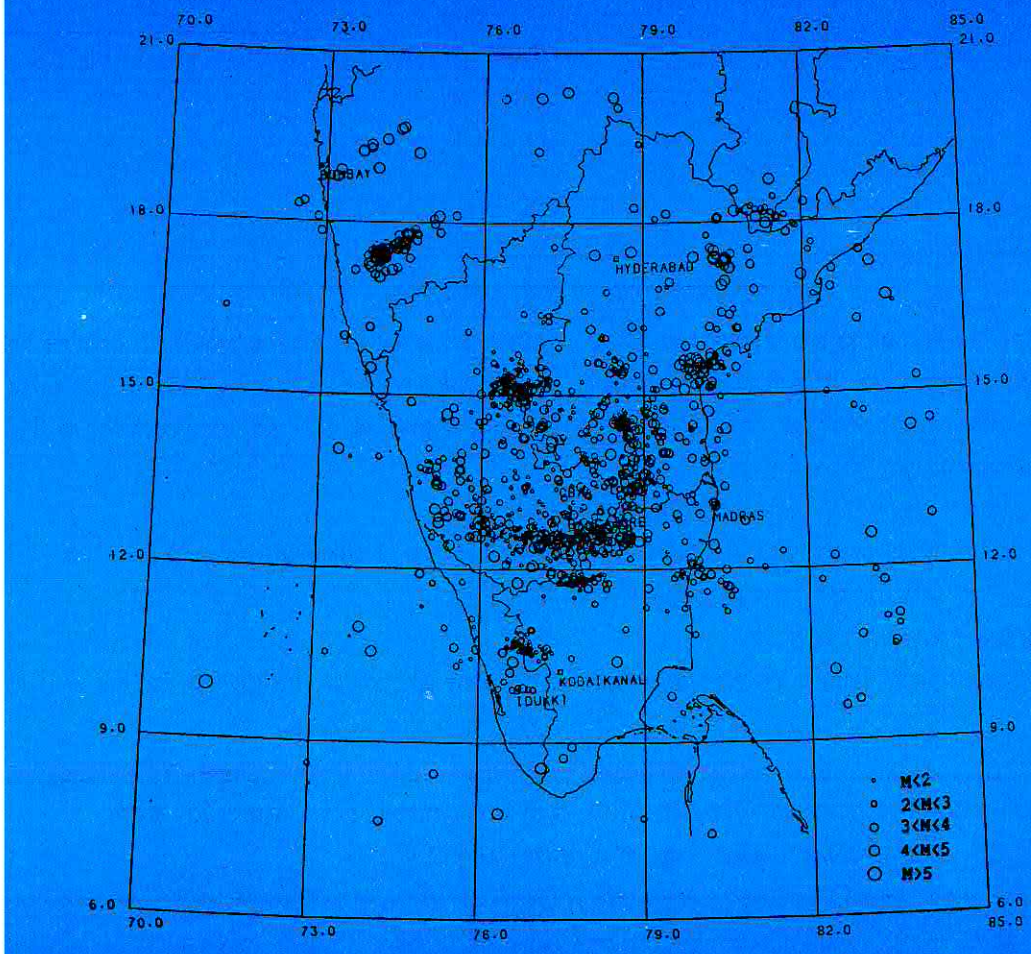
अक्टूबर - दिसंबर 1992 वर्ष: 24 ● अंक: 4

वैज्ञानिक

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद की पत्रिका

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के सौजन्य से प्रकाशित



गोरीबिदनूर भूकंप - सरणी से मापे गये दक्षिण भारत के क्षेत्रीय भूकंप

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद

हिन्दी में वैज्ञानिक साहित्य के सृजन व प्रचार प्रसार हेतु परिषद नियमित रूप से त्रैमासिक पत्रिका **वैज्ञानिक** का प्रकाशन, विज्ञान गोष्ठियों, वार्ताओं एवं अखिल भारतीय लेख प्रतियोगिता का आयोजन करती है।

परिषद की सदस्यता एवं **वैज्ञानिक** पत्रिका का शुल्क (रु) :

	परिषद सदस्यता			वैज्ञानिक शुल्क 5 रु. प्रति	
	एक वर्ष	आजीवन	प्रवेश शुल्क	एक वर्ष	तीन वर्ष
व्यक्तिगत	15	100	1	15	40
संस्थागत	25	250	1	25	70

1. वैज्ञानिक विशेषांकों का मूल्य अलग से निर्धारित होगा।
2. वर्तमान नियमानुसार परिषद के सदस्यों को वैज्ञानिक निःशुल्क भेजी जाती है।
3. सभी शुल्क **हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद** के नाम से **डिमांड ड्राफ्ट** (बम्बई) अथवा **भारतीय पोस्ट आर्डर** द्वारा ही भेजें। **कृपया बम्बई से बाहर के चैक व मनीऑर्डर द्वारा शुल्क** न भेजें।

'वैज्ञानिक' में विज्ञापन

हिन्दी में प्रकाशित होने वाली विज्ञान पत्रिकाओं में वैज्ञानिक अग्रणी है। देश के सभी मुख्य वैज्ञानिक संस्थान इसके ग्राहक हैं। इस पत्रिका में आपके विज्ञापन आमंत्रित हैं। पूरे पृष्ठ की छपाई का आकार 16 सें.मी.× 21 सें.मी. है।

विज्ञापन की दरें		(एक प्रति के लिए)
अंतिम आवरण	:	रु. 2,500/-
दूसरा/तीसरा आवरण (अंदर)	:	रु. 2,000/-
पूरा पृष्ठ	:	रु. 1,500/-
आधा पृष्ठ	:	रु. 800/-

अखिल भारतीय विज्ञान लेख प्रतियोगिता - 1993

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद एवं राजभाषा कार्यान्वयन समिति (भा.प.अ.केंद्र) के संयुक्त तत्वावधान में आयोजित हिंदी विज्ञान लेख प्रतियोगिता हेतु प्रविष्टियां आमंत्रित हैं। लेख में किसी भी वैज्ञानिक विषय पर आधुनिक जानकारी होनी चाहिए। दो टंकित अथवा स्पष्ट लिखित प्रतियां (लगभग 3000 शब्द) **वैज्ञानिक** कार्यालय को भेजें। चित्रों को सफेद कागज पर काली रोशनाई से बनाएं और लेख के अंत में संलग्न कर दें।

पुरस्कार : प्रथम रु. 1500/-, द्वितीय रु. 1000/-, तृतीय रु. 500/-

इसके अतिरिक्त पांच प्रोत्साहन पुरस्कार व अहिंदी भाषी प्रतियोगियों के लिए दो **विशेष पुरस्कार** - प्रत्येक रु. 300/- के दिये जायेंगे। अतः अपनी मातृभाषा का स्पष्ट उल्लेख करें।

अंतिम तिथि : 31 अगस्त 1993

विशेष : पुरस्कृत रचनाएं **वैज्ञानिक** की संपत्ति होंगी। **वैज्ञानिक** से संबंधित अधिकारी इस प्रतियोगिता में भाग नहीं ले सकेंगे।

पत्राचार का पता : श्री. ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी, सचिव, हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद, परमाणु ईंधन प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्राम्बे, बम्बई - 400 085

वैज्ञानिक

- व्यवस्थापन मंडल -
डा. शिव प्रकाश गर्ग

श्री ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी
श्री ललित कुमार
श्री राम निवास आर्य
श्री इन्द्र कुमार शर्मा
श्री दीप प्रकाश

- संपादन मंडल -
डा. जनार्दन स्वरूप

डा. गोविन्द प्रसाद कोठियाल
डा. कैलाश चन्द्र भल्ला
डा. दुर्गा प्रसाद पांडे
श्री हरि ओम मित्तल

- संपादन सहयोग -
श्री सुशील प्रसाद श्रीवास्तव

- आमंत्रित संपादक -
डा. विजय कुमार

- शुल्क -

भारत में

	संस्थागत	व्यक्तिगत
क वर्ष	25 रु.	15 रु.
न वर्ष	70 रु.	40 रु.

विदेश में
(समुद्री डाक द्वारा प्रेषण)

	संस्थागत	व्यक्तिगत
क वर्ष	45 रु.	35 रु.
न वर्ष	125 रु.	95 रु.

अनुक्रमणिका

1. संपादकीय 3

2. भूकंप-विज्ञान : एक परिचय
- बालकृष्ण स्तोगी..... 4

3. उत्तरकाशी भूकंप

1. विवरण
- विष्णु प्रसाद काम्बले..... 8

2. भौमिकी
- सु. कुमार, अ.कु. मुण्डेपी, अ.कु. महाजन, ह.च. पाण्डेय एवं लो. वशिष्ठ..... 11

3. आवास गृह
- आनन्द स्वरूप आर्य..... 13

4. परिचर्चा
- प्रमोद नारायण अग्रवाल..... 14

4. भूकंप पूर्वकथन
- अरुण बापट..... 19

5. भूकंप-विज्ञान में प्रगति
- हर्ष के. गुप्ता..... 21

6. भूकंपीय इतिहास
- वाय.एस. भदौरिया, ए.जी.वी. प्रसाद एवं सी.ए. कृष्णन..... 22

7. भूकंप मापन क्रियाविधि एवं विकास
- वि. कुमार, अ.कु. अग्रवाल एवं यो.सिं. भदौरिया..... 24

*''वैज्ञानिक'' में लेखकों द्वारा व्यक्त विचारोंसे संपादन मंडल का सहमत होना आवश्यक नहीं है।

*''वैज्ञानिक'' में प्रकाशित समस्त सामग्री के सर्वाधिकार हिं.वि.सा. परिषद के पास सुरक्षित हैं।

*''वैज्ञानिक'' एवं हिं.वि.सा. परिषद से संबंधित सभी विवादों का निर्णय बम्बई के न्यायालय में ही होगा।

कार्यालय :
''वैज्ञानिक'', हिंदी-विज्ञान साहित्य परिषद,
सूचना प्रभाग, सेंट्रल कॉम्प्लेक्स,
भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र,
बम्बई - 400 085

