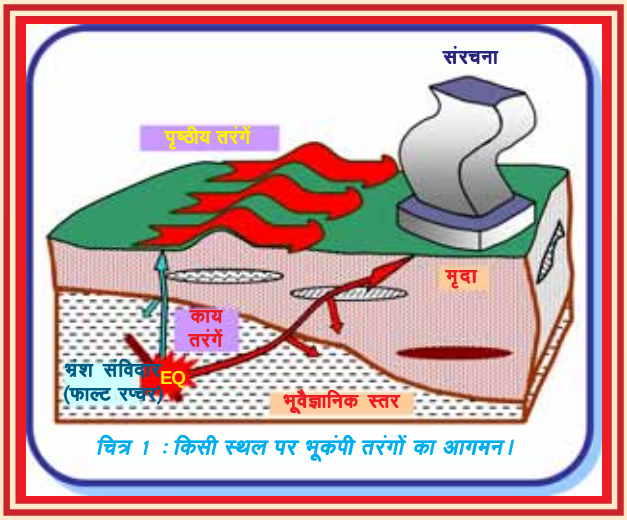
भूकंप टिप 2
भूमि किस प्रकार प्रकंपित होती है?

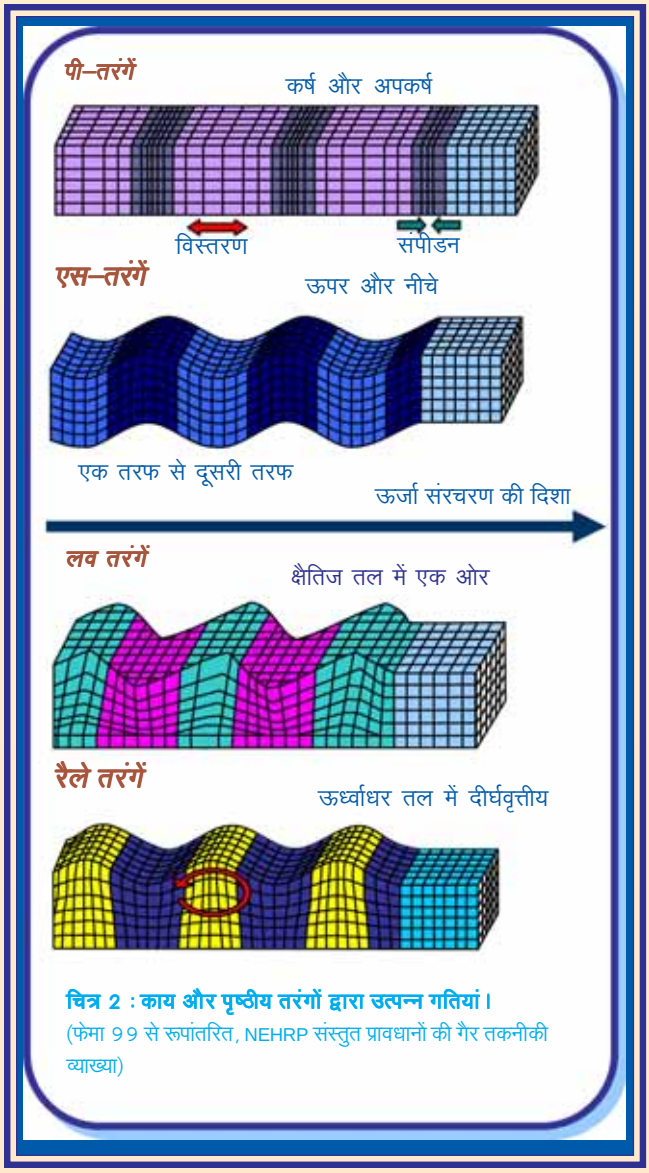
भूकंपी तरंगें

भूकंप के दौरान निर्मुक्त हुई विशाल विकृति ऊर्जा पृथ्वी की परतों से, हर अंतरापृष्ठ पर परावर्तित और अपवर्तित होकर भूकंपी तरंगों के रूप में हर दिशा में संचरित होती है। ये तरंगें दो प्रकार की होती हैं – *काय तरंगें* और *पृष्ठीय तरंगें*, इनमें से पृष्ठीय तरंगें भू–पृष्ठ के निकट तक ही सीमित होती हैं (चित्र 1)। काय तरंगें, *प्राथमिक तरंगों (पी–तरंगों)* और *द्वितीयक तरंगों (एस–तरंगों)* से बनी होती हैं। पृष्ठीय तरंगें *लव तरंगों* और *रैले तरंगों से* बनी होती हैं। पी–तरंगों के अंतर्गत पदार्थ कण ऊर्जा संचरण की दिशा में विस्तरणी और संपीडकी विकृतियों से ऊर्जा संचरण की दिशा में गुजरते हैं, लेकिन एस–तरंगों के अंतर्गत पदार्थ कण ऊर्जा संचरण की लंबवत् दिशा में दोलन करते हैं (चित्र 2)। लव तरंगें, एस–तरंगों जैसी ही पृष्ठीय गतियां की सृष्टि करती हैं, लेकिन इनमें ऊर्ध्वाधर घटक का अभाव होता है। रैले तरंग किसी पदार्थ कण में ऊर्ध्वाधर तल के एक दीर्घवृत्तीय पथ में दोलन पैदा करती हैं (जिसमें क्षैतिज गति ऊर्जा संचरण की दिशा में होती है)।



चित्र 1 : किसी स्थल पर भूकंपी तरंगों का आगमन।

पी–तरंगें तीव्रतम होती हैं; और इसके बाद अनुक्रम में एस, लव और रैले तरंगें आती हैं। उदाहरण के लिए, ग्रेनाइट में पी और एस–तरंगों की गतियां क्रमशः 4.8 कि.मी. प्रति सेकेंड और 3.0 कि.