്തിയാൽ മറ്റു ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ സുരക്ഷിതമാണെന്ന് കരുതപ്പെടുന്ന കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകൾ (steep slopes), കുന്നുകളിലെ ലംബമായ കട്ടുകൾ (vertical cuts) എന്നിവ ഭൂമികുലുക്കം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ തെന്നി നീങ്ങാം.

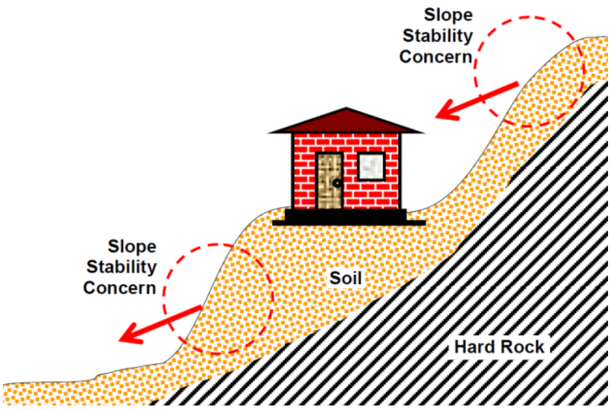


Figure 44 അസ്ഥിരമായ കുന്നിൻ ചരിവുകളിലെ പ്രധാന ഭീഷണി ഉരുൾപൊട്ടലാണ്.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ദുർബലമായ മണ്ണ് മൂടിയ അണകൾ (vulnerable soil embankments) ദ്രവീകരണം മൂലം തെന്നി നീങ്ങാനോ വശങ്ങളിലേക്ക് പടരാനോ (lateral spreading of slopes) സാധ്യതയുണ്ട്.

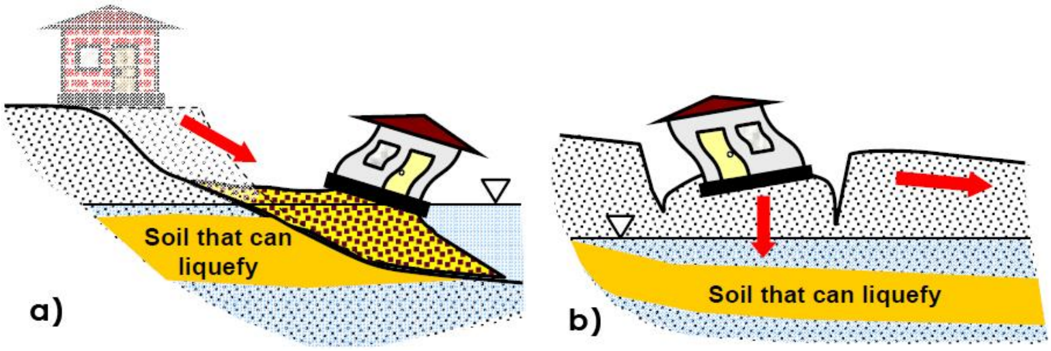


Figure 45 ചരിവുകൾ വശങ്ങളിലേക്കു പടരുന്ന പ്രക്രിയ:
a) കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകൾ തെന്നിമാറുന്നു (slide).
b) ചെറിയ ചരിവുകൾ താണു പോകുന്നു (subside).

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ഭൂകമ്പ സമയത്ത് ഉരുണ്ട് വീഴുന്ന കല്ലുകളും അവശിഷ്ടങ്ങളും കുന്നിൻ ചരിവുകളിൽ കൂടുതൽ അപകടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

- വീടിനായുള്ള സ്ഥലം തെരഞ്ഞെടുക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട മറ്റു കാര്യങ്ങൾ:
  - പ്ലോട്ടിന്റെ സ്ഥാനം (പരിസരത്തുള്ള പ്രകൃതി-മനുഷ്യ നിർമ്മിത ഘടകങ്ങൾ)
  - മണ്ണിന്റെ തരം,
  - ആ സ്ഥലത്തു ബാധകമായ കെട്ടിട നിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങളും മറ്റു നിയമങ്ങളും (ഉദാഹരണത്തിന് തീരദേശ പരിപാലന നിയമം/ Coastal Regulation Zone Rules, നെൽവയൽ-തണ്ണീർത്തട സംരക്ഷണ നിയമം എന്നിവ)
  - മറ്റു ദുരന്ത സാധ്യതകൾ
  - അടിസ്ഥാന സൗകര്യങ്ങൾ

- മണ്ണിനു മേൽ ചെലുത്തപ്പെടുന്ന ഭാരത്തെ താങ്ങാനുള്ള മണ്ണിന്റെ ശേഷിയെ ബെയറിംഗ് കപ്പാസിറ്റി (bearing capacity) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കെട്ടിട നിർമ്മാണത്തിന് ഉചിതമായത് ഉയർന്ന ബെയറിംഗ് കപ്പാസിറ്റി ഉള്ള മണ്ണാണ്. കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭാരം താങ്ങുന്നത് അതിനു താഴെയുള്ള മണ്ണാണ്. മാർദ്ദവമുള്ള കട്ടി കുറഞ്ഞ മണ്ണിനു (soft soil) ബെയറിംഗ് കപ്പാസിറ്റി കുറവും ഉറച്ച മണ്ണിനു കൂടുതലുമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ കഴിവതും ഉറച്ച മണ്ണുള്ള സ്ഥലം തന്നെ തിരഞ്ഞെടുക്കുക. ആ തെരെഞ്ഞെടുപ്പിൽ ഒരു സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധന്റെ സഹായം തേടുന്നത് എപ്പോഴും നല്ലതാണ്.

- തിരഞ്ഞെടുത്ത സ്ഥലത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതിക്ക് അനുയോജ്യമായ രീതിയിലായിരിക്കണം കെട്ടിട നിർമ്മാണം. വീട് നിർമ്മിക്കുന്നതിന് വേണ്ടി ഭൂമിയിൽ വരുത്തേണ്ടുന്ന മാറ്റങ്ങളുടെ തോത് കുറയ്ക്കുക എന്നതായിരിക്കണം ലക്ഷ്യം.

- ചരിഞ്ഞ പ്രദേശങ്ങളിൽ വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് പോലെ ചരിവിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തു നിന്നും കട്ടിൽ (cut) നിന്നും കുറഞ്ഞത് 1 മീറ്റർ അകലത്തിൽ നിർമ്മിക്കാൻ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

- കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിൽ കട്ടിങ് (cutting) നടത്തുമ്പോൾ സംരക്ഷണഭിത്തി (retaining wall) കെട്ടി കട്ടിനു (cut) താങ്ങു നൽകേണ്ടതാണ്. കട്ടിങ്ങും ഫില്ലിങ്ങും നടത്തുമ്പോൾ എൻജിനീയർമാരുടെ വിദഗ്ദ്ധാഭിപ്രായം തേടുകയും ശാസ്ത്രീയമായി അത് നടപ്പിലാക്കുകയും വേണം.

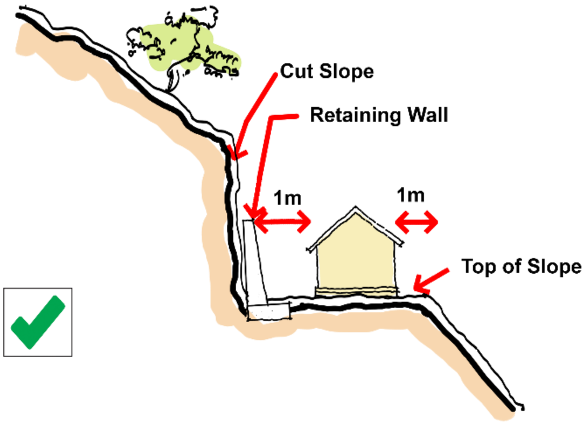


Figure 46 ചരിവിൽ വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടകാര്യങ്ങൾ
സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

അടിസ്ഥാനം/അടിത്തറ (Foundation):

ഒരു വീടിന്റെ പരമ പ്രധാനമായ ഘടകമാണ് അടിസ്ഥാനം. ഒരു വീടിന്റെ മുഴുവൻ ഭാരം വഹിക്കാനുള്ള കഴിവും ബാഹ്യശക്തികളിൽ നിന്നുള്ള

പ്രഹരത്തെ താങ്ങാനുള്ള കഴിവും അടിസ്ഥാനത്തിനുണ്ടാവണം. കെട്ടിടത്തെ ഭൂമിയിൽ ഉറപ്പിച്ചു നിർത്തുന്ന ഭാഗം കൂടിയാണ് അടിത്തറ.

- മണ്ണിന്റെ തരം (soil type) അനുസരിച്ചാണ് കെട്ടിടത്തിന് ഏതു തരം അടിസ്ഥാനം വേണം എന്ന് തീരുമാനിക്കുന്നത്. സാധ്യമെങ്കിൽ ഒരു എഞ്ചിനീയറുടെ സഹായത്തോടു കൂടി മണ്ണ് പരിശോധിച്ച (soil test) ശേഷമായിരിക്കണം അടിസ്ഥാനത്തിന്റെ തരവും ആഴവും നിശ്ചയിക്കേണ്ടത്.

- പാറകളും മണ്ണും നിറഞ്ഞ പ്രതലമാണെങ്കിൽ ഇളകി നിൽക്കുന്ന പാറകൾ നീക്കം ചെയ്ത് കന്നി മണ്ണിൽ ആയിരിക്കണം കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം നിർമ്മിക്കേണ്ടത്.

- തിരഞ്ഞെടുത്ത ഭൂമി മുഴുവനായും പാറയാണെങ്കിൽ, പാറ പൂർണ്ണമായും സുദൃഢമാണെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തിയ ശേഷം വീടിനെ നേരിട്ട് പാറയിൽ ഉറപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള നിർമ്മാണം സാധ്യമാണ്. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ അടിസ്ഥാനത്തിന് കുറഞ്ഞത് 6" (150 മി. മി.) ആഴം ആവശ്യമാണ്.

- എല്ലാ അടിത്തറകളും സ്വാഭാവിക ഭൂനിരപ്പിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞത് 50 സെന്റീമീറ്റർ ആഴത്തിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കണം. അപക്ഷയം പ്രതിരോധിക്കുന്ന പ്രകൃതിദത്തമായ തറയിലോ പാറയിലോ മറ്റും,മുകളിലെ മണ്ണ് നീക്കം ചെയ്യേണ്ടത് ആവശ്യമായി വന്നേക്കാം. അത്തരം സന്ദർഭങ്ങളിൽ,ഉപരിതലം വൃത്തിയാക്കണം, ആവശ്യമെങ്കിൽ, സ്റ്റെപ്പ് ചെയ്യുകയോ അല്ലെങ്കിൽ വഴുതി പോകുന്നത് തടയാനായി ആവശ്യമായ ബെയറിംഗ് നൽകണം.

- ബെയറിംഗ് കപ്പാസിറ്റി കുറഞ്ഞ മണ്ണിൽ അടിസ്ഥാനത്തിന്റെ ആഴം കൂടുതലായിരിക്കണം. ദുർബ്ബലമോ, വെള്ളക്കെട്ടോ, ചതുപ്പോ ആയ സ്ഥലങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ അടിസ്ഥാനത്തിനായി ആ ഭൂമിക്കനുയോജ്യമായ സാങ്കേതിക മികവുള്ള മറ്റ് നിർമ്മാണ രീതികൾ സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായത്തോടു കൂടി സ്വീകരിക്കേണ്ടതാണ്.

മേസ്തിരിമാർ (masons)/ മേല്നോട്ടക്കാർ (supervisors) എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- *ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധത്തിനായി മണ്ണുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഒരു മേസ്തിരി/ മേല്നോട്ടക്കാരൻ പരിശോധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ ഇവയാണ്:*
    a) *മണ്ണിന്റെ തരം;*
    b) *മണ്ണിന്റെ ഉറപ്പ്;*
    c) *മണ്ണിന്റെ ഉള്ളടക്കത്തിന്റെ ഏകരൂപത (uniformity in soil);*
    d) *ദ്രവീകരണത്തിനുള്ള സാധ്യത;*
    e) *മണ്ണിന്റെ വികസിക്കുന്ന പ്രകൃതം (expansive nature);*
    f) *മണ്ണ് ഇരുന്നു പോവാനുള്ള സാധ്യത (chances of settlement).*

  മേല്പറഞ്ഞ വിവരങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയാൽ കെട്ടിടനിർമ്മാണത്തിനുചിതമായ മണ്ണുള്ള സ്ഥലം തിരഞ്ഞെടുക്കാനോ അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥലത്തിനനുയോജ്യമായ അടിസ്ഥാനം രൂപകൽപന ചെയ്യുന്നതിനായി വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായം തേടാനോ സഹായകരമാകും.

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- വീട് നിർമ്മിക്കാൻ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്ന സ്ഥലത്തെ മണ്ണിനു ദ്രവീകരണ സാധ്യതയുണ്ടോ എന്നറിയുന്നതിനു വേണ്ടി താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കാര്യങ്ങൾ അന്വേഷിച്ചറിയുക:
  a) ഇവിടെ മുൻപ് ദ്രവീകരണം സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ടോ?
  b) ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും എത്ര ആഴത്തിലാണ് ഭൂഗർഭ ജല വിതാനം (ground water table) സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്?
  c) ഈ സ്ഥലത്തിനടുത്തായി ഏതെങ്കിലും ജലാശയങ്ങളുണ്ടോ?

  ഈ ചോദ്യങ്ങളിലൂടെ, മണ്ണ് ശിഥിലമാണെന്നോ മുൻപ് ദ്രവീകരണം സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നോ അറിയാൻ കഴിഞ്ഞാൽ വീട് വെക്കുന്നതിനു വേണ്ടി പ്രത്യേക അടിസ്ഥാനം (foundation) വേണമെന്നു മനസ്സിലാക്കാം.

  മണ്ണിനു അനുയോജ്യമായ പൈൽ ഫൌണ്ടേഷനോ (pile foundation) റാഫ്റ്റ് ഫൗണ്ടേഷനോ (raft foundation) രൂപകൽപന ചെയ്യുന്നത്തിനു ഒരു എൻജിനീയറിന്റെ സേവനം ആവശ്യമാണ്. ഇത്തരം ഫൗണ്ടേഷനുകൾ വളരെ ചിലവേറിയതായതിനാൽ ദ്രവീകരണ സാധ്യതയുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ ഭവന നിർമ്മാണത്തിന് (പ്രത്യേകിച്ച് ചെറിയ വീടുകൾ) അനുയോജ്യമല്ല എന്ന് വേണം കണക്കാക്കാൻ.

ഭൂകമ്പ സമയത്ത്, കെട്ടിടങ്ങളുടെ വലുപ്പത്തേക്കാൾ അവ ഭൂമിയുമായി എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും ഭൂകമ്പം പോലുള്ള അപകടങ്ങൾ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന കേടുപാടുകൾ. കെട്ടിടങ്ങളെ ഭൂമിയുമായി നല്ല രീതിയിൽ ഉറപ്പിക്കുകയും അതിനോടൊപ്പം മറ്റു കെട്ടിടഭാഗങ്ങളെ എല്ലാം ഒറ്റക്കെട്ടായിരിക്കാൻ വേണ്ട രീതിയിൽ നിർമ്മിക്കുകയും ചെയ്താൽ തന്നെ ദുരന്തങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കേടുപാടുകൾ ലഘൂകരിക്കാൻ സാധിക്കും.

3.3. വാസ്തുശില്പപരമായ രൂപകല്പന തന്ത്രങ്ങളും മറ്റു നിർദ്ദേശങ്ങളും (Architectural features):

ഭൂകമ്പം ഉണ്ടാകുന്ന സമയത്തെ ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ പെരുമാറ്റരീതി (behaviour), ആ കെട്ടിടത്തിന്റെ ആകൃതി, വലുപ്പം, ജ്യാമിതി (geometry), സൈസ്മിക് ബലങ്ങൾ ഭൂമിയിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതി എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. അതിനാൽ ആസൂത്രണഘട്ടത്തിൽ തന്നെ ആർക്കിടെക്ടുമാരും എൻജിനീയർമാരും ഒരുമിച്ച് ഇത്തരം കാര്യങ്ങൾ ശ്രദ്ധാപൂർവം പരിഗണിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഒരു നല്ല രൂപരേഖ തയ്യാറാക്കേണ്ടതാണ്.

കെട്ടിടത്തിന്റെ വലിപ്പം:

- ഉയരം കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളിൽ (large height-to-base size ratio) ഭൂകമ്പം മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന തിരശ്ചീനമായ ചലനം വളരെ വലുതാണ്.

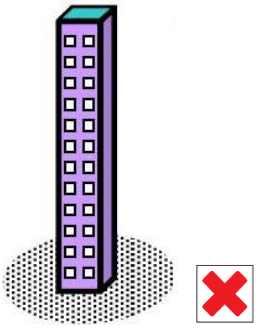


Figure 47 ഉയരം കൂടിയ കെട്ടിടം

ശ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- ഉയരം കുറഞ്ഞ നീളം കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പം മൂലം ധാരാളം കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കും.

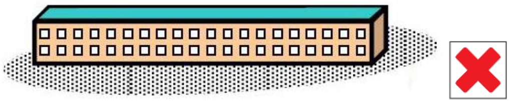


Figure 48 നീളം കൂടിയ കെട്ടിടം

ശ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- വിസ്തീർണം കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളിലെ (ഉദാഹരണത്തിന് വേർഹൌസുകൾ) തൂണുകൾക്കും ചുമരുകൾക്കും വഹിക്കേണ്ടി വരുന്ന തിരശ്ചീനമായ സൈസ്മിക് ബലങ്ങൾ വളരെ വലുതായിരിക്കും.

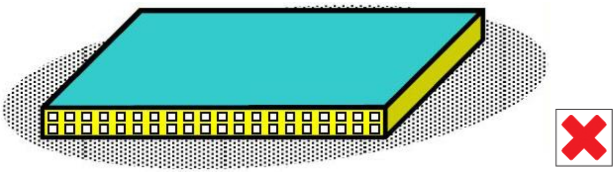


Figure 49 വിസ്തീർണം കൂടിയ കെട്ടിടം

ശ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

കെട്ടിടത്തിന്റെ രൂപരേഖയും (പ്ലാൻ) ആകാരവും (form):

- **കെട്ടിടങ്ങളുടെ തിരശ്ചീനമായ വിന്യാസം** (Horizontal Layout of Buildings):
  - പ്രതിസാമ്യമില്ലാത്ത (asymmetrical) പ്ലാനുകളുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെക്കാൾ സുരക്ഷിതം പ്രതിസമതയുള്ള (symmertrical) പ്ലാനുകളുള്ള കെട്ടിടങ്ങളാണ്.
  - ദുരന്ത സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ സങ്കീർണ്ണമായ പ്ലാനുകൾ, ഉദാഹരണത്തിന് C, H, T, L എന്നീ ആകൃതിയിലുള്ളവ, ഒഴിവാക്കുക.

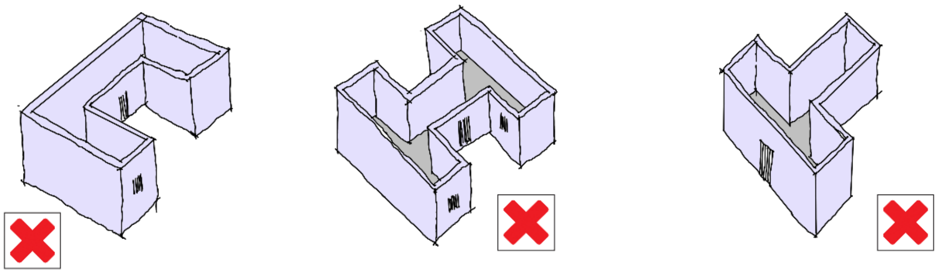


Figure 50 C, H, T ആകൃതിയിലുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

  - ഉൾവശത്തേക്കുള്ള മൂലകളുള്ള (re-entrant corners/inward corners) കെട്ടിടങ്ങൾക്കു (അതായത് U, V, +, കൈപ്പത്തി എന്നീ ആകൃതികളിലുള്ളവയ്ക്ക്) സാരമായ കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കാറുണ്ട്.

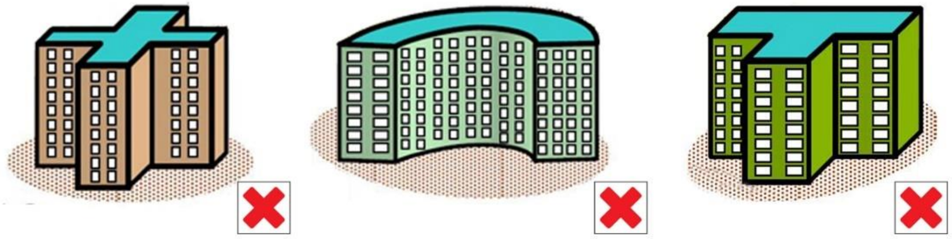


Figure 51 ഉൾവശത്തേക്കു മൂലകളുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

  - വലിയ കെട്ടിടങ്ങളെ ചെറിയ പ്രതിസമതയുള്ള ഘടകങ്ങളായി (symmetrical units) വിഭജിക്കുന്നതാണ് ഉചിതം.

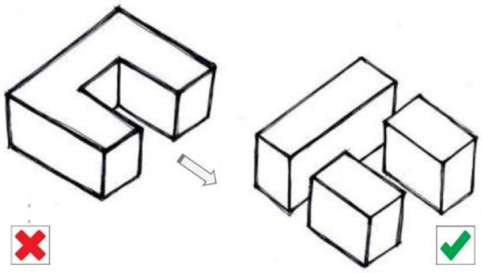


Figure 52 വലിയ കെട്ടിടങ്ങളെ ചെറിയ ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുന്നു

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

പ്ലാനിൽ ഉൾവശത്തേക്കുള്ള മൂലകൾ കാരണം ഉണ്ടായേക്കാവുന്ന പ്രശ്നങ്ങൾ ഒഴിവാക്കുന്നതിനായി കെട്ടിടത്തിനെ 2 ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കാം. ഉദാഹരണത്തിന് L ആകൃതിയിൽ ഉള്ള പ്ലാനിനെ ഒരു സെപറേഷൻ ജോയിന്റ് (separation joint) ഉപയോഗിച്ച് 2 ദീർഘചതുരങ്ങളാക്കി മാറ്റാം.

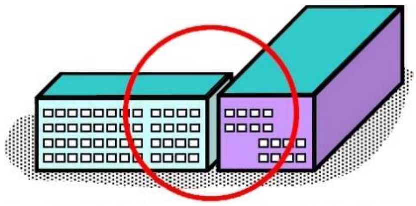


Figure 53 സങ്കീർണ്ണമായ പ്ലാനുകളെ സെപറേഷൻ ജോയിൻറ് ഉപയോഗിച്ച് ലളിതമായ പ്ലാനുകൾ ആക്കാം.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- 7 മീറ്ററിൽ (23 അടി) കൂടുതൽ നീളമുള്ള ചുമരുകളുള്ള ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെക്കാൾ സുരക്ഷിതം സമചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങളാണ്.

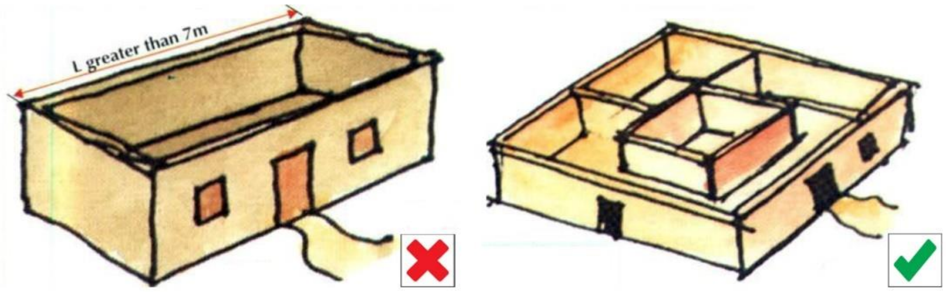


Figure 54 ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടവും സമചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടവും

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- നീളം കുറഞ്ഞ കെട്ടിടങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു നീളം കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾക്കു എളുപ്പത്തിൽ നാശം സംഭവിക്കാം. വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ വീതിയേക്കാൾ 3 ഇരട്ടിയിൽ കൂടുതൽ നീളമുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാതിരിക്കുക. അല്ലാത്തപക്ഷം കെട്ടിടത്തിനെ 2 ആയി വിഭജിക്കുക.

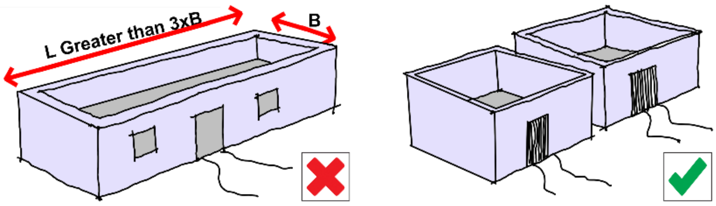


Figure 55 വീതിയേക്കാൾ 3 ഇരട്ടിയിൽ കൂടുതൽ നീളമുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ നീളം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുക.

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

- ലളിതമായ (simple) ജ്യാമിതിയുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ ശക്തമായ ഭൂകമ്പത്തിൽ പോലും നല്ല പ്രകടനം കാഴ്ചവയ്ക്കാറുണ്ട് (performed well during strong earthquakes).

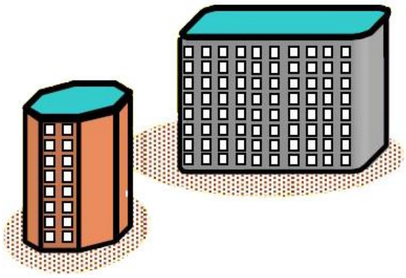


Figure 56 ലളിതമായ പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ലളിതമായ (simple) ജ്യാമിതിയുള്ള പ്ലാനുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിലും, തൂണുകളുടെയും ചുമരുകളുടെയും തുല്യമായ രീതിയിലല്ലാത്ത വിന്യാസം ഭൂകമ്പ സമയത്തു കെട്ടിടത്തെ ടിസ്റ്റ് (twist) ചെയ്യാൻ പ്രേരിപ്പിക്കും.

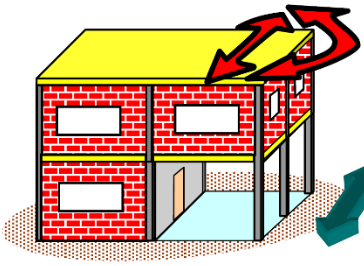


Figure 57 ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോറിൽ ഒരു വശത്തു ചുമരുകൾ ഇല്ലാതെ തൂണുകൾ മാത്രം ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ ഭൂകമ്പ സമയത്ത് ടിസ്റ്റ് ചെയ്യും (തിരിയും)

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- കെട്ടിടത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തോ അല്ലെങ്കിൽ പ്രതിസമമായ രീതിയിൽ (symmetrically) 2 വശത്തായോ വരാന്തയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു മൂലയിൽ മാത്രം വരാന്തയുള്ള, ബലം കുറഞ്ഞ കല്ലുകെട്ടുള്ള (low strength masonry) വീടുകൾ ദുർബ്ബലമായിരിക്കും.

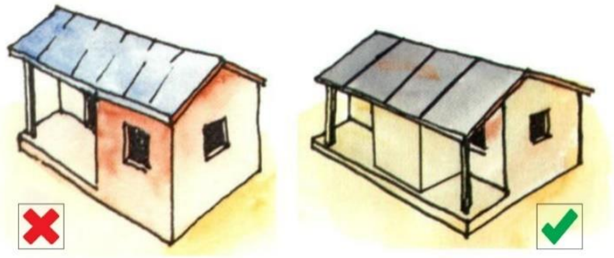
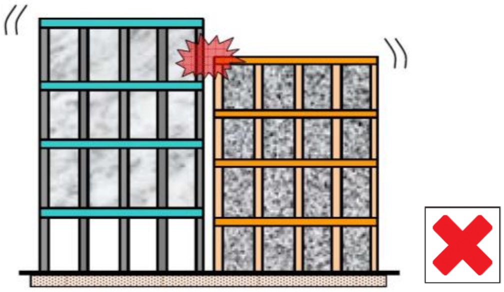


Figure 58 പ്രതിസമമായ രീതിയിൽ വരാന്തയുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ കൂടുതൽ ശക്തമാണ്.

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ശക്തമായ പ്രകമ്പനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന സമയത്തു തൊട്ടടുത്തായുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടി ഇടിക്കാനുള്ള

സാധ്യതയുണ്ട്. കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉയരം കൂടുംതോറും ഇത്തരത്തിലുള്ള കൂട്ടിമുട്ടലുകളുടെ ആഘാതത്തിന്റെ തോതും കൂടും. വ്യത്യസ്ത ഉയരങ്ങളിൽ ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടി ഇടിക്കുമ്പോൾ ഉയരം കുറഞ്ഞ കെട്ടിടത്തിന്റെ മേൽക്കൂര ഉയരം കൂടിയ കെട്ടിടത്തിന്റെ തൂണിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ഇടിക്കുന്നത് അത്യധികം അപകടകരമാണ്.



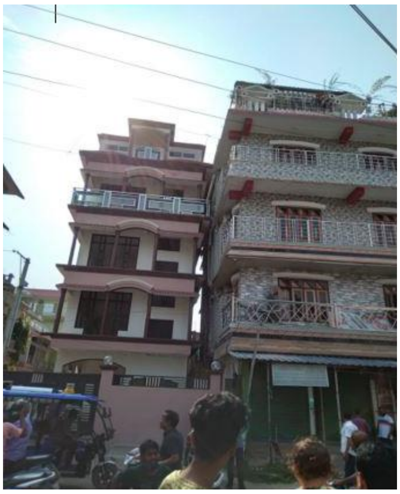


Figure 59 തിരശ്ചീനമായ പ്രകമ്പനങ്ങൾ മൂലം തൊട്ടടുത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിയിടിക്കാം.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC and https://www.nicee.org/AssamEQ_2021.php

- **കെട്ടിടങ്ങളുടെ ലംബമായ വിന്യാസം (Vertical Layout of Buildings):**
  - കെട്ടിടത്തിന്റെ വിവിധ നിലകളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പ ബലങ്ങളെ (earthquake forces) ലംബമായി (along the height) ഏറ്റവും ചെറിയ പാതയിലൂടെ ഭൂമിയിലേക്ക് കൊണ്ട് വരേണ്ടതുണ്ട്. ഭാരം കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഈ പാതയിൽ (load transfer path) എന്തെങ്കിലും വ്യതിചലനമോ (deviation) തുടർച്ചയില്ലായ്മയോ (discontinuity) ഉണ്ടാകുന്നത് കെട്ടിടത്തിന്റെ ഭൂകമ്പ സുരക്ഷയെ ബാധിക്കും. വ്യത്യസ്ത വീതിയിലുള്ള നിലകളോടു കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളിൽ (buildings with a few storeys wider than the rest) ഈ തുടർച്ചയില്ലായ്മ ഉണ്ടാകുന്നത് ഏതു ഭാഗത്താണോ അവിടെ ആഘാതം കൂടുന്നു (cause a sudden jump in earthquake forces at the level of discontinuity).