शुल्क भेजने का पता :
श्री ललित कुमार
कोषाध्यक्ष, हिं.वि.सा. परिषद
धात्विकी प्रभाग
भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र,
बम्बई - 400 085

8. भूकंप जोखिम
- रामदत्त शर्मा..... 26

9. भूकंपीय स्रोतों का अभिज्ञान
- फाल्गुनी राय..... 29

10. जलाशय भूकंपनीयता का नया माडेल
- हरि नारायण श्रीवास्तव..... 30

11. जलाशय प्रेरित भूकंपनीयता
- भूपेश कुमार गंगराडे..... 35

12. खान सुरक्षा में भूकंप विज्ञान की उपादेयता
- प्रकाश चन्द्र झा एवं एन.एम. राजू... 42

13. भूकंप प्रतिरोधी संरचनाएं
- अ.स. वारुडकर..... 47

14. नाभिकीय बिजलीघरों का भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन
- अनिल काकोडकर एवं राधेश्याम सोनी. 49

15. भा.प.अ. केंद्र में भूकंप-विज्ञान के क्षेत्र में अनुसन्धान एवं विकास
- सनत कुमार अरोरा..... 54

16. भा.प.अ. केन्द्र समाचार
..... 56

17. कुछ फूल कुछ कांटे
..... 58

18. प्रतियोगिता परिणाम
..... 60

19. भूकंप-विज्ञान शब्दावली
..... 61

ादकीय

भूकंप

भूकंप चाहे कहीं भी घटित हो, मानव हमेशा ही उन्हें विस्मयकारी और विनाशकारी आपदाओं के में देखता रहा है। पृथ्वी के अंदर होने वाली क्रियाओं तिक्रियाओं के फलस्वरूप, तनावों से उत्पन्न भूकंप निकों के लिए एक चुनौती बने हुए हैं और जब- भूपटल किसी विध्वंसकारी भूकंप से त्रस्त होता है, सभी, विज्ञान और विशेषतः भूकंप-विज्ञान की प्रगति एक बड़ा प्रश्न चिन्ह लगा देते हैं। इससे संबंधित क विषयों पर फिर गर्मागर्म चर्चा होने लगती है, जैसे प क्यों आया, क्या इसकी भविष्यवाणी संभव है, कैसे विपदाओं से बचा जा सकता है या कैसे जानमाल रक्षा की जा सकती है आदि। आमतौर पर विध्वंसकारी प आने के तुरंत बाद, प्रभावित क्षेत्र भूकंप-वैज्ञानिकों लिए एक गहन वैज्ञानिक अध्ययन का अवसर प्रदान ा है और वैज्ञानिक गतिविधियां तेज हो जाती हैं। इसके स्वरूप, कई महत्वपूर्ण वैज्ञानिक तथ्य तथा आंकड़े भी त्रित होते हैं जिनसे भूकंप के बारे में अधिकतम जानकारी ा की जाती है जो भविष्य में अनेक अनुसंधानों के ा आती है।

भारत में 20 अक्टूबर 1991 की रात उत्तरकाशी हुए भूकंप ने एक बार फिर हमारा ध्यान भूकंप-विज्ञान ओर आकर्षित किया है। इस भूकंप में सैकड़ों लोग हत हुए व करोड़ों रुपए की सम्पति स्वाहा हो गयी। भूकंप के तुरंत बाद कई महत्वपूर्ण आंकड़े इकट्ठे किये । इस महत्वपूर्ण घटना ने भूकंप-वैज्ञानिकों को भूकंप- ान की प्रगति पर अवलोकन करने को बाध्य कर दिया। ा संदर्भ में भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में हिन्दी विज्ञान हेत्य परिषद के तत्वावधान में "भूकंप-विज्ञान में प्रगति- ः अवलोकन" विषय पर एक-दिवसीय वैज्ञानिक ोष्ठी, 17 फरवरी 1992 को आयोजित की गयी। इस संगोष्ठी में भारत के वरिष्ठ भूकंप-वैज्ञानिकों ने भाग लिया व उत्तरकाशी भूकंप पर चर्चा करने के अलावा, भूकंप-विज्ञान से संबंधित अनेक विषयों पर प्रकाश डाला

यह अंक इस संगोष्ठी में प्रस्तुत वार्ताओं व कुछ अन्य महत्वपूर्ण लेखों का संकलन है। भूकंपीय इतिहास से लेकर भविष्य में भूकंप-विज्ञान की रूपरेखा तक, सभी विषयों का इस अंक में समावेश है। बड़ी परियोजनाओं, जैसे बांध, नाभिकीय बिजलीघर आदि के भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन, भूकंप मापन, भूकंप जोखिम, खान सुरक्षा में भूकंप-विज्ञान की उपादेयता, भूकंप स्रोतों का अभिज्ञान, जलाशय प्रेरित भूकंपीय प्रक्रिया तथा भूकंप पूर्वकथन आदि विषयों पर प्रस्तुत लेख भूकंप-विज्ञान के विभिन्न पहलुओं पर प्रकाश डालते हैं। हम आशा करते हैं कि इस अंक में संकलित वार्ताएं जनमानस में फैली भ्रांतियों के निराकरण में सहायक होंगी। साथ ही साथ, जिज्ञासू वर्ग की ज्ञानपरक क्षुधा शांत करने एवं उनकी विभिन्न जिज्ञासाओं का उत्तर प्राप्त करने का प्रयास भी सफल हो जाएगा।

एक ही विषय पर विभिन्न लेखकों द्वारा स्वतंत्र रूप से लिखे गये लेखों में पुनरोक्तियां होना स्वाभाविक ही है। हमने पुनरोक्तियों को हटाने का यथा-सम्भव प्रयास किया है, फिर भी लेखों के धारा-प्रवाह को बनाये रखने हेतु कुछ पुनरोक्तियां छोडनी पडीं, परन्तु हमें संतोष है, कि जिसे भूकंप-विज्ञान विषय की जानकारी है और जिसे नहीं है, दोनों वर्गों के पाठकों को इस रोचक विषय से सम्बधित लगभग सारी जानकारी एकसाथ इस अंक में देने में हम सफल हो सके हैं।

- डा. विजय कुमार

भूकंप-विज्ञान : एक परिचय

डा. बालकृष्ण रस्ते
उपनिदेश
राष्ट्रीय भूभौतिकी अनुसंधान संस्थ
हैदराबाद - 500 00

प्राकृतिक विपदाओं में भूकंप सबसे अधिक भयानक होते हैं क्योंकि इनसे यकायक बगैर किसी पूर्वाभास के कुछ क्षणों में ही हजारों-लाखों प्राणियों की मृत्यु हो जाती है तथा बहुत बड़े भूभाग में सब तहस-नहस हो जाता है ।

भारत का 55% भूभाग भूकंपीय क्षेत्र है तथा संसार के बड़े भूकंपों में 5 यहाँ आ चुके हैं, लेकिन चिन्ताजनक विषय यह है कि दूर क्षेत्रों में रहने वाले भारतीय यह भी नहीं जानते हैं कि जिस धरती को वह एक पुख्ता सहारा समझते हैं, वह कभी तूफान में फँसी नाव के समान डोल भी सकती है, जिससे उनके मकान गिर सकते हैं। यह बात उत्तरकाशी भूकंप के बाद उजागर हुई है, क्योंकि वहां सभी लोग कहते सुने गये कि उनको किसी ने पहले क्यों नहीं बताया कि वहां भूकंप आ सकता है, तथा किस तरह के मकान बनाने चाहिए जो भूकंप से न गिरें। इसलिए यह आज की एक बहुत बड़ी आवश्यकता है कि हम भूकंप-विषयक ज्ञान प्रचारित करें और भूकंप से होने वाली क्षति को कम करने के उपाय बतायें, किस तरह के मकान बनायें तथा किन जगहों पर मकान न बनायें आदि की जानकारी उपलब्ध करें। प्रस्तुत लेख में इस दिशा में एक लघु प्रयास किया गया है ।

क्यों और कैसे आते है भूकंप?

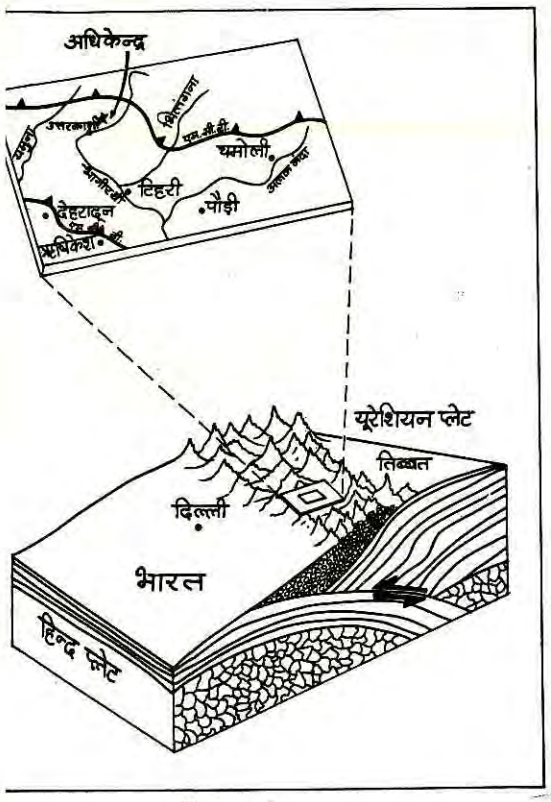
पृथ्वी के अन्दर चट्टानों के खिसकने से आते हैं भूकंप । ज्वालामुखी फटने, पर्वतश्रेणियां बनने और भूकंप आने, सबका एक ही कारण होता है । जिस क्रिया या सिद्धांत द्वारा यह सब प्रक्रिया संचालित होती है, उसको "प्लेट टेक्टानिक्स" कहते हैं । इस क्रान्तिकारी सिद्धांत के अनुसार, पृथ्वी की ऊपरी सतह को छह बड़ी (और कुछ छोटी) टेक्टानिक प्लेटों, अर्थात विवर्तनिक व गतिशील पटरों में विभाजित किया गया है । इनकी मोटाई करीब 100 किलोमीटर होती है । आंशिक रूप से द्रवित पदार्थ के ऊपर स्थित होने के कारण इन पटरों के नीचे संवहन होता है जो इन पटरों में गति भी प्रदान करता है । जब गतिशील पटरे आपस में टकराते हैं, तो दबाव के कारण वे एक दूसरे के सापेक्ष खिसकते हैं जिससे उत्पन्न झट से भूकंप आते हैं ।

