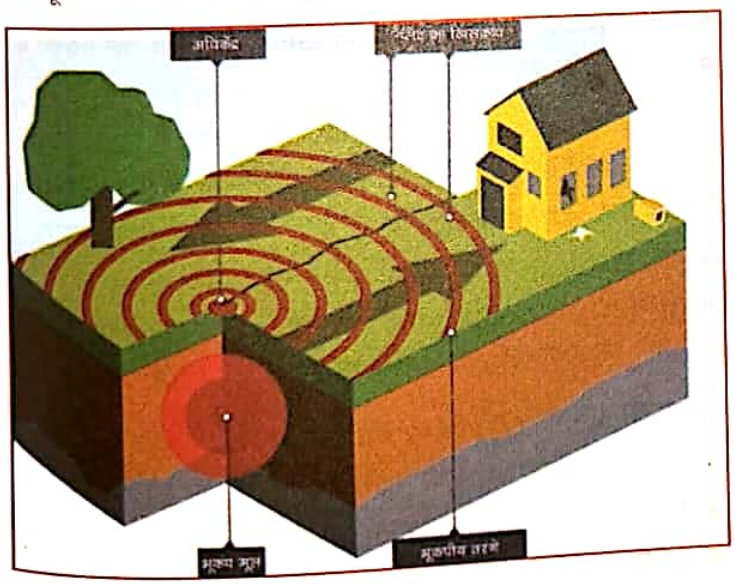
24 भूकंप, सुनामी एवं ज्वालामुखी (Earthquake, Tsunami and Volcano)

भूकंप (Earthquake)

- पृथ्वी के अंतर्जात एवं बहिर्जात बलों के कारण ऊर्जा का निष्कासन होता है, जिसके कारण तरंगों की उत्पत्ति होती है, जो सभी दिशाओं में फैलकर पृथ्वी पर कंपन उत्पन्न करती हैं, इसे ही 'भूकंप' कहते हैं।
- वस्तुत: प्राकृतिक घटनाओं से पृथ्वी के कंपन को ही 'भूकंप' कहते हैं लेकिन कभी-कभी मानवीय कारणों से भी भूकंप आते रहते हैं, जैसे- परमाणु परीक्षण द्वारा उत्पन्न भूकंप, भूमिगत खानों की छतों के गिरने से उत्पन्न भूकंप आदि।
- वह स्थान जहाँ से ऊर्जा तरंगों की उत्पत्ति होती है, उसे भूकंप का 'उद्गम केंद्र' या 'भूकंप मूल' (Focus) कहते हैं। वह बिंदु जहाँ पर भूकंपी तरंगें सबसे पहले पहुँचती हैं, उसे भूकंप का 'अधिकेंद्र' (Epicentre) कहते हैं, जो उद्गम केंद्र के ठीक ऊपर या 90 डिग्री के कोण पर स्थित होता है।
- पृथ्वी की सतह पर भूकंप के समान तीव्रता वाले बिंदुओं को मिलाने वाली रेखा को 'समभूकंपी रेखा' (Isoseismal Line) कहते हैं।
- भूकंप आने से पहले वायुमंडल में रेडॉन गैसों की मात्रा में वृद्धि हो जाती है। अत: रेडॉन गैस की मात्रा में वृद्धि उस क्षेत्र-विशेष में भूकंप आने का संकेत होता है।
- भूकंप के अध्ययन को 'सिस्मोलॉजी' कहते हैं।



भूकंपीय तरंगें (Seismic Waves)

सामान्यत: भूकंपीय तरंगों को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है-

1. **भूगर्भीय तरंगें** : 'P' तरंगें तथा 'S' तरंगें
2. **धरातलीय तरंगें** : 'L' तरंगे

P तरंगें

- भूकंप के समय सबसे पहले P तरंगों की उत्पत्ति होती है जो अपने उद्गम स्थल से चारों तरफ गमन करती हैं। पृथ्वी की सतह पर सबसे पहले 'P' तरंगों का ही अनुभव होता है। इन्हें 'प्राथमिक तरंगें' (Primary waves) भी कहते हैं।
- ये ध्वनि तरंगों के समान 'अनुदैर्ध्य तरंगें' होती हैं। अत: ये तरंगें ठोस, तरल एवं गैस तीनों माध्यमों में गमन कर सकती हैं लेकिन इनका वेग ठोस, तरल एवं गैस में क्रमश: कम होता जाता है।
- इनकी गति सबसे तेज़ तथा तीव्रता सबसे कम (S एवं L से) होती है।