मी. प्रति सेकंड होती है। एस–तरंगें द्रवों में से होकर नहीं गुजरती हैं। एस–तरंगे, लव तरंगों द्वारा उत्पन्न प्रभावों के साथ मिलकर संरचनाओं को क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर दोनों ही दिशाओं में सतह पर होने वाली विनाशकारी (रैकिंग) गति द्वारा अधिकतम क्षति पहुंचाती हैं। जब पी और एस–तरंगें भू–पृष्ठ पर पहुंचती हैं तो उनकी अधिकतर ऊर्जा वापस परावर्तित हो जाती है। इसमें से कुछ ऊर्जा, मृदा और चट्टान की विभिन्न परतों से परावर्तनों द्वारा सतह को वापस लौटा दी जाती हैं। अधिक गहराइयों की तुलना में भू–पृष्ठ पर प्रकंपन अधिक प्रबल (लगभग दो गुने) होते हैं। यही अक्सर आधार कार्य है, भूमिगत संरचनाओं को पृथ्वी सतह से ऊपर बने संरचनाओं की अपेक्षा कम परिणामों के त्वरण के लिए बनाया जाता है।

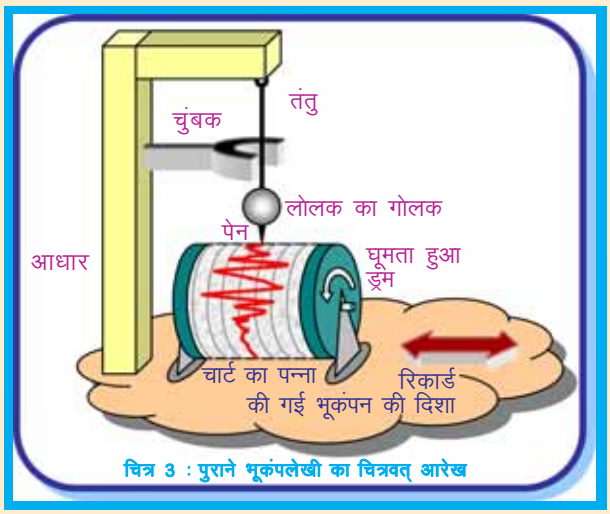


चित्र 2 : काय और पृष्ठीय तरंगों द्वारा उत्पन्न गतियां।
(फेमा 99 से रूपांतरित, NEHRP संस्तुत प्रावधानों की गैर तकनीकी व्याख्या)

मापन उपकरण

भूकंप के प्रकंपों को मापने वाले उपकरण, *भूकंप–लेखी* के तीन भाग होते हैं - *संवेदक, अभिलेखी और समय नियंत्रक।* यह एक सरल सिद्धांत पर कार्य करता है और जिसे साफ तौर पर आरंभिक भूकंप–लेखी में देखा जा सकता है (चित्र 3) - एक दोलनकारी सरल लोलक (किसी आधार से धागे के द्वारा झूलता हुआ कोई भार) के सिर से एक पेन जुड़ा होता है जो चार्ट पेपर पर चिन्ह अंकित करता है। यह चार्ट पेपर स्थिर गति से घूर्णन करते एक ड्रम पर टिका होता है। धागे के इर्द–गिर्द एक चुंबक, दोलनों के आयाम को नियंत्रित करने के लिए वांछित अवमंदन उत्पन्न करता है। लोलक भार, धागा, चुंबक