पृथ्वी की जो सतहें ऊपर खिँची चली अ हैं, वही पर्वत का रूप धारण कर लेती है। हिमालय पर्वतश्रे की संरचना भी इसी प्रकार समझी जा सकती है। हिमा क्षेत्र में, हिन्द प्लेट के नीचे घुसने से बड़ी-बड़ी दरारें भ्रंश उत्पन्न हुए है जिन्हें थ्रस्ट या फाल्ट कहते हैं। इ थ्रस्ट या फाल्ट के साथ भूकंप आते रहते है।

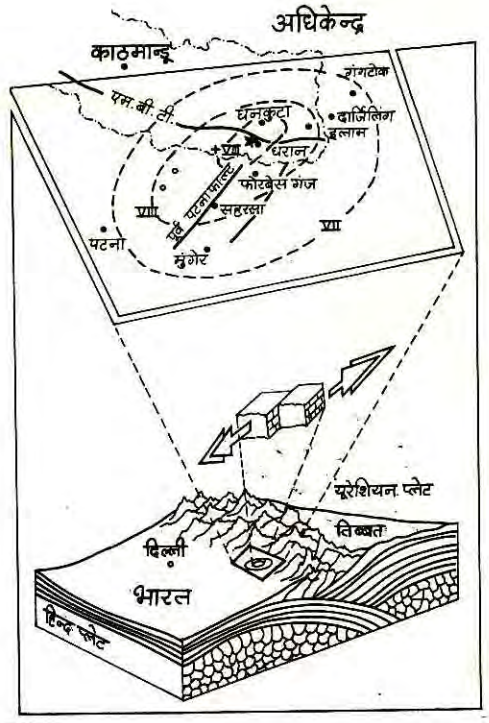
हिन्द और यूरेशियन प्लेटों के टकराव के का ही (चित्र-1 और 2) 20 अक्टूबर 1991 को उत्तरका में व 21 अगस्त 1988 को बिहार-नेपाल में भूकंप अ जिन में एक-एक हजार से अधिक जानें गयीं व ए एक लाख के करीब मकान क्षतिग्रस्त हुए ।

नयी पर्वतश्रेणियों में अधिक भूकंप आते है हिमालय सबसे ऊंची पर्वतश्रेणी है लेकिन कमउम्र है, लगभ 1 से 2.5 करोड़ वर्ष, इसलिए यहां विनाशकारी भूक आते रहते हैं। हिन्द प्लेट पहले अन्टार्कटिका के पास थ लगभग 15 करोड़ साल में अपनी वर्तमान स्थिति में पहुँ है । लगभग 4 से 4.5 करोड़ वर्ष पहले हिन्द प्लेट यूरेशिय प्लेट से टकराई । अभी जहां हिमालय है, पहले वहां समु था । एवरेस्ट की चोटी में जो पत्थर हैं, वे समुद्र व गहराई में बने थे और धीरे - धीरे ऊपर उठे । ऊपर उठ की यह प्रक्रिया अभी भी जारी है ।

हिन्द प्लेट उत्तरपूर्व की ओर लगभग 5 सेन्टीमीट प्रतिवर्ष की गति से बढ़ रही है । यह गति हमारे नाखू बढ़ने की गति के बराबर है । भारत का मैदानी भूभा धीरे-धीरे हिमालय के नीचे समा रहा है। अनुमान है वि लाखों वर्षों के बाद उत्तरप्रदेश व बिहार का एक बड़ भाग हिमालय के नीचे समा जायेगा । पृथ्वी में हर साल कुल मिलाकर 10 लाख छोटे-बड़े भूकंप आते हैं जिनमें केवल 100 ही बड़ी क्षति पहुंचाने वाले होते हैं । भूकंप दो पट्टियों में अधिक आते हैं । एक पट्टी है प्रशांत महासाग



चित्र - 1.



चित्र - 2.

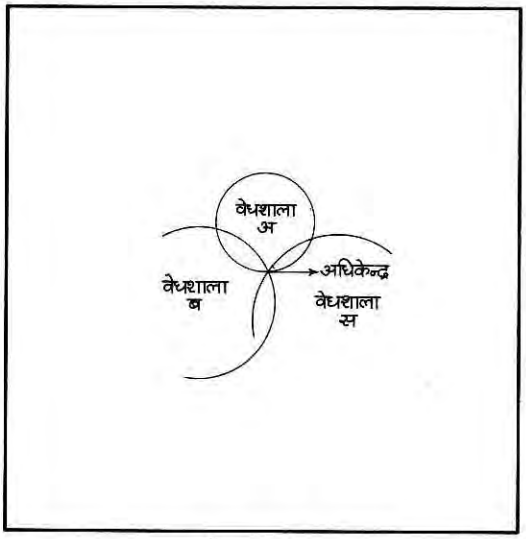
परिधि क्षेत्र में जिसमें अमरीका का पश्चिमी किनारा, ाया का पूर्वी किनारा, प्रशांत महासागर के दक्षिण पूर्व द्वीप, न्यूजीलैण्ड, जापान आदि देश आते हैं । इस में 80% भूकंप आते हैं। दूसरी पट्टी अल्पाइड हिमालय है जिसमे 15% भूकंप आते हैं जो जावा, सुमात्रा, नेशिया, हिमालय व मध्य एशिया के पहाड़ों से होती यूनान, इटली और स्पेन तक जाती है ।

इन पट्टियों में भूकंप दो तरह के होते हैं, लामुखीय और विवर्तनिक (टेक्टानिक) । ज्वालामुखी के होने वाले भूकंप अधिक विनाशकारी नहीं होते, लेकिन द्र में ऊंची - ऊंची लहरें (सुनामी) पैदा कर देते हैं सिसे नुकसान की संभावना अधिक हो जाती है । इस र के भूकंप बहुत कम आते हैं । अधिकतर चट्टानों टूटने या खिसकने से विवर्तनिक भूकंप आते हैं ।

परिभाषाएं

भूकंप के उद्गम केन्द्र को "नाभि" कहा जाता जो भूमि के अन्दर किसी गहराई पर स्थित होता है तथा इसके ठीक ऊपर भूमि तल पर स्थित बिन्दु को अधिकेन्द्र कहते हैं । भूकंप से होने वाली क्षति भूकंप के परिमाण, अधिकेन्द्र से दूरी और नाभि की गहराई पर निर्भर करती है । अरमेनिया में आया भूकंप केवल 10 कि.मी. की गहराई में था । ऐसे उथले भूकंप ज्यादा विनाशकारी होते हैं जबकि 70 से 700 कि.मी. तक की गहराई में आने वाले भूकंप कम विनाशकारी होते हैं । भूकंप से होने वाली मृतकों की संख्या भूकंप के समय पर भी निर्भर करती है । अगर भूकंप रात में आता है, तो अधिक लोग मरते हैं क्योंकि तब लोग मकान के अन्दर सो रहे होते हैं ।

किसी तालाब के पानी में पत्थर फेंकने से पानी में जो तरंगें पैदा होती हैं, भूकंप से पैदा होने वाली तरंगें भी कुछ ऐसी ही होती हैं जो पृथ्वी की ऊपरी सतहों पर असर डालती हैं । ये "लान्गीट्यूडिनल", अर्थात "प्राथमिक" तथा "शियर", अर्थात "द्वितीयक", दो प्रकार की होती हैं । प्राथमिक तरंगों की उत्पत्ति एक चट्टान के दूसरी चट्टान से टकराने पर होती है । इन तरंगों के कारण



चित्र - 3.

पृथ्वी की सतह का कंपन तरंग के प्रवाह की दिशा में होता है । ये तरंगें पृथ्वी की सतह को अपनी दिशा में बदलती हैं । द्वितीयक तरंगें सांप की तरह बढ़ती हैं और एक चट्टान के दूसरी चट्टान से घर्षण के बाद उत्पन्न होती हैं । प्राथमिक तरंगें लगभग 8 कि. मी. प्रति सेकंड की रफ्तार से चलती हैं, जबकि द्वितीयक तरंगों की रफ्तार 5 कि. मी. प्रति सेकंड होती है । इन दोनों तरंगों को भूकंपमापी से मापा जाता है तथा दोनों तरंगों के भूकंपमापी तक पहुंचने में जो अन्तर आता है, वह भूकंप के उद्गम स्थान तथा वेधशाला के बीच की दूरी इंगित करता है । एक भूकंप की माप चार या अधिक वेधशालाओं द्वारा की जाती है तथा भूकंप के उद्गम स्थान से इन वेधशालाओं की दूरियों की सहायता से "नाभि" का पता लगाया जा सकता है । यह कार्य नक्शे पर वृत्त खींच कर किया जाता है जिसमें वेधशाला की स्थिति को केन्द्र बिन्दु तथा उद्गम से उसकी दूरी को त्रिज्या माना जाता है । यदि भूकंप की माप तीन वेधशालाओं द्वारा की गयी है, तो तीन वृत्त खींच जायेंगे तथा तीनों वृत्तों का कटाव बिन्दु ही "अधिकेन्द्र" होगा जैसा चित्र-3 में दिखाया गया है । गहराई के अनुमान के लिए तीन से अधिक वेधशालाओं की आवश्यकता होती है । यह प्रक्रिया कंम्प्यूटर की सहायता से मात्र चन्द सेकंडों में पूरी कर दी जाती है ।

प्राथमिक तथा द्वितीयक तरंगें पृथ्वी के केन्द्र तक जाती हैं । पर इन दोनों तरह की तरंगों से मिलकर "ल व "रैले" तरंगे बनती हैं जो पृथ्वी की ऊपरी सतह ही सीमित रहती हैं । इन चारों तरह की तरंगों के अध्य से वैज्ञानिकों ने पृथ्वी की आन्तरिक संरचना का पता लग है । प्राथमिक और द्वितीयक तरंगें सर्वप्रथम भारत में 1897 के आसाम भूकंप में देखी गयी थीं ।