S तरंगें

- P तरंगों के पश्चात S तरंगें पृथ्वी की सतह पर पहुँचती हैं। यहीं कारण है कि इन्हें 'द्वितीयक तरंगें' (Secondary Waves) अथवा 'गौण तरंगें' भी कहते हैं।
- ये प्रकाश तरंगों के समान 'अनुप्रस्थ तरंगें' होती हैं।
- इनकी गति P से कम एवं L से अधिक होती है।
- इनकी तीव्रता P से अधिक एवं L से कम होती है।
- ये केवल 'ठोस माध्यम' में गमन करती हैं।

L तरंगें

- इन्हें 'लव वेव' (Love waves) भी कहते हैं। इनका नामकरण वैज्ञानिक 'एडवर्ड हफ लव' के नाम पर किया गया है।
- इनकी गति सबसे (P एवं S से) कम होती है, अत: L तरंगें पृथ्वी की सतह पर P तथा S के पश्चात् प्रकट होती हैं।
- इनकी तीव्रता P एवं S से अधिक होती है तथा ये सर्वाधिक विनाशकारी होती हैं।

नोट: अनुदैर्ध्य तरंगें (Longitudinal Waves) : इसमें कणों का कंपन/दोलन तरंग की दिशा के समानांतर होता है, जैसे- ध्वनि तरंगें।
अनुप्रस्थ तरंगें (Transverse Waves) : इसमें कणों का कंपन या दोलन तरंग की दिशा के लंबवत् होता है, जैसे- प्रकाश तरंगें।

भूकंपीय तरंगों का संचरण (Transmission of Seismic Waves)

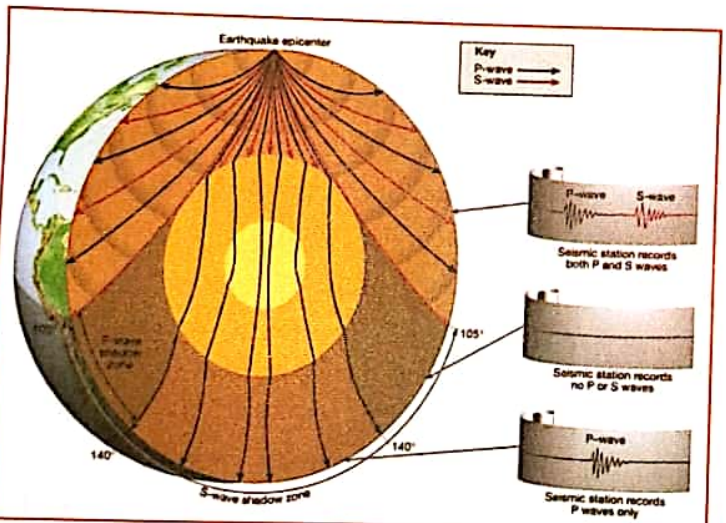
- भूकंपशास्त्र के अध्ययनानुसार, भूकंप की उत्पत्ति P, S, एवं L तरंग के रूप में होती है। भूकंपीय तरंगों के संचरण में सबसे पहले P, फिर S एवं अंत में L तरंगों का गमन होता है।
- भूकंपीय तरंगों की गति का पदार्थ के घनत्व से सीधा संबंध होता है। अत: पृथ्वी की आंतरिक परतों का घनत्व सतह की अपेक्षा अधिक होने के कारण भूकंपीय तरंगों की गति में वृद्धि होती है।