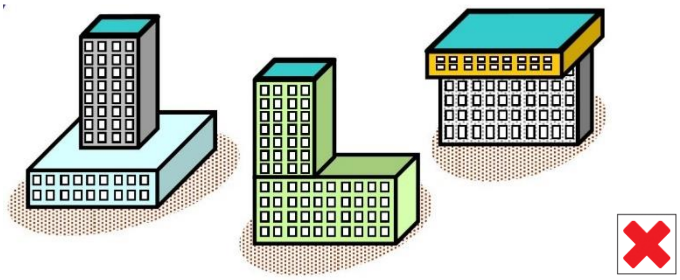


Figure 60 വ്യത്യസ്ത വീതിയിലുള്ള നിലകളോടു കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- മറ്റു നിലകളെ അപേക്ഷിച്ചു ഏതെങ്കിലും ഒരു നിലയിൽ തൂണുകളുടെയോ ചുമരുകളുടെയോ എണ്ണം കുറവാണെങ്കിലോ, ആ നിലയുടെ ഉയരം വളരെ കൂടുതൽ ആണെങ്കിലോ (unusually tall storey) കെട്ടിടത്തിന് കേടുപാട് സംഭവിക്കാനോ കെട്ടിടം തകരാനോ സാധ്യതയുണ്ട് (tend to damage or collapse which is initiated in that storey).

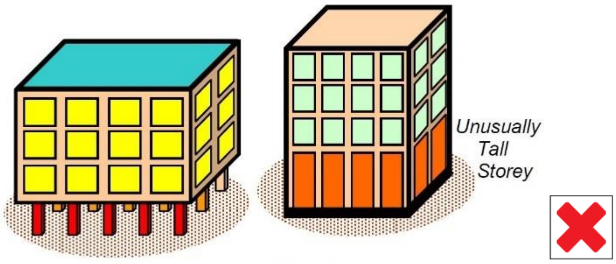


Figure 61 *ബലഹീനമായ നിലയോടു (weak storey) കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങൾ*

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

വാഹനം പാർക് ചെയ്യുന്നതിനു വേണ്ടിയുള്ള തുറസ്സായ ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോർ (open ground storey) ഉള്ള ഒരുപാട് കെട്ടിടങ്ങൾക്കു 2001-ലെ ഭുജ് ഭൂചലനത്തിൽ സാരമായ കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കുകയോ അവ തകർന്നു വീഴുകയോ ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

Figure 62 *തുറസ്സായ ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോറിലെ ആർ.സി.സി തൂണുകൾ തകർന്നതുമൂലം നിലംപതിച്ച കെട്ടിടം, 2001 ഭുജ് ഭൂചലനം.*

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- മുകളിലുള്ള തൂണുകളിൽ നിന്നും താഴെയുള്ള തൂണുകളിലൂടെ കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലേക്കു (foundation) ഭാരം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിന് പകരം, കെട്ടിടത്തിന്റെ ഇടയിലുള്ള ഏതെങ്കിലും നിലയിൽ തൂണുകൾ ഇല്ലാത്ത സാഹചര്യത്തിൽ, മുകളിലെ തൂണുകൾ ബീമുകളിലേക്ക് ഭാരം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. ഇതു മൂലം, ഭാരം കൈമാറുന്ന പാത തുടർച്ചയില്ലാത്തതാവുന്നു.

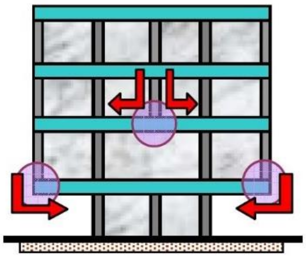


Figure 63 തുടർച്ചയില്ലാത്ത ഹാങ്ങിങ് (hanging)/ ഫ്ലോട്ടിങ് (floating) തൂണുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

കേരളത്തിൽ സാധാരണയായി കണ്ടു വരാറില്ലെങ്കിലും ചില കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പ ഭാരങ്ങളെടുക്കാൻ (earthquake loads) വേണ്ടി രൂപകൽപന ചെയ്ത പ്രബലിത/ റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് (RCC/ ആർ.സി.സി) ചുമരുകൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. ഇത് തുടർച്ചയായി എല്ലാ നിലകളിലും ഉണ്ടാകേണ്ടതാണ്. ഏറ്റവും താഴെയുള്ള നിലയിൽ ഈ ചുമരില്ലെങ്കിൽ ഒരു ഭൂചലനം ഉണ്ടായാൽ കെട്ടിടത്തിന് സാരമായ നാശനഷ്ടങ്ങൾ സംഭവിക്കും.

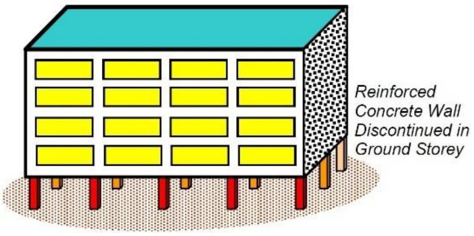


Figure 64 തുടർച്ചയില്ലാത്ത ഘടനാപരമായ ഭാഗങ്ങൾ (structural members)

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളുടെ തൂണുകൾ (columns) വ്യത്യസ്ത ഉയരങ്ങളിൽ ആയതിനാൽ ട്വിസ്റ്റിങ് (twisting) സംഭവിക്കാനും ചെറിയ തൂണുകൾക്ക് കേടുപാടുകൾ ഉണ്ടാകാനും സാധ്യതയുണ്ട്.

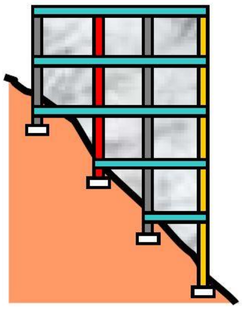


Figure 65 ചരിഞ്ഞ ഭൂമിയിലെ കെട്ടിടം

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

ചുമരുകളുടെ നീളം(length), ഉയരം(height), കനം (thickness), ബന്ധങ്ങൾ (connection)

- കുറുകെ ഭിത്തിയില്ലാത്ത, 7 മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ നീളമുള്ള ഭിത്തികൾ ഇടിഞ്ഞു വീഴാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.

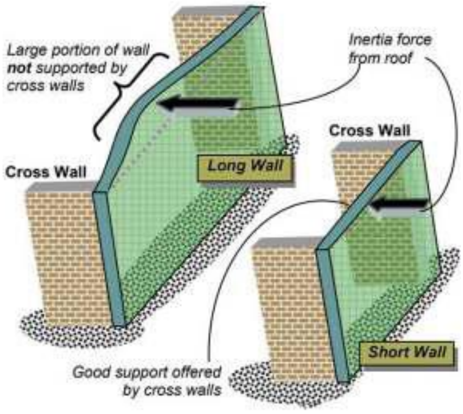


Figure 66 താങ്ങു കൊടുക്കാൻ കുറുകെ ഭിത്തിയില്ലാത്ത നീണ്ട ചുമരുകൾ നീളം കുറഞ്ഞവയെ അപേക്ഷിച്ചു ബലഹീനമായിരിക്കും.

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

നീളമുള്ള ഭിത്തിയോട് ചേർത്ത് ദൃഢമായി ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള കുറുകെയുള്ള ഭിത്തികൾ (cross walls) നിർമ്മിച്ച് അതിനെ ശക്തിപ്പെടുത്തേണ്ടതാണ്.

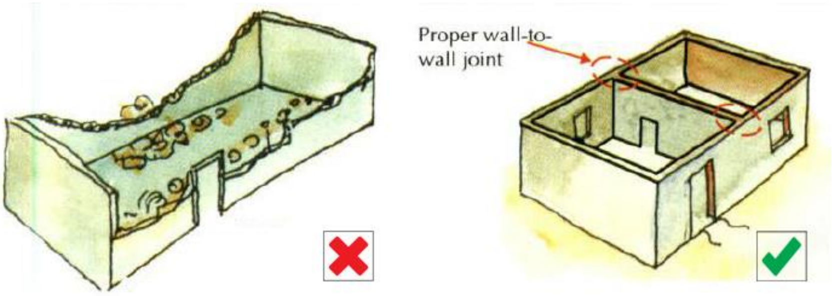


Figure 67 കുറുകെയുള്ള ഭിത്തികൾ നീളമുള്ള ഭിത്തികളുമായി ശക്തമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കണം.

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

നീളം കൂടിയ ചുമരുകൾ ശക്തിപ്പെടുത്തുന്നതിനായി മുട്ടുചുമരുകളും (buttress) നിർമ്മിക്കാം. മുട്ടുചുമരുകൾ കെട്ടുമ്പോൾ അവ ചുമരുമായി ശക്തമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കണം.

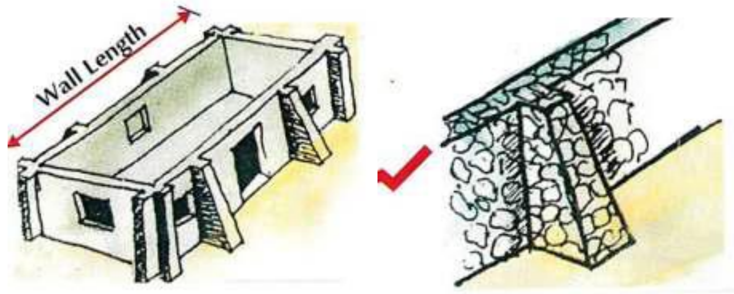


Figure 68 മുട്ടുചുമരുകൾ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

നീളം കൂടിയ ഒറ്റ ഭിത്തി ബലപ്പെടുത്തുന്നതിനായി ഭിത്തിയിൽ വളവുകളോ തിരിവുകളോ മടക്കുകളോ (corrugation) വരുത്താവുന്നതാണ്.

മൂലകളിൽ വിള്ളൽ വീഴുന്നത് തടയാനായും മുട്ടുചുവരുകൾ നിർമ്മിച്ച് ബലപ്പെടുത്താം.

- പുറം ചുമർ നിർമ്മിച്ച ശേഷം കെട്ടുന്ന ഉൾ ചുമരുകൾ ഇടിയാൻ എളുപ്പമാണ്.
  പുറം ചുമരുകൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിനോടൊപ്പം തന്നെ അവയോട് ചേർത്ത് ദൃഢമായി ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഉൾച്ചുമരുകളും നിർമ്മിക്കുക. ഇല്ലെങ്കിൽ ഭിത്തിയുടെ പരമപ്രധാന ഭാഗങ്ങളായ മുലകളിലും അകചുമരുകൾ പുറംചുമരുകളുമായി ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലും ഭൂകമ്പ സമയത്ത് വിള്ളലുകൾ ഉണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കൂടുതലാണ്.

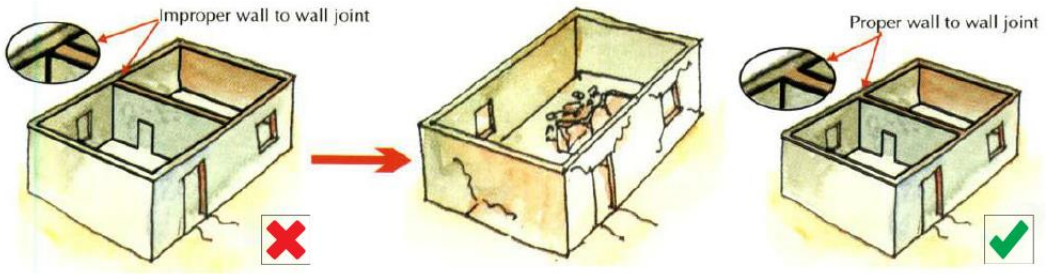


Figure 69 പുറം ചുമരുകളും ഉൾച്ചുമരുകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ദൃഢമായിരിക്കണം.

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ഭാരം താങ്ങുന്ന ചുമരുകളോടു കൂടിയ കെട്ടിടങ്ങളിലെ അകം ചുമരുകൾ 4 ഇഞ്ച് (10 സെന്റീമീറ്റർ) കനത്തിനു പകരം 9 ഇഞ്ച് (23 സെന്റീമീറ്റർ) കനത്തിൽ തന്നെ നിർമ്മിക്കുക.

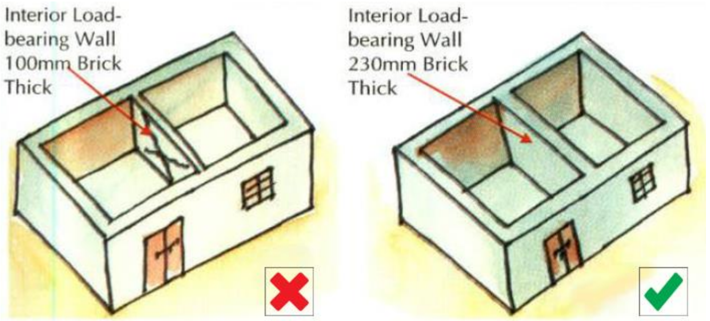


Figure 70 അകം ചുമരുകളുടെ കനം

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- കനം കൂടിയ ചുമരുകളെ അപേക്ഷിച് കനം കുറഞ്ഞ ഉയരം കൂടിയ ചുമരുകൾ എളുപ്പത്തിൽ ഇടിഞ്ഞു വീഴും.

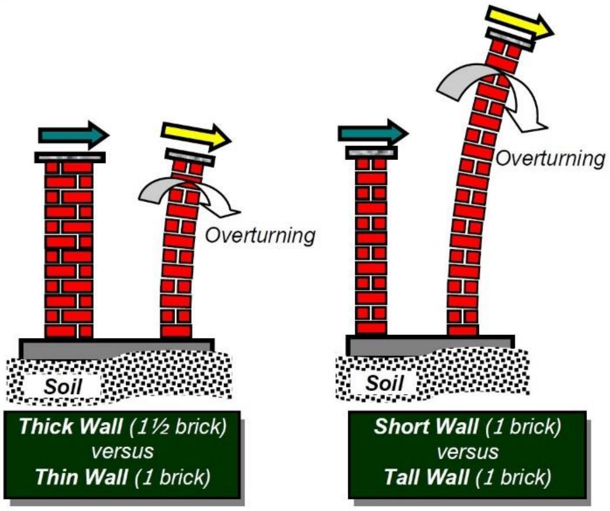


Figure 71 കനം കുറഞ്ഞ ഉയരം കൂടിയ ചുമരുകൾ ഇടിഞ്ഞു വീഴാം

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- പൂർണ്ണമായും കല്ല് കെട്ടി മാത്രം നിർമ്മിക്കുന്ന പാരപ്പെറ്റുകൾ ഇടിയാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.

  ഇതിനു പകരം ഒരടി (30 സെന്റീമീറ്റർ) ഉയരത്തിൽ മാത്രം കല്ല് കെട്ടി ഭിത്തി നിർമ്മിച്ച ശേഷം അതിനു മുകളിലായി ആവശ്യമായ ഉയരത്തിൽ ഇരുമ്പ് കൊണ്ടോ സ്റ്റീൽ കൊണ്ടോ കൈവരി നിർമ്മിക്കുക.

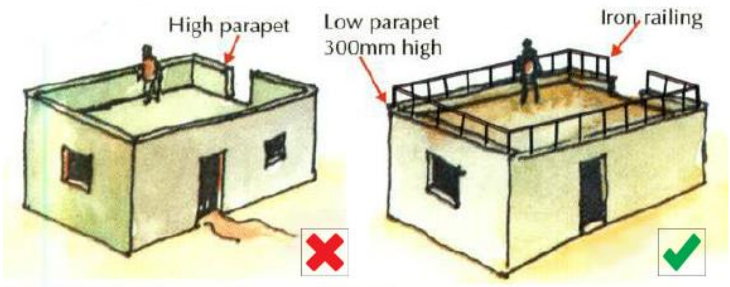


Figure 72 പാരപ്പെറ്റ്

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ചരിഞ്ഞ മേൽകൂരകൾക്കു മുകളിൽ കെട്ടുന്ന ഭാരമുള്ള ഉയരം കൂടിയ ഭിത്തികൾ പാരപ്പെറ്റ് പോലെ ഇടിഞ്ഞു വീഴാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.
  ഇത്തരത്തിൽ ഭിത്തികൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ 8 mm റീഇൻഫോഴ്സ്മെന്റ് കമ്പി ചേർത്ത്, ഉയരം 9 ഇഞ്ചിൽ (23 സെന്റീമീറ്റർ) കൂടാതെ കെട്ടുക.

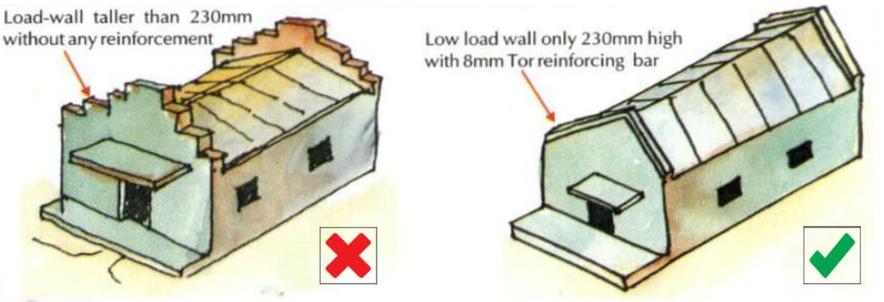


Figure 73 *ചരിഞ്ഞ മേൽകൂരകൾക്കു മുകളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന ഉയരം കൂടിയ ഭിത്തികൾ*

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- രണ്ടു വശത്തേക്ക് മാത്രം ചരിഞ്ഞ മേൽക്കൂരയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിലെ ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള മട്ടച്ചുമരുകളുടെ (gable walls) കൂടിയ ഉയരം മേൽക്കൂരയുടെ ഇറമ്പിൽ നിന്നും 3 അടി 4 ഇഞ്ചിൽ (1 മീറ്റർ) കൂടരുത്.

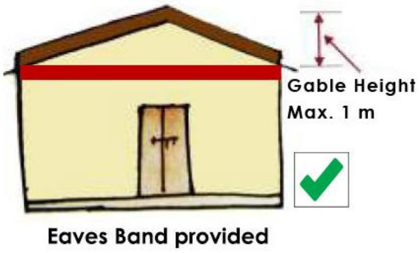


Figure 74 *മട്ടച്ചുമരുകളുടെ ഉയരം*

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

ഇത് 3 അടി 4 ഇഞ്ചിനെക്കാൾ (1 മീറ്റർ) ഉയരം ഉണ്ടെങ്കിൽ ആ ഭാഗം ഭാരം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കൾ (തടി, ഷീറ്റ്) ഉപയോഗിച്ച് നിർമ്മിക്കുന്നതായിരിക്കും സുരക്ഷിതം.

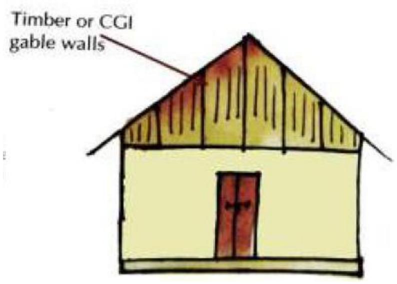


Figure 75 ഭാരം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായ മട്ടച്ചുമരിന്റെ മുകൾഭാഗം

* സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA*

ജനൽ വാതിൽ എന്നീ തുറപ്പുകൾ (Openings)

- വ്യത്യസ്ത നിരപ്പുകളിൽ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിൽ ഉള്ള ജനലുകൾ ഉള്ള ചുമരുകൾ ദുർബലമായിരിക്കും. എല്ലാ തുറപ്പുകൾക്കും ഒരേ ലിന്റൽ നിരപ്പ്/ മുകൾ മട്ടം (lintel level) പാലിക്കുക.

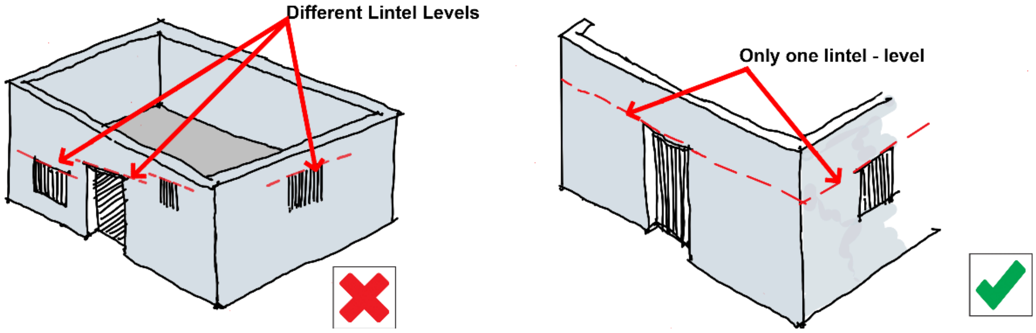


Figure 76 ലിന്റൽ നിരപ്പ്

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

- ചുമരുകളിലെ തുറപ്പുകളുടെ പ്രതിസാമ്യമില്ലാത്ത വിന്യാസം (asymmetric arrangement) കെട്ടിടത്തെ ദുർബ്ബലപ്പെടുത്തുന്നു.

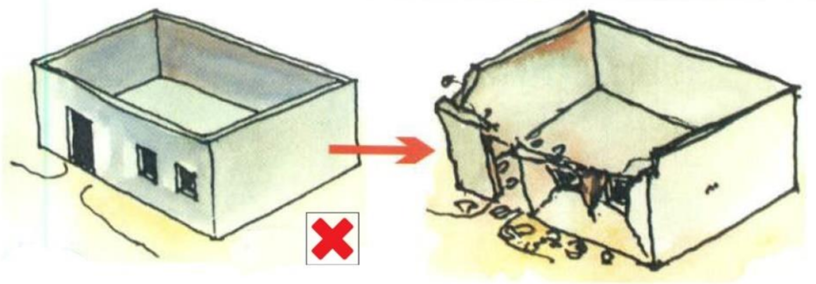


Figure 77 തുറപ്പുകളുടെ പ്രതിസാമ്യമില്ലാത്ത വിന്യാസം

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

ഇതു കാരണം സംഭവിച്ചേക്കാവുന്ന കേടുപാടുകൾ കുറയ്ക്കുന്നതിനായി എതിർ വശങ്ങളിലുള്ള ചുമരുകളിൽ ഒരു പോലെയുള്ള തുറപ്പുകൾ നൽകുക. സാധ്യമെങ്കിൽ ചുമരിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി വാതിൽ വയ്ക്കുകയും ജനാലകൾ വാതിലിന്റെ 2 വശങ്ങളിലുമായും നൽകുക.

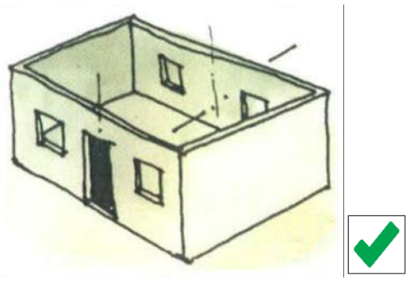


Figure 78 തുറപ്പുകളുടെ പ്രതിസമതയുള്ള വിന്യാസം

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- അടുത്തടുത്തായി അനേകം ജനാലകളും വാതിലുകളും ഉള്ള ചുമരുകൾ പെട്ടെന്ന് തകർന്നു വീഴും. തുറപ്പുകളുടെ എണ്ണവും വലിപ്പവും പരിമിതപ്പെടുത്തുക. ഒരു ഭിത്തിയുടെ വിസ്തീർണ്ണത്തിന്റെ 50 ശതമാനത്തിൽ കുറവായിരിക്കണം ജനൽ വാതിലുകളുടെയും മറ്റു തുറപ്പുകളുടെയും വിസ്തീർണ്ണം.

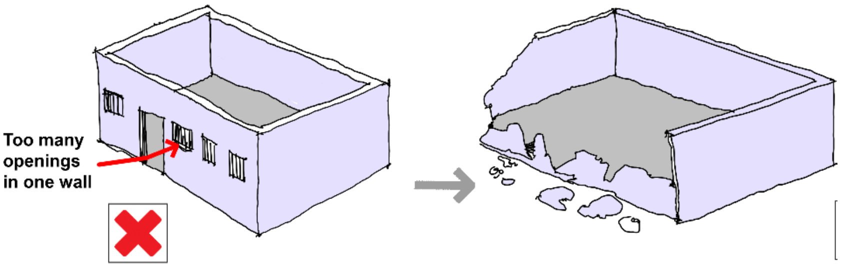


Figure 79 അനേകം തുറപ്പുകൾ ഉള്ള ചുമർ

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

ചെറിയ മുറികളിൽ ഒരു ചുമരിൽ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ജനലോ വാതിലോ കൊടുക്കാതിരിക്കുക.

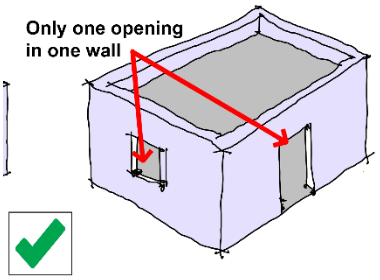


Figure 80 ചെറിയ ചുമരുകളിൽ ഒരു തുറപ്പ് മാത്രം നൽകുക

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

- താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള A+B+C എന്ന നീളം ചുമരിന്റെ ആകെയുള്ള നീളത്തെ അപേക്ഷിച്ച് താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കണം.

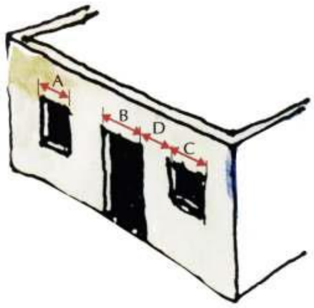


Figure 81 ***A+B+C എന്ന നീളം ചുമരിന്റെ നീളത്തെക്കാൾ താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കണം***

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- വാതിലുകൾക്കും ജനാലകൾക്കും ഇടയിൽ ഉള്ള അകലം (D) തീരെ കുറയരുത്.
- കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉൾവശത്തെ മൂലകളിൽ നിന്നും ജനലിലേക്കോ വാതിലിലേക്കോ ഉള്ള അകലം തീരെ കുറയരുത്.

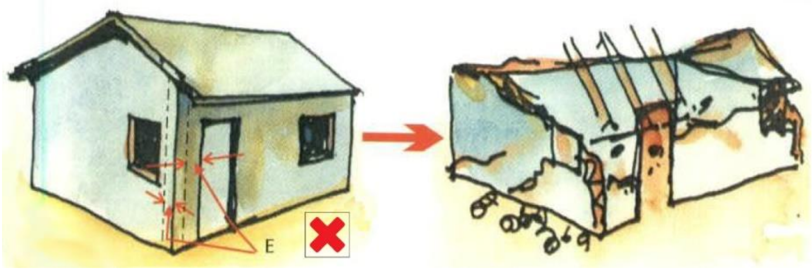


Figure 82 ***തുറപ്പിൽ നിന്നും ഉൾവശത്തേക്കുള്ള മൂലയിലേക്കുള്ള ദൂരം (E) കുറഞ്ഞ ചുമരുകൾ***

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

ഈ അകലം ചുരുങ്ങിയത് ചുമരിന്റെ ഉയരത്തിന്റെ ആറിൽ ഒന്നെങ്കിലും ഉണ്ടാകേണ്ടതാണ്.

E ≥ H/6

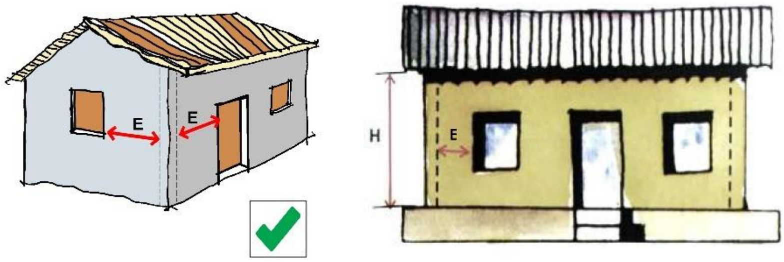


Figure 83 ***E≥H/6***

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും, Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ഒരിക്കലും കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭിത്തികൾ തമ്മിൽ ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ജനലുകളോ വാതിലുകളോ മറ്റു തുറപ്പുകളോ വയ്ക്കുവാൻ പാടുള്ളതല്ല.

മേൽക്കൂരകൾ

- ഒരു ഭൂകമ്പം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ എല്ലാ ദിശകളിലും ബലങ്ങൾ (forces) വർത്തിക്കുന്നതിനാൽ രണ്ടു വശങ്ങളിൽ മാത്രം താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ളാബിനു (One way roof slab) പകരം നാല് വശങ്ങളിലും താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ളാബ് (Two way roof slab) ആണ് വാർക്കേണ്ടത്.

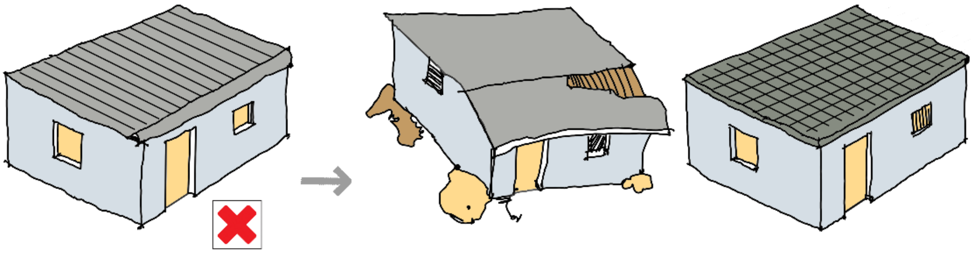


Figure 84 നാല് വശങ്ങളിലും താങ്ങുള്ള മേൽക്കൂര സ്ളാബ് വാർക്കുക

സ്രോതസ്: സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും

- ഭാരം കുറഞ്ഞ മേൽക്കൂരകൾ ആണ് ഭൂകമ്പ സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ അനുയോജ്യം.

- 2 വശങ്ങളിലേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയുള്ള വീടുകളിലെ മട്ടച്ചുമരുകൾ (gable walls) എളുപ്പത്തിൽ തകർന്നു വീഴാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.

Figure 85 മട്ടച്ചുമരുകളുടെ തകർച്ച

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

2 വശങ്ങളിലേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയെക്കാൾ (Gable roof) ശക്തമായത് 4 വശങ്ങളിലേക്ക് ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയാണ് (Hip roof).