भूकंप के परिमाण का वैज्ञानिक मापदंड रि स्केल है । यह कोई यन्त्र नहीं है, बल्कि एक फारमू है - जो कैलीफोर्निया के प्रोफेसर चार्ल्स रिक्टर ने खो था । इस फारमूले में भूकंपमापी यंत्र में अंकित द्वितीय तरंगों के आयाम का इस्तेमाल करते हैं । यह फारमू लघुसमीकरण के रूप में बनाया गया है जिससे छोटे छोटे और बडे से बड़े आयाम भी आसानी से लिये सकें, इसलिए इस फारमूले में परिमाण का एक अंक ब से आयाम या भूकंप का बल दस गुना बढ़ जाता मिसाल के तौर पर 8 परिमाण का भूकंप 7 परिमाण व भूकंप से दस गुना बड़ा होता है तथा 6 परिमाण से गुना । इस स्केल में ऊपरी या नीचे की सीमा निर्धा नहीं होती । लेकिन अब तक के सबसे बड़े भूकंप परिमाण 8.9 माना गया है । सबसे कम परिमाण, 3 लगभग निकाला जा सकता है जो एक मि. मी. आय के लिए होता है । उससे कम का आयाम पढ़ा जा सकता ।

भूकंप से निकलने वाली ऊर्जा, परिमाण के एक अंक बढ़ने से तीस गुना बढ़ती है । यह तसल्ली की ब है कि आधी से ज्यादा ऊर्जा चट्टानों के टूटने व ताप रूप में खर्च हो जाती है तथा पूरी ऊर्जा का कुछ भाग तरंगों के रूप में ऊपर सतह में पहुंचता है व क्ष का कारण बनता है ।

2 या कम परिमाण के भूकंप महसूस नहीं हो 2 से 5 तक के महसूस किये जाते हैं, लेकिन अधिक क्ष नहीं पहुँचाते, 5 से 8 तक के भूकंप से काफी क्षति हो है, तथा 8 से ऊपर परिमाण के भूकंप प्रलयंकारी होते ऐसे चार भूकंप हिमालय में आ चुके हैं और एक कर में; कच्छ (वर्ष 1819, परिमाण 8.3), मेघालय (189 8.7), कांगडा (1905, 8.5), बिहार-नेपाल (1934,8.4 तथा आसाम (1950,8.7) । अरमेनिया में आये भूव का परिमाण लगभग 7 था व 21 अगस्त 1988 वा

बहार-नेपाल तथा 20 अक्टूबर 1991 वाले उत्तरकाशी भूकंपों का परिमाण 6.6 था ।

एक परमाणु बम का भूगर्भीय विस्फोट करने से करीब 5 परिमाण के भूकंप जैसी तरंगें उत्पन्न होती हैं, जैसा पोखरन में 18 मई 1974 को किये गये भारत के प्रथम आण्विक विस्फोट में रिकार्ड किया गया । इस हिसाब से 1950 का आसाम भूकंप करीब 1 लाख परमाणु बमों के बराबर हुआ ।

हम जानते हैं कि भूकंपीय-तीव्रता स्थान की दूरी के साथ बदलती रहती है जो उसमें निहित ऊर्जा का द्योतक है । भूकंप की तीव्रता नापने के लिए पहले रोजी - फोरेल स्केल बनी, तदुपरान्त माडीफाइड, अर्थात संशोधित मरकाली (एम.एम.) स्केल बनी जिसमें तीव्रता I (एक) से लेकर XII (बारह) तक के रोमन अंकों में विभाजित की गयी। इस स्केल में भूकंप द्वारा हुई क्षति को नापा जाता है । इस स्केल में बिहार - नेपाल 1988 व उत्तरकाशी 1991 भूकंपों की अधिकतम तीव्रता + VIII (आठ से अधिक) और अरमेनिया भूकंप की अधिकतम तीव्रता X (दस) एम. एम. थी ।

भूकंप तो रोके नहीं जा सकते, लेकिन उनके पूर्वानुमान करने में थोडी सफलता मिली है । पूर्वानुमानों को समयावधि के आधार पर दो भागों में बांटा जा सकता है । एक दीर्घकालिक हैं जो दशकों के समयमाप पर किये जाते हैं । दूसरे लघुकालिक हैं जो वर्षो और महीनों के समयमाप पर किये जाते हैं । अभी तक के प्रयत्नों में दीर्घकालिक पूर्वानुमानों में अपेक्षतः अधिक सफलता मिली है । लघुकालिक पूर्वानुमान के लिए रूस, चीन, जापान और अमरीका में भरसक प्रयत्न हो रहे हैं, लेकिन अभी तक न तो कोई ऐसा यंत्र बना है और न कोई तरीका निकल पाया है, जिससे सही - सही पूर्वानुमान किया जा सके । अभी तक केवल एक बडे भूकंप का ही सही पूर्वानुमान किया जा सका है । यह पूर्वानुमान 1975 में चीन के शहर, हाइचेंग में किया गया था । भूकंप से कुछ घंटे पहले शहर खाली करा दिया गया था जिसके फलस्वरूप लाखों लोग मरने से बच गये । लेकिन यहां पहले भी कई बार शहर खाली कराया गया था, तब भूकंप नहीं आया था । इसके एक साल बाद आये चीन के तांगशान नगर के भूकंप में ढाई लाख या उससे अधिक जानें गयीं, लेकिन इस भूकंप का पूर्वानुमान नहीं हुआ था । आजकल बहुत-सी भूकंप की भविष्यवाणियां पढने को मिलती हैं, लेकिन ऐसी भविष्यवाणी का कोई मतलब नहीं, जिसमें भूकंप के परिमाण, ठीक जगह और समय न आंके गये हों ।

लघुकालिक पूर्वानुमान के लिए जो चीजें देखी जाती हैं उनमें से कुछ महत्वपूर्ण हैं, जैसे बडे भूकंप के पहले, छोटे भूकंपों का आना, जमीन का खिसकना व ऊपर - नीचे होना, जमीन के अंतर्निहित पानी के तह में परिवर्तन, पृथ्वी की विद्युत प्रतिरोधकता व चुम्बकीयता में परिवर्तन, कुओं में रैडान गैस की मात्रा में वृद्धि, वातावरण में परिवर्तन, जानवरों का असामान्य व्यवहार आदि, परंतु भूकंप के पूर्व ये परिवर्तन कभी तो दिखते हैं पर कभी नहीं । कई बार ये परिवर्तन बिना भूकंप के भी पाये जाते हैं । पृथ्वी के गर्भ में होनेवाले परिवर्तन, ऊपरी सतह में बहुत कठिनाई से ही पता लगते हैं क्योंकि ये परिवर्तन नाभि के पास ही होते हैं, जिसके लिए बहुत से यंत्र लगाने पडते हैं तथा विविध प्रयत्नों के बाद भी यह संभव है कि यंत्र कहीं लगे हों, और भूकंप कहीं और आये ।

भारत में इस दिशा में प्रयत्न नहीं के बराबर किये जा रहे हैं, जबकि अपने देश में भी इन प्रयत्नों की उतनी ही आवश्यकता है, जितनी अन्य देशों में, शायद अधिक ही, क्योंकि प्लेटों के टकराव के कारण हिमालय में विनाशकारी भूकंप आते ही रहेंगे।

भूकंप से संबंधित असामान्य घटनाएँ

भूकंप के समय असामान्य घटनाएं भी देखी-सुनी गयी हैं । उनमें ध्वनि, प्रकाश, विद्युत आदि हैं । ध्वनि तो भारत के लगभग सभी भूकंपों में सुनी गयी है । भूकंप केन्द्र के पास धरती में चलने वाली तरंगें हवा से मिलकर ध्वनि पैदा करती हैं । कई भूकंपों के समय प्रकाश देखा गया है और विद्युत संचार महसूस किया गया है । उदाहरण के तौर पर, केरल में इदुकी बांध के पास 1988 के भूकंप में आग का गोला जमीन पर चलता दिखायी दिया । कुछ लोगों ने बिजली का झटका भी महसूस किया और कुछ लोगों ने देखा कि बिजली का बल्ब अपने आप थोडी देर के लिए जल उठा । इदुकी के हर एक भूकंप के

(शेष पृष्ठ - 34 पर)

उत्तरकाशी भूकंप

20 अक्टूबर 1991 को प्रातः 2 बजकर 53 मिनट पर हिमालय में गढ़वाल (उत्तर प्रदेश) के उत्तरकाशी आये विनाशकारी भूकंप के कारण लगभग 768 लोगों और हजारों पशुओं की जानें चली गयीं। इसके अतिरिक्त 20,000 से भी अधिक मकान या तो गिर गये या उनमें दरारें पड़ जाने के कारण वे रहने योग्य नहीं रहे निम्न प्रस्तुत चार लेखों में विशेषज्ञों द्वारा इस भूकंप के विभिन्न पहलुओं पर चर्चा की गयी है।

1. विवरण

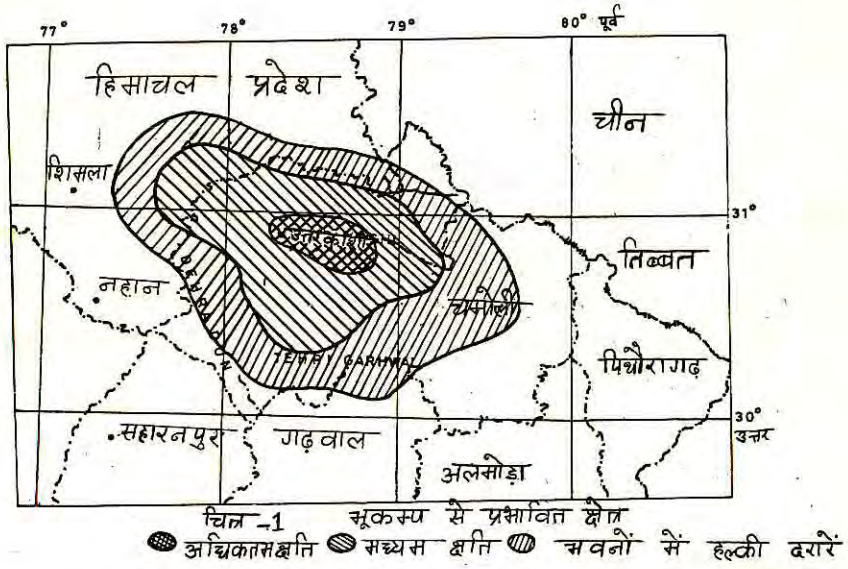
विष्णु प्रसाद काम्बले
उप-महानिदेशक (भूकंप विज्ञान)
भारत मौसम विज्ञान विभाग
मौसम भवन, नई दिल्ली