Scanned with CamScanner

- पृथ्वी की आंतरिक परतों में गुटेनबर्ग असांतत्य (2,900 किमी. की गहराई) तक P एवं S तरंगों की गति में वृद्धि होती है, इसके बाद S तरंगें विलुप्त हो जाती हैं तथा P तरंगों की गति में अचानक कमी आती है, क्योंकि 'बाह्य कोर' का पदार्थ तरल अवस्था में हैं और S तरंगें केवल ठोस माध्यम में गमन करती हैं।
- बाह्य कोर में P तरंगों का 'परावर्तन' एवं 'आवर्तन' होता है, लेकिन आंतरिक कोर में पहुँचते ही P तरंगों की गति में पुन: वृद्धि होने लगती है, क्योंकि अत्यधिक दाब के कारण आंतरिक कोर का पदार्थ ठोस अवस्था में हैं। वहीं, L तरंगें केवल सतह पर ही गति करती हैं, इसलिये यह सबसे अधिक विनाशकारी होती हैं।

भूकंपीय तरंगों का छाया क्षेत्र (Shadow Zone of Seismic Waves)

- पृथ्वी पर एक ऐसा क्षेत्र जहाँ पर भूकंपलेखी द्वारा भूकंपीय तरंगों का अभिलेखन नहीं हो पाता, उसे भूकंपीय तरंगों का 'छाया क्षेत्र' कहते हैं अर्थात् इस क्षेत्र में भूकंपीय तरंगों का संचरण नहीं होता है।
- भूकंप के अधिकेंद्र से 105° के भीतर सभी स्थानों पर P एवं S दोनों तरंगें गति करती हैं, जबकि 105° से 145° के बीच दोनों तरंगों का अभाव होता है इसलिये यह क्षेत्र दोनों तरंगों (P एवं S) के लिये 'छाया क्षेत्र' होता है।



भूकंपीय तरंगों का छाया क्षेत्र

- 145° के बाद P तरंगें पुन: प्रकट हो जाती हैं, जबकि S तरंगें यहाँ भी लुप्त ही रहती हैं। इस प्रकार, 105° से 145° के बीच पृथ्वी के चारों तरफ P तरंगों के छाया क्षेत्र की एक पट्टी पाई जाती है, जिसे 'भूकंपीय तरंगों का छायाक्षेत्र' कहते हैं।
- भूकंपीय छाया क्षेत्र बनने का प्रमुख कारण 'P' तथा 'S' तरंगों की प्रवृत्ति है क्योंकि यह सिद्ध हो चुका है कि पृथ्वी का आंतरिक भाग तरल तथा ठोस अवस्था में है। अत: P तरंगों की गति तरल भागों में धीमी हो जाती है, वहीं S तरंगें तरल भाग में लुप्त हो जाती हैं।
- S तरंगों का छाया क्षेत्र, P तरंगों के छाया क्षेत्र से अधिक होता है।

भूकंप के कारण (Causes of Earthquake)

- प्राकृतिक
- मानव जनित
- अन्य कारक

प्राकृतिक कारण (Natural Causes)

भ्रंश

- भूगर्भिक हलचलों द्वारा भूपटलीय भ्रंशन तथा वलन होता है, जिसका प्रमुख कारण तनावमूलक तथा संपीडन बल है। तनावमूलक बल से प्राय: भ्रंशों का निर्माण होता है जबकि संपीडन बल के कारण वलन एवं क्षेपण की प्रक्रियाएँ होती हैं, जिसके फलस्वरूप भूकंप की उत्पत्ति होती है।
- उत्तरी अमेरिका में जुआन-डी-फूका भ्रंश तथा अफ्रीका की महान भ्रंश घाटी इसके उदाहरण हैं।

ज्वालामुखी क्रिया

ज्वालामुखी तथा भूकंप की क्रिया एक-दूसरे से अंतर्संबंधित है। प्रत्येक ज्वालामुखी क्रिया के साथ सामान्यत: भूकंप की उत्पत्ति होती है तथा इस भूकंप की तीव्रता ज्वालामुखी क्रिया की तीव्रता पर निर्भर करती है। किंतु यह आवश्यक नहीं है कि प्रत्येक भूकंपीय क्रिया के साथ ज्वालामुखी क्रिया भी हो।

गैसों का फैलाव

भूपटल के नीचे गैसों के प्रसार से सामान्यत: भूकंप का अनुभव होता है। जब भूपटल के नीचे जल पहुँचता है तो पृथ्वी के आंतरिक भाग में अत्यधिक ताप के कारण उसके गैस और वाष्प में बदलने से आयतन में वृद्धि होती है तथा वह ऊपर की ओर गतिशील होता है। इससे भूकंप की उत्पत्ति होती है।