और आधार सब मिलकर *संवेदक (सेंसर)* की सृष्टि करते हैं; ड्रम, पेन और चार्ट पेपर मिलकर *अभिलेखी* बनाते हैं; तथा ड्रम को स्थिर गति से घूर्णित कराने वाली मोटर *समय नियंत्रक* का कार्य करती है।



चित्र 3 : पुराने भूकंपलेखी का चित्रवत् आरेख

दोनों ही लंबकोणिक क्षैतिज दिशाओं में ऐसे एक–एक उपकरण की आवश्यकता होती है। बेशक, ऊर्ध्वाधर दोलनों के मापन के लिए तंतु लोलक (चित्र 3) के स्थान पर आलंब के ईद-गिर्द दोलन करते स्प्रिंग लोलक का प्रयोग किया जाता है। कुछ उपकरणों में समय नियंत्रक युक्ति नहीं लगी होती है (यानी वह ड्रम, जिस पर आर्ट का पन्ना लगा होता है, घूमता नहीं है)। ऐसे उपकरण भूकंप के दौरान गति के अधिकतम विस्तार को ही दर्ज करते हैं; यही कारण है कि इन्हें भूकंपदर्शी कहते हैं।

समय के साथ अनुरूप (एनालॉग) उपकरणों का विकास हुआ, लेकिन आधुनिक कंप्यूटर टेक्नोलॉजी पर आधारित सांख्य या अंकीय (डिजिटल) उपकरणों का ही आजकल आमतौर पर इस्तेमाल किया जाता है। डिजिटल उपकरण अपने अंदर लगे माइक्रोप्रोसेसर की स्मृति में भू-पृष्ठीय गति को दर्ज करता है।

प्रबल भू-पृष्ठीय गति

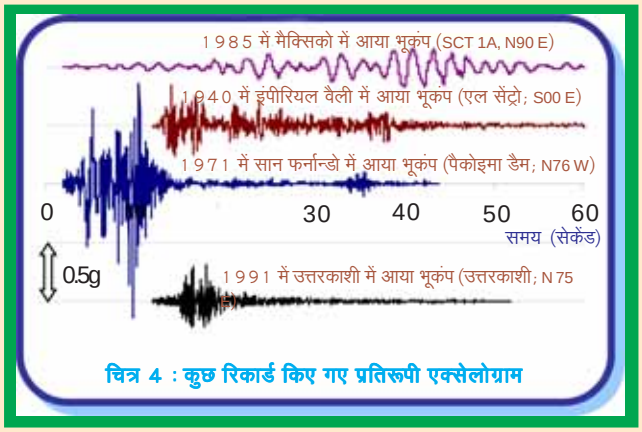
भ्रंश स्थल पर सविदारण द्वारा विलग हुए त्रिमिलीय आयतन के भीतर स्थित पदार्थ के प्रत्येक बिन्दु द्वारा विमुक्त ऊर्जा से भूकंपी तरंगों का सृजन होता है। ये तरंगें अलग-अलग समयों पर पहुंचती हैं, इनके आयाम भिन्न होते हैं और ये भिन्न स्तर की ऊर्जा को अपने साथ लेकर चलती हैं। अतः, धरातल के किसी स्थल पर भू-पृष्ठीय गति बेतरतीब किस्म की होती है। इसका आयाम तथा इसकी दिशा समय के साथ भिन्न बेतरतीब रूप से बदलती रहती है।

बड़े भूकंप दूरस्थ स्थानों पर क्षीण गतियों को ही जन्म देते हैं। ये संरचनाओं को क्षति पहुंचाने या इंसानों द्वारा महसूस किए जाने वाले नहीं होते हैं। लेकिन संवेदी उपकरणों द्वारा इन्हें दर्ज किया जा सकता है। इस तरह दूर-दराज के स्थानों पर आए भूकंपों का पता लगाया जा सकता है। लेकिन इंजीनियरी दृष्टि से संरचनाओं को संभावित क्षति पहुंचाने वाली प्रबल गतियां अपना महत्व रखती हैं। भूकंपों के आस-पास के क्षेत्र या विशाल भूकंपों से समुंचित, मध्यम या अधिक दूरी वाले क्षेत्रों में यह बात लागू होती है।