20 अक्टूबर, 1991 की भयानक प्रातः जबकि सभी लोग सुखद निद्रा में थे, उत्तर प्रदेश के गढवाल क्षेत्र की पहाडियों में एक रुद्र भूकंप आया, जिसका परिमाण रिक्टर पैमाने पर 6.6 मापा गया। इसने दूर दराज़ तक विनाश का प्रलयंकारी तांडव कर दिया। भूकंप के झटके पडौसी राज्यों, मुख्यतः पंजाब, हरियाणा, हिमाचल प्रदेश, राजस्थान, जम्मू एवं कश्मीर तथा राजधानी दिल्ली में व्यापक रूप में महसूस किये गये। इससे गढवाल क्षेत्र के उत्तरकाशी, टेहरी तथा चमोली जिलों में अधिकतम क्षति हुई। उत्तरप्रदेश के नैनीताल, पौड़ी-गढ़वाल क्षेत्र तथा देहरादून जिलों और हिमांचल प्रदेश के सिरमौर जिले में क्षति की मात्रा कुछ कम थी। केवल 45 सेकंडों के तीव्र कंपन ने 768 मानवों की जीवनलीला समाप्त की, 5066 को गंम्भीर रूप से घायल किया, 20184 मकानों को पूर्णतः नष्ट किया तथा 74,714 इमारतों को आंशिक रूप में क्षति पहुँचाई। हालांकि भूकंप का झटका मध्यम श्रेणी का था, इसने 2093 गाँवों को अपनी चपेट में ले लिया तथा गढ़वाल अंचल के प्राणियों तथा वनश्री को बुरी तरह क्षतिग्रस्त कर दिया। भूकंप की प्रचंडता इतनी अधिक थी कि 3,095 मवेशी मारे गये तथा 1,47,000 हेक्टेयर भूमि व 4.25 लाख की आबादी प्रभावित हुई। प्रबल कंपनों से अत्यधिक मात्रा में भू-स्खलन हुआ जिससे 89,000 हैक्टेयर उपजाऊ भूमि बुरी तरह ध्वस्त हो गयी।

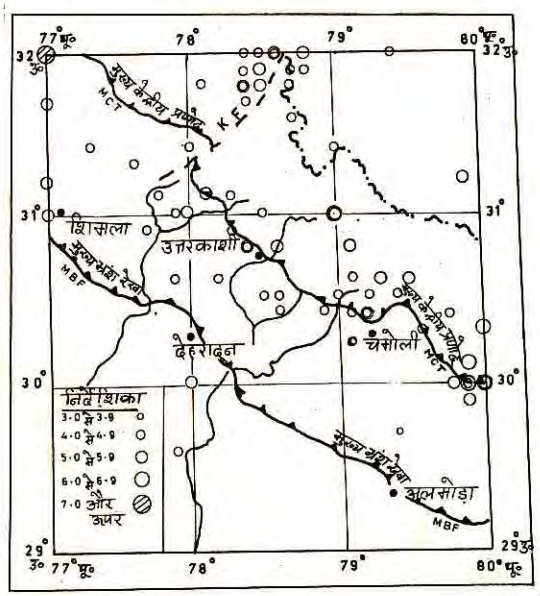
भारत सरकार ने विभिन्न मंत्रालयों के विद्वान एवं उच्च अधिकारियों के एक दल का गठन किया और भूकंप से हुई क्षति का जायजा लेने के लिए उत्तरकाशी क्षेत्र भेजा। इस केन्द्रीय दल ने 21 अक्टूबर, 1991 को भूकं प्रभावित क्षेत्र का हवाई सर्वेक्षण किया। भवनों की क्षति व ब्यौरा देने के अलावा, इस केन्द्रीय दल को निम्नलिखि कार्यभार भी सौंपा गया :-

* मृत्युमुख में पड़े लोगों व मवेशियों की संख्या का सह पता लगाना,
* इंजीनियरिंग बनावट की इमारतों की क्षति तथा पारिस्थिक तंत्र का मापदंड निश्चित करना,
* चट्टानों के टूटने की घटनाओं से गंगा के बहाव में आयी रुकावट की रिपोर्ट की सत्यता की जाँच करना
* जरूरी सेवाओं में आयी बाधाओं का निरीक्षण करना
* प्रभावित लोगों की सहायता के विभिन्न तरीकों को सुझान तथा भारत सरकार को सहायता के लिए सिफारिश करना, और
* पीड़ित लोगों के पुर्नवास के तरीके सुझाना।

हवाई सर्वेक्षण द्वारा, प्रभावित क्षेत्र का पता लगाय गया है जो कि चित्र-1 में दर्शाया गया है। लगभग 210(वर्ग कि.मी. क्षेत्र में अधिकतम क्षति हुई जबकि 7,00(वर्ग कि.मी. क्षेत्र में मध्यम क्षति व 10,000 वर्ग कि.मी क्षेत्र में ज्यादातर दरारें देखी गयीं। हवाई सर्वेक्षण से यह स्पष्ट हो गया कि चट्टानें खिसकने की जो अनेक घटनाऐ चमोली जिले के मुख्यालय, गोपेश्वर शहर के पास हुई थीं, वे पहले ही अगस्त 1991 में धुआंधार वर्षा के कारण थीं। भूकंप से चट्टानों के खिसकने की अधिकांश घटनाएं भागीरथी, इन्द्रावती व भिलंगना घाटियों में देखी गयीं, परन्तु इनमें से किसी से भी गंगा नदी का बहाव प्रभावित नही हुआ। अधिकांश हुई बड़ी क्षतियों में से गवाना गाँव (उत्तरकाशी से 8 कि.मी. दूर) में लोहे से बना पुल था जो बुरी तरह प्रभावित हुआ। वे पीलपाये जिन पर पुल टिका था, तीव्र त्वरण के कारण खिसक गये, जिससे पूरा



चित्र - 1. भूकंप से प्रभावित क्षेत्र



चित्र - 2. गढ़वाल क्षेत्र के भूकंप

न बल खाकर नदी में जा गिरा।

उत्तर काशी अंचल में जामक ग्राम सबसे ज्यादा भावित हुआ जहाँ 72 व्यक्तियों को जान से हाथ धोना डा।

क्षेत्र की भूविवर्तनिकी

उत्तरकाशी भूकंप का अधिकेन्द्र मुख्य केन्द्रीय प्रणोद (MCT) और मुख्य भ्रंश रेखा (MBF) के उत्तर में है। गढ़वाल क्षेत्र में भूकंप इन दोनों भ्रंशों के संचालन

से उत्पन्न होते हैं, जो कि यूरेशियन और भारतीय प्लेटों के आपस में टकराव से संबंधित हैं। इन भ्रंशों को स्थानीय रूप में वैकिता, मुंसियारी, क्रोल व उत्तर तथा दक्षिण अलमोड़ा भ्रंशों के नामों से जाना जाता है। इन भ्रंशों ने इस क्षेत्र में जटिल भूविवर्तनिकी को जन्म दिया है। कुमायूँ और गढ़वाल क्षेत्र में मुख्य केन्द्रीय प्रणोद के उत्तरांचल में उत्तरकाशी भूकंप का उद्गम स्थान है।

कुमायूँ तथा गढ़वाल क्षेत्र में पहले से ही भूकंप आते रहे हैं। वर्ष 1816 से 1988 तक के काल में इस क्षेत्र में 4 से 7 तक परिमाण के अनेक भूकंप आये हैं। 7 परिमाण का एक भूकंप 28 फरवरी 1906 को आया (अक्षांश 32° उत्तर 77° पूर्व रेखांश) जिसने इस क्षेत्र में जानमाल की भारी हानि की। काँगड़ा में भयानक व शक्तिशाली भूकंप (परिमाण-8) वर्ष 1905 में आया जिसनें 20,000 व्यक्तियों को मौत के घाट उतार दिया। भूकंप की कुल 78 घटनाओं में से 46 परिमाण चार और पांच के बीच,25 पांच से छह तथा सात घटनाएं छह और सात के बीच की थीं। चित्र-2 में अक्षांश 29° से 32° उत्तर और रेखांश 77° से 80° पूर्व का क्षेत्र दिखाया गया है, जिसमें भूतकाल में आये भूकंप चिन्हित किये गये हैं। अधिकेन्द्रों के फैलाव से पता चलता है कि इनकी घनिष्ठता उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की तरफ झुकी है तथा यह मुख्य केंन्द्रीय प्रणोद से संलग्न है।

भूकंप के अवकेन्द्र का निर्धारण

उत्तरकाशी का भूकंप दूर-दराज में फैली राष्ट्रीय चलित और स्थिर भूकंपीय वेधशालाओं के संजाल में बहुत अच्छी तरह अभिलेखित हुआ। भूकंप की प्रावस्था के मापन 26 वेधशालाओं से प्राप्त हुए। आंकड़े संगणक द्वारा अवकेन्द्र निर्धारण के प्रयोग में लाये गये। इनमें वाडिया संस्थान, देहरादून व दिल्ली विश्वविद्यालय से प्राप्त आंकड़े भी शामिल हैं।

हिमालय क्षेत्र के लिए खासतौर पर मौसम विज्ञान द्वारा एक ''वेग प्रारूप'' को संगणक द्वारा प्रयोग में लाकर, अवकेन्द्र के विभिन्न प्राचलों को निश्चित किया गया। त्रिपटलित प्रारूप जो कि पिछले दो दशकों से मौसम विज्ञान विभाग द्वारा प्रयोग में लाया जा रहा है तथा जिसका हिमालय क्षेत्र से प्राप्त बहुसंख्यक आंकड़ों पर परीक्षण किया जा चुका है, नीचे दर्शाया है :-