प्लेट विवर्तनिकी

इस संकल्पना के अनुसार, स्थल भाग कठोर प्लेटों से निर्मित, गतिमान अवस्था में विद्यमान है और इन्हीं रचनात्मक, विनाशात्मक तथा संरक्षी प्लेटों के सीमांतों के सहारे भूकंपीय घटनाएँ घटित होती हैं।

मानव जनित कारण (Anthropogenic Causes)

- खनन क्रिया जिसमें जीवाश्म ईंधन एवं अन्य खनन शामिल हैं।
- भूमिगत जल का निष्कर्षण
- बांधों का निर्माण
- परमाणु विस्फोट एवं भूमिगत परमाणु परीक्षण आदि।

अन्य कारक (Other Factors)

- उल्कापात
- पृथ्वी के घूर्णन या परिभ्रमण के अंतर्गत अन्य आकाशीय पिंडों के पृथ्वी पर प्रभाव से होने वाली हलचल।

भूकंप के प्रकार (Types of Earthquake)

भूकंप मूल की गहराई के आधार पर भूकंप तीन प्रकार के होते हैं-

- छिछले उद्गम केंद्र के भूकंप
- मध्यम उद्गम केंद्र के भूकंप
- गहरे उद्गम केंद्र के भूकंप
  - जिन भूकंपों का भूकंप मूल 0 से 50 किमी. की गहराई पर हो, 'छिछले उद्गम केंद्र के भूकंप' माने जाते हैं। ये अपेक्षाकृत अधिक विनाशकारी होते हैं।

Scanned with CamScanner

- जिन भूकंपों का भूकंप मूल 50 से 250 किमी. की गहराई पर हो, उन्हें 'मध्यम उद्गम केंद्र के भूकंप' कहते हैं।
- वे भूकंप जो 250–700 किमी. की या इससे अधिक गहराई पर उत्पन्न होते हैं, उन्हें 'गहरे उद्गम केंद्र के भूकंप' कहते हैं।
- छिछले उद्गम केंद्रों वाले भूकंप सामान्यत: कम परिमाण (1 से 5 मैग्नीट्यूड) जबकि गहरे उद्गम केंद्रों वाले भूकंप सामान्यत: अधिक परिमाण (6 से 8 या अधिक मैग्नीट्यूड) वाले होते हैं।
- उत्पत्ति के कारणों के आधार पर भी इसे (भूकंप को) कई रूपों में वर्गीकृत किया गया है, जो निम्नलिखित हैं-

- विवर्तनिकी क्रिया द्वारा उत्पन्न भूकंप को 'सामान्य भूकंप' या 'विवर्तनिक भूकंप' कहते हैं। सामान्यत: इस तरह के भूकंप अधिक आते हैं।
- ज्वालामुखी क्रिया द्वारा उत्पन्न भूकंप को 'ज्वालामुखीय भूकंप' कहते हैं।
- खनन क्षेत्रों में भूमिगत खानों की छतों के गिरने के कारण उत्पन्न भूकंप को 'कोलैप्स भूकंप' (Collapse Earthquake) कहते हैं।
- परमाणु या रासायनिक विस्फोट से उत्पन्न भूकंप को 'विस्फोटक भूकंप' (Explosion Earthquake) कहते हैं।
- बड़े बांधों के टूटने से उत्पन्न भूकंप को 'बांध जनित भूकंप' या 'कृत्रिम भूकंप' कहते हैं।

भूकंपीय तीव्रता का मापन
(Measurement of Seismic Intensity)