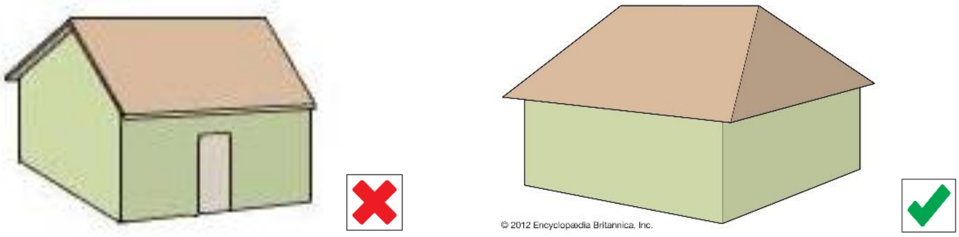


Figure 86 4 വശങ്ങളിലേക്ക് ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയാണ് 2 വശങ്ങളിലേക്ക് മാത്രം ചെരിവുള്ള മേൽക്കൂരയെക്കാൾ ശക്തം

സ്രോതസ്: https://www.britannica.com/technology/roof

3.4. കല്‌കെട്ടു ചുമരുകളുടെ ഭൂകമ്പ സമയത്തെ പ്രതികരണ രീതി എങ്ങനെ മെച്ചപ്പെടുത്താം?

ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധത്തിനുതകുന്ന ഘടനാപരമായ രൂപകൽപ്പനയിലൂടെ (earthquake-resistant structural design) ആർ.സി.സി ഫ്രെയിംഡ് കെട്ടിടങ്ങളിൽ (Framed structures) ഭൂചലനം ഏൽപ്പിക്കുന്ന ആഘാതം കുറക്കാവുന്നതാണ്. ഒരു സ്ട്രക്ചറൽ എൻജിനീയറുടെയോ (structural engineer) അനുഭവജ്ഞാനമുള്ള സിവിൽ എൻജിനീയറുടെയോ (experienced civil engineer) സേവനം ഇതിനു ആവശ്യമാണ്.

എന്നാൽ ഭൂരിഭാഗം വീടുകളും ഇത്തരത്തിൽ ഘടനാപരമായ രൂപകല്പന ചെയ്തവയായിരിക്കണമെന്നില്ല. പ്രത്യേകിച്ചും കല്ലുകെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന വീടുകളുടെ (masonry buildings) ഭൂകമ്പ സുരക്ഷ കേരളത്തിൽ പരിഗണിക്കപ്പെടാറില്ല. അതിനാൽ തന്നെ ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ ശേഷി വർധിപ്പിക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങളെക്കുറിച്ചാണ് ഇനി പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

ഉയരത്തിനും നീളത്തിനും ആനുപാതികമായ കനം (thickness) ഇല്ലാത്ത ചുമരുകളുടെ (slender walls) ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ ശേഷി വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിനായി ഈ ചുമരുകളും മേൽക്കൂരയും അടിസ്ഥാനവും എല്ലാം ഒരുമിച്ച് ഒരു പെട്ടി (box) പോലെ പ്രവർത്തിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ് (Box action). ഈ പ്രവർത്തനം ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതിന് ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കാര്യങ്ങൾ നിർമ്മാണ സമയത്തു ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

1. ഒന്നാമതായി, ചുമരുകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങൾ (connections) ദൃഢമായിരിക്കണം. ഇതിനായി ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കാര്യങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കാം:
    a. ചുമരുകളുടെ സന്ധിസ്ഥാനത്ത് (ജംഗ്ഷനുകളിൽ) കല്ലുകെട്ടിന്റെ നിരകൾ (masonry courses) തമ്മിൽ നല്ല രീതിയിൽ കോർത്തിണക്കിയിട്ടുണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക.
    b. വിവിധ നിരപ്പുകളിലായി, പ്രത്യേകിച്ച് ലിന്റൽ നിരപ്പിൽ, തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ (വിശദാംശങ്ങൾക്ക് പേജ് നമ്പർ 65 കാണുക) നിർമ്മിക്കുക.

    കെട്ടിടത്തിന്റെ മൂലകളും ജംഗ്ഷനുകളുമാണ് കെട്ടിടത്തിന്റെ സുദൃഢമായ ഘടകങ്ങൾ. അവയെ ബന്ധനങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകൾ ഭാഗങ്ങളുമായി ബന്ധപെടുത്തിയില്ലെങ്കിൽ ഭാരം വഹിക്കാൻ കഴിവുള്ള ചുമരുകളുള്ള കെട്ടിടങ്ങളും പ്രകൃതിക്ഷോഭത്തിൽ തകരാനിടയുണ്ട്.

2. രണ്ടാമതായി, ചെറിയ വാതിലുകളും ജനാലകളും നിർമ്മിക്കുക. തുറപ്പുകളുടെ/ തുറസ്സുകളുടെ വലിപ്പം കുറയുംതോറും ഭൂകമ്പ

ബലങ്ങളോടുള്ള ചുമരിന്റെ പ്രതിരോധം കൂടും. ജനാലുകളുടെയും വാതിലുകളുടെയും എണ്ണവും കുറയ്ക്കേണ്ടതാണ്.

3. മൂന്നാമതായി, ഒരു ചുമരിനെ അതിന്റെ ദുർബ്ബലദിശയിൽ തള്ളിയാൽ മറിഞ്ഞു വീഴാനുള്ള പ്രവണത കുറയ്ക്കുവാൻ അതിന്റെ നീളവും കനവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതവും ഉയരവും കനവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതവും നിയന്ത്രിച്ചുകൊണ്ട് സാധിക്കും. രൂപകൽപന കോഡുകളിൽ (design codes) ഈ അനുപാതങ്ങളുടെ പരിധികൾ നിശ്ചയിച്ചിട്ടുണ്ട്. കനത്തെ അപേക്ഷിച്ച് നീളമോ ഉയരമോ കൂടുതലുള്ള ചുമരുകൾ ബലഹീന ദിശയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകമ്പനങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കാൻ കെൽപ്പുള്ളവയായിരിക്കില്ല.

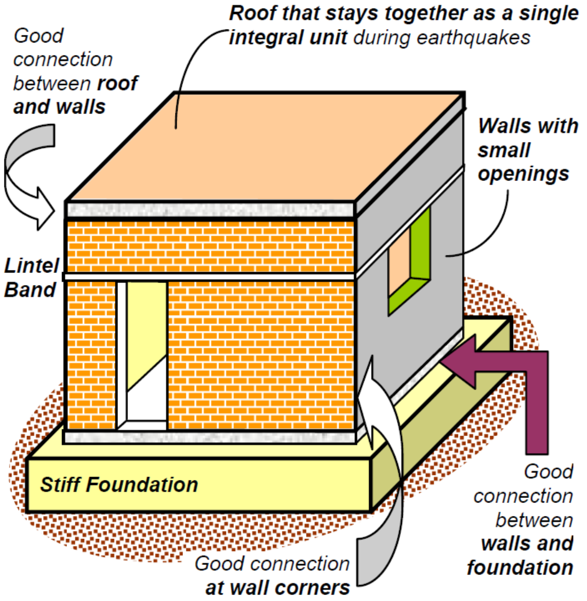


Figure 87 ബോക്സ് ആക്ഷൻ ഉറപ്പു വരുത്താൻ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

കരിങ്കല്ല് കെട്ടിന്റെ (random rubble masonry) ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധം മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങൾക്ക് അനുബന്ധം 1 (പേജ് നമ്പർ 91, 95) കാണുക.

കെട്ടിട നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ

കല്ലു കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന ചുമരുകളുടെ ഭൂകമ്പസമയത്തെ പെരുമാറ്റം അതിന്റെ മൂലപദാർത്ഥങ്ങളുടെ- അതായത് കല്ലുകളുടെയും/ കട്ടകളുടെയും യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്റെയും (masonry units and mortar)- സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. അസംസ്കൃതവസ്തുക്കളുടെയും, നിർമ്മാണപ്രക്രിയയിലെയും വ്യത്യാസങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ഓരോ സ്ഥലത്തുമുള്ള നിർമ്മാണ വസ്തുക്കളുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങൾ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

- കളിമൺകട്ടകൾ (ചുടുകല്ലും പച്ചക്കട്ടയും), കോൺക്രീറ്റ് ബ്ലോക്കുകൾ (സോളിഡ് ബ്ലോക്കുകളും ഹോളോ/ ഉള്ളു

പൊള്ളയായ ബ്ലോക്കുകളും), കല്ലിന്‌റെ കട്ടകൾ (കരിങ്കല്ല്, ചെങ്കല്ല്....) എന്നിങ്ങനെ വിവിധ തരത്തിലുള്ള കട്ടകളാണ് (masonry units) ഇന്ത്യയിൽ ഉടനീളം ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നത്. ചുടുകല്ല് അഥവാ ഇഷ്ടികയാണ് ഏറ്റവും സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കാറുള്ളത്. ഇഷ്ടികകൾ ചെറുസുഷിരങ്ങൾ ഉള്ളവയും അതിനാൽ തന്നെ വെള്ളം വലിച്ചെടുക്കുന്നവയുമാണ്. കല്ലുകെട്ടിന്‌റെ (masonry) നല്ല പ്രകടനത്തിനെ ഹാനികരമായി ബാധിക്കുന്ന ഘടകമാണ് കല്ലിന്‌റെ അമിതമായ ആഗിരണശേഷി (Absorption capacity). ചുറ്റുമുള്ള യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിൽ/ ചാന്തിൽ (mortar) നിന്നും ഇഷ്ടിക വെള്ളം വലിച്ചെടുക്കുന്നതിനാൽ ഇഷ്ടികയും യോജിപ്പു മിശ്രിതവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ദുർബ്ബലമാവുകയും ഇഷ്ടികകൾ ശരിയായി സ്ഥാപിക്കുന്നതിൽ ബുദ്ധിമുട്ടുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ, വലിച്ചെടുക്കുന്ന വെള്ളത്തിന്‌റെ അളവ് കുറയ്ക്കുന്നതിനായി ആഗിരണശേഷി കുറഞ്ഞ കട്ടകൾ തിരഞ്ഞെടുക്കുകയും[5], ഉപയോഗിക്കുന്നതിനു മുന്നോടിയായി അവ വെള്ളത്തിൽ മുക്കി വയ്ക്കേണ്ടതുമാണ്.

- മണ്ണ്, സിമന്‌റ്-മണൽ, സിമന്‌റ്-കുമ്മായം-മണൽ എന്നിങ്ങനെ പല തരം യോജിപ്പ് മിശ്രിതങ്ങൾ/ ചാന്ത് ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. ഇവയിൽ ഏറ്റവും ദുർബ്ബലമായത് മണ്ണുകൊണ്ടുള്ള മിശ്രിതമാണ് (mud mortar). ഇതിന് ഭൂകമ്പത്തിനെതിരെ വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധശേഷിയാണുള്ളത്. കൂടാതെ ഇതുണങ്ങിക്കഴിഞ്ഞാൽ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. കുമ്മായം (lime) ചേർത്ത സിമന്‌റ്-മണൽ മിശ്രിതമാണ് ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായത്. ഈ യോജിപ്പ് മിശ്രിതം കല്ലുകളെ നല്ലപോലെ ബന്ധപ്പെടുത്തുകയും, കല്ലുകൾ അടുക്കി വയ്ക്കൽ എളുപ്പമാക്കുകയും, ചെറിയ പ്രകമ്പനങ്ങളിൽ തകരാത്ത വിധം വലിയുകയും ചെയ്യുന്നു. കല്ലു കെട്ടി നിർമ്മിക്കുന്ന ചുമരുകളുടെ ഭൂകമ്പ സമയത്തെ പ്രകടനം അവ നിർമ്മിച്ച ഇഷ്ടികയുടെയും യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്‌റെയും ആപേക്ഷിക ശക്തിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ഇഷ്ടികകൾ യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിനേക്കാൾ ശക്തമായിരിക്കണം. യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്‌റെ അമിതമായ കനം (thickness) അഭിലഷണീയമല്ല. പ്രായോഗികമായും സൗന്ദര്യപരമായും പൊതുവെ തൃപ്തികരമായത് 10 മി.മി. കനത്തിലുള്ള യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്‌റെ വരിയാണ് (layer). ഓരോ സീസ്മിക്

[5] IS 1077: 1992 പ്രകാരം കളിമണ്ണ് ചുട്ടുണ്ടാക്കിയ ഇഷ്ടികകളിൽ, IS 3495 (Part 2): 2019 നിഷ്കർഷിച്ചിരിക്കുന്ന 24 മണിക്കൂർ നേരം തണുത്ത വെള്ളത്തിൽ മുക്കി വച്ചുകൊണ്ടുള്ള പരീക്ഷണത്തിൽ (24-hour Immersion Cold Water Test), ആഗിരണം ചെയ്ത വെള്ളത്തിന്‌റെ ഭാരം ആ ഇഷ്ടികയുടെ ഭാരത്തിന്‌റെ 15-20 %-ൽ കൂടരുത്.

സോണുകളിലെയും കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് അനുയോജ്യമായ ഇഷ്ടികയുടെയും യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്റെയും തരങ്ങളും ശ്രേണികളും ഇന്ത്യൻ സ്റ്റാൻഡേർഡുകളിൽ (Indian Standards) നിർദ്ദേശിക്കുന്നുണ്ട്. സോൺ III-ൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന കേരളത്തിലെ വീടുകളിൽ, പ്രത്യേകിച്ചും ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള ഇഷ്ടിക (ചുടുകട്ട), സോളിഡ് സിമന്റ്/കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ, ഹോളോ സിമന്റ്/കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ, കംപ്രസ്സ് സ്റ്റെബിലൈസ്ഡ് മൺകട്ടകൾ എന്നിവ കൊണ്ട് നിർമ്മിക്കുന്നവയിൽ, കുറഞ്ഞത് 1:6 അനുപാതത്തിലുള്ള സിമന്റ്-മണൽ യോജിപ്പ് മിശ്രിതമോ 1:2:9 അനുപാതത്തിലുള്ള സിമന്റ്-കുമ്മായം-മണൽ യോജിപ്പ് മിശ്രിതമോ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതാണ്.

- ഭിത്തി നിർമ്മാണത്തിൽ എപ്പോഴും ഒരേ നിർമ്മാണ വസ്തു തന്നെ ഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് ശരിയായ രീതി. പല തരത്തിലുള്ള നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിച്ചാൽ ഭൂകമ്പസമയത്തു കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കാനുള്ള സാധ്യത കൂടുതലാണ്.

Figure 88 ഭിത്തി നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ പല തരം വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിക്കരുത്

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ഭിത്തി നിർമ്മാണവേളയിൽ യാതൊരു കാരണവശാലും ഉരുണ്ട രൂപത്തിലുള്ള നിർമ്മാണവസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിക്കാൻ പാടുള്ളതല്ല. നല്ല കോണുകളും മൂലകളും ഉള്ള നിർമ്മാണവസ്തുക്കൾ ഭിത്തിയിൽ പരസ്പരം കോർത്തിണങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ പുറമെ നിന്നുള്ള സമ്മർദങ്ങളെ/ ബലങ്ങളെ ചെറുക്കാനുള്ള കഴിവ് കൂടുതലാണ്.

Figure 89 ഉരുണ്ട കല്ലുകൾ നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കരുത്

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

കെട്ടിട നിർമ്മാണ സാധനങ്ങളുടെ തെരെഞ്ഞെടുപ്പിൽ വിദഗ്ദ്ധോപദേശം തേടുന്നത് കെട്ടിടത്തിന്റെ ഗുണമേന്മ ഉറപ്പു വരുത്താൻ സഹായിക്കുകയും അതുപോലെ പാഴ്ചെലവുകളും സാധനസാമഗ്രികളുടെ ദുരുപയോഗം കുറയ്ക്കാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യും. ഗുണനിലവാരത്തിന് അംഗീകാരം ലഭിച്ചിട്ടുള്ള നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ മാത്രമേ ഉപയോഗിക്കാവൂ, പ്രത്യേകിച്ച് കമ്പിയും സിമെന്റും.

3.5. വീട് നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട ഘടനാപരമായ കാര്യങ്ങൾ

ഭൂകമ്പം മൂലം കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള അപകടങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കുന്നതിനും കെട്ടിടത്തെ ദൃഢപ്പെടുത്തുന്നതിനും താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിലേതു പോലെയുള്ള തിരശ്ചീനവും (horizontal) ലംബവുമായ (vertical) സൈസ്മിക് ബാൻഡുകൾ (seismic bands) ആവശ്യമാണ്. ഇവ കെട്ടിടത്തിന്റെ പുറം ചുമരുകളിലും അകം ചുമരുകളിലും ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ടതാണ്. കമ്പി (steel bar) ഉപയോഗിച്ച് പ്രബലിതമായ റീയിൻഫോഴ്സ്ഡ് സിമന്റ് കോൺക്രീറ്റ് (Reinforced Cement Concrete RCC) ആണ് ഇത്തരം സൈസ്മിക് ബന്ധനകൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇവ അടിസ്ഥാനം തുടങ്ങി വീടിന്റെ മേൽക്കൂര പണിയുന്നതുവരെയുള്ള എല്ലാ ഘട്ടങ്ങളിലും ഒരേ സമയം ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

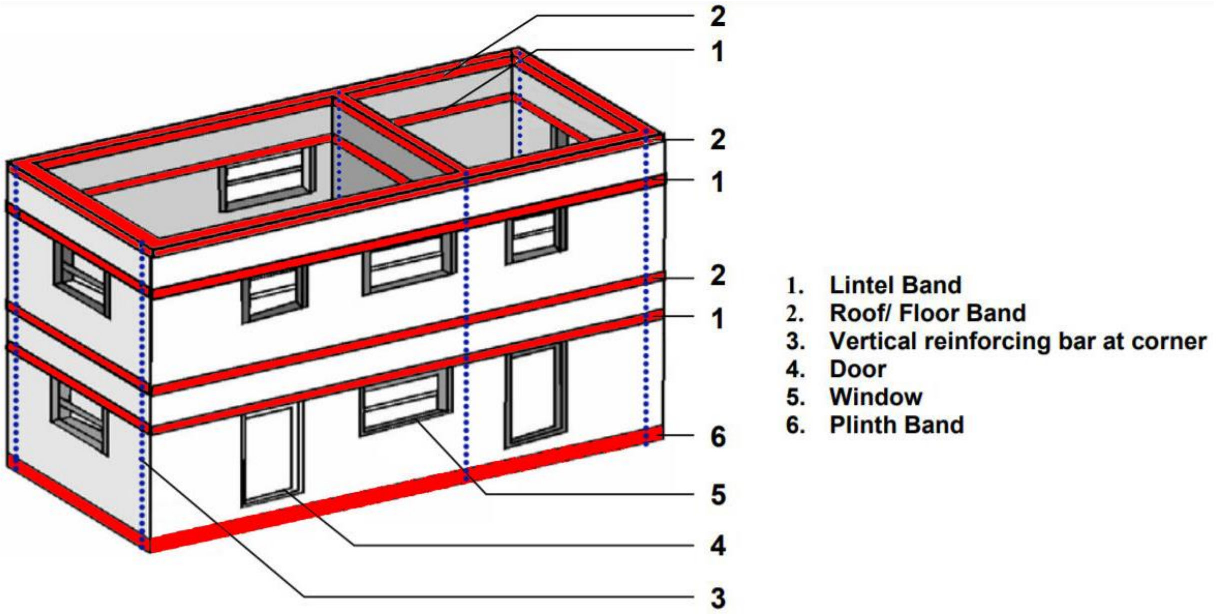


Figure 90 തിരശ്ചീനവും ലംബവുമായ സൈസ്മിക് ബാൻഡുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

ബാൻഡും (band) ബീമും (beam) തമ്മിൽ ഉള്ള വ്യത്യാസം:

തിരശ്ചീനമായ ബാൻഡ് കെട്ടിടത്തിലെ എല്ലാ ചുമരുകളെയും ഒരുമിച്ചു ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതു കാരണം തിരശ്ചീനമായ ഭാരങ്ങളെ (horizontal loads) ദുർബലമായ ചുമരുകളിൽ നിന്നും ശക്തമായ ചുമരുകളിലേക്കു കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. ഭൂകമ്പം, ശക്തമായ കാറ്റ് എന്നിവ ഉണ്ടാവുമ്പോൾ ഇത്തരം തിരശ്ചീനമായ ബലങ്ങൾ (horizontal forces) ആണ് കെട്ടിടത്തെ ബാധിക്കുന്നത്.

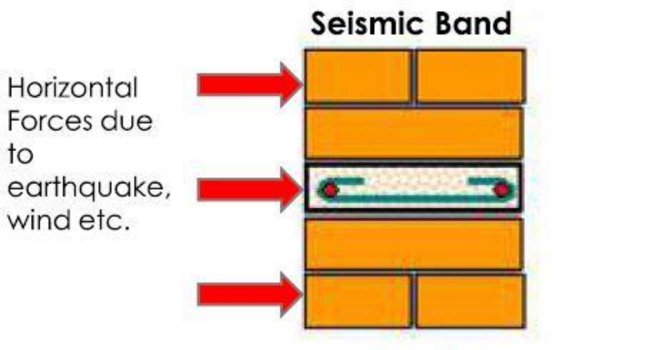


Figure 91 സൈസ്മിക് ബാൻഡ്

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

എന്നാൽ, മേൽക്കൂരയുടെയോ മുകളിലെ നിലകളുടെയോ ലംബമായ ഭാരങ്ങളെ (vertical loads) താഴെയുള്ള തൂണുകൾ (columns) ചുമരുകൾ എന്നിവയിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുകയാണ് ഒരു ബീം ചെയ്യുന്നത്.

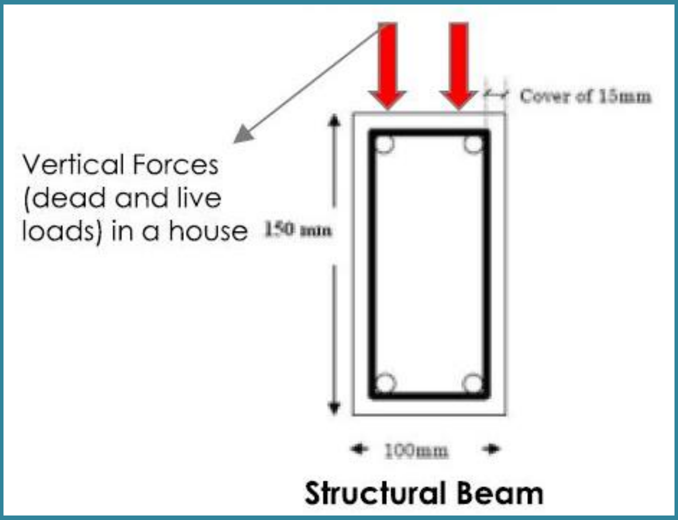


Figure 92 സ്ട്രക്ച്ചറൽ ബീം

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ (Horizontal bands)

ഭൂകമ്പം കെട്ടിടത്തിനുമേൽ ഏല്പിക്കുന്ന ആഘാതം കുറയ്ക്കുന്നതിൽ ഏറ്റവും വലിയ പങ്കു വഹിക്കുന്നത് തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ (horizontal bands) ആണ്. പ്രത്യേകിച്ചും, പൂർണ്ണമായി കല്ല്, ഇഷ്ടിക എന്നിവ കൊണ്ട് നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങളിൽ തിരശ്ചീനമായ R.C.C ബന്ധനങ്ങൾ ചുമരുകളെ ഒരുമിച്ച് ബന്ധിപ്പിക്കുകയും കെട്ടിടത്തിന് ഒരു ഏകീകൃത സ്വഭാവം നൽകുകയും ചെയ്യുന്നു. സാധാരണയായി 7.5 സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ 15 സെന്റിമീറ്റർ (അര അടി) വരെ കനത്തിൽ ആണ് തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാറുള്ളത്.

വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ ആയി 3 തരത്തിൽ ഉള്ള തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ ആണ് ഒരു കെട്ടിടത്തിൽ ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടത്:

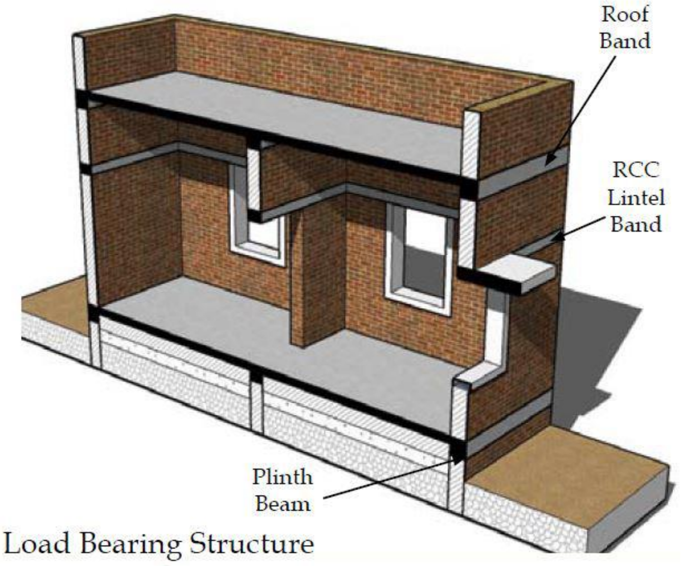


Figure 93 തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual

1. **പ്ലിന്ത് ബാൻഡ് (plinth band):** അടിത്തറയുടെ (basement) മുകളിൽ.

   ഭൂകമ്പമോ മറ്റെന്തെങ്കിലും കാരണം കൊണ്ടോ കെട്ടിടത്തിന് താഴെ ഉള്ളു മണ്ണ് ഇരുന്നു പോയാൽ അതുമൂലം കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വിള്ളലുകൾ ചുമരുകളിലേക്കു വ്യാപിക്കുന്നത് തടയാൻ പ്ലിന്ത് ബാൻഡുകൾ സഹായിക്കും.

2. **ലിന്റൽ ബാൻഡ് (lintel band):** വാതിലുകൾ, ജനാലകൾ എന്നീ തുറസ്സുകളുടെ/ തുറപ്പുകളുടെ മുകൾ നിരപ്പിൽ.

   ഏറ്റവും പ്രധാനപെട്ട ബന്ധനം ആയ ലിന്റൽ ബാൻഡ് എല്ലാ കെട്ടിടങ്ങളിലും തീർച്ചയായും നൽകേണ്ടതാണ്.

3. **റൂഫ്/ ഗേബിൾ ബാൻഡ് (roof/ gable band):** സീലിംഗ് അല്ലെങ്കിൽ മേൽക്കൂരയുടെ നിരപ്പിൽ.

റീയിൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ ഫ്ലാറ്റ് ആയ മേൽക്കൂരയിൽ റൂഫ് സ്ലാബ് തന്നെ റൂഫ് ബാൻഡിന്റെ കർത്തവ്യം നിർവ്വഹിക്കുന്നതിനാൽ പ്രത്യേകം ബാൻഡിന്റെ ആവശ്യം വരുന്നില്ലെങ്കിലും മറ്റു വസ്തുക്കൾ (തടി, CGI ഷീറ്റ് (Corrugated Galvanized Iron Sheet)) കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ മേൽക്കൂരകളിൽ റൂഫ് ബാൻഡ് അത്യന്താപേക്ഷികമാണ്. മാത്രവുമല്ല, മേൽക്കൂരയുടെ ഘടകങ്ങളെ ഈ ബാൻഡുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുകയും വേണം. ചരിഞ്ഞ മേൽക്കൂരയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിലും റൂഫ് ബാൻഡ് വളരെ പ്രധാനമാണ്. ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങളിൽ ഇവയെ ഈവ് ബാൻഡ് (eave band) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ചരിഞ്ഞ മേൽക്കൂരയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിൽ മട്ടച്ചുമരിനു മുകൾ ഭാഗത്തു മാത്രമേ ഗേബിൾ ബാൻഡ് നൽകാറുള്ളൂ.

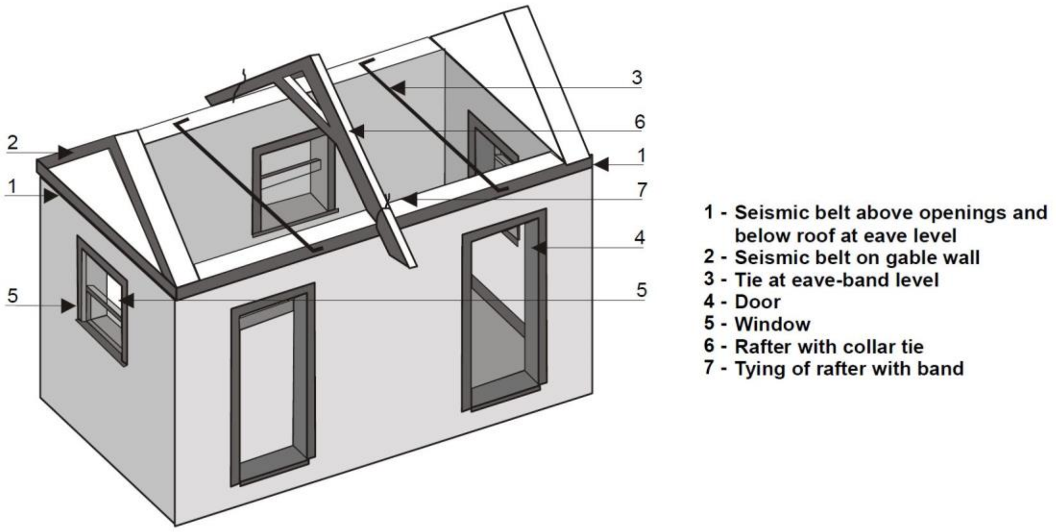


Figure 94 ഈവ് ബാൻഡും ഗേബിൾ ബാൻഡും

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

ഈവ് ബാൻഡിൽ നിന്നും ഗേബിൾ ബാൻഡിലേക്കുള്ള ഉയരം 1 മീറ്ററിൽ കൂടാൻ പാടുള്ളതല്ല

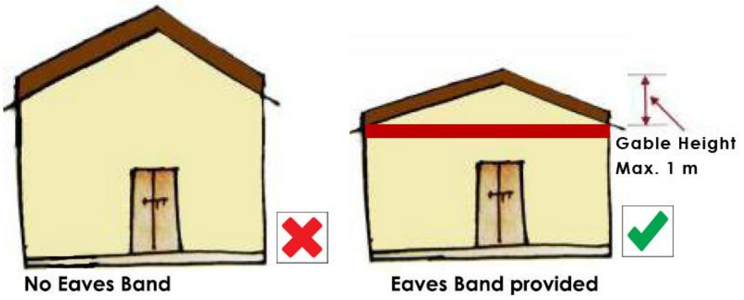


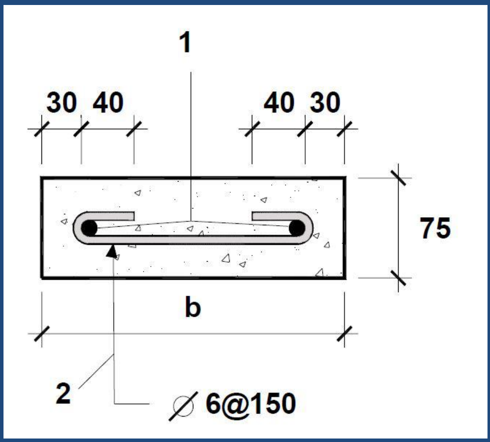
Figure 95 ഈവ് ബാൻഡിൽ നിന്നും ഗേബിൾ ബാൻഡിലേക്കുള്ള ഉയരം പരമാവധി 1 മീറ്റർ ആയിരിക്കണം

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

കേരളം സൈസ്മിക് സോൺ III-ൽ (Seismic Zone III) ആയതിനാലാണ് ജനാലപ്പടിയുടെ നിരപ്പിലുള്ള ബന്ധനം (sill level band) ആവശ്യമില്ലാത്തത്.