वेग (कि.मी./से.)	परत की मोटाई (कि.मी.)
5.72	भूपृष्ठ से 24
6.61	24 से 45
8.22	45 से अधिक

इस ''वेग प्रारूप'' के प्रयोग द्वारा अवकेन्द्र विभिन्न प्राचलों का निर्धारण किया गया जो अधोलिखि है :

* उद्गम् समय	02 घं. 53 मि. 16.45 (भारतीय सम
* अक्षांश	30.75° उत्तर
* रेखांश	78.86° पूर्व
* परिमाण	6.6
* अवकेन्द्र गहराई	12 कि.मी.
* भूपृष्ठ त्वरण	गुरूत्व (g) का 30%
* अधिकतम तीव्रता	VIII^{+}

अवशिष्टों (पाये गये तथा गणित द्वारा निका गये संचरण काल का अन्तर) को न्यूनतम किया गय अवशिष्टों का मूल माध्य वर्ग (RMS) मान 1.1 प्रा हुआ। क्षैतिज (E.R.H.) मान में त्रुटि 5 कि.मी. व ऊर्ध्वाध (E.R.V.) मान में त्रुटि 3 कि.मी. पायी गयी। नजदीव स्थान पर अवशिष्ट का मान 0.5 से कम था।

यह सर्व विदित है कि नाभीय गहराई निकाल एक जटिल कार्य है। अधिकेन्द्र से गहराई ठीक तौर निकालने के लिए अवकेंन्द्र के विभिन्न प्राचल हाथ से (बि कम्प्यूटर के) भी निकाले गये। इस के मानों की तुलना कम्प्यूट से की गयी। हाथ द्वारा निकाली अवकेन्द्र गहराई 12. कि.मी. थी जो कम्प्यूटर से निकाली गहराई के बहुत करी थी। अमेरिकन भूसर्वेक्षण विभाग ने भी अवकेन्द्र के विभिन प्राचल निकाले जो हमारे अंतिम हल से बहुत अच्छी तर मेल खाते हैं।

कम्प्यूटर हल की परिशुद्धता आंकने के लि भूकंप प्रभावित क्षेत्र में किये गये सर्वेक्षण द्वारा प्राप्त आंकड़ को जाँचा गया। निजी जानकारी पर आधारित कुछ संवाददात व अन्य विभागों ने अधिकेन्द्र को भिन्न भिन्न स्थानों प बताया। इनमें से कुछ बहुचर्चित स्थान हैं, अगोड़ा तथ जामक गाँव, मनेरी बांध, भटवाडी शहर इत्यादि। यह विदि हैं कि वृहत् स्तर (MACRO LEVEL) के आंकड़े

ांकि बहुत उपयोगी हैं, फिर भी ये अधिकेन्द्र के करीबी
को ही दर्शाते हैं। इन आंकड़ों की सहायता से यही
कर्ष निकाला जा सकता है कि अधिकेन्द्र वहीं पाया
ता है, जहाँ अधिकतम क्षति हुई हो। यहाँ यह बात ध्यान
योग्य है कि इमारतों की क्षति के कारण कुछ और
हो सकते हैं, जैसे कि इमारत की बनावट, उस मिट्टी
प्रकार जिस पर नींव रखी गयी हो, भूकंप की तीव्रता
ा भूखण्ड की गति इत्यादि। पहाड़ियों में जैसे-जैसे
धकेन्द्र से दूरी बढ़ती है, भूकंप की तीव्रता तेजी से कम
ा लगती है। इन सभी तथ्यों को ध्यान में रखते हुये,
त् स्तर के आंकडों का विश्लेषण किया गया ताकि
धकेन्द्र का सही अंदाजा किया जा सके। विश्लेषण द्वारा
ा हुआ कि अधिकेन्द्र अधिकतम क्षतिग्रस्त क्षेत्र के पूर्व
स्थित है (चित्र-1), तथा वृहत् स्तर के आंकड़ों द्वारा
या गया हल कम्प्यूटर हल से मिलता है।

ाघात (FORE SHOCKS) और उत्तराघात .FTER SHOCKS)

उत्तरकाशी भूकंप के आने से पहले दो हल्के
के 16 अक्टूबर 1991 (00 घं. 41 मि.) तथा 17
क्टूबर, 1991 (13 घं. 31 मि.) को आये थे जिनको
त्ली स्थित वेधशाला में अभिलेखित किया गया था। मुख्य
प के बाद दो मास की लघु अवधि में एक हजार
अधिक उत्तराघात आये। इन हल्के झटकों को अभिलेखित
ने के लिए विभिन्न संस्थाओं ने उत्तरकाशी क्षेत्र में
शालाओं का अस्थाई तंत्र लगाया था। इन सब आंकड़ों
हाइपो-71 नामक कम्प्यूटर प्रोग्राम द्वारा विश्लेषण कर
विभिन्न प्राचलों को निश्चित किया गया।

व्रता व त्वरण

हालांकि उत्तरकाशी भूकंप मध्यम दर्जे में आता
अधिकेन्द्री क्षेत्र में संशोधित मरकेली पैमाने पर तीव्रता
III+ मापी गयी। उत्तरकाशी में रूड़की विश्वविद्यालय के
णलेखी ने गुरूत्व का 30% त्वरण अभिलेखित किया।
ष्ठ पर जहाँ मिट्टी तथा छोटे पत्थरों का समावेश है,
व्रता तथा त्वरण अधिक मात्रा में पाया गया।

2. भौमिकी

सुरेन्द्र कुमार, अनिल कुमार मुण्डेपी, अमरीश कुमार महाजन, हरीश चन्द्र पाण्डेय एवं लोकेश्वर वशिष्ठ
भूकंप विवर्तनिक वर्ग
वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून - 248001

उत्तरकाशी में आये भूकंप से प्रभावित क्षेत्र के शैलों को सामान्यतः चार प्रमुख विवर्तनिक इकाइयों में विभाजित किया जाता है। दक्षिण से उत्तर की ओर ये इकाइयाँ हैं - गढ़वाल संघ, निम्न क्रिस्टलीय शैल (चैल संघ), मध्य किस्टलीय शैल (जुतोद्य संघ) तथा उपरि क्रिस्टलीय शैल (वैकृता संघ)। चैल क्षेप (एम.सी.टी.-I) गढ़वाल संघ के शैलों को निम्न क्रिस्टलीय शैलों से पृथक करता है, जब कि जुवोद्य क्षेप (एम.सी.टी.-II) मध्य क्रिस्टलीय शैल को निम्न क्रिस्टलीय शैलों से पृथक करता है। वैकृता संघ के शैलों को मध्य क्रिस्टलीय शैलों से पृथक करने के लिए वैकृता क्षेप (एम.सी.टी.-III) उत्तरदायी है। गढ़वाल संघ के शैल निम्न हिमालय पट्टी से सम्बन्धित हैं, जबकि मध्य तथा ऊपरी क्रिस्टलीय शैल उच्च हिमालय के क्रिस्टलीय क्षेत्र के अन्तर्गत आते हैं।

विवर्तनिक रूप से गढ़वाल हिमालय उत्तर-पश्चिम दक्षिण-पूरब दिशाभिमुख संरचनात्मक पट्टियों द्वारा विभाजित होता है। इनमें से प्रत्येक सरंचनात्मक पट्टी किसी प्रमुख क्षेप या भ्रंश द्वारा रेखांकित की जा सकती है। इन पट्टियों की पृथक प्रवृत्तियां हैं। मुख्य केन्द्रीय क्षेप निम्न हिमालय को उच्च हिमालय से अलग करता है तथा इसकी दक्षिण सीमा का निर्धारण श्रीनगर क्षेप द्वारा होता है। उच्च हिमालय तथा श्रीनगर क्षेप के मध्य का अंचल मुख्य केन्द्रीय क्षेप के विभिन्न अंतर्ग्रथनों द्वारा विच्छेदित है जिसे विभिन्न लेखकों ने एम.सी.टी.-I, एम.सी.टी.-II तथा एम.सी.टी.-III का नाम दिया है। सामूहिक रूप से ये सब क्रिस्टलीय शैलों के बीच स्तरखंडी क्षेत्र का निर्माण करते हैं।

सिद्धान्त के अनुसार हिमालय पर्वतमाला का जन्म भारतीय प्लेट के यूरेशियन प्लेट से टकराने के कारण हुआ है। टकराव की यह प्रक्रिया क्रिटैशियस काल से निरन्तर चली आ रही है। वर्तमान हिमालय की भौमिकीय संरचना तथा विवर्तनिकी इन्हीं दोनों प्लेटों के संघटन के कारण पायी जाती है। मुख्य सीमा क्षेप तथा मुख्य केन्द्रीय क्षेप हिमालय

की अनुदैर्घ्य लम्बाई के समानान्तर चलने वाले दो प्रमुख विवर्तनिक अभिलक्षण हैं। इन विवर्तनिक अभिलक्षणों के अतिरिक्त, कई एक भ्रंश स्थलानुरेख हिमालय के अनुप्रस्थ दिशा में पाये जाते हैं। इन विवर्तनिक प्रक्रियाओं के धीमीगति के परिणामस्वरूप, प्रत्यास्थ विकृतियाँ या तनाव उपजते रहते हैं। इनसे जब कभी अचानक तनाव-ऊर्जा बाहर निकलती है, तब भूकंप आते हैं।