- भूकंपीय तरंगों का मापन 'सिस्मोग्राफ' नामक यंत्र के द्वारा किया जाता है, जिसमें भूकंप की तीव्रता को मापने के लिये 'रिक्टर स्केल' का प्रयोग किया जाता है। इसे 'रिक्टर मैग्नीट्यूड टेस्ट स्केल' भी कहा जाता है।
- भूकंप की तरंगों को रिक्टर स्केल पर 0 से 10 तक के आधार पर मापा जाता है। इस स्केल के अंतर्गत प्रति बढ़ते एक अंक के साथ भूकंप की तीव्रता 10 गुना बढ़ती जाती है और भूकंप के दौरान जो ऊर्जा निकलती है, वह प्रति बढ़ते अंक के साथ लगभग 32 गुना बढ़ती जाती है।
- रिक्टर स्केल पैमाने को 'चार्ल्स रिक्टर' ने खोजा था इसलिये इनके नाम पर ही इसका नाम 'रिक्टर स्केल' रखा गया है। यह गणितीय मापक है, जो 'Log' के आधार पर चलता है।
- भूकंप की तीव्रता गहनता व आघात मापने के लिये रिक्टर स्केल के अलावा संशोधित मरकेली स्केल का भी प्रयोग किया जाता है। मरकेली स्केल का नामकरण इसके विकासकर्ता 'जी. मरकेली' के नाम पर किया गया है।
- इसमें भूकंप को उसकी तीव्रता के बजाय उससे हुए नुकसान अर्थात् आघात के आधार पर मापते हैं। इस पैमाने का प्रयोग कम होता है क्योंकि इसे रिक्टर की तुलना में कम वैज्ञानिक माना जाता है। यह अनुभव प्रधान स्केल है तथा इसका मापन 1 से 12 तक होता है।

रिक्टर स्केल	मरकेली स्केल
■ इसमें 0 से 10 तक की संख्याएँ होती हैं।	■ इसमें 1 से 12 तक की संख्याएँ होती हैं।
■ यह 'ओपन-एन्डिड स्केल' है अर्थात् यदि भविष्य में ऐसा भूकंप उत्पन्न होता है, जिसमें ज़्यादा ऊर्जा विमुक्त होती है तो इस स्केल का मान बढ़ाया जा सकता है।	■ यह 'क्लोज-एन्डिड' स्केल है।
■ यह लघुगणकीय (Logarithmic) पैमाना है, जिसमें परिमाण (Magnitude) में एक की वृद्धि होने पर तरंगों के आयाम में 10 गुना वृद्धि होती है। इसका अर्थ है कि रिक्टर स्केल का प्रत्येक स्तर अपने पिछले स्तर की तुलना में 10 गुना ज़्यादा मज़बूत होता है।	■ यह सामान्य रेखीय (Linear) स्केल है।
■ रिक्टर एक मात्रात्मक स्केल है, अत: इसमें वस्तुनिष्ठता (Objectivity) होती है।	■ यह गुणात्मक स्केल है, जिसमें व्यक्तिनिष्ठता/आत्मनिष्ठता (Subjectivity) होती है।

भूकंप की तीव्रता को प्रभावित करने वाले कारक
(Factors Affecting the Intensity of Earthquake)

भूकंप की तीव्रता को प्रभावित करने वाले कारकों का विवरण निम्नलिखित है-

चट्टानी संरचना

पदार्थ का घनत्व बढ़ने के साथ-साथ भूकंपी तरंगों की गति भी बढ़ती जाती है। अत: ऐसे चट्टानी क्षेत्र जिसका घनत्व अधिक हो, उसमें भूकंप की तीव्रता भी अधिक रहती है, जबकि दलदली भाग में अपेक्षाकृत कम तीव्रता रहती है।

तरंगों की तीव्रता

तरंगों की तीव्रता बढ़ने के साथ-साथ भूकंप की तीव्रता बढ़ती जाती है तथा कम होने के साथ ही कम होती जाती है।

भूकंप मूल की गहराई

भूकंप मूल की गहराई जितनी कम होगी, भूकंप की तीव्रता उतनी ही अधिक होगी। अत: गहरे एवं मध्यम भूकंप मूल वाले भूकंपों की तुलना में कम भूकंप मूल की गहराई वाले क्षेत्रों के भूकंप अधिक विनाशकारी होते हैं।