प्रबल भूपृष्ठीय गतियों के अभिलक्षण

भू-पृष्ठीय गति को विस्थापन, वेग या त्वरण के माध्यम से वर्णित किया जा सकता है। भूकंप के दौरान भू-पृष्ठ के किसी बिन्दु पर दर्ज भू-त्वरण में समय के साथ होने वाले परिवर्तन को एक्सेलोग्राम कहते हैं। एक्सेलोग्राम की प्रकृति (चित्र 4) स्रोत पर विमुक्त ऊर्जा, भ्रंश संविदारण पर सर्पण के प्रकार, भ्रंश संविदारण से भू-पृष्ठ तक के संचरण पथ के भू-विज्ञान एवं स्थानीय मृदा (चित्र 1) के अनुसार परिवर्तित हो सकती है। एक्सेलोग्रामों में भूप्रकंपन संबंधी सुस्पष्ट सूचना मौजूद होती है, शिखर आयाम, प्रबल भूप्रकंपन की अवधि, आवृत्ति अंश (यानी हर आवृत्ति के साथ संयुक्त प्रकंपन का आयाम) तथा ऊर्जा अंश (यानी हर आवृत्ति पर होने वाले भूकंपन द्वारा वहन की जाने वाली ऊर्जा) को अक्सर उनकी पहचान के लिए प्रयोग में लाया जाता है।

शिखर आयाम (शिखर भू-त्वरण, PGA) का अर्थ अपने आप में स्पष्ट है। उदाहरण के लिए, शिखर भू-त्वरण के क्षैतिज मान 0.6 g (गुरुत्वीय त्वरण का 0.6 गुना) का अर्थ यह है कि भू-पृष्ठीय गति किसी दृढ़ संरचना पर जिस अधिकतम क्षैतिज बल की सृष्टि कर सकती है वह इसके भार का 60 फीसद हे। किसी दृढ़ संरचना में स्थित प्रत्येक बिंदु भू-पृष्ठ के साथ बराबर मात्रा में गति करता है और इसलिए शिखर भू-त्वरण जितने अधिकतम त्वरण का अनुभव करता है। शिखर भू-त्वरण के 1.0 g से अधिक क्षैतिज मानों को सन् 1994 में संयुक्त राज्य अमेरिका के नार्थरिज में आए भूकंप के दौरान दर्ज किया गया था। आमतौर पर, प्रबल भू-पृष्ठीय गतियां 0.03-30 हर्ट्ज (चक्र प्रति सेकेंड) के आवृत्ति परिसर में प्रकंपन की आवृत्तियों के साथ संयुक्त काफी अधिक ऊर्जा को अपने साथ लेकर चलती हैं।



चित्र 4 : कुछ रिकार्ड किए गए प्रतिरूपी एक्सेलोग्राम

सामान्यतया, दोनों लंबकोणीय दिशाओं में क्षैतिज गतियों के अधिकतम आयाम लगभग बराबर होते हैं। लेकिन ऊर्ध्वाधर दिशा में अधिकतम आयाम क्षैतिज दिशा के आयाम की तुलना में आमतौर पर कम होता है। अभिकल्प (डिजाइन) कोडों में ऊर्ध्वाधर अभिकल्प त्वरण को क्षैतिज अभिकल्प त्वरण के 1/2 से लेकर 2/3 गुना तक रखा जाता हे। इसके बरक्स, भ्रंश संविदारण के निकट अधिकतम क्षैतिज एवं ऊर्ध्वाधर भू-त्वरणों में इस तरह का कोई सहसंबंध नहीं होता है।

संदर्भ सामग्री

1. बोल्ट, बी.ए. (1999) अर्थक्वेक्स, चौथ संस्करण, डब्ल्यू.एच. फ्रीमैन एंड कंपनी, न्यूयार्क, संयुक्त राज्य अमेरिका।

साभार :

लेखक : सी.व्ही. आर. मूर्ति, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान कानपुर, कानपुर
प्रायोजक : भवन निर्माण सामग्री एवं प्रौद्योगिकी संवर्धन परिषद, नई दिल्ली
अनुवादक : आभास मुखर्जी **अनुवाद समीक्षक** : स्निगूधा ए. सान्याल