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- *നീളത്തിലുള്ള കമ്പികൾ (longitudinal bars) ചുമരിന്റെ അകംവശത്തുനിന്നും പുറംവശത്തുനിന്നും ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് 2.5 സെന്റീമീറ്റർ അകത്തേക്കു നീക്കി വയ്ക്കുക. ഇവ താഴെ ഉള്ള പ്രതലത്തിൽ (ഇഷ്ടിക/ കല്ല്) നിന്നും ഉയർത്തി വയ്ക്കുകയും വേണം.*



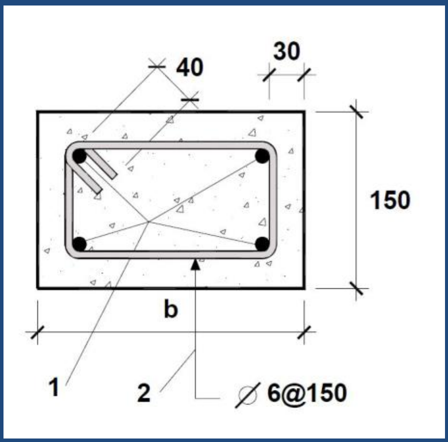


Figure 96 2 ലോന്ജിറ്റ്യൂഡിനൽ കമ്പികളുള്ള ബാൻഡിന്റെ പരിച്ഛേദം

Figure 97 4 ലോന്ജിറ്റ്യൂഡിനൽ കമ്പികളുള്ള ബാൻഡിന്റെ പരിച്ഛേദം

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

1 *നീളത്തിലുള്ള കമ്പികൾ (Longitudinal bars)*

2 *കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പികൾ (Lateral/ Cross ties)*

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- *ചുമരുകൾ ചേരുന്നയിടങ്ങളിൽ (L and T junctions) നീളത്തിലുള്ള കമ്പികൾക്ക് 45 സെന്റിമീറ്റർ ഓവർലാപ്പ് (overlap) ആവശ്യമാണ്.*

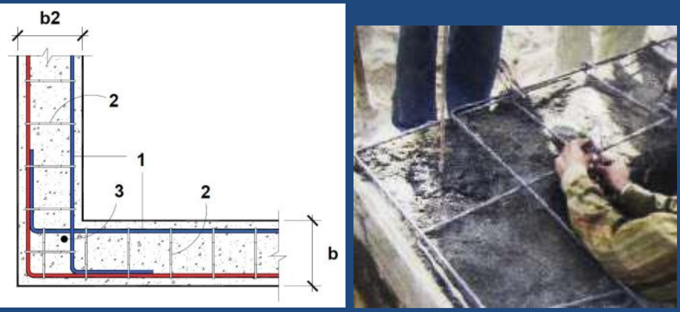


Figure 99 L ജംഗ്ഷനിലെ സ്ട്രക്ച്ചറൽ പ്ലാൻ

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

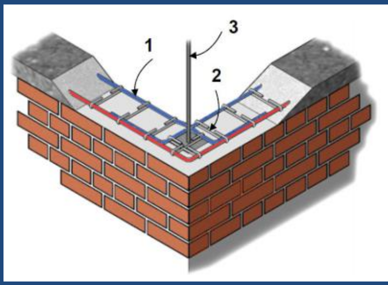


Figure 100 L ജംഗ്ഷന്റെ ത്രിമാന രൂപം

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

1 നീളത്തിലുള്ള കമ്പികൾ (Longitudinal bars)

2 കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പികൾ (Lateral/ Cross ties)

3 മൂലകളിലെ ലംബമായ കമ്പി (Vertical reinforcement at corners)

b, b1, b2ചുമരിന്റെ കനം (Wall thickness)

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

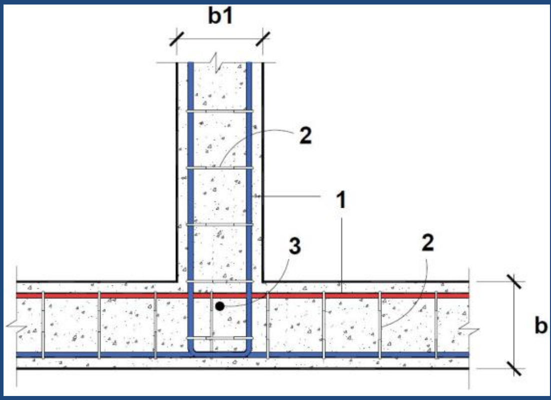


Figure 101 T ജംഗ്ഷനിലെ സ്ട്രക്ച്ചറൽ പ്ലാൻ

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

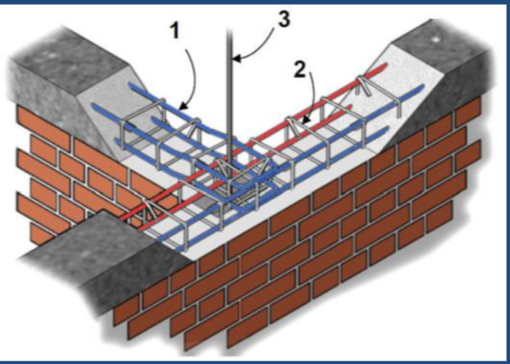


Figure 102 T ജംഗ്ഷന്റെ ത്രിമാന രൂപം

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

1 നീളത്തിലുള്ള കമ്പികൾ (Longitudinal bars)

2 കുറുകെ കെട്ടി വയ്ക്കുന്ന കമ്പികൾ (Lateral/ Cross ties)

3 മൂലകളിലെ ലംബമായ കമ്പി (Vertical reinforcement at corners)

b, b1, b ചുമരിന്റെ കനം (Wall thickness)

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- മുള കൊണ്ടും തടി കൊണ്ടും ഉള്ള ഏണി പോലുള്ള രൂപം ഉപയോഗിച്ചും ഈ ബാൻഡുകൾ ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

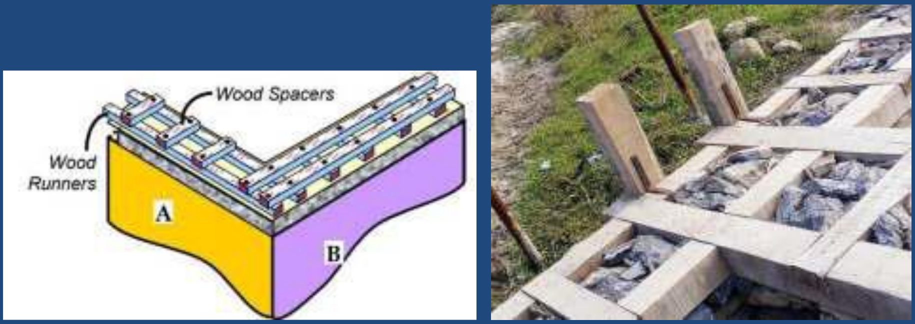


Figure 103 തടി കൊണ്ടുള്ള ബാൻഡ്

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC and Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

- ഭാരം ഒരേ പോലെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിനായി ജംഗ്ഷനുകൾ സുദൃഢമാക്കേണ്ടതാണ്.
- ഉപയോഗിക്കേണ്ട കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതം 1: 1.5: 3 ആണ്.

Figure 104 1: 1.5: 3 എന്ന അനുപാതത്തിൽ കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതം നിറയ്ക്കുക

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- കോൺക്രീറ്റ് ഉറയ്ക്കാൻ വേണ്ട ക്യൂറിങ് കാലയളവ് (curing period) കുറഞ്ഞത് 15 ദിവസം ആണ്.

ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ (Vertical bands)

കെട്ടിടത്തിനു മുകളിൽ ഉണ്ടാവുന്ന ഭാരങ്ങളെ (stresses) ഭൂമിയിലേക്ക് മാറ്റുക എന്നതാണ് ലംബ ബന്ധനങ്ങളുടെ ലക്ഷ്യം. ഭൂകമ്പ സുരക്ഷക്കായി ഒന്നോ രണ്ടോ നിലയുള്ള വീടുകളിൽ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ അഭിലഷണീയമാണെങ്കിലും മൂന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ നിലയുള്ള വീടുകളിൽ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ ഒഴിച്ചുകൂടാനാകാത്തതാണ്. താഴെ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന കെട്ടിടഭാഗങ്ങളിൽ ആണ് ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ നൽകേണ്ടത്:

1. എല്ലാ മൂലകളിലും
2. ഒന്നിലധികം ചുമരുകൾ ചേരുന്ന ഭാഗത്തും
3. ജനാലകൾ വാതിലുകൾ മറ്റു തുറസ്സുകൾ/ തുറപ്പുകൾ എന്നിവയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും

ലംബ ബന്ധനങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കേണ്ട കമ്പിയുടെ വ്യാസം (diameter) കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉയരത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

പരിശീലനം സിദ്ധിച്ച എഞ്ചിനീയർക്കും മേസ്തിരിക്കും മാത്രമേ ഇഷ്ടികയിലും കോൺക്രീറ്റിലും ഉള്ള ലംബ ബന്ധനങ്ങളിലെ കമ്പികളുടെ (reinforcement bars) ശരിയായ ക്രമീകരണം സാധ്യമാവൂ എന്നിരുന്നാലും കെട്ടിട ഉടമസ്ഥൻ ഇത്തരം കാര്യങ്ങൾ നിർമ്മാണത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നുണ്ടെന്നു ഉറപ്പു വരുത്തണം.

ലംബ ബന്ധനം കെട്ടിടത്തിന്റെ കോൺക്രീറ്റ് അടിത്തറ മുതൽ തുടങ്ങി തിരശ്ചീനമായ ഓരോ സൈസ്മിക് ബാൻഡിലൂടെയും കടന്ന് മേൽക്കൂരയിലുറപ്പിക്കണം.

ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിനെ കുറിച്ചുള്ള വിശദാംശങ്ങൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു:

- **അടിസ്ഥാനങ്ങളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ (Vertical connection at foundation)**
  കമ്പിയുടെ അടിഭാഗം L ആകൃതിയിൽ മടക്കി അസ്ഥിവാര കോൺക്രീറ്റിൽ ഇറക്കി വച്ചതിനു ശേഷം 100 മി.മി. (4 ഇഞ്ച്) വ്യാസവും 600 മി.മി. (2 അടി) നീളവുമുള്ള ഒരു പി.വി.സി. കുഴലിൽ കൂടി കമ്പി കടത്തി നിർത്തുക. അതിനു ചുറ്റും കരിങ്കൽ നിരത്തി അസ്ഥിവാരം പണിയുകയും ചെയ്യുക. അതിനു ശേഷം കമ്പിയുടെ ചുറ്റും സിമന്റ് മണൽ മിശ്രിതം നിറച്ചു പി.വി.സി. കുഴൽ എടുത്തു മാറ്റാവുന്നതാണ്.

Figure 105 അടിസ്ഥാനങ്ങളിൽ ലംബ ബന്ധനം ഉൾപ്പെടുത്തുന്ന രീതി

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

മുകളിലേക്ക് ഭിത്തി പണിയുമ്പോൾ അസ്ഥിവാരത്തിൽ നിന്നും ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന കമ്പി ഭിത്തിയുടെ ഇടയിൽ കൂടി കടത്തി (മൂലകളിലും ഒന്നിലധികം ചുമരുകൾ ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലും മാത്രം) മേൽക്കൂര വരെ കൊണ്ട് പോകേണ്ടതാണ്.

- **ഇഷ്ടിക ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ**
  L മാതൃകയിലും T മാതൃകയിലും ചുമരുകൾ ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ (L or T junctions) ഇഷ്ടികകൾ വയ്ക്കുമ്പോൾ ജംഗ്ഷന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ലംബ രീതിയിലുള്ള കമ്പിക്കു വേണ്ടി പൊള്ളയായ ഒരു കുഴി (cavity) രൂപപ്പെടുന്ന തരത്തിൽ വിന്യസിക്കുക. ഈ കമ്പി കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ (foundation) ഉറപ്പിച്ചതായിരിക്കണം. ഈ കുഴി പിന്നീട് കോൺക്രീറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് നിറയ്ക്കുന്നതാണ്.

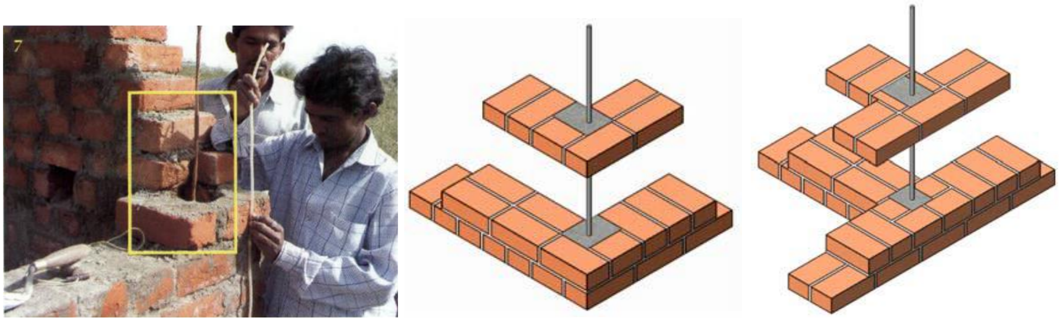


Figure 106 ഇഷ്ടിക ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

- **കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ കൊണ്ടുള്ള ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ**
  സോളിഡ് കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ (solid concrete blocks) ഉപയോഗിച്ച് ചുമരുകൾ കെട്ടുമ്പോൾ ലംബ രീതിയിലുള്ള കമ്പി വയ്ക്കുന്നതിന് വേണ്ടി താക്കോൽ ദ്വാര മാതൃകയിൽ പഴുതുള്ള കട്ടകൾ മൂലകളിൽ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതാണ്. സ്ലോട്ട് (slot) ഉള്ള ഹോളോ കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ (hollow concrete block) ഇതിനു വേണ്ടി ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്. ഈ കുഴി പിന്നീട് കോൺക്രീറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് നിറയ്ക്കുന്നതാണ്.

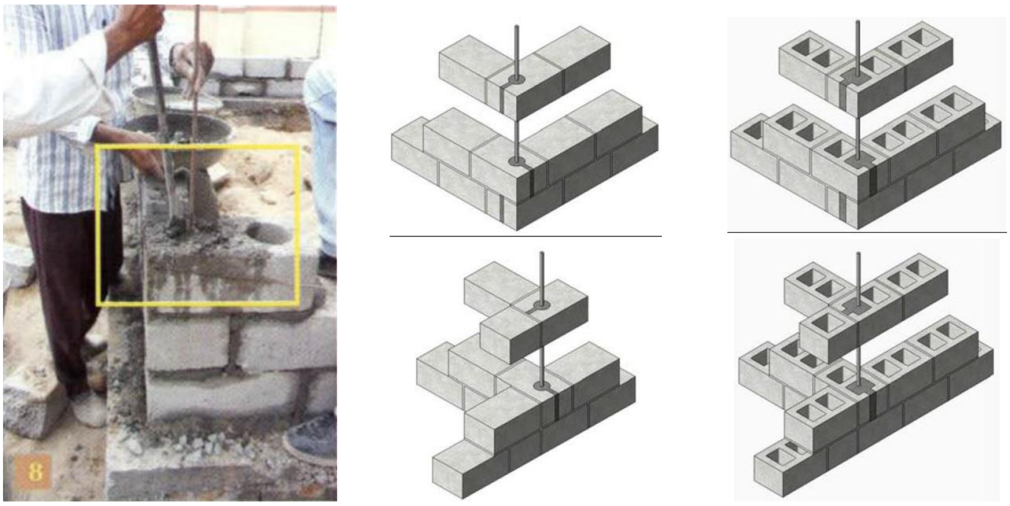


Figure 107 കോൺക്രീറ്റ് കട്ടകൾ കൊണ്ടുള്ള ചുമരുകളിലെ ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers and Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

- **ജനൽ/ വാതിലുകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ**
  മൂന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ നിലകളുള്ള വീടുകളിൽ വാതിലുകൾക്കും 600 മില്ലിമീറ്ററിൽ (2 അടി) കൂടുതൽ വീതിയുള്ള ജനാലകൾക്കും ചുറ്റും ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് പോലെ ലംബമായ രീതിയിൽ റീയിൻഫോഴ്സ്മെന്റ് കമ്പി നൽകേണ്ടതാണ്. ഭൂകമ്പ സമയങ്ങളിൽ കെട്ടിടം ഉലയുമ്പോൾ ജനൽ വാതിലുകൾ അമർന്ന് അവയുടെ ഉപയോഗം തടസ്സപ്പെടും. അതൊഴിവാക്കാനായി, പുറമെ നിന്നുള്ള ബലങ്ങൾ ജനൽ വാതിൽ കട്ടിളകളിൽ നേരിട്ട് ഏൽക്കാതിരിക്കാനാണ് ഈ തുറപ്പുകൾക്കു ചുറ്റും ലംബ ബന്ധനം നൽകുന്നത്.

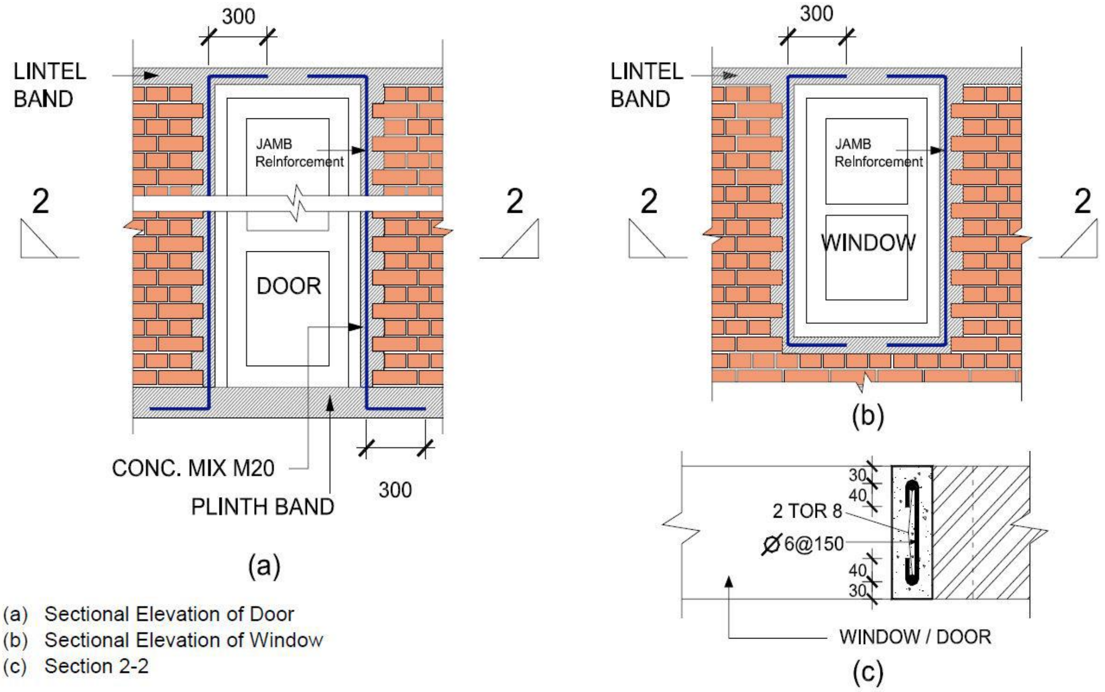


Figure 108 ജനൽ-വാതിലുകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings Simplified Guideline For All New Buildings In The Seismic Zone III Of India

ജനൽ-വാതിൽ കട്ടിളകളുടെ ലംബകാലുകളുമായി സമാന്തരത്തിലാണ് കമ്പി വിന്യസിക്കേണ്ടത്. ജനാലകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള ലംബ ബന്ധനത്തിലെ കമ്പി മുകളിൽ ലിന്റൽ ബാൻഡുമായി ബന്ധിപ്പിക്കേണ്ടതും വാതിലുകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള ലംബ ബന്ധനത്തിലെ കമ്പി മുകളിൽ ലിന്റൽ ബാന്റുമായും താഴെ പ്ലിന്ത് ബാന്റുമായും യോജിപ്പിക്കേണ്ടതുമാണ്.

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

ലംബ ബന്ധനങ്ങളിൽ സാധാരണയായി ഒരു കമ്പി (8 മി.മി., 10 മി.മി., 12 മി.മി.) മാത്രമേ ഉണ്ടാവാറുള്ളൂ. അവയുടെ സുരക്ഷിതത്വം വളരെ പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നതാണ്. ആയതിനാൽ, കമ്പികൾ വിന്യസിക്കുമ്പോൾ കമ്പിക്കു ചുറ്റും നല്ല സിമന്റ്-മണൽ മിശ്രിതമോ (1:6) അല്ലെങ്കിൽ കോൺക്രീറ്റോ (1:2:4) കൊണ്ടുള്ള കവചമോ ഉണ്ടായിരിക്കണം. കമ്പികൾ തുരുമ്പെടുക്കുന്നതിൽ നിന്നും ഈ കവചം സംരക്ഷണം നൽകും.

ഈ സിമന്റ് മണൽ മിശ്രിതം ഇറക്കുവാൻ പാകത്തിൽ, ഭിത്തി നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ കമ്പിയിൽ നിന്നും ഒരു നിശ്ചിത അകലം പാലിക്കുകയും വേണം. ഇതിനായി ഏകദേശം 4 ഇഞ്ച് നീളവും 4 ഇഞ്ച് വീതിയുമുള്ള സമചതുരാകൃതിയിലോ 4 ഇഞ്ച് വ്യാസമുള്ള വൃത്താകൃതിയിലുള്ളതോ ആയ ഇടം ക്രമീകരിച്ചാൽ മതിയാവും.

തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങളും ലംബ ബന്ധനങ്ങളും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രീതികൾ (Methods of connecting horizontal ties and vertical ties)

ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ അവ തിരശ്ചീന ബന്ധങ്ങളുമായി കൂട്ടി യോജിപ്പിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. അതായത് തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങളും ലംബ ബന്ധനങ്ങളും പരസ്പരം കൂട്ടി മുട്ടുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ ഇവ തമ്മിൽ കോർത്തിണക്കണം. അവ പരസ്പരം യോജിപ്പിച്ചില്ലെങ്കിൽ ഭൂകമ്പ സമയങ്ങളിൽ കെട്ടിടം വേണ്ടത് പോലെ പ്രവർത്തിക്കില്ല.

- മൂലകളിലെയും, ചുമരുകൾ ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലെയും ലംബ ബന്ധനങ്ങളിലെ കമ്പിയുടെ താഴറ്റം കെട്ടിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും മുകളറ്റം മേൽക്കൂരയുടെ സ്ലാബിൽ (roof slab) അല്ലെങ്കിൽ റൂഫ് ബാൻഡിലും ഉറപ്പിക്കേണ്ടതാണ്. ഇതിനായി കമ്പി 30 സെന്റീമീറ്റർ നീട്ടി നിർത്തി 90 ഡിഗ്രി വളച്ചു തിരശ്ചീനമായ കോൺക്രീറ്റിനകത്തേക്ക് കൂട്ടികെട്ടണം.

- ലംബ ബന്ധനങ്ങൾ കെട്ടുകമ്പികൾ ഉപയോഗിച്ച് തിരശ്ചീനമായ സൈസ്മിക് ബാൻഡുമായി കൂട്ടികെട്ടണം.

- കോൺക്രീറ്റ് സ്ലാബുകൾ അല്ലാത്ത മേല്ക്കൂരകളിൽ തിരശ്ചീന സൈസ്മിക് ബാന്‍ഡുകളുടെ അകത്തുകൂടി എടുക്കുന്ന ലംബ ബന്ധന കമ്പി പുറത്തേയ്ക്കു നീട്ടി മേൽക്കൂരയുടെ ഉത്തരങ്ങളിലും (wall plate) കഴുക്കോലുകളിലും (common rafter) ആയി ബന്ധിപ്പിക്കുകയും, മേൽക്കൂരയിലെ മറ്റു ഘടകങ്ങളെല്ലാം പരസ്പരം ഹുക്കുകളോ (hooks) കെട്ടുകമ്പികളോ ഉപയോഗിച്ച് ബന്ധപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്താൽ ദുരന്തങ്ങളിൽ നിന്ന് മേൽക്കൂരയെ സംരക്ഷിക്കാവുന്നതാണ്.

- തുറപ്പുകളുടെ (openings) ചുറ്റും കമ്പി ഉപയോഗിച്ചുള്ള കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടുള്ള തുടർച്ചയായ ബന്ധനങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ അവ ഭിത്തിയുടെ തിരശ്ചീന ബന്ധനങ്ങളുമായി കൂട്ടി യോജിപ്പിക്കുന്ന രീതിയിൽ ആയിരിക്കണം.

- ലംബ ബന്ധനങ്ങളിലെ കമ്പിക്കു മതിയായ നീളം ലഭിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു കമ്പിയുമായി ഏച്ചു കെട്ടുകയും ആ ഏച്ചുകെട്ടലുകളുടെ നീളം കമ്പിയുടെ വ്യാസത്തിന്‍റെ 50 ഇരട്ടി ആയിരിക്കുകയും വേണം.

മേസ്തിരിമാർ/ മേല്നോട്ടക്കാർ എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

- *കമ്പികൾ ഒന്നിനൊന്നോടു യോജിപ്പിക്കുന്നയിടങ്ങളിൽ 8 mm കമ്പിയാണെങ്കിൽ 40 സെന്റിമീറ്ററും 10 mm കമ്പിയാണെങ്കിൽ 50 സെന്റിമീറ്ററും ഓവർലാപ്പ് (overlap) നൽകി ഒരുമിച്ച് കെട്ടി ബന്ധിപ്പിക്കേണ്ടതാണ്.*

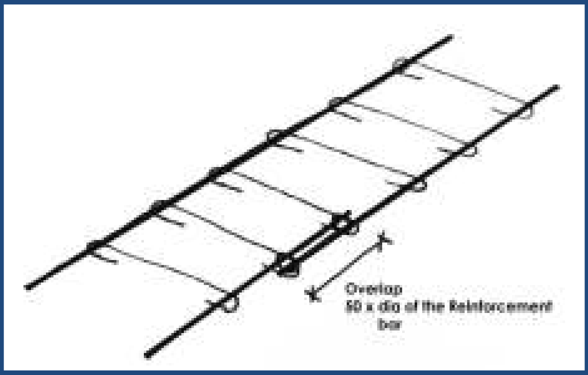


Figure 109 കമ്പികൾ യോജിപ്പിക്കാൻ ആവശ്യമായ ഓവർലാപ്പ്

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

- *450 മി. മി. (ഒന്നരയടി) വീതം നീളമുള്ള L മാതൃകയിലുള്ള ഒരു കമ്പി തിരശ്ചീന ബന്ധനത്തിലെ കമ്പിയുമായും ലംബ ബന്ധനത്തിലെ കമ്പിയുമായും ഒരുമിച്ചു കെട്ടി ബന്ധിപ്പിക്കണം. വീട് പൂർണമായും നല്ല രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നും ഭാരങ്ങൾ ഒരു പോലെ ഭൂമിയിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിനായുള്ള ബോക്സ് ആക്ഷൻ ഉറപ്പു വരുത്തുന്നതിനുമാണിത്.*

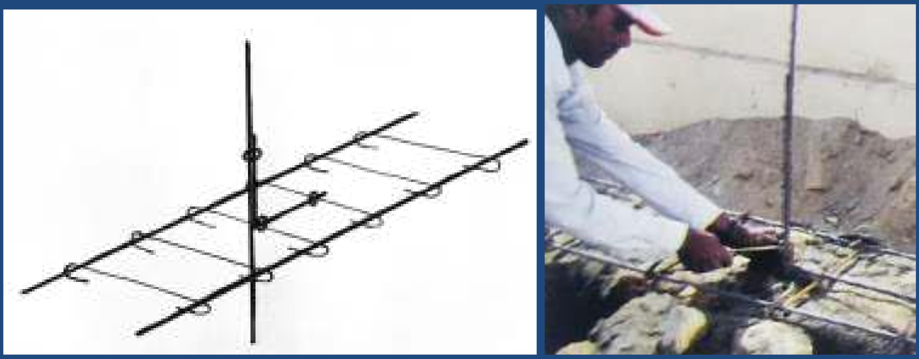


Figure 110 തിരശ്ചീനമായ ബാൻഡും ലംബമായ കമ്പിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധനം

സ്രോതസ്: Training of Masons on Hazard-Resistant Construction, NDMA

കോൺക്രീറ്റ് നിർമ്മിതമല്ലാത്ത ചരിഞ്ഞ മേൽക്കൂരകൾ

- ചുമരിൽ നിൽക്കുന്ന കഴുക്കോലുകൾ (rafters) ഭൂകമ്പസമയത്ത് ചുമരുകളെ വശങ്ങളിലേക്ക് തള്ളാതിരിക്കാൻ എതിർദിശകളിൽ ഉള്ള കഴുക്കോലുകളെ (opposite pair of rafters) ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് കോളർ ബീം (collar beam) ഘടിപ്പിക്കുക.