पर्यावरण

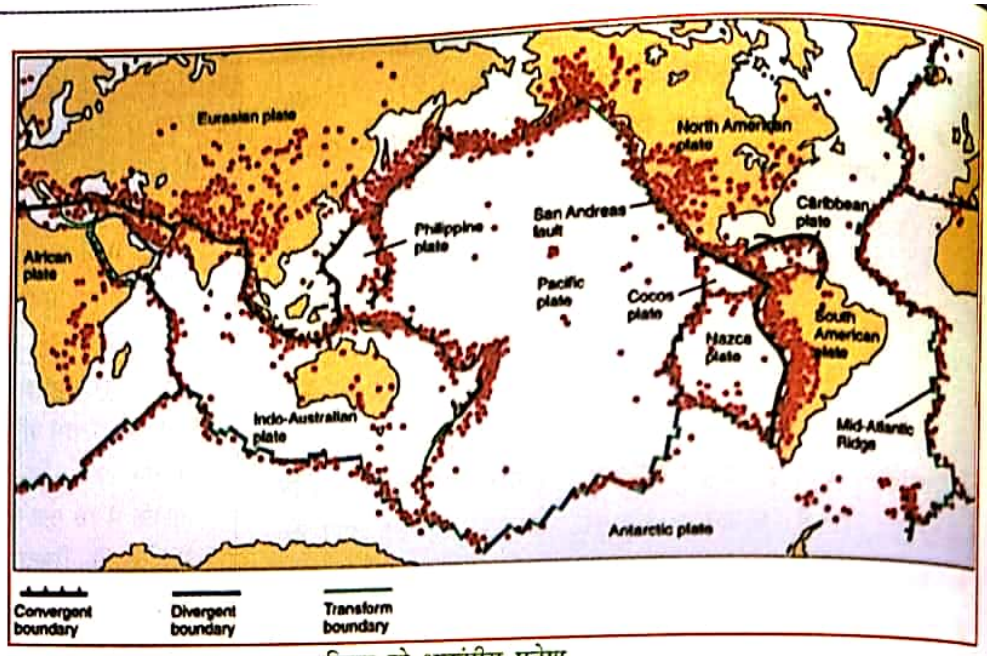
जहाँ पेड़, पौधे एवं प्राकृतिक वनस्पतियाँ (जंगल) अत्यधिक मात्रा में होती हैं, वहाँ भूकंप की तीव्रता कम रहती है। फलत: विनाश का खतरा भी कम रहता है। किंतु निर्वनीकरण की क्रिया में वृद्धि से भूसंतुलन में अव्यवस्था उत्पन्न होती है, जिससे भूकंपीय घटनाओं व तीव्रता में वृद्धि होती है।

Scanned with CamScanner

भूकंप प्रभावित क्षेत्र या पेटी
(Earthquake Affected Areas or belt)

परिप्रशांत महासागरीय पेटी

- विश्व के लगभग 63 प्रतिशत भूकंप इसी क्षेत्र में आते हैं। यह दो शाखाओं में विभाजित है-पहली शाखा एशिया के कमचटका प्रायद्वीप से लेकर क्यूराइल एवं जापान, फिलीपींस एवं पूर्वी द्वीप समूहों तक फैली हुई है तथा दूसरी शाखा चिली, पेरू, मध्य अमेरिका से होती हुई अलास्का तक जाती है।
- इस क्षेत्र में भूकंप का सीधा संबंध प्लेटों के अभिसरण, भ्रंशन एवं ज्वालामुखी सक्रियता से है।
- यहाँ पर गहरे, छिछले एवं मध्यम, तीनों प्रकार के भूकंपीय उद्गम क्षेत्र पाए जाते हैं।



विश्व के भूकंपीय प्रदेश

मध्य महाद्वीपीय पेटी

- इस क्षेत्र में विश्व के लगभग 21 प्रतिशत भूकंप प्लेटों के अभिसरण के कारण आते हैं, जो भ्रंशमूलक तथा संतुलनमूलक होते हैं।
- यह पेटी पुर्तगाल, स्पेन, इटली, यूनान, तुर्की, ईरान तथा उत्तरी भारत, चीन एवं म्याँमार तक फैली है।
- भूकंप से प्रभावित क्षेत्रों में भारत का हिमालय एवं म्याँमार की पहाड़ियाँ तथा यूरोप का अल्प्स (Alps) इसी क्षेत्र में आता है। इसको 'अल्पाइन पेटी' (अल्प्स एवं हिमालय) भी कहते हैं।