जब इस तरह के भूकंप किसी क्षेत्र में आते हैं, तो चेतावनी सूचक झटके पहले आते हैं जिन्हें अग्रिम झटकों के नाम से जाना जाता है। इनके पश्चात, मुख्य भूकंप आता है। यही उत्तरकाशी क्षेत्र में भी हुआ, परन्तु इस तरह के भूकंपों का कोई पुराना रिकार्ड उपलब्ध नहीं है। जबकि 15.10.91 को आया अग्रिम भूकंप, मुख्य भूकंप के अग्रिम संकेत के रूप में समझा नहीं जा सका, चार दिन शान्त रहने के उपरान्त मुख्य भूकंप आया। विभिन्न भूकंप वेधशालाओं द्वारा उत्तराघाती भूकंपों के अभिलेखित अधिकेन्द्रों का रेखांकन 30X40 वर्ग कि.मी. का क्षेत्र प्रदर्शित करता है, जोकि उत्तर - पश्चिम दक्षिण - पूरब की दिशा में मुख्य केन्द्रीय क्षेप के साथ-साथ बन्द होता है। भूकंप के पश्चात, क्षेत्र की ग्रंथियों और दरारों का विस्तृत अध्ययन करने के उपरान्त, यह पाया गया कि भूकंपीय ऊर्जा का निस्तारण ग्रन्थियों, दरारों और भ्रंशों की तहों से उत्तराघात भूकंपों के रूप में हुआ (विस्तृत अध्ययन अभी भी जारी हैं)। उत्तरकाशी क्षेत्र की सूक्ष्म भूकंपीय सक्रियता केवल मुख्य केन्द्रीय क्षेप क्षेत्र में ही सीमित है, जो कि यह संकेत करता है कि भूमिग्रह में विभंग, फोल्ड की गतिशीलता का प्रतिबिम्ब है। क्षेत्रीय भौगोलिक विवरण में ग्रन्थियों और दरारों के खुलने से यह संकेत मिलता है कि भूमिग्रहों के ऊपर पतला आवरण है। भ्रंश रूपरेखा एवं भिन्न लक्षित रूपरेखाओं का अध्ययन यह प्रदर्शित करता है कि दरारों के समूह पर उनका नियंत्रण है।

जिस तरह से प्राचीन नदी वेदिकाओं पर तलस्थ विदर पाये गये हैं, उससे यह प्रदर्शित होता है कि सामान्य रूप से क्षेत्र में भूमि का उठाव हुआ है (यह भारतीय सर्वेक्षण विभाग द्वारा की गयी उच्च स्तरीय ऊंचाई मूल्यांकन से प्रमाणित है)। रूपरेखा अध्ययन से यह पाया गया कि दो तरह की गतिशीलता होती है जोकि पृथ्वी के ऊपरी सतह के अवसादों तथा गहराई में स्थित भूमिग्रहों के अवसादों में पायी जाती है।

20 अक्टूबर 1991 को आये भूकंप का अधिके उत्तरकाशी क्षेत्र के मनेरी तथा पाला ग्राम के मध्य स्थि था। इस भूकंप का रिक्टर पैमाने पर परिमाण 6.6 रिक किया गया था। एम.एम. तीव्रता VIII के कारण जन-ध का अत्यधिक नुकसान हुआ। इस भूकंप का पहला प्रब प्रभाव टुण्डा ग्राम से उत्तरकाशी की ओर देखने को मिल है। इस क्षेत्र के पुराने मकान बिल्कुल ढह गये तथा अन ढंग से बने नये मकानों को भी क्षति पहुँची है। भागीर घाटी में भटवारी, पाला तथा रामथल क्षेत्रों में भी मका को भारी क्षति पहुँची है। इस क्षेत्र में लगभग 28 ग्राम एम.ए पैमाने वाले समभूकंपी क्षेत्र VIII में पड़ते हैं, तथा य पर जानमाल का सबसे अधिक नुकसान हुआ है। भिलंगन मंदाकिनी तथा सांगला (हि.प्र.) घाटी में भी इसी प्रक जानमाल की क्षति देखी जा सकती है।

इस भूकंप के कारण अधिकेन्द्र क्षेत्र में तीन विभि प्रकार के तलस्थ विदर जन्मे हैं। मुख्य भ्रंश, जो कि ए प्राचीन स्थलानुरेख के पुनर्भुवन के कारण सामने आया ह गंगोत्री से भटवारी ग्राम तक 30-35 कि.मी. तक देर जा सकता है। इस भ्रंश के समीप भूस्खलन तेज हुअ है। इसके परिणाम स्वरूप मनेरी के पास सड़क पर बड़े बड़े पत्थर आकर गिरे और रास्ता अवरुद्ध हो गया। बहु से तलस्थ विदर सड़कों पर विकसित होने के कारण सड़क को अत्यधिक नुकसान पहुँचा। कृषि योग्य भूमि में भी ज कि प्राचीन वेदिकाओं पर स्थित है, विदर देखे गये। इ प्रकार के तलस्थ विदर गवाना, नटेला, सिराउर, सेंज तथ उत्तर - पश्चिम की ओर पाला गांव में देखे गये। अगोड नाल्ट, हिना तथा भटवारी के उत्तर के कुछ गांवों के समी की पहाड़ियों पर उत्तर-पूरब तथा पूरब-पश्चिम दिशानुमु तलस्थ विदर विकसित हुए है। इन विदरों की चौड़ाई 1 सें.मी. से 40 सें.मी. तक पायी गयी है। इन के कार इस क्षेत्र की भूमि के स्थाईकरण के प्रति अनिश्चय व वातावरण बन गया है।

आवास-गृह

डा. आनन्द स्वरूप आर्य
प्रोफेसर एमरीटस, रूड़की विश्वविद्यालय एवं
एमरीटस वैज्ञानिक,
भारतीय वैज्ञानिक एवं प्रौद्योगिक परिषद

उत्तरकाशी के 20 अक्तूबर 1991 के भूकंप जिसका रिक्टर मापांक 6.8 था, लगभग 15000 आवास ' रूप से नष्ट हो गये, अन्य हजारों में दरारें पड़ गयीं। ने औसत परिमाण के भूकंप में इतनी अधिक हानि का ्य कारण है, अनगढ़े पत्थर से निर्मित भवनों का ध्वस्त ा। पत्थर के भवनों में भूकंप से उत्पन्न होने वाली हानि निम्नलिखित मुख्यकारण सामने आते हैं:

निर्बल भवन सामग्री : हानि का सबसे बड़ा और ला कारण यह है कि गारे में पत्थर की चिनाई उन बलों को सहने में असमर्थ है, जो भूकंप की स्थिति दीवारों में उत्पन्न होते हैं। इस कारण, दीवारों में क्षैतिज, र्ध्वाधर अथवा तिरछी दिशाओं में दरारें पड़ती हैं। इस उपाय केवल यही है कि गारे के स्थान पर अच्छा ाला प्रयोग किया जाए।

) **दो मंजिला निर्माण** : पिछले भूकंपों के अनुभव यह साफ जान लिया गया है कि एक से अधिक मंजिल गढ़े पत्थर के मकानों की पूरी तरह ध्वस्त होने की म्भावना एक मंजिल के मकानों से कहीं अधिक रहती नयी संरचना में इस बात का ध्यान रखना आवश्यक

) **कक्षों का परिबद्ध क्षेत्रफल** : यह देखने में आया कि बड़े और लम्बे कक्ष जैसे 4.5 मी. X 10 मी. कंप में सुरक्षित नहीं रहते, यदि दीवारें कच्ची ईंटों या त्थर की बनी हों इसलिए यह लाभकारी होगा कि कक्ष ोटे हों जिनकी लम्बाई एवं चौड़ाई 3.5 मी. से अधिक हो।

) दरवाजे, खिड़की या कोई और छिद्र दीवारों की सामर्थ्य ो घटाते हैं, इसलिए भूकंप में सुरक्षा के विचार से इनकी म्बाई चौड़ाई कम से कम होनी चाहिए और उनको दीवार लगभग मध्य में लगाना लाभकारी रहता है।

) **पश्चभित्ति** : जिन भवनों में तिकोनी छतें प्रयोग में ाती हैं, उनमें दीवारों का ऊपरी भाग त्रिकोणात्मक बन ाता है जो दीवारों का सबसे अस्थिर भाग होता है। यह भूकंप में छोटे ही झटके से उलट जाता है, इसलिए भूकंपीय क्षेत्रों में तिकोनी छतों के स्थान पर पुट्ठेदार छत (चार ढलान वाली) बनाना उत्तम है, अन्यथा यह आवश्यक है कि पश्चभित्ती को विशेष प्रबलित पट्टियों द्वारा अथवा काष्ठ पट्टियों द्वारा परिबद्ध कर दिया जाये।

(6) **छतें** - छतों के ढांचों में दीवारों के ऊपर ढलवां रैफ्टर रखना और उनको कैंची रूप न बनाना भी भूकंपों में क्षति को निमन्त्रण देता है, क्योंकि ढलवां रेफ्टरों से दीवारों पर बाहर की ओर अतिरिक्त दबाव पड़ता है जिससे उनके उलटने की क्रिया तीव्रतर हो जाती है।

(7) **बहुत मोटी पत्थर की दीवारें** : यह बहुधा देखने में आया है कि यदि पत्थर की दीवारें 45 सें.मी. से अधिक मोटी होती हैं, तो उनकी चिनाई अन्दर और बाहर अलग-अलग पत्थरों से करके बीच में पत्थरों का चूरा अथवा गारा भर दिया जाता है जिससे दीवार की यह दो परतें आपस में ठीक से जुड़ नहीं पातीं और भूकंप के झटकों में यह अन्दर बाहर, दोनों ओर फैल कर अलग हो जाती हैं। फिर, दीवार के साथ-साथ छत भी नीचे गिर पड़ती है, इसलिए पत्थर की दीवारों की मोटाई 40 अथवा 45 सें.मी. से अधिक नहीं रखनी चाहिए।

कच्ची ईंट और पत्थर की गारे की चिनाई वाले भवनों में उपरोक्त विशेष कमियां बहुधा सब ग्रामीण क्षेत्रों में देखने को मिलती हैं। यदि नये भवन निर्माण में इन कमियों को दूर किया जाये, तो बिना किसी अतिरिक्त व्यय के भी उनमें भूकंप की हानि को घटाया जा सकता है। फिर भी, उत्तरांचल प्रदेश जैसे भारी भूकंपीय क्षेत्र में इतना ही करना पर्याप्त नहीं होगा, बल्कि समूचे उत्तराखंड में जो भारतीय भूकंप मानचित्र में मर्केली की नवीं और आठवीं तीव्रता में पड़ता है, नये बनने वाले समस्त भवनों में भूकंप-प्रतिरोधक विधि को शामिल करना तथा जो भवन मौजूद हैं, उन का भूकंप-सह बनाने की दिशा में दृढीकरण करना आवश्यक होगा।