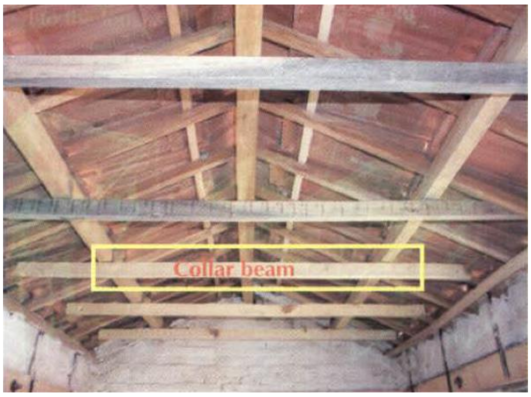


Figure 111 കോളർ ബീം

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- **സ്ട്രട്ടുകളും (struts) കോണോടുകോണായ ദിശയിൽ ബ്രെസിങ്ങുകളും (diagonal bracings):** ഭൂകമ്പ സമയത്ത് തിരശ്ചീന ബലം മൂലം മേൽക്കൂരയുടെ ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള പ്രതലം (square plane) സമാന്തരഭുജമായി (parallelogram) മാറുകയും, മേൽക്കൂര മട്ടച്ചുമരുകളിലേക്കു (gable roof) ബലം ഏൽപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് തടയുന്നതിനായി, കഴുക്കോലുകൾക്കു താഴെയായി അവയ്ക്കു കുറുകെ ചുമരിനോട് ചേരുന്ന ഭാഗത്തും മേൽക്കൂരയുടെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗത്തും വീതി കൂടിയ മേൽക്കൂരകളിൽ മധ്യഭാഗത്തുമായി സ്ട്രട്ടുകൾ (4 ഇഞ്ച് x 1 ഇഞ്ച്) ഘടിപ്പിച്ച്, ഈ സ്ട്രട്ടുകളെ തമ്മിൽ യോജിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് കോണോടു കോണായ ദിശയിൽ 45 ഡിഗ്രിയിൽ ബ്രെസിങ് നൽകുക.

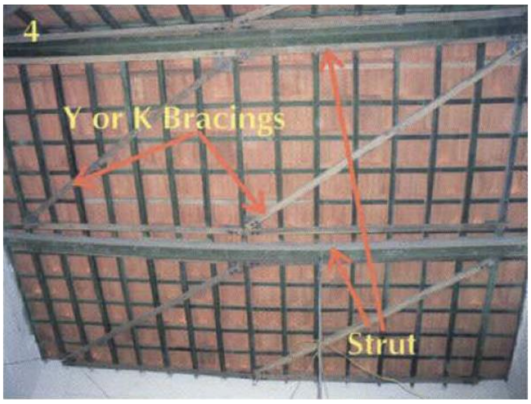


Figure 112 സ്ട്രട്ടുകളും Y/ K ബ്രെസിങ്ങുകളും

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

ജി.ഐ. (GI) വയറുകൾ (13 ഗേജിന്റെ 3- 5 ഇഴകൾ) ഉപയോഗിച്ചും "X" മാതൃകയിൽ ചെലവ് ചുരുക്കി ബ്രെസിങ് ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

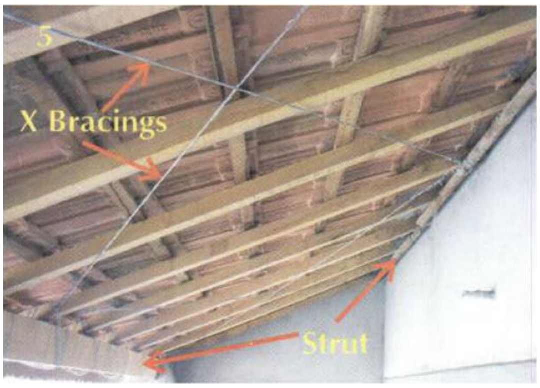


Figure 113 സ്ട്രട്ടുകളും X ബ്രെസിങ്ങുകളും

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- കഴുക്കോലുകളും അവയ്ക്കു മുകളിൽ ഉള്ള പർലിനുകളും (purlins) ഈവ് ബാൻഡിലും ഗേബിൾ ബാൻഡിലുമായി ഉറപ്പിക്കുക.
- ചുമർ കവിഞ്ഞു തള്ളി നിൽക്കുന്ന മേൽക്കൂരയെ താങ്ങു (bracket) കൊടുത്ത് ചുമരിനോട് ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- റിഡ്ജ് ബീം (ridge beam), ഇന്ററർമീഡിയറ്റ് ബീം എന്നിവ മട്ടച്ചുമരുകളിൽ ഉറപ്പിക്കുക.
- മേൽക്കൂരയുടെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളെയും (ബീം, കഴുക്കോൽ, പർലിൻ എന്നിവ) ലോഹ സ്ട്രാപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ചോ ജി.ഐ. വയറുകൾ (10 ഗേജിന്റെ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ഇഴകൾ) ഉപയോഗിച്ചോ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുക.

Figure 114 മേൽക്കൂരയുടെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളെയും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുക

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- ഷീറ്റ് മേഞ്ഞ മേൽക്കൂരയാണെങ്കിൽ, നട്ടും വാഷറോടും കൂടിയ "J" മാതൃകയിലോ "U" മാതൃകയിലോ ഉള്ള ഹുക്കുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഷീറ്റ് പട്ടികയുമായി (പർലിൻ) ബന്ധിപ്പിക്കുക.

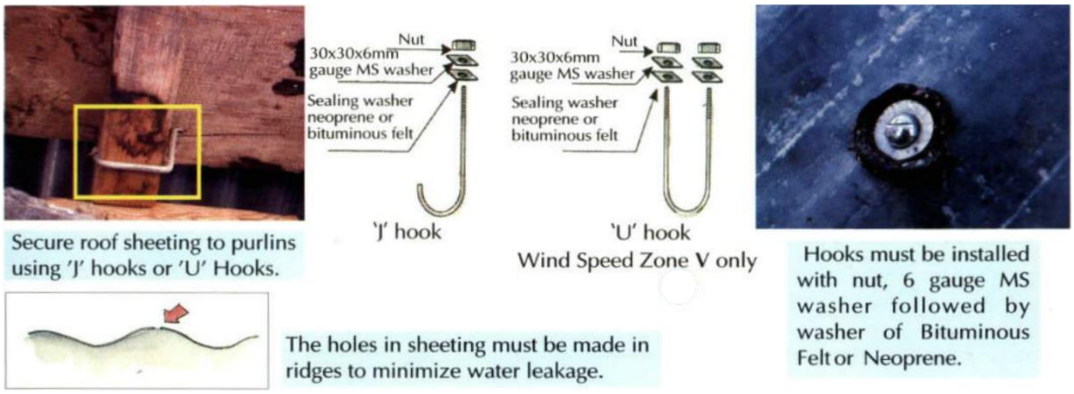


Figure 115 ഷീറ്റും പട്ടികയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന J, U ഹുക്കുകൾ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

ഓടുകളാണെങ്കിൽ, ഓരോ ഓടോ അല്ലെങ്കിൽ ഒന്നിടവിട്ട ഓടുകളോ ജി. ഐ. കൊളുത്തുകൾ ഉപയോഗിച്ച് പട്ടികയുമായി (പർലിൻ) ബന്ധിപ്പിക്കുക.

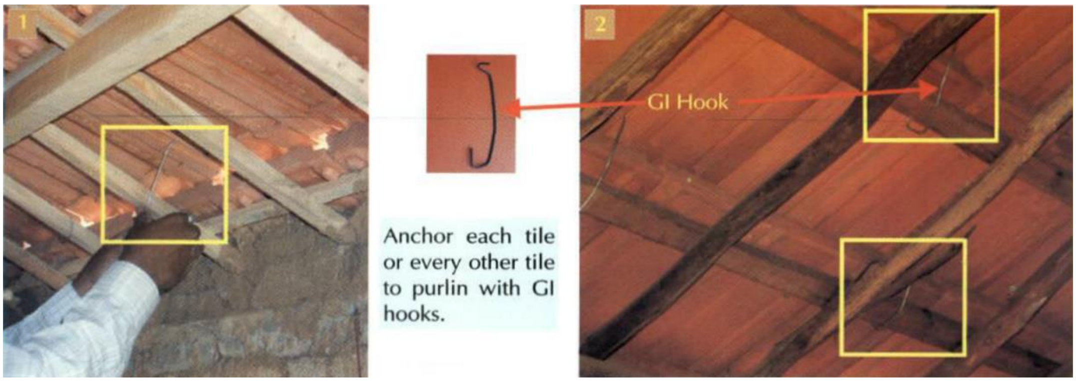


Figure 116 ഓടും പട്ടികയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ജി. ഐ. കൊളുത്തുകൾ

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

- മട്ടച്ചുമരുകൾക്കു മുകളിലായി 9 ഇഞ്ച് വീതിയിലും 4 ഇഞ്ച് ഉയരത്തിലും ഒരു 8 മി.മി. കമ്പി ഉള്ള റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് ചുമർ നിർമ്മിക്കുക. ഈ കമ്പി ഗേബിൾ ബാൻഡിൽ നിന്നും തള്ളി നിൽക്കുന്ന 8 മി.മി. കമ്പിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ച് പൂർണ്ണമായും കോൺക്രീറ്റിൽ പൊതിയണം.

Figure 117 മട്ടച്ചുമരുകൾക്കു മുകളിലായി റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് ചുമർ നിർമ്മാണം

സ്രോതസ്: Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability in Buildings Built Without Engineers

ഗോവണികൾ (Staircases)

ഗോവണികളുടെ രൂപകൽപ്പനയിലും നിർമ്മാണത്തിലും പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധ ഉണ്ടാവണം. മുൻകാലങ്ങളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളിൽ ഗോവണികൾക്കും അവയ്ക്കു മുകളിലുള്ള സ്റ്റെയർ റൂമിനും കേടുപാടുകൾ സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. കെട്ടിടങ്ങളിൽ താഴത്തെ നിലയിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് പോകാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഗോവണികൾ (staircases) കോൺക്രീറ്റ് നിർമ്മിതമാണെങ്കിൽ അവയുടെ ചുമരുകളുമായി ചേരുന്ന ഭാഗം വളരെ ശ്രദ്ധയോടുകൂടി നിർമ്മിക്കേണ്ടതാണ്.

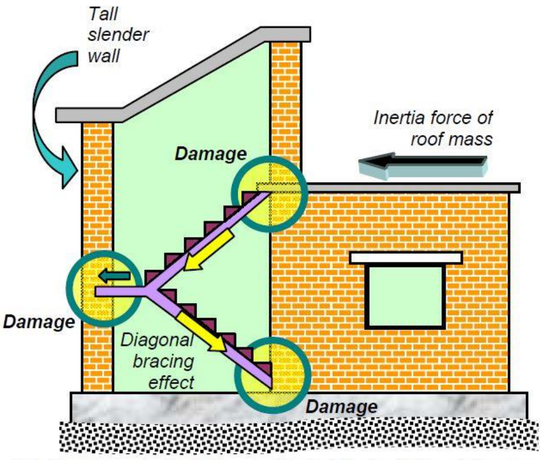


Figure 118 കെട്ടിടത്തിനോട് ചേർത്ത് നിർമ്മിക്കുന്ന ഗോവണികളിൽ കേടുപാട് സംഭവിക്കാവുന്ന സ്ഥലങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

കഴിയുന്നതും കെട്ടിടത്തിന്റെ പ്രധാന ചുമരുകളിൽ അവയുടെ അഗ്ര ഭാഗങ്ങൾ ഉറപ്പിക്കാതെ പ്രധാന ഭിത്തിയുടെ അടുത്തായി മറ്റൊരു താങ്ങിൽ നിർത്താൻ ശ്രമിക്കണം. ദുരന്ത സമയങ്ങളിൽ രണ്ടറ്റം മാത്രം ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഗോവണിവാർപ്പുകൾ സമ്മർദ്ദത്താൽ നിലം പൊത്തുകയും അവ പ്രധാന ചുമരുകൾക്കും കേടുപാടുകൾ ഉണ്ടാക്കി

ചെറിയ തോതിൽ ഉണ്ടാകേണ്ടിയിരുന്ന വിപത്തിനെ വലിയ ഗുരുതരമായ അവസ്ഥയിൽ കൊണ്ടെത്തിക്കുകയും ചെയ്യും.

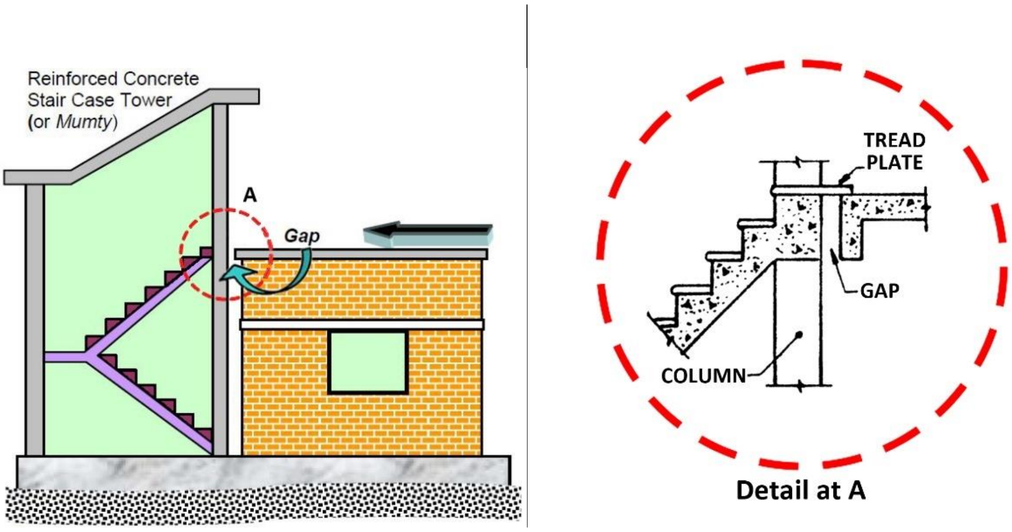


Figure 119 കല്കെട്ടു കെട്ടിടങ്ങളിലെ ഗോവണിയുടെ ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ വിശദാംശം

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC and Indian Standard IS 4326 : 2013 : Earthquake Resistant Design And Construction Of Buildings- Code Of Practice

ഈ പ്രശ്നങ്ങൾ പരിഹരിക്കാൻ ചിലപ്പോൾ ഗോവണികൾ പ്രധാന കെട്ടിട ഭാഗത്തു നിന്നും വേർപെടുത്തി പ്രത്യേകമായി റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകളിലും ബീമുകളിലും നിർമ്മിക്കാറുണ്ട്. സ്റ്റെയർകേസിനും പ്രധാന കെട്ടിടത്തിന്റെ കൽക്കെട്ട് ചുമരിനുമിടയിലെ വിടവ് ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നത് പോലെ "ട്രെഡ് പ്ലേറ്റ്" ഉപയോഗിച്ച് ബന്ധിപ്പിക്കാം. ഭൂകമ്പ സമയത്ത് കെട്ടിടത്തിന് സാരമായ കേടുപാട് പറ്റാത്ത രീതിയിൽ ട്രെഡ് പ്ലേറ്റിനു മാത്രം വിള്ളലോ പൊട്ടലോ സംഭവിക്കുന്നു.

***ഇന്ത്യൻ സീസ്മിക് കോഡുകൾ* (Indian Seismic Codes):**

ജീവനും സ്വത്തിനും സാരമായ നഷ്ടങ്ങൾ ഉണ്ടാകാത്ത വിധം ഭൂകമ്പത്തെ അതിജീവിക്കുന്നതിനായി കെട്ടിടങ്ങളെ പ്രാപ്തമാക്കുവാനാണ് സീസ്മിക് കോഡുകൾ ക്രമപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. മറ്റു ലോകരാഷ്ട്രങ്ങളിലെ സീസ്മിക് കോഡുകളിലും, എൻജിനീയർമാരെ ആസൂത്രണം (planning), രൂപകൽപന (design), വിശദാംശങ്ങൾ (detailing), നിർമ്മാണം (construction) എന്നിവയിൽ സഹായിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ പ്രക്രിയകൾ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇന്ത്യൻ സ്റ്റാൻഡേർഡ്സ് പ്രകാരമുള്ള സീസ്മിക് കോഡുകൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്:

- *IS 1893 (Part I), 2002, Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures (5th Revision)*
- *IS 4326, 1993, Indian Standard Code of Practice for Earthquake Resistant Design and Construction of Buildings (2nd Revision)*
- *IS 13827, 1993, Indian Standard Guidelines for Improving Earthquake Resistance of Earthen Buildings*
- *IS 13828, 1993, Indian Standard Guidelines for Improving Earthquake Resistance of Low Strength Masonry Buildings*
- *IS 13920, 1993, Indian Standard Code of Practice for Ductile Detailing of Reinforced Concrete Structures Subjected to Seismic Forces*
- *IS 13935, 1993, Indian Standard Guidelines for Repair and Seismic Strengthening of Buildings*

എത്ര വലിയ തോതിലുള്ള ഭൂകമ്പത്തിലും കെട്ടിടത്തിന് യാതൊരു കേടുപാടും സംഭവിക്കില്ലെന്നുള്ള ഉറപ്പല്ല ഈ സ്റ്റാൻഡേർഡുകളിൽ നിഷ്കർഷിക്കുന്ന ചട്ടങ്ങളിലൂടെ നൽകുന്നത്, മറിച്ചു പരമാവധി നാശനഷ്ടങ്ങൾ കുറയ്ക്കുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ ലക്ഷ്യം. അതായത് മിതമായ തോതിലുള്ള ചലനങ്ങളിൽ കെട്ടിടത്തിന് ഘടനാപരമായ കേടുപാടുകൾ (structural damage) ഉണ്ടാകരുത് എന്നും, ശക്തമായ/ തീവ്രമായ ചലനങ്ങളിൽ കെട്ടിടം തകർന്നു വീഴരുത് എന്നുമാണ് ഈ കോഡുകൾ കൊണ്ട് ഉദ്ദേശമാക്കുന്നത്.

3.6. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ആഘാതം ലഘൂകരിക്കുന്നതിനായി ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട ഘടനാപരമല്ലാത്ത കാര്യങ്ങൾ

ഒരു കെട്ടിടത്തിലെ ഘടനാപരമായ ഘടകങ്ങളാണ് (Structural Elements) ഭൂകമ്പ ബലങ്ങളെ ചെറുക്കുന്നതിലും ജീവനും വസ്തുവകകളും സംരക്ഷിക്കുന്നതിലുമുള്ള മുഖ്യ പങ്കു വഹിക്കുന്നത്. എന്നാൽ കെട്ടിടത്തിലെ മറ്റു ഭാഗങ്ങൾ അതായത് ഘടനാപരമായ ഘടകങ്ങളോട് (structural elements) ബന്ധപ്പെടുത്തിയതോ അവയിൽ താങ്ങി നിർത്തപ്പെട്ടവയോ ആയ സാധനസാമഗ്രികൾ, അനുബന്ധങ്ങൾ, സെർവീസുകളും യൂട്ടിലിറ്റികളും എന്നിവയെയാണ് ഘടനപരമല്ലാത്ത ഘടകങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നത് (Non-Structural Elements). അവയെ മൂന്നായി തിരിക്കാം:

1. കെട്ടിടത്തിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള സാധനസാമഗ്രികൾ: ഫർണിച്ചർ, സ്റ്റോറേജ് അലമാരകൾ, ഷെൽഫുകൾ, ഫ്രിഡ്ജ്, പല ലെവലുകളിൽ ഉള്ള റാക്കുകൾ, ഫാൾസ് സീലിംഗ്, ജനൽ-വാതിൽ പാളികൾ ഫ്രെമുകൾ, പ്ലൈ ബോർഡുകൾ കൊണ്ടോ അലൂമിനിയം കൊണ്ടോ നിർമ്മിതമായ പാർട്ടീഷനുകൾ എന്നിവ.

2. കെട്ടിടത്തിലേക്ക് കൂട്ടി ചേർത്ത അനുബന്ധങ്ങൾ: കെട്ടിടത്തിൽ നിന്നും തിരശ്ചീനമായോ ലംബമായോ തള്ളി നിൽക്കുന്ന വസ്തുക്കൾ; അതായത് പുകക്കുഴലുകൾ (chimneys), ബാഹ്യമായ ഗ്ലാസ്, കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ഒട്ടിച്ച കല്ല് കൊണ്ടുള്ള ക്ലാഡിങ്, പാരപ്പെറ്റ്, കെട്ടിടത്തിനു മുകളിലെ ചെറിയ ജലസംഭരണികൾ (water tanks), സൺഷേഡുകൾ, കെട്ടിടത്തിന് മുകളിൽ സ്ഥാപിച്ച പരസ്യ ബോർഡുകൾ (advertisement hoarding), ആശയവിനിമയത്തിനായുള്ള ആന്റിനകൾ (communication antennas) എന്നിവ.

3. സെർവീസുകളും യൂട്ടിലിറ്റികളും: ജലം- വൈദ്യുതി വിതരണ ശൃംഖലകൾ, വായു ശീതീകരണ സംവിധാനങ്ങൾ (air-conditioning systems), മഴ വെള്ള ശേഖരണ പൈപ്പുകൾ, ലിഫ്റ്റുകൾ എന്നിവ.

Figure 120 ഫാൾസ് സീലിംഗ് ക്ലാഡിങ് എന്നിവ ഭൂകമ്പത്തിൽ ഇളകി വീഴാം

സ്രോതസ്: https://www.nicee.org/AssamEQ_2021.php

ഘടനാപരമായ ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ നടപടികളെല്ലാം ഉൾക്കൊള്ളിച്ചുകൊണ്ട് നിർമ്മിച്ച കെട്ടിടങ്ങളിലും ഭൂചലനസമയത്ത് അകത്തും പുറത്തുമായുള്ള വസ്തുക്കൾ വീണ് വീട്ടിലുള്ളവർക്ക് അപകടവും സാധനങ്ങൾക്ക് കേടുപാടുകളും സംഭവിക്കാം. ഇത്തരത്തിലുള്ള ആഘാതം ലഘൂകരിച്ച് മനുഷ്യരെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനും ധനനഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിനും ഇനി പറയുന്ന കാര്യങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കാം.

- പുറം മോടിക്കായി മാത്രം പണിയുന്ന തൂണുകൾ പുറത്തേക്കു തള്ളി നിൽക്കുന്നതും താഴെ നിന്നും താങ്ങുകൾ ഇല്ലാത്തതുമായ ബാല്കണികൾ എന്നിവ ഭൂകമ്പ സമയത്ത് ആദ്യം നിലം പതിക്കാം. അത്തരം രീതികൾ ഒഴിവാക്കണം.

Figure 121 പുറം മോടിക്കായി മാത്രം പണിയുന്നതും പുറത്തേക്കു തള്ളി നിൽക്കുന്നതുമായ നിർമ്മിതികൾ

സ്രോതസ്: Good Construction Practices, A Presentation by Habitat Technology Group

- പൂച്ചട്ടികൾ, ചെടി നടാനായി ഉപയോഗിക്കുന്ന സംവിധാനങ്ങൾ, റെഡി മെയ്ഡ് ആയ ടെറസുകളിൽ വയ്ക്കുന്ന ജല സംഭരണികൾ (ready-made water tanks) എന്നിവ വേണ്ട രീതിയിൽ ഉറപ്പിച്ചിട്ടില്ലെങ്കിൽ ഭൂകമ്പ സമയത്ത് അവ അപകടകാരികളാവാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കൂടുതലാണ്.

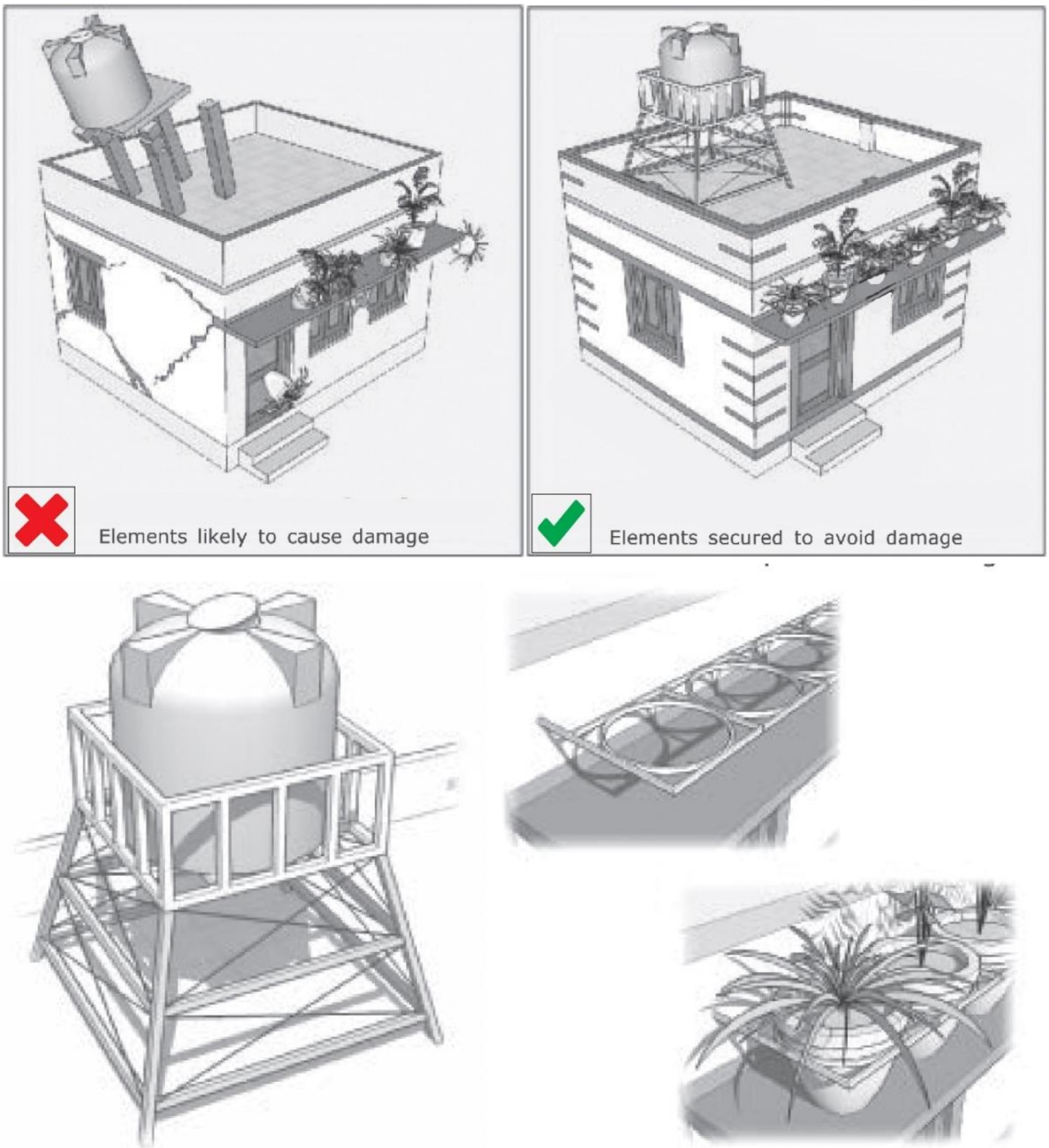
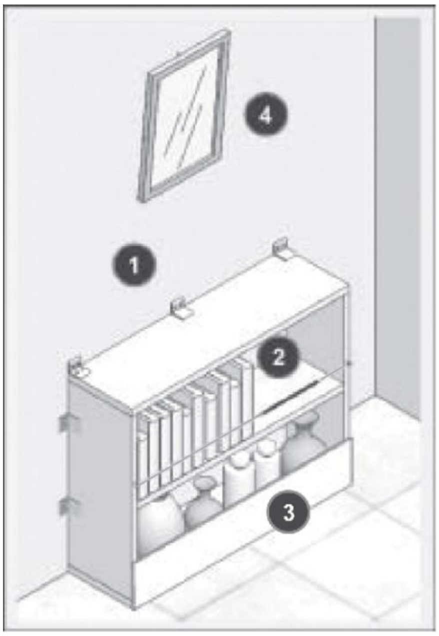


Figure 122 സുരക്ഷിതമായി ഘടിപ്പിച്ച വാട്ടർ ടാങ്കും ചെടിച്ചട്ടികളും

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers

- ഫ്രിഡ്ജ്, വാഷിംഗ് മെഷീൻ, ഷെൽഫുകൾ, അലമാരകൾ എന്നിവ ഭദ്രമായി ചുമരിനോട് ചേർത്ത് ബന്ധിപ്പിക്കുക.



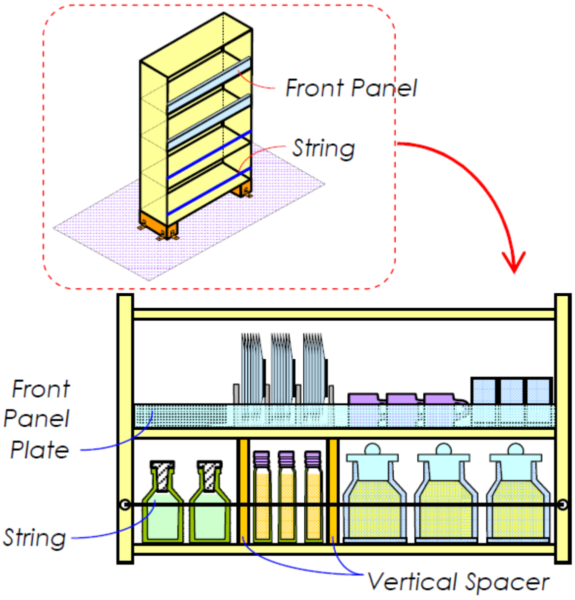


Figure 123 ഘടനാപരമല്ലാത്ത ചെറിയ വസ്തുക്കൾ സംരക്ഷിക്കേണ്ട രീതി

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers and Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

1) ഷെൽഫുകൾ മറിഞ്ഞു വീഴാതിരിക്കാൻ അവയുടെ മുകൾ ഭാഗത്തും വശങ്ങളിലും ബ്രാക്കറ്റുകൾ (L clamp) ഉപയോഗിച്ച് ചുമരിലേക്കു ഘടിപ്പിക്കുക.

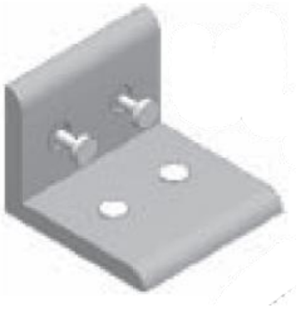


Figure 124 ബ്രാക്കറ്റുകൾ (L clamp)

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers

2) തുറന്ന ഷെല്ലുകളിലെ വസ്തുക്കൾ താഴെ വീഴാതിരിക്കാനായി ലോഹത്തിന്റെയോ വയറിന്റെയോ ഗാർഡ് റെയിലുകൾ ഉപയോഗിക്കാം. ഫ്ലെക്സിബിലിറ്റിക്കു വേണ്ടി ഈ ഗാർഡ് റെയിലുകളുടെ ഇടയിൽ സ്പ്രിങ് ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്

Figure 125 സ്പ്രിങ്

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers

3) ലോഹം, പ്ലാസ്റ്റിക് അല്ലെങ്കിൽ തടി എന്നിവ കൊണ്ടുള്ള പലകകൾ തടസ്സങ്ങളായി അലമാരകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത് സാധനങ്ങൾ വഴുതി താഴെ വീഴുന്നത് തടയും.