मध्य अटलांटिक पेटी

- सामान्यत: इस पेटी में कम तीव्रता के भूकंप आते हैं, जो प्लेटों के अपसरण से रूपांतरण भ्रंश के निर्माण एवं दरारी ज्वालामुखी उद्गार के कारण आते हैं।
- यह उत्तर में आइसलैंड से लेकर दक्षिण में 'बोवेट द्वीप' तक फैली हुई है। इस पेटी के ज़्यादातर भूकंप विषुवत रेखा के पास के क्षेत्रों में आते हैं।

अन्य क्षेत्र

- पूर्वी अफ्रीकन पेटी।
- हिंद महासागरीय पेटी।

भूकंप के प्रभाव *(Effects of Earthquake)*

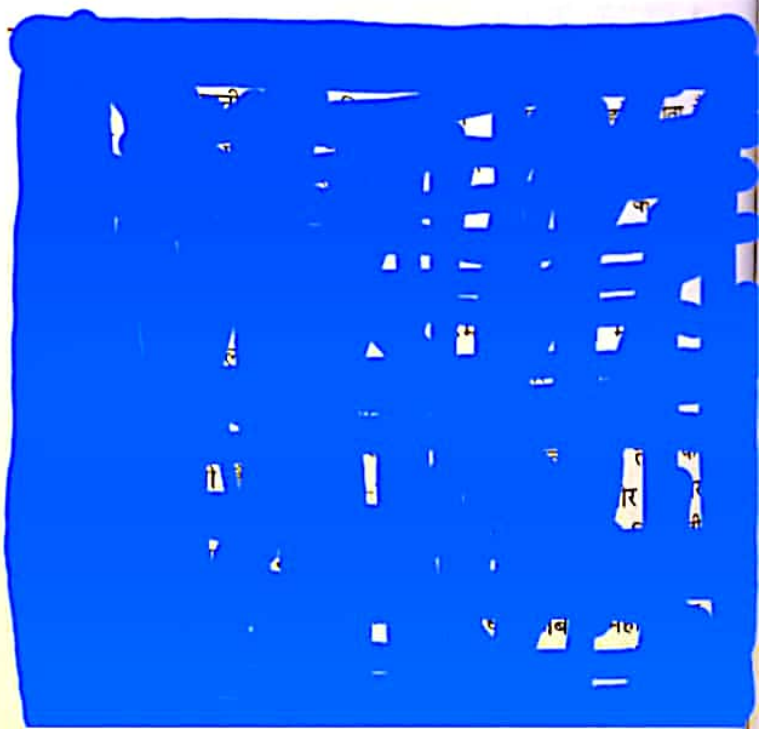
भूकंप को उसके विनाशकारी प्रभाव के कारण मानव के लिये अभिशाप माना जाता है। यद्यपि भूकंप के कुछ लाभकारी प्रभाव भी होते हैं।

विनाशकारी प्रभाव

- नगरों का नष्ट होना एवं जान-माल की क्षति।
- आधारभूत संरचनाओं, जैसे- पुल, रेल की पटरियाँ, भवन आदि की क्षति।
- भूकंप के कारण भूस्खलन, बाढ़, आग लगना जैसी आकस्मिक दुर्घटनाओं का जन्म होना।
- कई बार समुद्री भाग में भूकंप आ जाने से सुनामी जैसी आपदा पैदा हो जाती है, जिससे तटीय क्षेत्रों में बड़े पैमाने पर तबाही होती है।

लाभकारी प्रभाव

- भूकंप से गर्तों का निर्माण होता है, जिसमें जल एकत्र होने से झीलों का निर्माण होता है।
- सागर के तटीय भागों में भूकंपीय क्रियाओं के कारण निर्मित खाड़ियाँ प्राकृतिक बंदरगाहों के लिये उचित स्थान प्रस्तुत करती हैं।
- भूकंप से उत्पन्न दबाव व भ्रंशन के कारण मूल्यवान तथा दुर्लभ खनिज पदार्थ पृथ्वी के आंतरिक भाग से धरातल पर आ जाते हैं।
- ज्वालामुखीय भूकंप से नए धरातलीय क्रस्ट का निर्माण होता है।
- भूकंपीय लहरों द्वारा पृथ्वी की आंतरिक बनावट के विषय में जानकारी प्राप्त होती है।



Scanned with CamScanner