4) ഫോട്ടോകൾ, ചിത്രങ്ങൾ, ബുള്ളറ്റിൻ ബോർഡുകൾ, കണ്ണാടി, മറ്റു ഫ്രേയ്മുകൾ എന്നിവ ചുമരിൽ ഉറപ്പിക്കുവാൻ ക്ലോസ്സ് സ്ക്രൂ ഐ (closed screw-eye) ഉപയോഗിച്ച് സ്ക്രൂ ചെയ്യുക.

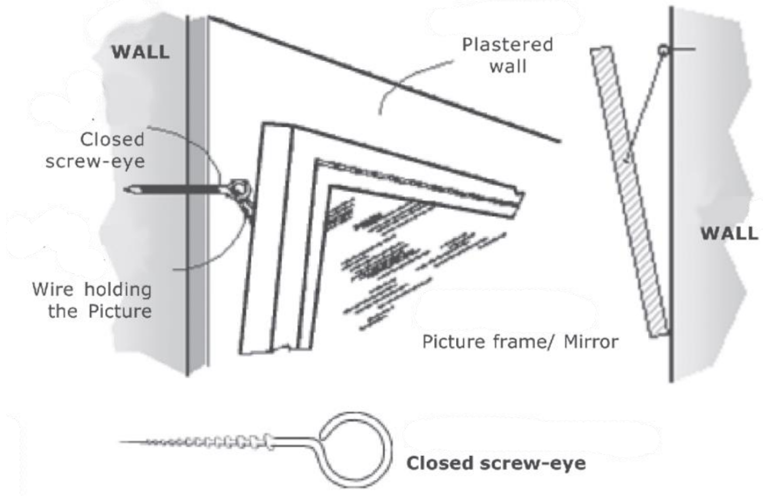


Figure 126 ക്ലോസ്സ് സ്ക്രൂ ഐ

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers

- ചുമരിലും മേൽക്കൂരയിലും ഉറപ്പിക്കുന്ന വൈദ്യുത ഉപകരണങ്ങളായ ഫാൻ, വെള്ളം ചൂടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന വാട്ടർ ഹീറ്റർ, സ്റ്റെബിലൈസറുകൾ, ടെലിവിഷൻ, കമ്പ്യൂട്ടർ, വാട്ടർ പ്യൂരിഫയറുകൾ, എന്നിവ പ്രത്യേക ശ്രദ്ധയോടു കൂടി സ്ട്രാപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഉറപ്പിക്കുന്നത് അപകട സാധ്യത കുറയ്ക്കും.

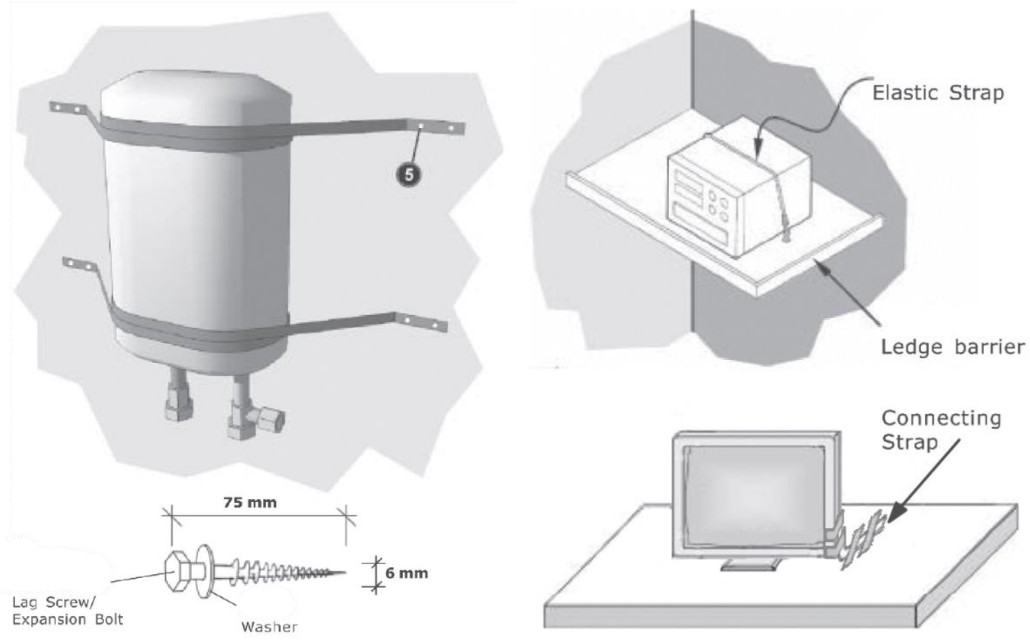


Figure 127 ഗൃഹോപകരണങ്ങൾ സ്ട്രാപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഉറപ്പിക്കുക

സ്രോതസ്: An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers

- വീട്ടിനകത്തുള്ള, അലങ്കാരത്തിനായി തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾ, ഫോട്ടോകൾ, കണ്ണാടികൾ, ഘടികാരങ്ങൾ, അലമാരകളുടെ മുകളിൽ അലക്ഷ്യമായി വച്ചിരിക്കുന്ന സാധനങ്ങൾ എന്നിവ നല്ല രീതിയിൽ ചുമരുകളുമായോ തറയുമായോ ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കണം. ഒരു പക്ഷെ കാഠിന്യം കുറഞ്ഞ ഒരു ഭൂമികുലുക്കത്തിൽ പോലും ഒരു ചില്ലിട്ട ഫോട്ടോ ഭിത്തിയിൽ നിന്നും അടർന്നു വീണാൽ ജീവഹാനി ഉണ്ടാകാം.

- കഴിയുന്നതും സാധനങ്ങൾ ഉറപ്പിക്കുന്നതിന് ആണിയേക്കാൾ ക്ലാമ്പുകൾ, ബെൽറ്റുകൾ എന്നിവയാണ് അനുയോജ്യം.

- ഭാരമുള്ളതും വലിപ്പമേറിയതുമായ സാധനങ്ങൾ ഷെൽഫിന്റെ താഴത്തെ ഭാഗത്തേക്ക് മാറ്റുക.

- കണ്ണാടിപ്പാത്രങ്ങൾ, പൊട്ടാൻ സാധ്യതയുള്ള മറ്റു വസ്തുക്കൾ എന്നിവ ഷെൽഫിന്റെ താഴത്തെ തട്ടിൽ വയ്ക്കുകയോ അടയ്ക്കുവാൻ പറ്റുന്ന അലമാരയിൽ വയ്ക്കുകയോ ചെയ്യുക.

- തലയ്ക്കുമുകളിൽ വരത്തക്ക വിധം ശരറാന്തലുകളോ മറ്റു വസ്തുക്കളോ തൂക്കിയിടാതിരിക്കുക.

- എത്രയൊക്കെതന്നെ സംരക്ഷണ സംവിധാനങ്ങൾ ഉള്ള കെട്ടിടങ്ങളായാലും അറ്റകുറ്റപ്പണികളുടെ (maintenance) അഭാവം അവയെ ദുർബ്ബലമാക്കും. അതുകൊണ്ടു തന്നെ കെട്ടിടം പണിതുയർത്തുമ്പോൾ തന്നെ കെട്ടിടത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകളും, അതിന്റെ സംരക്ഷണത്തെക്കുറിച്ചും അതാതു സമയത്ത് കേടുപാടുകൾ തീർക്കേണ്ടതിന്റെ ആവശ്യകതയെക്കുറിച്ചും ഉടമസ്ഥനെ ബോധവൽക്കരിക്കേണ്ട ചുമതല ആ കെട്ടിട നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട എല്ലാവരിലും നിക്ഷിപ്തമാണ്.

അദ്ധ്യായം- 4
<u>ഉപസംഹാരം</u>

ഭൂകമ്പ സുരക്ഷിതമായ ഒരു വീട് നിർമ്മിക്കുവാനായി ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

1. ഗൃഹനിർമ്മാണത്തിനായുള്ള സ്ഥലം തെരഞ്ഞെടുക്കുമ്പോൾ അവിടുത്തെ ഭൂകമ്പ സാധ്യതയെ (proximity to fault lines and lineaments) കുറിച്ച് അന്വേഷിച്ചറിയുക. അതാതു തദ്ദേശസ്വയംഭരണ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ദുരന്ത നിവാരണ പ്ലാൻ (LSG DM Plan) നോക്കി അവിടത്തെ ഭൂകമ്പ സാധ്യത പൊതുവിൽ എന്താണെന്നു മനസിലാക്കുക

2. പ്ലോട്ടിന്റെ സ്ഥാനം (പരിസരത്തുള്ള പ്രകൃതി-മനുഷ്യ നിർമ്മിത ഘടകങ്ങൾ), ഭൂപ്രകൃതി, മണ്ണിന്റെ തരം, മറ്റു ദുരന്ത സാധ്യതകൾ എന്നിവ മനസ്സിലാക്കികൊണ്ട് കഴിവതും ആർക്കിടെക്ട്, സിവിൽ എൻജിനീയർ/ സ്ട്രക്ച്ചറൽ എൻജിനീയർ എന്നിവരുടെ വിദഗ്ദോപദേശം തേടി, എല്ലാ കെട്ടിട നിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങളും അനുബന്ധ നിയമങ്ങളും പാലിച്ചുകൊണ്ട്, സ്ഥലത്തിനനുയോജ്യമായ രീതിയിൽ കെട്ടിടത്തിന്റെ വാസ്തുശില്പപരമായ രൂപകൽപ്പനയും (architectural design) ഘടനാപരമായ രൂപകൽപനയും (structural design) നിർമ്മാണവും നടത്തുക.

3. ഗുണമേന്മയും, ദുരന്തങ്ങളെ അതിജീവിക്കാൻ ശേഷിയുള്ളതും, പ്രകൃതിസൗഹാർദ്ദപരവുമായ നിർമ്മാണവസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിക്കുക.

4. കെട്ടിടത്തിന്റെ ദൃഢതയും ഈടും ഉറപ്പാക്കാനായി നല്ല കെട്ടിട നിർമ്മാണ രീതികൾ (good construction practices) പിന്തുടരുക. (അനുബന്ധം 1 കാണുക)

5. വീടിന്റെ അതിജീവനശേഷിക്കാവശ്യമായ ഘടനാപരവും അല്ലാത്തതുമായ പ്രതിരോധ നടപടികൾ നിർമ്മാണഘട്ടത്തിലും തുടർന്നും കൈക്കൊള്ളുക. (അദ്ധ്യായം 3 കാണുക)

6. വീടിന്റെ നിർമ്മാണം പൂർത്തിയായി താമസം ആരംഭിച്ചു കഴിഞ്ഞാലും സമയാസമയങ്ങളിൽ ആവശ്യമായ അറ്റകുറ്റപ്പണികൾ നടത്തുകയും കൃത്യമായ രീതിയിൽ കെട്ടിടത്തെ പരിപാലിക്കുകയും ചെയ്യുക വഴി ശക്തിശോഷണത്തിൽ നിന്നും കെട്ടിടത്തെ രക്ഷിക്കാം.

അനുബന്ധം- 1

നല്ല കെട്ടിടനിർമ്മാണ രീതികൾ

കെട്ടിട നിർമ്മാണ മേഖലയിൽ നിർമ്മാണ വസ്തുക്കളുടെ ഗുണമേന്മയും, നിർമ്മാണ രീതികളില് വൈദഗ്ദ്ധ്യവും ഒരു പോലെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. നല്ല ഗുണ നിലവാരം പുലർത്തുന്ന നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ ഉണ്ടെങ്കിലും നിർമ്മാണ രീതിയുടെ പോരായ്മയും ഗുണമില്ലായ്മയും കെട്ടിടത്തെ ദുർബലമാക്കും. കെട്ടിട നിർമ്മാണ മേഖലയിലെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങളായ തൂക്ക് (verticality), തിരശ്ചീനത/ മട്ടം (horizontality) എന്നിവയിൽ യാതൊരു വിധ വിട്ടുവീഴ്ചയും പാടുള്ളതല്ല. ശരിയായ രീതിയിൽ തൂക്കും മട്ടവും നിലനിർത്തി പണിയുന്ന കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് ദുരന്തങ്ങളെ ചെറുക്കാൻ കൂടുതൽ പ്രതിരോധ ശക്തി ഉണ്ടായിരിക്കും. നിർമ്മാണ സാമഗ്രികളുടെ തിരഞ്ഞെടുപ്പിലും അവയുടെ ഉപയോഗത്തിലും സത്യസന്ധതയും അനുയോജ്യമായ കെട്ടിട നിർമ്മാണ രീതികളും അനുവർത്തിക്കേണ്ടതാവശ്യമാണ്.

നിർമ്മാണ സാധനങ്ങളുടെ തിരഞ്ഞെടുപ്പ് തുടങ്ങി അവയുടെ ഗുണ നിലവാരം, കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന രീതി, നിർമ്മാണ സാധനങ്ങൾ പണി സ്ഥലങ്ങളിൽ കരുതിവയ്ക്കുന്ന രീതികൾ, സാധനങ്ങളുടെ പരമാവധി ഉപയോഗം എന്നിവ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധ അർഹിക്കുന്നു. കഴിവതും നിർമ്മാണ സ്ഥലത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള നിർമ്മാണ സാമഗ്രികളുടെ ലഭ്യത ഉറപ്പു വരുത്തണം. ദൂര സ്ഥലങ്ങളിൽ നിന്നും കൊണ്ട് വരുന്ന സാധനങ്ങൾ പണിസ്ഥലങ്ങളിലേക്കെത്തിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന വാഹനങ്ങളുടെ ഇന്ധനച്ചെലവും വാഹനങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന മലിനീകരണവും കുറയ്ക്കാൻ ഇത് സഹായിക്കുന്നു. അതാതു സ്ഥലത്തുള്ള സാധന സാമഗ്രികൾ കൊണ്ട് കെട്ടിടം നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ തൊഴിൽ വൈദഗ്ദ്ധ്യമുള്ള പണിക്കാരെ പുറത്തുനിന്നു കൊണ്ടു വരേണ്ട കാര്യമില്ല.

നിർമ്മാണ യന്ത്രങ്ങളും ഉപകരണങ്ങളും

കെട്ടിട നിർമ്മാണത്തിൽ മാനവശേഷിയോടൊപ്പം യാന്ത്രിക ശേഷിയും പരിഗണിക്കേണ്ടതുണ്ട്. കോൺക്രീറ്റ് കൂട്ടുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന കോൺക്രീറ്റ് മിക്സറും, കോൺക്രീറ്റ് സുഗമമായി കമ്പികൾക്കുള്ളിലേക്ക് ഇറങ്ങി ചെല്ലുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന വൈബ്രേറ്ററുമാണ് സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന നിർമ്മാണ യന്ത്രങ്ങൾ.

Figure 128 കോൺക്രീറ്റ് മിക്സർ

Figure 129 വൈബ്രേറ്റർ

സ്രോതസ്: https://www.indiamart.com/

പ്രവർത്തിപ്പിക്കാൻ വൈദഗ്ദ്ധ്യം ലഭിച്ചിട്ടുള്ളവർ തന്നെ ഇത്തരം യന്ത്രങ്ങൾ പ്രവർത്തിപ്പിക്കണം. അല്ലെങ്കിൽ ഗുണത്തേക്കാളേറെ ദോഷമാകും സംഭവിക്കുക.

- ഒരു മിക്സർ മെഷീനിൽ ഒരു ബാച്ച് കോൺക്രീറ്റ് മിക്സ് ചെയ്യുന്നതിനും അതുപോലെ കോൺക്രീറ്റിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നതിനുമെല്ലാം ഒരു നിശ്ചിത സമയം നിശ്ചയിച്ചിട്ടുണ്ട്.

- അത് പോലെ വൈബ്രേറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്ന കോൺക്രീറ്റുകൾ ഇടുന്ന തട്ട് (സെന്ററിങ്) ഉറപ്പുള്ളതും വൈബ്രേഷൻ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന ചലനത്തെ ചെറുക്കൻ ശേഷിയുള്ളതും കൂടിയായിരിക്കണം. വൈബ്രേറ്റർ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ യന്ത്ര ഭാഗം നേരിട്ട് കമ്പികൾക്കു മുകളിൽ വയ്ക്കാതിരിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുകയും 'വൈബ്രേറ്റർ നീഡിൽ' കോൺക്രീറ്റിൽ അല്ലാതെ തട്ടിലോ കമ്പിയിലോ ബന്ധപ്പെടാതിരിക്കാനും ഒരു സ്ഥലത്തു തന്നെ കൂടുതൽ നേരം പ്രയോഗിക്കാതിരിക്കാനും പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം.

- ആവശ്യം കഴിഞ്ഞു യന്ത്രങ്ങൾ നല്ല രീതിയിൽ ഗ്രീസ് ചെയ്ത് വൃത്തിയായി സൂക്ഷിക്കണം.

- കോൺക്രീറ്റ് മിക്സർ മെഷീന്റെ മിക്സർ യൂണിറ്റ് കൂടുതൽ നേരം കറങ്ങുകയാണെങ്കിൽ ചല്ലിയുടെയും (മെറ്റൽ) മണലിന്റെയും രൂപഘടനയിൽ വ്യത്യാസം വരികയും അത് കോൺക്രീറ്റ് സെറ്റാവുമ്പോൾ (ഉറയ്ക്കുമ്പോൾ) ഉള്ള പരസ്പര കൂടിച്ചേരലിനു ഭംഗം വരുത്തുകയും ചെയ്യും.

- കോൺക്രീറ്റ് കട്ടിങ് മെഷീനുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഭാഗികമായി കോൺക്രീറ്റ് ചെയ്ത ഭാഗങ്ങൾ പൊട്ടിച്ചു മാറ്റേണ്ടപ്പോൾ ആ ഭാഗങ്ങൾക്കിടയിൽ ശരിയായ താങ്ങ് കൊടുത്തിരിക്കണം. എവിടെ നിന്നാണോ പൊട്ടിച്ചു മാറ്റേണ്ടത് ആ ഭാഗം ആദ്യമേ മുറിച്ചു മാറ്റി നിർത്തുകയാണെങ്കിൽ മെഷീന്റെ വൈബ്രേഷൻ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന ആഘാതം കെട്ടിടത്തിന്റെ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിക്കാതിരിക്കും.

- മെഷീനുകൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ അത് കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നവരുടെയും സഹായികളുടെയും സുരക്ഷിതത്വം ഉറപ്പാക്കിയിരിക്കണം.

- നിർമ്മാണത്തിന്റെ എല്ലാ അർഥത്തിലുമുള്ള പൂർണ്ണത കൈവരിക്കുന്നതിന് നിർമ്മാണ ഉപകരണങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യം വളരെ വലുതാണ്. (നിർമ്മാണത്തിന്റെ ഗുണത്തെ ബാധിക്കും. ഓരോ പണികൾക്കും അതിന്റെതായ ഉപകരണങ്ങൾ തന്നെ ഉപയോഗിക്കുകയും ആവശ്യം കഴിഞ്ഞാൽ അവ വൃത്തിയാക്കി സുരക്ഷിതമായി സൂക്ഷിക്കേണ്ടതുമാണ്. പ്രധാനമായും മട്ടവും തൂക്കും നോക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ യഥാവിധി, യഥാസമയം അറ്റകുറ്റപ്പണികൾ തീർത്തതാവണം.

അളവ് പാത്രങ്ങൾ

കെട്ടിട നിർമ്മാണത്തിൽ കെട്ടിട സാധനങ്ങളുടെ ഗുണനിലവാരത്തിലെന്ന പോലെ മണൽ, സിമന്റ്, ചല്ലി (മെറ്റൽ), വെള്ളം തുടങ്ങിയ സാധനങ്ങൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന പാത്രങ്ങളുടെ കാര്യത്തിലും അതീവ ശ്രദ്ധ ആവശ്യമാണ്.

- ഒരു പ്രത്യേക മിശ്രിതത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന പാത്രങ്ങൾ എല്ലാം ഒരേ അളവിലായിരിക്കണം. അല്ലെങ്കിൽ അനുപാതം ശരിയായാലും അവയുടെ അളവിൽ വ്യത്യാസം വരും. ഉദാഹരണത്തിന് സിമെന്റും മണലും ചേർത്ത് പൂശുന്നതിനുള്ള മിശ്രിതം ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ സിമന്റ് അളന്നെടുക്കുന്ന പാത്രവും (ചട്ടികൾ) മണൽ എടുക്കുന്ന പാത്രവും ഒരേ അളവും ആകൃതിയും ഉള്ളവയും കേടുപാടുകൾ ഇല്ലാത്തവയുമായിരിക്കണം.

- വെള്ളം എടുക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന തോട്ടി അല്ലെങ്കിൽ പാത്രം പുതിയതും കേടുപാടുകൾ ഇല്ലാത്തതും ആയിരിക്കണം. കോൺക്രീറ്റിലും മറ്റ് ഏതൊരു മിശ്രിതത്തിലും വെള്ളം ചേർക്കുന്നത് അതാത് മിശ്രിതങ്ങൾക്ക് പറഞ്ഞിട്ടുള്ള നിശ്ചിത അനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കണം (water-cement ratio). ഒരേ മിശ്രിതം ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് പല തരത്തിലുള്ള പാത്രങ്ങളോ, കുട്ടകളോ, ബക്കറ്റുകളോ, ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ തീർച്ചയായും അത്

കെട്ടിട നിർമ്മാണത്തിന്റെ ഗുണനിലവാരത്തെ ദോഷകരമായി ബാധിക്കും.

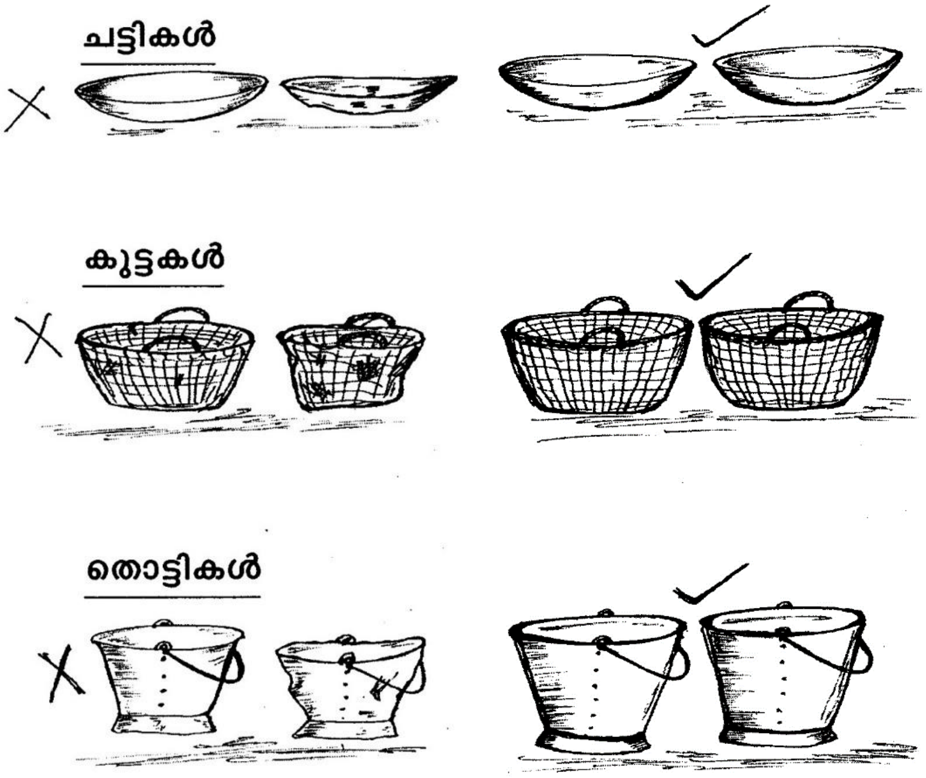


Figure 130 നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന പാത്രങ്ങൾ

സ്രോതസ്: Good Construction Practices, A Presentation by Habitat Technology Group

അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണം (സാധാരണ പാറയും കരിങ്കല്ലും ഉപയോഗിച്ചുള്ളത്)

പൊതുവെ നമ്മുടെ നാട്ടിൽ വീടുകൾക്ക് കരിങ്കല്ലുകൾ കൊണ്ടുള്ള അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണ രീതികളാണ് അവലംബിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ പ്രധാന കാരണം കരിങ്കല്ലിന്റെ ഉറപ്പാണ്.

- അസ്ഥിവാരത്തിന്റെ ഏറ്റവും അടിയിൽ വലിപ്പം കൂടിയ കല്ലുകൾ നിരത്തണം.
- കനം കുറഞ്ഞതും പാളികളുമായ കരിങ്കൽ കഷ്ണങ്ങൾ അസ്ഥിവാര നിർമ്മാണത്തിൽ (construction of foundation) നിന്നും ഒഴിവാക്കണം.
- തൂക്കായ (vertical joints and gaps)വിടവുകളും ജോയിന്റുകളും ഒഴിവാക്കണം.
- കരിങ്കല്ല് ഉപയോഗിച്ച് നിർമ്മിക്കുന്ന അടിസ്ഥാനനിർമ്മാണപ്പണികളിലായാലും ഭിത്തി നിർമ്മാണത്തിലായാലും കല്ലുകൾ പരസ്പരം

കോർത്തിണക്കിക്കെട്ടുകയാണ് വേണ്ടത്. യാതൊരു കാരണവശാലും ലംബ രീതിയിലുള്ള തുടർച്ചയായുള്ള യോജിപ്പ് (continuous vertical joint) ഉണ്ടാകാൻ പാടുള്ളതല്ല. അത്തരം നേർയോജിപ്പുകൾ ആഘാതസമയങ്ങളിൽ പെട്ടെന്ന് വിണ്ടു കീറി ഭിത്തികൾ നിലംപതിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരം ഭിത്തിനിർമ്മാണത്തിൽ ഭിത്തിയുടെ കനത്തിനനുസരിച്ചുള്ള (thickness) നീളമുള്ള കല്ലുകൾ അതായത് ആണിക്കല്ലുകൾ (through stones/ bond stones) ഭിത്തിക്ക് കുറുകെ അവിടവിടെയായി ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ടത് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ആണിക്കല്ലുകൾ (ബോണ്ട് കല്ലുകൾ) കഴിയുന്നതും എല്ലാ മൂലകളിലും, ചുമരുകൾ തമ്മിൽ ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലും ഓരോ 3 മുതൽ 4 അടി അകലത്തിൽ തിരശ്ചീനമായും, 1 അടി വരെ ലംബ ദിശയിലും ഉപയോഗിക്കണം.

- അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണത്തിൽ കല്ലുകൾ തമ്മിൽ കൊരുത്തു (interlocking) കെട്ടുന്ന രീതി അടിസ്ഥാനത്തിന് കൂടുതൽ ഉറപ്പു നൽകുന്നു.
- കരിങ്കല്ലുകൾ കുത്തിച്ചാരി അടുക്കുന്ന രീതി ഒഴിവാക്കണം.
- കരിങ്കല്ലുകളുടെ വിടവുകളിൽ ദൃഢമായ ചെറിയ കരിങ്കൽ തുണ്ടുകൾ തിരുകി കയറ്റി കരിങ്കല്ലുകൾക്കിടയിലെ വിടവുകൾ നിറയ്ക്കുകയും അത് വഴി ചാന്തിന്റെ ദുരുപയോഗം കുറയ്ക്കുകയും വേണം.
- വാനത്തിനകത്ത് കോൺക്രീറ്റിന്റെ (P.C.C.) ആവശ്യം ഉണ്ടെങ്കിൽ അത് ചെയ്യുന്നതിന് മുന്പായി വാനത്തറയിൽ (excavated ground) പ്ലാസ്റ്റിക് ഷീറ്റ് വിരിക്കുന്നത് നന്നായിരിക്കും. കോൺക്രീറ്റിലെ ജലാംശം മണ്ണിൽ പിടിച്ച നഷ്ടപ്പെടാതിരിക്കാൻ ഇത് സഹായിക്കും.
- വാനത്തിനകത്ത് കല്ലുകൾ നിക്ഷേപിക്കുമ്പോൾ കര മണ്ണ് ഇടിയുവാനോ, അടിസ്ഥാനത്തിലെ കോൺക്രീറ്റിനു ക്ഷതം ഏൽപ്പിക്കാനോ പാടില്ല.

തൂക്കും മട്ടവും

കെട്ടിട നിർമ്മാണ രീതിയിൽ അത്യന്താപേക്ഷിതമായൊരു ഘടകമാണ് തൂക്കും മട്ടവും നോക്കുക എന്നത്. തൂക്കും മട്ടവും ശരിയല്ലെങ്കിൽ അത് കെട്ടിടത്തിന്റെ ബലത്തെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കും.

- സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഭിത്തി നിർമ്മാണ വസ്തുക്കളായ ഇഷ്ടിക, ഇന്റർലോക്കിങ് മഡ്ബ്ലോക്ക്, കോൺക്രീറ്റ് ഹൊള്ളോ ബ്രിക്സ്, കരിങ്കല്ല്, വെട്ടുകല്ല്/ ചെങ്കല്ല് എന്നിവ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ കഴിയുന്നതും ഓരോ വരിയ്ക്കും തൂക്കും മട്ടവും

നോക്കിയിരിക്കണം. തൂക്കു നോക്കി ആദ്യം വയ്ക്കുന്ന കല്ലുകൾ അടയാളപ്പെടുത്തുകയും മുന്നോട്ടുള്ള നിർമ്മാണത്തിൽ ആ കല്ലിൽ നിന്ന് തന്നെ തൂക്കു നോക്കേണ്ടതുമാകുന്നു. മട്ടം നോക്കുന്ന കല്ലുകളും ഇതുപോലെ അടയാളപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്.

- മട്ടവും തൂക്കും നോക്കുന്നതിനു മുമ്പ് അതിനുപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങളുടെ കൃത്യത ഉറപ്പു വരുത്തിയിരിക്കണം. സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ തൂക്കു കട്ട/ ഗുണ്ട് നൂലും (Plumb bob), മട്ട ഹോസും (level tube) അല്ലെങ്കിൽ സ്പിരിറ്റ് ലെവലും (spirit level). തൂക്കും മട്ടവും നോക്കുന്നവയുടെ പ്രതലങ്ങൾ നിരപ്പുള്ളതായിരിക്കണം. കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകളുടെയും ബീമുകളുടെയും കാര്യത്തിലും ഈ പറഞ്ഞ കാര്യങ്ങൾ വളരെയധികം പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നതാണ്.

ചുമരുകൾ

- തൂക്കും മട്ടവും നിർബന്ധമായും പാലിച്ചിരിക്കണം.
- സിമന്റ് ചാന്ത് ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചുമർ നിർമ്മാണ വസ്തുവിൽ ഈർപ്പത്തിന്റെ അംശം ഉറപ്പു വരുത്തണം.
- ഓരോ വാരി കെട്ടുമ്പോഴും നൂല് കെട്ടി മട്ടവും നിരപ്പും ഉറപ്പു വരുത്തണം.
- കഴിയുന്നതും പുറം ചുമരുകളിൽ ബേസ്മെന്റും (അടിത്തറ) ചുമരും ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് പത്തിരുപ്പ് (overlapping) ഒഴിവാക്കി കെട്ടുന്നതാണ് നല്ലത്.
- ചുമരുകൾ കെട്ടുമ്പോൾ നേർ ഏശകൾ (mortar joints) നിർബന്ധമായും ഒഴിവാക്കണം.
- നിർമ്മാണാവസ്ഥയിൽ അടിസ്ഥാനമായാലും ഭിത്തിയായാലും നിർമ്മിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കെ ഇടയ്ക്കു നിർമ്മാണം നിർത്തി വയ്ക്കേണ്ടി വരുന്ന സാഹചര്യത്തിൽ (ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ദിവസത്തെ നിർമ്മാണ പ്രവർത്തികൾ അവസാനിക്കുമ്പോൾ) ഒരിക്കലും തൂക്കായി (vertically) കല്ല് കെട്ട് നിർത്തി വയ്ക്കരുത്. അവ തുടർ നിർമ്മാണം നല്ല രീതിയിൽ ചെയ്യുന്നതിന് തടസ്സമാണ്. അത്തരം സന്ദർഭങ്ങളിൽ പടിപടിയായിട്ടുള്ള (racked back or toothed) നിർമ്മാണരീതിയാണ് അവലംബിക്കേണ്ടത്. തുടർനിർമ്മാണവേളയിൽ ഭിത്തിനിർമ്മാണവസ്തുക്കൾക്കിടയിൽ യോജിപ്പ് മിശ്രിതം (mortar) നന്നായി ഇറങ്ങിച്ചെല്ലാനും തുടർച്ചയായുള്ള ലംബയോജിപ്പുകൾ ഇല്ലാതാക്കാനും ഇത് സഹായിക്കുന്നു.

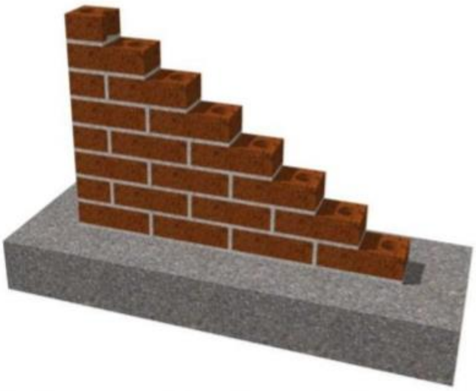


Figure 131 റാക്ക്ഡ് ബാക്

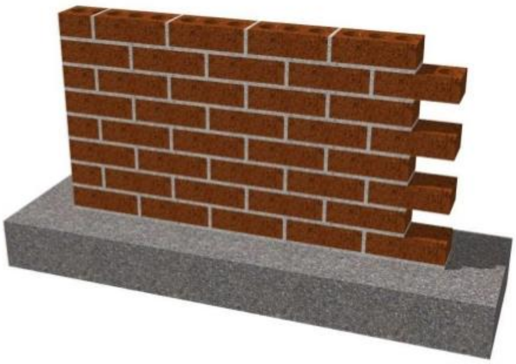


Figure 132 ടൂത്ത്ഡ്

സ്രോതസ്: https://www.slideshare.net/doogstone/concrete-block-walling

- നല്ല രീതിയിൽ മട്ടവും നിരപ്പും തൂക്കും ഏശക്കനവും (gap between the brick work) ക്രമീകരിച്ച് ഭംഗിയായി കെട്ടുകയാണെങ്കിൽ ചുമർ പൂശുന്നത് ഒഴിവാക്കി കൽ കെട്ടിനു (പ്രത്യേകിച്ചും ഇഷ്ടിക, ഇന്റർലോക്കിങ് മൺകട്ടകൾ. ചെങ്കല്ല്, കരിങ്കല്ല് എന്നിവ കൊണ്ടുള്ള കെട്ട്) കൂടുതൽ ഈടും ഉറപ്പും നില നിർത്തി ചെലവ് ഗണ്യമായി കുറയ്ക്കാവുന്നതാണ്. മാത്രമല്ല വീടിനുള്ളിലെ ശീതോഷ്ണാവസ്ഥയെ ക്രമീകരിക്കാൻ ഇത് വളരെ സഹായിക്കും.

- ചുമർ നിർമ്മാണത്തിൽ നിർമ്മാണ വസ്തു കഴിയുന്നതും പൂർണ്ണരൂപത്തിൽ തന്നെ ഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് ഉത്തമം. മുറിഞ്ഞതും കേടുപാടുകളുള്ളതുമായ വസ്തുക്കൾ ഒരേ സ്ഥലത്തു തന്നെ ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ചുമരിനു ബലക്ഷയം ഉണ്ടാക്കും.

- ചുമരുകൾ തൂക്കും മട്ടവും ചാന്ത് കനവും (mortar thickness) നോക്കി ശ്രദ്ധയോടെ കെട്ടാതെ അലക്ഷ്യമായി കെട്ടുകയും അതിന്റെ കോട്ടങ്ങൾ തീർക്കാൻ ആവശ്യത്തിലേറെ സിമെന്റും മണലും പണിക്കൂലിയും ഉപയോഗിച്ച് പൂശുന്നത് പണച്ചെലവ് കൂട്ടുക മാത്രമല്ല കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉറപ്പിന് ഭീഷണിയാവുകയും ചെയ്യും.

മേസ്തിരിമാർ (masons)/ മേല്നോട്ടക്കാർ (supervisors) എന്നിവർ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:

കരിങ്കല്ല് കെട്ടു ചുമരുകളുടെ ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധം മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങൾ

പൂർണ്ണമായും കരിങ്കല്ലുപയോഗിച്ച് ക്രമരഹിതമായ രീതിയിൽ കെട്ടിയുണ്ടാകുന്ന (random rubble masonry) വീടുകൾ കേരളത്തിൽ പൊതുവെ കുറവാണെങ്കിലും അവയുടെ ഭൂകമ്പ സുരക്ഷ ഉറപ്പാക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള കാര്യങ്ങളാണ് ഇനി പറയുന്നത്.

1. *ചുമർ നിർമ്മാണം ശരിയായ രീതിയിലാണെന്നു ഉറപ്പു വരുത്തുക.*
   - *ചുമരിന്റെ കനം 450 mm-ൽ (ഒന്നര അടി) കൂടാൻ പാടില്ല.*
   - *ഉരുണ്ട കല്ലുകൾ കൽക്കെട്ടിനുപയോഗിക്കരുത്. അതിനു പകരം അത്തരം കല്ലുകൾ ഉളിയും ചുറ്റികയും ഉപയോഗിച്ച് ചെത്തിയെടുക്കുക.*
   - *സാധ്യമെങ്കിൽ മണ്ണുകൊണ്ടുള്ള യോജിപ്പ് മിശ്രിതം ഉപയോഗിക്കാതിരിക്കുക. അതിനു പകരം സിമെന്റും മണലും അടങ്ങിയ മിശ്രിതമോ (1:6 അനുപാതത്തിലോ അതിലും ശ്രേഷ്ഠമായതോ (richer)) കുമ്മായവും മണലും അടങ്ങിയ മിശ്രിതമോ (1:3 അനുപാതത്തിലോ അതിലും ശ്രേഷ്ഠമായതോ (richer)) ഉപയോഗിക്കാം.*

2. *കല്ല് കെട്ടിന്റെ നിരകൾ/ അടുക്കുകൾ (masonry courses) തമ്മിൽ ശരിയായ ബന്ധം (bond) ഉറപ്പാക്കുക.*
   - *450mm (1 അടി 4 ഇഞ്ച്) കനമുള്ള ഭിത്തിയിൽ ഓരോ 1200 mm (4 അടി) ദൂരത്തിലും, ഓരോ 600 mm (2 അടി) ഉയരത്തിലുമാണ് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ആണിക്കല്ലുകൾ നൽകേണ്ടത്.*

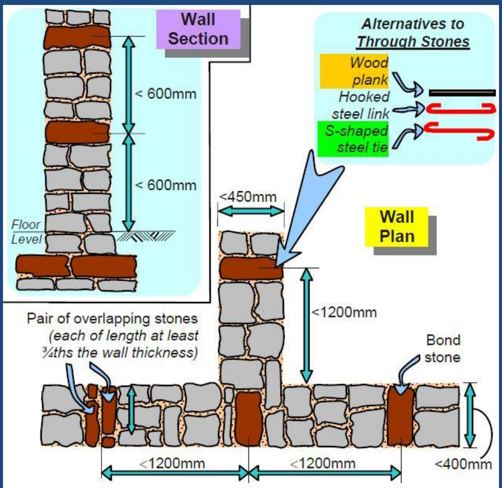


Figure 133 ചുമരുകൾ പാളികളായി അടർന്നു മാറാതിരിക്കാൻ കല്ല് കെട്ടുമ്പോൾ ഉപയോഗിക്കേണ്ട ആണിക്കല്ലുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- *ഇത്തരം കല്ലുകൾ കിട്ടാത്ത സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഭിത്തിയുടെ ഘനത്തിനനുസരിച്ചു നീളമുള്ള കമ്പികൾ ഉപയോഗിച്ച് കുറുകിയ ബീമുകൾ ഉണ്ടാക്കി ആണിക്കല്ലുകൾക്കു പകരമായി ഉപയോഗിക്കാം. ചുമരുകളിലും അടിസ്ഥാനത്തിലും ഇത്തരം രീതി പ്രായോഗികമാണ്.*

Figure 134 ആണിക്കല്ലുകൾക്കു പകരമായുള്ള ചെറിയ ബീം

സ്രോതസ്: കുടുംബ സുരക്ഷക്ക് സുരക്ഷിതമായ ഭവന നിർമ്മാണം

3. *തിരശ്ചീനമായ ബന്ധനങ്ങൾ നൽകുക (പേജ് നമ്പർ 56 കാണുക). തിരശ്ചീനബലങ്ങൾക്കെതിരെ ചുമരുകൾ ഒരുമിച്ചു ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനാണിത്.*

- ബജറ്റ് അനുസരിച്ച് ഈ ബന്ധനങ്ങൾ റീഇൻഫോഴ്സ്ഡ് കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടോ തടി കൊണ്ടോ നിർമ്മിക്കാവുന്നതാണ്. കരിങ്കല്ല് കെട്ട് ചുമരുകളിൽ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് ലിന്റൽ ബാൻഡോ റൂഫ് ബാൻഡോ എങ്കിലും ഉണ്ടായിരിക്കണം.

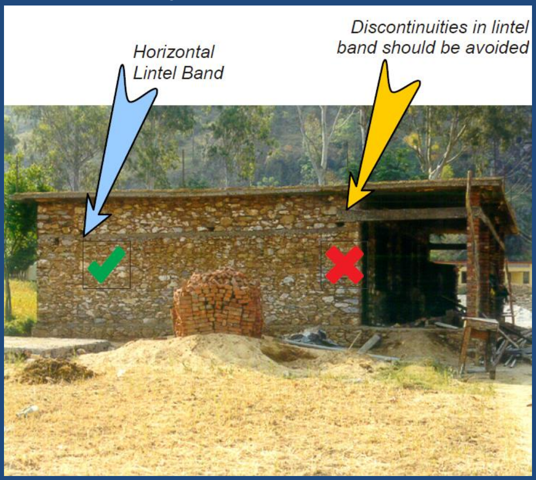


Figure 135 കരിങ്കല്ല് കെട്ട് ചുമരുകളിൽ തിരശ്ചീനമായ ലിന്റൽ ബാൻഡ് നിർബന്ധമാണ്

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

4. കെട്ടിടത്തിന്റെ ആകെയുള്ള അളവുകൾ (നീളം, വീതി, ഉയരം) എന്നിവ നിയന്ത്രിക്കുക.
    - കുറുകെയുള്ള ഭിത്തികൾക്കിടയിലുള്ള (cross-walls) താങ്ങില്ലാത്ത ചുമരിന്റെ നീളം പരമാവധി 5 m ആയി ചുരുക്കണം. നീളമേറിയ ചുമരുകൾക്കു താങ്ങിനായി മുട്ടുചുമരുകൾ (buttresses) 4 m ഇടവിട്ട് നിർമ്മിക്കണം.
    - ഓരോ നിലയുടെയും ഉയരം 3 m-ൽ കൂടരുത്. പൊതുവിൽ, കരിങ്കല്ല് കെട്ട് (random rubble masonry) ചുമരുകൾ സിമെന്റ് യോജിപ്പ് മിശ്രിതം ഉപയോഗിച്ചു കെട്ടുമ്പോൾ 2 നിലയിൽ കൂടാനോ കുമ്മായമോ മണ്ണിന്റെയോ യോജിപ്പ് മിശ്രിതം ഉപയോഗിച്ചു കെട്ടുമ്പോൾ ഒരു നിലയിൽ കൂടാനോ പാടുള്ളതല്ല.
    - ചുമരിന്റെ ഉയരത്തിന്റെ ഒന്നിൽ ആറ് ഭാഗം ($1/6^{th}$) ആയിരിക്കണം അതിന്റെ കനം (thickness).

യോജിപ്പ് മിശ്രിതം/ ചാന്ത് (സിമന്റ്- മണൽ മിശ്രിതം) കനം

- ഭിത്തി നിർമ്മാണത്തിൽ ചാന്ത് കനം കൂടുന്നത് കെട്ടിടത്തിന്റെ ബലത്തെ ബാധിക്കും. ചാന്തിന്റെ കനം ഒരു ചെറിയ വിരലിന്റെ കനത്തിലാകുന്നതാണ് നല്ലത്. അത് ചുമരിന്റെ ബലം കൂട്ടുകയും സിമന്റ്, മണൽ തുടങ്ങിയവയുടെ അധിക ഉപയോഗം കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യും. ചാന്ത് കനം പരമാവധി 6 മി. മി. മുതൽ 10 മി. മി. വരെ ക്രമപ്പെടുത്താൻ ശ്രദ്ധിക്കണം.

- നിർമ്മാണ സമയത്ത് താഴേക്ക് വീഴുന്ന ചാന്ത് അപ്പപ്പോൾ എടുത്ത് ചാലിച്ച് എത്രയും വേഗം ഉപയോഗിക്കണം. സമയം കൂടുംതോറും അതിന്റെ പശ (setting capacity) കുറയുകയും ബലക്ഷയം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യും.

- ആദ്യ വരികളിൽ യോജിപ്പ് മിശ്രിതത്തിന്റെ കനം ക്രമീകരിച്ച് നിർമ്മാണ വസ്തു മുഴുവനായും പ്രയോജനപ്പെടുത്താൻ ശ്രമിക്കണം. അതുവഴി മുകളിലേക്കുള്ള നിർമ്മാണത്തിൽ നിർമ്മാണ വസ്തുവിനെ മുറിച്ച് ദുരുപയോഗം ചെയ്യുന്നത് ഒഴിവാക്കാം.

- ചാന്ത് ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രതലങ്ങൾ ഈർപ്പമുള്ളതായിരിക്കണം. ചാന്ത് നിർമ്മിക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന ഉണങ്ങിയ മിശ്രിതത്തിൽ ആവശ്യാനുസരണം മാത്രം വെള്ളം ചേർത്ത് ചാലിക്കുന്ന രീതിയാണുത്തമം. ഭിത്തി നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് വെള്ളം നനയ്ക്കുന്നത് കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉറപ്പിന് വളരെ പ്രധാനമാണ്; പ്രത്യേകിച്ചും ഇഷ്ടിക പോലുള്ള വെള്ളം വലിച്ചെടുക്കുന്ന നിർമ്മാണ സാമഗ്രികൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ.

എന്തിനു ഇഷ്ടിക നനയ്ക്കുന്നു?

ഇഷ്ടികയുടെ നിർമ്മാണത്തിലെ ഒരു പ്രധാന ഘട്ടമാണ് തീയിട്ടു വേവിക്കുക എന്നത്. ഈ സമയത് ഇഷ്ടികയ്ക്കകത്തുള്ള ജലാംശം ബാഷ്പമായി പോവുകയും ജലാംശം ഇരുന്ന സ്ഥലം ചെറിയ വായു അറകളായിത്തീരുകയും ചെയ്യും. ഉപയോഗിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് വെള്ളത്തിൽ നനയ്ക്കുമ്പോൾ ഇഷ്ടികയ്ക്കകത്തുള്ള വായു അറകളിൽ ജലം നിറയുകയും അത് ഇഷ്ടികകൾ തമ്മിൽ യോജിപ്പിക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന ചാന്തിലെ ജലാംശം വലിച്ചെടുക്കാതിരിക്കുകയും ചെയുന്നു. അങ്ങനെ ചാന്ത് നല്ല രീതിയിൽ ഉറച്ചു ഇഷ്ടികകൾ തമ്മിൽ നല്ല രീതിയിൽ ബന്ധിച്ചു ചുമരിനു ഉറപ്പു കൂട്ടുന്നു.

ചാരം കെട്ടൽ (Scaffolding)

കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉയരമുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ പണി ചെയ്യേണ്ടി വരുമ്പോൾ പണിക്കാർക്ക് നിന്ന് പണികൾ ചെയ്യുന്നതിനുള്ള താൽക്കാലിക സംവിധാനമാണിത്. ഇത്തരം സംവിധാനങ്ങൾ നേരായ രീതിയിലല്ലെങ്കിൽ കെട്ടിട നിർമ്മാണ സമയത്തു തന്നെ ദുരന്തങ്ങൾക്ക് വഴിവയ്ക്കും.

- നിർമ്മാണ ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ചാരം കെട്ടുമ്പോൾ അവയ്ക്കുപയോഗിക്കുന്ന സാധനങ്ങൾ പുതിയതും ഉറപ്പുള്ളതും ആയിരിക്കണം.

- ചാരം കെട്ടാനുപയോഗിക്കുന്ന കമ്പുകൾ കെട്ടിടത്തെ പരിക്കേൽപ്പിക്കാതെ അഴിച്ചെടുക്കാൻ പാകത്തിലായിരിക്കണം ഉറപ്പിക്കേണ്ടത്.

- ഇത്തരം ചാരങ്ങൾ കെട്ടിടവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കേണ്ടതാണ്.

- ചാരത്തിൽ നിന്ന് ജോലി ചെയ്യുന്ന ആൾ അയാളുടെ ശരീരത്തെ കെട്ടിടത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഉറപ്പുള്ള ഭാഗവുമായി സുരക്ഷിതമായ രീതിയിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കണം.

- അനായാസം കെട്ടിട നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ കേടു കൂടാതെയും സുരക്ഷിതവുമായി നിർമ്മാണ സ്ഥലത്ത് എത്തിക്കുവാൻ തക്ക രീതിയിൽ ആയിരിക്കണം ചാരം കെട്ടേണ്ടത്.

- കഴിയുന്നതും അഴിച്ചെടുക്കാനും തിരികെ ഘടിപ്പിക്കുവാനും പറ്റുന്ന തരത്തിലുള്ള ഇരുമ്പ് ഫ്രെയിമുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് ഇത്തരം പണികൾക്ക് ഉത്തമം.

കോൺക്രീറ്റിംഗ്/ വാർപ്പ്/ വാർക്കപ്പണി:

- കമ്പി ഉപയോഗി ക്കുമ്പോൾ:
    - കമ്പികൾ വൃത്തിയുള്ളതും, തുരുമ്പിക്കാത്തതും, പൊടിയോ, എണ്ണയോ മറ്റും പുരളാത്തതും ആയിരിക്കണം. കമ്പികളുടെ പുറത്തു സ്റ്റീൽ ബ്രഷുകൾ ഉപയോഗിച്ച് പൊടി പടലങ്ങൾ മാലിന്യങ്ങളും നീക്കം ചെയ്യണം.
    - ഗുണ നിലവാരമുള്ള കമ്പികൾ തന്നെ നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കുപയോഗിക്കണം. കമ്പികൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, (വളയ്ക്കുമ്പോഴോ മുറിക്കുമ്പോഴോ) ഏതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള ഗുണനിലവാരക്കുറവ് ശ്രദ്ധയിൽ പെട്ടാൽ അത് മാറ്റി പുതിയ ഒരെണ്ണം ഉപയോഗിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം.
    - കൂടുതൽ വളഞ്ഞതോ, വലിഞ്ഞതോ ആയ കമ്പികൾ, പഴയതും ഉപയോഗശൂന്യമായ ഇരുമ്പ് ഭാഗങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് നിർമ്മിച്ച കമ്പികൾ എന്നിവ ബന്ധനങ്ങൾക്കിടയിൽ ബലക്ഷയം സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനാൽ നിർമ്മാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കരുത്.
    - ഉപയോഗിക്കുന്ന ഓരോ കമ്പിയുടെയും ഒരറ്റം മുതൽ മറ്റേ അറ്റം വരെ ഒരേ കനത്തിലായിരിക്കണം.
    - കമ്പികൾ കോൺക്രീറ്റിനുള്ളിൽ പോകുന്നത് വരെ ഈർപ്പരഹിതമായി സൂക്ഷിക്കേണ്ടതാണ്.
    - കമ്പികൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ജോലികളിൽ കൊളുത്തുകളും മറ്റു വളവുകളും, കമ്പികൾ നീളം തികയാത്തതുകൊണ്ട് കൂട്ടിയോജിപ്പിക്കുമ്പോഴിടുന്ന ഓവർലാപ്പിങ്ങുകളും, അതാത് പണികൾക്ക് നിർദ്ദേശിക്കുന്ന നീള അളവിലും, കോണളവുകളിലും ആയിരിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം.
    - കോൺക്രീറ്റിൽ കമ്പി വിന്യസിക്കുമ്പോൾ നിഷ്കർഷിക്കുന്ന കവറിങ് (കമ്പി മുതൽ കോൺക്രീറ്റിന്റെ പുറം വരെയുള്ള ദൂരം) യഥാവിധി നടപ്പിലാക്കുന്നുണ്ടോ എന്ന് പ്രത്യേകം ഉറപ്പാക്കണം. സ്റ്റീൽ കമ്പികൾ കോൺക്രീറ്റിനുള്ളിൽ ശരിയായി കവറു ചെയ്തു (കമ്പികൾ തട്ടിൽ നിന്നും ഉയർത്തി വയ്ക്കുന്ന രീതി) വയ്ക്കേണ്ടതും, അതുവഴി

തുരുമ്പെടുക്കുന്നതിൽ നിന്ന് കമ്പികൾക്ക് സംരക്ഷണം നൽകുകയും ചെയ്യാം.

- ഏതെങ്കിലും പ്രത്യേക സാഹചര്യത്തിൽ കമ്പികൾ പുറത്തു കാണിക്കേണ്ടി വരുന്ന അവസരങ്ങളിൽ, അത്തരത്തിൽ പുറത്തേയ്ക്കു തള്ളി നിൽക്കുന്ന ഭാഗങ്ങൾക്ക് തുരുമ്പിൽ നിന്നും രക്ഷ നേടുന്നതിനുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങൾ സ്വീകരിച്ചിരിക്കണം.

- കമ്പികൾ തമ്മിൽ കൂട്ടികെട്ടാനുപയോഗിക്കുന്ന കെട്ട് കമ്പികൾ കെട്ടിയതിനു ശേഷം ബാക്കി വരുന്ന ഭാഗം യാതൊരു കാരണവശാലും കമ്പിക്കു ലംബമായി നിൽക്കുകയോ കോൺക്രീറ്റിന് പുറത്തേക്കു തള്ളി നിൽക്കുകയോ ചെയ്യരുത്. അവ കമ്പികൾക്കു തന്നെ സമാന്തരമായി തന്നെ നിർത്തുകയോ കോൺക്രീറ്റിനു അകത്തു വരത്തക്ക രീതിയിൽ മടക്കി വയ്ക്കുകയോ മുറിച്ചു മാറ്റുകയോ ചെയ്യണം.

- കോൺക്രീറ്റിൽ കമ്പിയുടെ അളവ് കുറയുന്നതുപോലെ തന്നെ ദോഷകരമാണ് അവയുടെ അളവ് ക്രമത്തിൽ കൂടുന്നതും.

- ബീമിന്റെ നീളത്തിലുടനീളം ലംബരീതിയിലുള്ള സ്റ്റിറപ്പുകൾ (stirrups) സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധർ നിഷ്കർഷിക്കുന്ന വിധം അകലത്തിൽ (spacing) ഉറപ്പിക്കുകയും എന്നാലിവയുടെ അകലങ്ങൾ തൂണുകളോ ചുമരുകളോ ആയി യോജിക്കുന്ന ഇടങ്ങളിൽ കൂടുതൽ അടുത്തടുത്തായി ഉറപ്പിക്കുകയും വേണം.

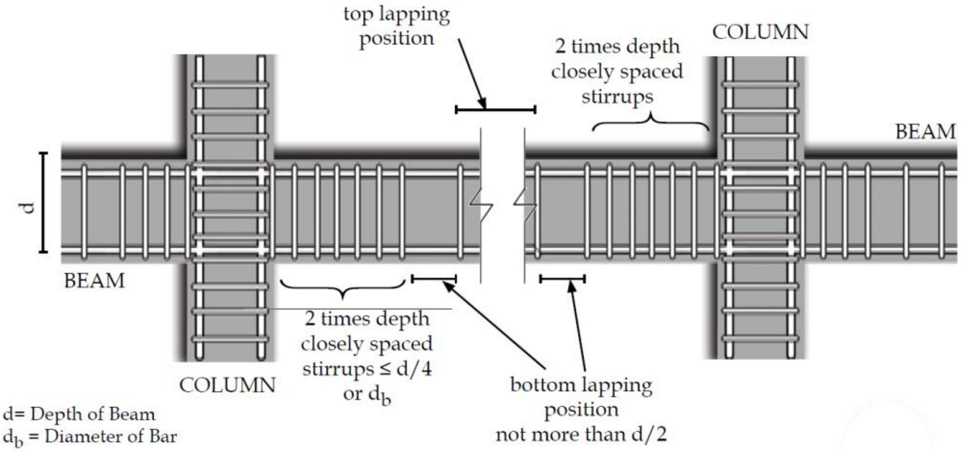


Figure 136 ബീമുകളിലെ സ്റ്റിറപ്പുകളുടെ വിന്യാസം

സ്രോതസ്: Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual

- സ്റ്റിറപ്പുകളുടെ ഹുക്കിന്റെ വളവുകളുടെ കോണളവുകൾ സാധാരണ കണ്ടു വരുന്ന 90 ഡിഗ്രിക്ക് പകരം 135 ഡിഗ്രി ആയിരിക്കണം.

- അകത്തേക്കു വളച്ചു വച്ചിരിക്കുന്ന ഹൂക്കിന്റെ അവസാന ഭാഗത്തിന്റെ നീളം കമ്പിയുടെ വ്യാസത്തിന്റെ പത്തിരട്ടിയോ അതിൽ കൂടുതലോ ആയിരിക്കണം.

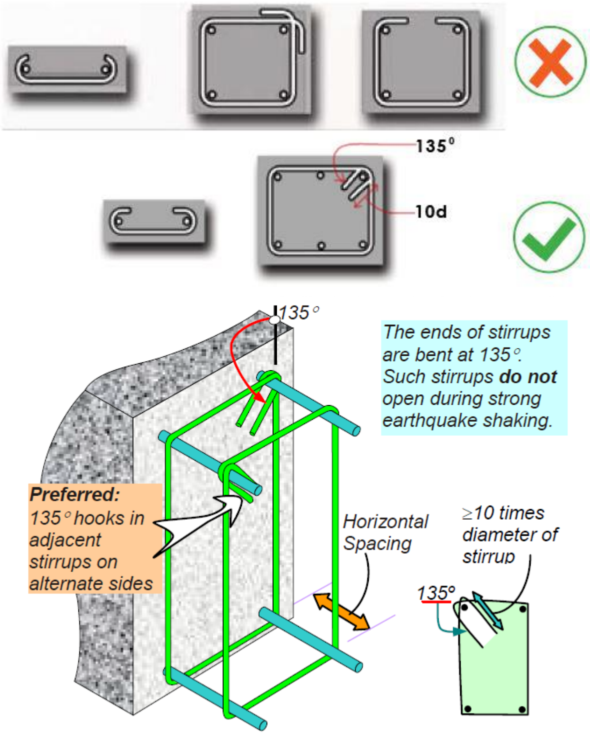


Figure 137 135 ഡിഗ്രി ഹുക്കിന്റെ വിശദാംശങ്ങൾ

ശ്രോതസ്: Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual and Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- തൂണുകളും ബീമുകളും ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ തൂണുകളുടെ കമ്പികൾക്കകത്തുകൂടെ ബീമിന്റെ കമ്പികൾ കടത്തുമ്പോൾ, ബീമിന്റെ കമ്പികൾ വളയ്ക്കാതെ നേരെ തന്നെ ഉറപ്പിക്കണം.

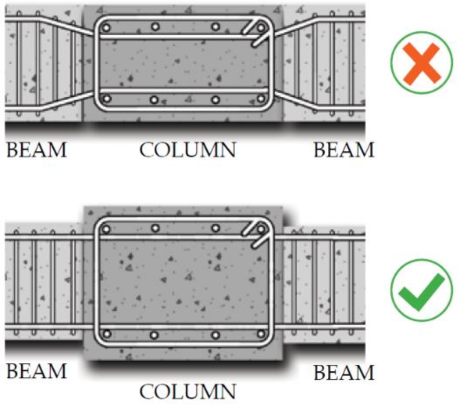


Figure 138 തൂണുകളും ബീമുകളും ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങൾ

ശ്രോതസ്: Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual

- കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകൾക്കായി കമ്പികളിൽ സ്റ്റിറപ്പുകൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ ബീമുകളോട് അടുക്കുന്ന ഭാഗത്തും കമ്പി ഓവർലാപ്പ് വരുന്ന ഭാഗത്തും സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധരുടെ

നിർദ്ദേശപ്രകാരം സ്റ്റിറപ്പുകൾ അടുത്തടുത്ത് വിന്യസിക്കേണ്ടതാണ്.

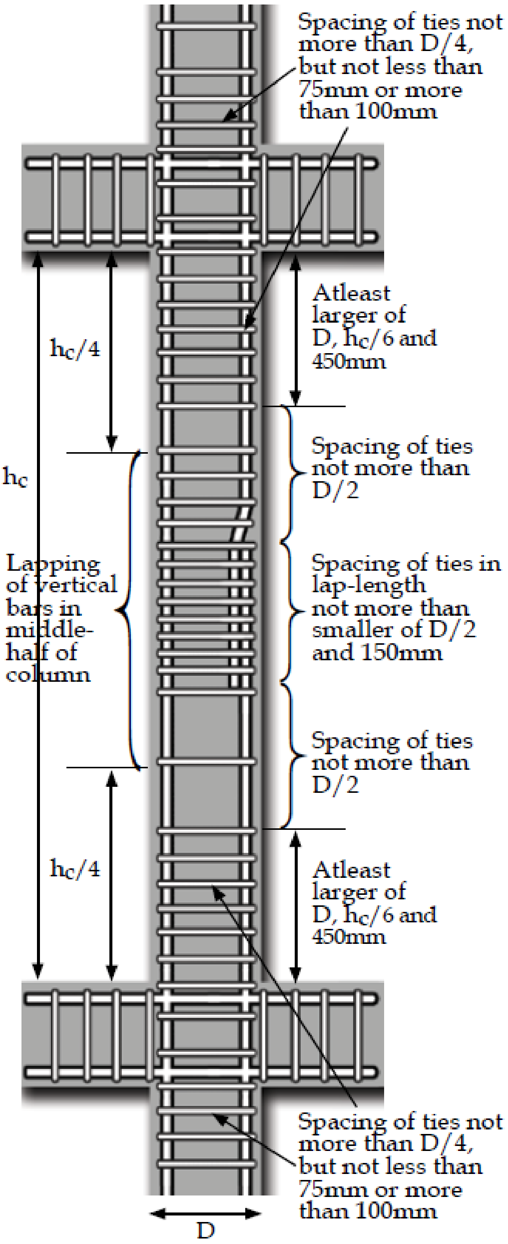


Figure 139 തൂണുകളിലെ സ്റ്റിറപ്പുകളുടെ വിന്യാസം

സ്രോതസ്: Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual

- എണ്ണത്തിൽ കൂടുതൽ കമ്പികൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള കോൺക്രീറ്റ് തൂണുകളിൽ വരുന്ന എതിർദിശയിലുള്ള കമ്പികളെ തമ്മിൽ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കാൻ അധികം ഹുക്കുകൾ ഉപയോഗിച്ച് സ്റ്റിറപ്പുകളെയും ചേർത്ത് ലംബമായ കമ്പികളെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കണം.

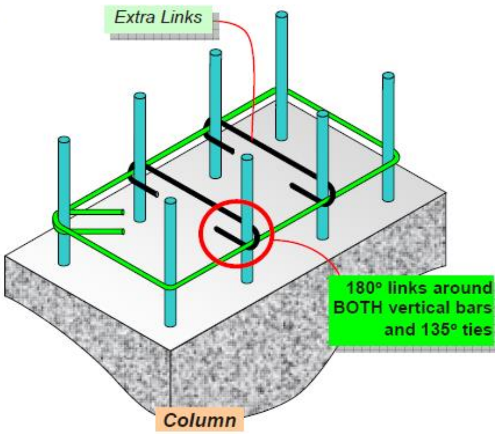


Figure 140 അധിക ഹുക്കുകൾ

സ്രോതസ്: Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction, IITK-BMTPC

- തട്ടടിക്കുമ്പോൾ:
  - ബലവത്തായ കമ്പി ഉപയോഗിച്ചുള്ള കോൺക്രീറ്റ് ഘടകങ്ങളെ വഹിക്കാൻ കഴിയുന്ന വിധം ഗുണ നിലവാരമുള്ളതും ഭാരം താങ്ങാൻ കൂടുതൽ ശേഷിയുള്ളതുമായ സാധനങ്ങളായിരിക്കണം കോൺക്രീറ്റിനായി തട്ട് തറയ്ക്കുമ്പോൾ ഉപയോഗിക്കേണ്ടത്. കോൺക്രീറ്റിടുമ്പോൾ കോൺക്രീറ്റിന്റെ ഭാരത്തിനു പുറമെ തൊഴിലാളികളുടെയും മറ്റ് സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധരുടെയും, വൈബ്രേറ്റർ പോലെയുള്ള യന്ത്ര സാമഗ്രികളുടെയും മറ്റുപകരണങ്ങളുടെയും ഭാരവും കൂടെ കണക്കിലെടുത്തുകൊണ്ട് വേണം തട്ടടിക്കാൻ.
  - ചോർച്ചയില്ലാത്ത വിധം ഉറപ്പിച്ച പലകകളും ഇരുമ്പ് തകിടുകളും കോൺക്രീറ്റിന് ഉറപ്പും ബലവും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു.
  - തട്ടുകൾക്ക് താങ്ങു കാലുകൾ ഘടിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവയെ തമ്മിൽ തിരശ്ചീന തലത്തിൽ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്.
  - തട്ടിന്റെ താങ്ങുകളുടെ ചുവടുറപ്പിക്കുമ്പോൾ നേരിട്ട് മണ്ണിലോ മണലിലോ ഉറപ്പിക്കാതെ നല്ല ദൃഢതയുള്ള പ്രതലങ്ങളിൽ ഉറപ്പിക്കാൻ ശ്രദ്ധിക്കണം. ഇഷ്ടികകൾ അടുക്കി അതിനു പുറത്ത് തട്ടിന്റെ കാലുകൾ ഉറപ്പിക്കുന്നത് തെറ്റായ രീതിയാണ്. വേണ്ടത്ര ബലമില്ലാത്ത തറകളിൽ തട്ടിന്റെ കാലുകൾ ഉറപ്പിക്കേണ്ടി വരുമ്പോൾ ഇരുമ്പൊ തടിയോ കൊണ്ടുള്ള പലകകൾ വച്ച് അതിന് പുറത്ത് കാലുകൾ നിർത്തുന്നത് നന്നായിരിക്കും.

- ○ യാതൊരു കാരണവശാലും ഈ കാലുകൾ ചരിച്ചു കൊടുക്കുവാൻ പാടുള്ളതല്ല. കോൺക്രീറ്റ് പ്രതലത്തിന് ലംബമായി തന്നെയായിരിക്കണം ഈ കാലുകൾ ഉറപ്പിക്കേണ്ടത്.
- ○ ഓരോ താങ്ങു കാലുകൾ തമ്മിലുള്ള അകലവും രണ്ടടിയിൽ കൂടാതെ ശ്രദ്ധിക്കണം.
- ○ താങ്ങുകൾ ആണികളോ മറ്റു സംവിധാനങ്ങളോ ഉപയോഗിച്ച് തട്ടിന്റെ തുലാമുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കണം.
- ○ അധികം ഭാരമുള്ള ബീമുകളോ സ്ലാബുകളോ വാർക്കുമ്പോൾ തട്ടിനു കൂടുതൽ ഉറപ്പു പ്രദാനം ചെയ്യുന്നതിനായി ഇരുമ്പ് കൊണ്ടുള്ള താങ്ങുകൾ കൊടുക്കേണ്ടതാണ്.
- ○ കോൺക്രീറ്റ് ചെയ്യുമ്പോൾ കമ്പിയും തട്ടും ചേർന്നിരിക്കാതെ യഥാവിധി കവറിംഗുകൾ കൊടുക്കുന്നതിന്റെ ചുമതല തട്ട് തറയ്ക്കുന്നവരിലും നിക്ഷിപ്തമാണ്.
- ○ തൂണുകളുടെയും ബീമുകളുടെയും നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന ഷട്ടറിങ് സാമഗ്രികൾ വളയാത്തതും കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കാത്തതുമായ തടിയോ, പ്ലൈവുഡോ, ഇരുമ്പ് ഷീറ്റുകളോ കൊണ്ട് നിർമ്മിച്ചവ ആയിരിക്കണം.
- ○ ഇവയെ തമ്മിൽ കൂട്ടി യൂജിപ്പിക്കുവാൻ നട്ടുകളും ബോൾട്ടുകളും ഉപയോഗിച്ചാൽ അവ യഥാവിധി ഉറപ്പിക്കുന്നതിനും അനായാസം സാധിക്കും.
- ○ കോൺക്രീറ്റുമായി ഒട്ടിപ്പിടിക്കാതിരിക്കാൻ തടിയിലോ പ്ലൈവുഡിലോ ഇരുമ്പ് ഷീറ്റുകളിലോ അടിക്കുന്ന കരി ഓയിലോ ഗ്രീസോ എണ്ണയോ പോലുള്ള വസ്തുക്കൾ കമ്പിയിൽ പുരളാതിരിക്കാനും കോൺക്രീറ്റിനുള്ളിലേക്കു ഇറങ്ങി ചെല്ലാതിരിക്കാനും പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

- നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതങ്ങൾ (concrete mix) എൻജിനീയറുടെ മേൽനോട്ടത്തിൽ കോൺക്രീറ്റ് മിക്സർ മെഷീനിൽ തന്നെ തയ്യാറാക്കേണ്ടതാണ്. കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതം ഒരിക്കലും കൈകൊണ്ട് യോജിപ്പിക്കരുത്
- കോൺക്രീറ്റ് ശരിയായ രീതിയിൽ കമ്പികളുടെ ഇടയിലും മറ്റും ഇറങ്ങി ചെല്ലുന്നതിന് സാങ്കേതിക വിദഗ്ദന്റെയോ വൈബ്രേറ്റർ ഓപ്പറേറ്ററുടെയോ സഹായത്തോടെ വൈബ്രേറ്റർ ഉപയോഗിക്കുക.

- ക്യൂറിങ് (Curing): കോൺക്രീറ്റിന്റെ ശരിയായ പരിചരണത്തിന് കൃത്യമായ ഈർപ്പനില ആവശ്യമാണ്. സിമെന്റിൽ വെള്ളം ചേർക്കുമ്പോളുണ്ടാകുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായാണ് സിമന്റ് ഉറയ്ക്കുന്നത് അഥവാ സെറ്റാകുന്നത്. ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഭാഗമായി ചൂട് ഉല്പാദിക്കപ്പെടുകയും അതുമൂലം ജലാംശം നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. സിമന്റ് പൂർണ്ണമായും സെറ്റാകുന്നത് വരെ ജലത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. അത്തരത്തിൽ വെള്ളത്തിന്റെ നഷ്ടപ്പെടുന്ന അളവ് ക്രമീകരിക്കുന്നതിനും കൂടിയാണ് വെള്ളത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം ഉറപ്പു വരുത്തുന്നത്. ശരിയായ രീതിയിൽ വെള്ളം ചേർക്കാതിരിക്കുകയോ പണികൾ കഴിഞ്ഞ ശേഷം നനയ്ക്കാതിരിക്കുകയോ ചെയ്താൽ അത് കോൺക്രീറ്റിന്റെ ബലക്ഷയത്തിനു കാരണമാവുകയും പ്രവർത്തനത്തെ ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ശരിയായ ക്യൂറിങ് നടക്കുന്നുണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തേണ്ടത് ഉടമസ്ഥന്റെയും കൂടി ചുമതലയാണ്.

  ക്യൂറിങ് നടത്തുന്നതിന്റെ രീതികൾ

  - പരന്നതും തിരശ്ചീനവുമായ പ്രതലങ്ങളിൽ വെള്ളം കെട്ടി നിർത്താം. വിസ്തൃതി കൂടുതൽ ആണെങ്കിൽ മണ്ണ് വളരെ കുറച്ച് സിമന്റ് ഉപയോഗിച്ചുള്ള ബണ്ടുകൾ നിർമ്മിച്ച് അതിനുള്ളിൽ വെള്ളം കെട്ടി നിർത്താം.

  - ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിൽ ചാക്ക്, വൈക്കോൽ (കച്ചി), പഴയ തുണികൾ എന്നിവ നിരത്തി അതിനു മുകളിലൂടെ നിശ്ചിത സമയ അളവുകളിൽ വെള്ളം നനച്ചു കൊടുക്കാവുന്നതാണ്.

  - ബീമുകളിലും തൂണുകളിലും അവയ്ക്കു ചുറ്റും കച്ചിയോ ചണ കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ ചാക്കോ മറ്റ് ഈർപ്പം പിടിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ഉപയോഗിച്ച് ചുറ്റിയതിനു ശേഷം നിശ്ചിത സമയ അളവുകളിൽ വെള്ളം നനച്ചു കൊണ്ടിരിക്കണം. പഴയ ഏതെങ്കിലും ഉപയോഗ്യശൂന്യമായ ടിന്നുകളോ പ്ലാസ്റ്റിക് പാത്രങ്ങളോ എടുത്ത് അവയുടെ ചുവട്ടിൽ ഒന്ന് രണ്ടു ചെറിയ ദ്വാരങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കി, അതിൽ വെള്ളം നിറച്ച് ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളുടെ മുകൾ ഭാഗത്തോ ബീമുകളുടെയും തൂണുകളുടെയും മുകളിലോ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വളരെ ഉത്തമം. വെള്ളം തുള്ളികളായി വീഴുന്ന തരത്തിലുള്ള ദ്വാരങ്ങളാണ് ഇടേണ്ടത്.

  - കാർഷികാവശ്യത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന സ്പ്രിങ്ക്ലറുകൾ ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ ജല നഷ്ടം ഇല്ലാതാക്കുകയും എപ്പോഴും ജലസാന്നിദ്ധ്യം ഉറപ്പാക്കുകയും ചെയ്യാം.

- കോൺക്രീറ്റ് പോലുള്ള സുപ്രധാന ജോലികൾ ചെയ്യുമ്പോൾ കോൺക്രീറ്റിനു ശേഷം ടാർപോളിൻ പ്ലാസ്റ്റിക് ഷീറ്റുകൾ മുതലായവ കൊണ്ട് മൂടി ഇടുന്നത് ജല നഷ്ടം കുറയ്ക്കാൻ സഹായിക്കും. കഠിനമായ വേനൽ സമയത്താണെങ്കിൽ കോൺക്രീറ്റ് തീരുന്ന മുറയ്ക്ക് ഉടൻ തന്നെ ഈ മൂടൽ നടപടി സ്വീകരിക്കുന്നത് നല്ലതാണ്.
- ചുമരുകളിലും മറ്റും റബ്ബർ ട്യൂബ് കൊണ്ട് വെള്ളം ചീറ്റി ഒഴിക്കുകയോ തളിക്കുകയോ ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

തൊഴിൽ വൈദഗ്ദ്ധ്യത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

കെട്ടിട നിർമ്മാണ പ്രക്രിയയിലെ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു കണ്ണിയാണ് തൊഴിലാളികൾ. കെട്ടിടങ്ങളുടെ രൂപകല്പനകൾ യാഥാർത്ഥ്യമാക്കുന്നതിൽ തൊഴിലാളികളുടെ നിർമ്മാണ വൈദഗ്ദ്ധ്യത്തിനു മുഖ്യ പങ്കുണ്ട്. രൂപകൽപ്പനയ്ക്കനുസരണമായി നിർമ്മാണ സാമഗ്രികൾ ഉപയോഗിച്ച് നല്ല രീതിയിൽ നേരിട്ട് നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെടുന്നത് തൊഴിലാളികളാണ്. ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഘടനാ നിർമ്മാണത്തിൽ വൈദഗ്ദ്ധ്യവും, പ്രവർത്തി പരിചയവുമുള്ള തൊഴിലാളികളെയാണ് ആവശ്യം. തൊഴിലാളികൾ അവരുടെ ജോലികൾ കൃത്യമായും ശരിയായും നിശ്ചിത സമയത്തിനുള്ളിൽ ചെയ്തു തീർത്താൽ മാത്രമേ കുറ്റമറ്റ കെട്ടിട നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനം സാധ്യമാകൂ. ഏർപ്പെടാൻ ഉദ്ദേശിക്കുന്ന ജോലികളുടെ വിശദവിവരങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളാൻ തൊഴിലാളികൾ ശ്രമിക്കുകയും ഈ വിവരങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജോലി ചെയ്യേണ്ടതുമാണ്.

അനുബന്ധം- 2

<u>ഫ്ലാറ്റ്/ അപ്പാർട്ട്മെന്റ് വാങ്ങുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ</u>

പൊതുവായ കാര്യങ്ങൾ:

- താമസക്കാരുടെ ആവശ്യങ്ങൾ ആദ്യം വിലയിരുത്തിയ ശേഷം മാത്രമേ എവിടെ ഇങ്ങനെയുള്ള ഏതു തരത്തിലുള്ള ഫ്ലാറ്റ് വാങ്ങണം എന്ന് തീരുമാനിക്കാവൂ.
- ദുരന്തങ്ങൾ എളുപ്പം ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള മേഖലയിലാണോ ഫ്ലാറ്റ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് എന്ന് അന്വേഷിച്ചറിയുക.
- കെട്ടിടത്തിലേക്കുള്ള വഴി ആവശ്യത്തിന് വീതിയുള്ളതും രക്ഷാപ്രവർത്തനത്തിന് തടസ്സം ഉണ്ടാക്കാത്ത രീതിയിലും ആകണം.
- ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയം അതിനു ബാധകമായ എല്ലാ കെട്ടിടനിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങൾ പാലിച്ചിട്ടുണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക.
- അത്യാഹിതങ്ങളും ദുരന്തങ്ങളും ഉണ്ടായാൽ അപായ സൂചന തരുന്ന സംവിധാനങ്ങൾ ഉണ്ടോ എന്ന് പരിശോധിക്കണം.
- രക്ഷാമാർഗ്ഗങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ലഘു വിവരങ്ങൾ കെട്ടിടത്തിന്റെ പ്രധാന ഭാഗങ്ങളിൽ പ്രദര്ശിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടോ എന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തണം.
- സുഗമമായ ജല- വൈദ്യുത വിതരണ സംവിധാനവും, മാലിന്യ നിർമാർജ്ജന സംവിധാനവും ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടോ എന്ന് പരിശോധിക്കുക.
- വാങ്ങാൻ പോകുന്ന ഫ്ലാറ്റിലിന്റെ ബിൽഡറുടെ കെട്ടിട നിർമ്മാണ രംഗത്തുള്ള മുൻപരിചയം മനസ്സിലാക്കുന്നത് നല്ലതാണ്. അതിനായി അവരുടെ മുൻകാല സംരംഭങ്ങൾ സന്ദർശിക്കാം.
- നിർമ്മാണകാലയളവ് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്. വളരെ ചുരുങ്ങിയ സമയം കൊണ്ട് പണിതീർത്തതാണെങ്കിൽ അവയുടെ ക്യൂറിങ് (Curing) സംവിധാനങ്ങളും മറ്റും എങ്ങനെ ആയിരുന്നു എന്ന് തിരക്കുന്നത് നന്നായിരിക്കും.
- എഗ്രിമെന്റ് വയ്ക്കുന്നതിന് മുൻപായി പരസ്യങ്ങളിൽ പ്രചരിപ്പിച്ച കാര്യങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടോ എന്ന് പരിശോധിക്കണം. ആവശ്യമെങ്കിൽ ഒരു എൻജിനീയർ/ ആർക്കിടെക്റ്റ്/ അഭിഭാഷകൻ എന്നിവരുടെ ഉപദേശം തേടുന്നത് നന്നായിരിക്കും.

- നല്ല പകൽ വെളിച്ചവും കാറ്റും കയറുന്ന ഇടനാഴികൾ ഉണ്ടെന്നു ഉറപ്പു വരുത്തണം.

- ബാല്കണികളിലും ടെറസുകളിലും മറ്റു തുറസ്സായ സ്ഥലങ്ങളിൽ നിന്നും വീണ് അപകടങ്ങൾ ഉണ്ടാകാതിരിക്കാനുള്ള ഉയരമുള്ള കൈവരികൾ ഉണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക.

- ഇടിമിന്നൽ സുരക്ഷാ സംവിധാനങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടോ എന്ന് പരിശോധിക്കണം.

- പാർക്കിങ് സംവിധാനങ്ങൾ സുഗമവും ഏതൊരടിയന്തിരാവസ്ഥയിലും വാഹനങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് പോകുന്നതിനും തിരികെ വരുന്നതിനും ഉതകുന്ന താരത്തിലാണോ എന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക.

- സെക്യൂരിറ്റി സംവിധാനങ്ങൾ ഉറപ്പു വരുത്തുകയും അതിന്റെ പ്രവർത്തനം ചോദിച്ചറിയുകയും വേണം.

- അത്യാഹിത സമയങ്ങളിൽ താമസക്കാർക്ക് ഒത്തു ചേരുന്നതിന് പ്രത്യേക ഇടങ്ങൾ (assembly area) സമുച്ചയത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയും അവയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ പൊതു സ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രദർശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ടോ എന്നും പരിശോധിക്കുക.

- അഗ്നി സുരക്ഷാ സംവിധാനങ്ങൾ (fire fighting) എല്ലാ നിലകളിലും ഉണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക. അതോടൊപ്പം അതിലേക്കാവശ്യമുള്ള ജലസ്രോതസ്സ് പ്രത്യേകമായി ക്രമീകരിച്ചിട്ടുണ്ട് എന്ന് ബോദ്ധ്യപെടുക.

- വിശ്രമ സൗകര്യങ്ങൾക്കാവശ്യമുള്ള (recreational facilities) ഇടങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും അവിടങ്ങളിൽ അപകട സൂചനാ സൗകര്യങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നുറപ്പാക്കുകയും വേണം.

- സ്കൂൾ ബസുകൾക്കും മറ്റും കുട്ടികളെ കൂട്ടിക്കൊണ്ട് പോകാനും തിരികെ വിടാനുമുള്ള (Pick-up and drop-off) സുരക്ഷിതമായ പൊതുസ്ഥലം നിജപ്പെടുത്തിയിരിക്കണം.

- ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയത്തിന്റെ മുഴുവനായിട്ടുള്ള ലേ ഔട്ട് പ്ലാനുകളിൽ എളുപ്പത്തിലുള്ള രക്ഷാവഴികൾ വ്യത്യസ്ത നിറം കൊടുത്ത് അടയാളപ്പെടുത്തി പ്രദർശിപ്പിക്കേണ്ടതും, ആ സമുച്ചയത്തിലെ ഓരോ വീടിന്റെയും പൊതുവായ സ്ഥലത്ത് ആ ഫ്ലോറിൻറെ രക്ഷാ വഴികൾ എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്ന പ്ലാനുകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുകയും വേണം.

- കാര്യക്ഷമമായ മെയ്ന്റനൻസ് സംവിധാനം ഉണ്ടെന്നു ഉറപ്പാക്കുക, ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ ദുരന്ത പ്രതിരോധ ശേഷിക്കു ആ കെട്ടിടത്തിന്റെ അറ്റകുറ്റപണികളുമായി വളരെ ബന്ധമുണ്ട്.

ഭൂകമ്പ സുരക്ഷ മുൻനിർത്തിയുള്ള കാര്യങ്ങൾ:

- ഫ്ളാറ്റുകളുടെ ബാഹ്യസൗന്ദര്യ ഘടകങ്ങളെക്കാൾ അവയുടെ ഉറപ്പിന്റെയും നിലനില്പിന്റെയും ഗുണനിലവാരത്തിന്റെയും കാര്യങ്ങൾ ആയിരിക്കണം മുഖ്യമായി വിലയിരുത്താൻ.

- ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണം എല്ലാ സുരക്ഷാ ക്രമീകരണങ്ങളും ഉൾപ്പെടുത്തി ചെയ്തതാണ് എന്ന് സമുച്ചയത്തിന്റെ ഉടമസ്ഥരോട് (ബിൽഡർ) സംസാരിച്ച് ഉറപ്പു വരുത്തുക.

- ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയം അടുത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങളിൽ നിന്നും നിയമാനുസൃതമായ അകലം പാലിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക. (നിങ്ങളുടെ ഫ്ലാറ്റിന്റെ തൊട്ടടുത്തുള്ള കെട്ടിടത്തിന്റെ ബലക്കുറവ് കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന ദുരന്തങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ ഫ്ലാറ്റിന്റെ ബാധിക്കാതിരിക്കാൻ കൂടിയാണിത്).

- നിലയുടെ ഉയരത്തെ അപേക്ഷിച്ച് നേർത്ത തൂണുകളിലാണോ സമുച്ചയം നില നിൽക്കുന്നതെന്ന് പരിശോധിക്കണം. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ഭൂകമ്പം പോലുള്ള ദുരന്തങ്ങൾ സംഭവിക്കുമ്പോൾ തൂണുകൾ തകർന്നുള്ള അപകട സാധ്യത വളരെ കൂടുതലാണ്. IS കോഡ് 1893 പ്രകാരം തൂണുകളുടെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വീതി 30 സെ. മി (1 അടി) ആയിരിക്കണം.

- ഗ്രൗണ്ട് ഫ്ലോറിലെ പാർക്കിങ് ഏരിയയിൽ ചുമരുകൾ തീരെയില്ലാത്ത തൂണുകൾ മാത്രമായ നിർമ്മിതിയാണെങ്കിൽ ആ തൂണുകളുടെ ഘടനാപരമായ രൂപകൽപ്പന ഭൂകമ്പ അതിജീവനശേഷി ഉറപ്പാക്കുന്ന രീതിയിലാണോ എന്ന് അന്വേഷിച്ചറിയുക.

- ഫ്ളാറ്റിലെ വാട്ടർ ടാങ്കുകൾ, സ്വിമ്മിങ് പൂളുകൾ തുടങ്ങിയ ജല സംഭരണികൾ എങ്ങനെയാണ് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്ന് ശ്രദ്ധിക്കണം.
    - ഇവയുടെ ഭാരം താങ്ങാൻ പ്രത്യേകം സംവിധനങ്ങൾ ഉണ്ടോ?
    - ഇവയുടെ ഭാരം തുല്യമായി വിന്യസിപ്പിക്കുന്ന രീതിയിലാണോ കെട്ടിടത്തിൽ ഇവയുടെ സ്ഥാനം?

- ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധ മാർഗ്ഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള നിർമ്മാണ രീതിയാണ് അവലംബിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക.

- ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയത്തിന് ചുറ്റും തുറസ്സായ സ്ഥലമോ നിശ്ചിതമായ അസ്സെംബ്ളി ഏരിയയോ ഉള്ളത് ഭൂകമ്പം പോലുള്ള അത്യാഹിത സമയങ്ങളിൽ വളരെ പ്രയോജനം ചെയ്യും.

- ഫ്ലാറ്റുകളിൽ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രധാന കെട്ടിട ഘടനയുമായി ബന്ധമില്ലാത്ത ഘടകങ്ങൾ (non-structural elements) ഇലെക്ട്രിക്കൽ, പ്ലംബിംഗ്, സാനിറ്ററി, ലൈറ്റ്നിങ്, അറസ്റ്റെർസ്, കബോർഡ്, വാർഡ്രോബ്സ്, ഫാൾസ് സീലിംഗ്, വാട്ടർ ഫിൽറ്റർ, കിച്ചൻ ക്യാബിനെറ്സ്, വാട്ടർ ഹീറ്റർ, സോളാർ പാനൽ തുടങ്ങി ഭൂകമ്പമുണ്ടായാൽ എളുപ്പം പ്രധാന ഘടകങ്ങളിൽ നിന്നും ഇളകി മാറി പോകുന്നവ, നല്ല ഉറപ്പോടു കൂടി തന്നെയാണ് ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തണം.

റെഫെറൻസുകൾ

- An Earthquake Preparedness Guide: A Ready Reckoner for Home Dwellers- National Disaster Management Authority, Government of India.
https://ndma.gov.in/sites/default/files/PDF/Earthquake/HomeOwnerEarthquakeSafety.pdf

- Disaster Resistant Construction Practices: A Reference Manual- Government of Tamil Nadu and UNDP
https://www.recoveryplatform.org/assets/publication/UNDP%20India%20Disaster_Resistant_Construction_Practices.pdf

- Earthquake Safe Construction Of Masonry Buildings: Simplifed Guideline for All New Buildings in the Seismic Zone III in India.- National Disaster Management Division, Ministry of Home Affairs, Government of India.
https://nidm.gov.in/PDF/safety/earthquake/link1.pdf

- Earthquake Tips: Learning Earthquake Design and Construction- C.V.R. Murty, IIT Kanpur-BMTPC
https://www.nicee.org/EQTips.php

- Guideline for Repair, Restoration and Retrofitting of Masonry Buildings in Earthquake Affected Areas of Jammu and Kashmir- National Disaster Management Division, Ministry of Home Affairs, Government of India.
https://nidm.gov.in/PDF/safety/earthquake/link5.pdf

- Guidelines: Improving Earthquake Resistance of Housing, 2010- BMTPC
https://bmtpc.org/DataFiles/CMS/file/Earthquake_Hazard_Guidelines_2010.pdf

- Indian Standard IS 1077 : 1992 : Common Burnt Clay Building Bricks – Specification- BIS
https://www.iitk.ac.in/ce/test/IS-codes/is.1077.1992.pdf

- Indian Standard IS 4326 : 2013 : Earthquake Resistant Design And Construction Of Buildings- Code Of Practice- BIS
https://www.services.bis.gov.in:8071/php/BIS/bisconnect/pow/is_details?IDS=MzMx

- Kerala State Disaster Management Plan 2016- Kerala State Disaster Management Authority
https://sdma.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2018/11/Kerala%20State%20Disaster%20Management%20Plan%202016.pdf

- Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir: How to Reduce Vulnerability of Existing Structures in Earthquake Affected Areas of Jammu and Kashmir- Rajendra Desai and Rupal Desai for UNESCO and UNDP
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000159333

- Manual on Hazard Resistant Construction in India: For Reducing Vulnerability In Buildings Built Without Engineers- Rajendra Desai and Rupal Desai under GoI UNDP DRM Programme

https://tnsdma.tn.gov.in/app/webroot/img/document/library/50-Manual-on-Hazard-Resistant_Construction.pdf

- National Disaster Management Guidelines Management of Earthquakes- National Disaster Management Authority, Government of India.
  https://ndma.gov.in/sites/default/files/PDF/Guidelines/earthquakes.pdf

- Training of Masons on Hazard-Resistant Construction- National Disaster Management Authority, Government of India.
  https://www.ndma.gov.in/sites/default/files/PDF/Reports/Training-of-Masons-on-Hazard-Resistant-Construction.pdf

- കുടുംബ സുരക്ഷക്ക് സുരക്ഷിതമായ ഭവന നിർമ്മാണം- Department of Revenue and Disaster Management, Governement of Kerala, UNDP and Habitat Technology Group .
  https://sdma.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2020/03/combine10-min-1-_reduce-7.pdf

- സുരക്ഷിത ഭവന നിർമ്മാണം: പ്രളയവും ഉരുൾപൊട്ടലും (വാല്യം 2)- UNDP & Kerala State Disaster Management Authority (KSDMA)
  https://sdma.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2019/06/Hand-book-JAN-2019.pdf

- മറ്റു വെബ് റിസോഴ്സുകൾ:
  - https://bmtpc.org/DataFiles/CMS/file/VAI2019/eq.html
  - https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=Richter%20scale
  - https://ndma.gov.in/Natural-Hazards/Earthquakes
  - https://seismo.gov.in/seismology-glossary
  - https://www.britannica.com/science/soil-liquefaction
  - http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/intensity.html
  - https://www.iitk.ac.in/nicee/readings/paper4.pdf
  - https://www.skymetweather.com/content/agriculture-and-economy/five-major-earthquakes-taken-place-in-india/

Back Cover (Inside)

KSDMA Borchure on ഭൂകമ്പം as a Pull-out