भूकंप-सुरक्षित अस्थाई निवास

इन का निर्माण एक अथवा अनेक प्रारूप डिजाइन बनाकर करना सुगम तथा शीघ्र सम्भव होगा। इन में जो सामग्री उत्तरकाशी क्षेत्र में उपलब्ध हो अथवा शीघ्रता से लायी जा सके, उसी का प्रयोग प्रभावी होगा। निवास का ढांचा बनाने के लिए काष्ठ अथवा लोहे की नलियों और

छत के लिए टीन अथवा एस्बेस्टोस की चादरें, भवन को चारों ओर से घेरने के लिए ऐसी ही चादरों, चटाइयों, बोरियों आदि का प्रयोग किया जा सकता है। ऐसे निवासों को स्थायी आवास बनाने के पश्चात उठाकर लाया जा सकता है और जिसे मुख्यालय में भविष्य के लिए इकट्ठा रखा जा सकता है। ऐसे डिजाईन कम से कम लागत में बन सकते हैं।

कुछ ऐसे नमूने भी विचारणीय हैं जिनके ढांचे तथा छत अस्थाई निवास के अनुसार बनायी जायें तथा उन्हें स्थायी रूप से उन में रहने वाले परिवार को दे दिया जाये, जिस में वे बताये हुए ढंग से दीवारें अपने व्यय तथा मेहनत से बनालें।

दरार पड़े भवनों की मरम्मत तथा दृढ़ीकरण

इस समस्या का उचित तथा बचत वाला समाधान भवन का निरीक्षण करने के पश्चात ही बताना सम्भव है क्योंकि प्रत्येक भवन का आकार तथा छत आदि का निर्माण अलग प्रकार का होता है। फिर भी कुछ सुझाव जो सामान्यतया इस कार्य में लागू होंगे, वे इस प्रकार हैं :

1.दीवारों की मरम्मत

(अ) खुली हुई दरारों में से गारा यथा सम्भव निकाल कर यदि बारीक दरार हो, तो सीमेंट के घोल से और यदि दरार चौड़ी हो, तो 1:6 सीमेंट - रेत के मसाले से पूरी तरह भर देना,

(ब) यदि दीवार का कुछ भाग झुक गया हो या कोई परत गिर गयी हो, तो झुके भाग को निकाल कर तथा गिरी हुई परत दोबारा 1:6 सीमेंट - रेत के मसाले से चिनाई कर देना,

(स) यदि दीवार 35 सें.मी. से मोटी हो और पत्थर की दो परतों में चिनी गई हो, तो प्रत्येक दीवार में प्रत्येक 2 वर्ग मी. क्षेत्रफल में आरपार एक पत्थर के बराबर छेद बनाकर, उसमें एक 10 मि.मी. व्यास का दोनों ओर हुकदार सरिया रखकर 1:2:4 की कंक्रीट से भर देना। इससे सारी दीवार एक-जान हो जाएगी।

2. भवन का भूकंप-प्रतिरोधक दृढ़ीकरण

यदि कोई कक्ष लगभग 5 मी. से अधिक लंबा है, तो यह अच्छा होगा कि उसके बीच में एक चौड़ाई वाली दीवार लंबी दीवार के ढाढों में फँसाते हुए चिन दें। इससे लंबी दीवारों का स्थायित्व बहुत बढ़ जाएगा। नयी दीवार के बीच में द्वार बना सकते हैं। यदि किस कक्ष की एक दीवार में द्वार और खिड़की, या दो खिड़कि हों, तो केवल एक द्वार या खिड़की ही रखें और दूस खिड़की को निकाल कर दीवार चिन दें। खिड़की ऐस दीवार के बीच में लगायें, जिसमें दूसरी खिड़की न हे

भूकंप-प्रतिरोधी क्षमता बढ़ाने के लिए य आवश्यक है कि भवन की प्रत्येक मंजिल में बाहरी चा ओर "दरवाजे के सरदल से ऊपर और छत के नीचे' चारों दीवारों को बांधने हेतु एक "बन्धन पट्टिका" लगाय जाये। इस की बहुत सुगम विधि निम्न प्रकार से होगी

दरवाजे की सरदल और छत के नीचे के स्था से 30 सें.मी. चौड़ाई को भवन के चारों और प्लास्त उखाड़ कर तार के ब्रुश से रगड़ कर पत्थर अथवा ईंट को साफ कर लेना चाहिए। पत्थरों-ईंटों के बीच के जोड़ को कुरेद कर कम से कम 25 मि.मी. गहराई तक मसाल निकाल देना है। अब वेल्ड-मेश तार की बनी-बनाई जाल जिसके तार कम से कम 15 मि.मी. हों और छेद इस प्रकार हों कि 30 सें.मी. चौड़ाई में कम से कम आठ तार हों, यानी लगभग 35 मि.मी. दूरी पर हों तथा दूसरे ओर तारों की एक - दूसरे से दूरी 75 मि.मी. से अधिक न हो, 30 सें.मी. चौड़ाई में लम्बी और काट कर साफ की हुई पट्टी में 75 मि.मी. कीलों द्वारा ठोक देना चाहिए, कीलें 60 मि.मी. अन्दर रहें और 15 मि.मी. बाहर रहे जिससे जाली और दीवार के बीच में कम से कम 10 मि.मी. का अन्तर यथा - सम्भव बना रहे। जाली प्रत्येक दीवार के अन्त तक जाकर कोने से आगे कम से कम 30 सें.मी. चली जानी है जिससे प्रत्येक कोने पर जाली दोनों मिलने वाली दीवारों पर 30 सें.मी. दूरी में दोहरी हो जाएगी। अब पूरी जाली को 1:3 सीमेंट - रेत के मसाले से जिसमें रेत मोटा होना चाहिए, अथवा 1:1.5:3 कंक्रीट के द्वारा जिस में पत्थरी 8 मि.मी. से अधिक मोटी न हो, प्लास्तर कर के ढक देना है। प्लास्तर की मोटाई 25 मि.मी. से कम न हो। यह प्लास्तर दो परतों में भी किया जा सकता है, पहली परत 12 मि.मी. मोटी फिर दूसरी 13 मि.मी. मोटी। एक परत और दूसरी परत के बीच में दो घंटे से अधिक का अन्तर न रखें, तो अच्छा रहेगा जिस से दोनों परतें एक - जान रहें।

छतों का दृढ़ीकरण

ढलवाँ छतें लोहे अथवा सीमेंट की चादरों की उपयुक्त काबलों अथवा कीलों द्वारा पर्लिन और रैफ्टरों जोडी जायें, ही ठीक हैं। उन पर पत्थर आदि रखना ह नहीं है। ढलवाँ रैफ्टरों के स्थान पर ''कैंची'' का ाग अधिक बचाव वाला है। कैंचियों को पत्थरों की दीवारों ऊपर, चारों दीवारों पर काष्ठ की पट्टी रख कर उन काबलों अथवा लोहे के स्ट्रैप पेचों द्वारा जोड़ना चाहिए। ट की पट्टियों को लम्बी और आपस में काष्ठ अथवा हे की पट्टी द्वारा जोड़ते रहना आवश्यक है, और दीवार कोनों पर भी सब पट्टियां आपस में जुड़नी चाहिए।

थरों के नये भूकंप-सह आवासों का निर्माण

पत्थर के भवनों को भूकंप-सह बनाने के लिए ले तो ऊपर लिखे क्षति के कारणों से बचाना होगा तथा री ओर उनमें निम्नलिखित सुझाव इस विषय में ध्यान योग्य हैं :-

) सबसे पहले स्थान का चुनाव जहाँ भू-स्खलन का भय हो तथा ढलान के ऊपर पत्थर अस्थायी प्रकार से न ; हों जो लुढ़क कर बरसात अथवा भूकंप में नीचे आ यें।

) भवन एक मंजिल ऊंचे बनाये जायें जिनमें यदि वश्यक हो, तो छत की ऊंचाई में दुछत्ती का प्रावधान या जाय।

) भवन का प्लान इस प्रकार बनायें कि वह आयताकार : और उसमें कक्ष 3.5 X 3.5 मीटर से बड़े न हों।

) कक्षों में दरवाजे और खिड़कियों की कुल लम्बाई ो दीवार की लम्बाई के एक - तिहाई से अधिक नहीं नी चाहिए, इसलिए यह अच्छा होगा कि किसी भी कक्ष ा एक दीवार में एक दरवाजा या एक खिड़की ही हो, ा लगभग मध्य में स्थित करें। आवश्यकतानुसार दो छोटी ड़की लगायी जा सकती हैं जिससे उनके बीच के पाये ा चौड़ाई 1.2 मी. से कम न हो।

) नये मकानों में छतें पुट्ठेदार (चार ढलान वाली) बनायी यें जैसा कि प्रचलन हिमाचल प्रदेश में है। इसके ढांचे कॉलर तान लगे रैफ्टरों के स्थान पर पूर्ण कैंची का योग करना चाहिए, जिनकी तानों के ऊपर लकड़ी के ट्टे रखकर सुगमता से दुछत्ती बनायी जा सकती है। छतें क्रीट के स्लैब के रूप में बनाने से स्वतः ही भवनों की भूकंप में सुरक्षा होती है, यदि दीवारों पर इन का चढ़ाव दीवार की पूरी मोटाई पर हो।

(6) पत्थर की दीवारें 45 सें.मी. से अधिक मोटी न हों और उनके बीच में प्रत्येक 0.9 X 1.00 मी. में एक लम्बा पत्थर जिसे बन्धक पत्थर कहते हैं, अवश्य लगाया जाये जो दीवार की अन्दर और बाहर की परतों को आपस में जोड़ने का काम करे। इस पत्थर के स्थान पर 45 सें.मी. लम्बा लोहे का हुकदार सरिया अथवा लकड़ी की पट्टी का प्रयोग भी किया जा सकता है।

(7) अनगढ़ पत्थरों से गढ़े (प्रसाधित) पत्थरों का प्रयोग उत्तम है अथवा यदि केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान, रुड़की द्वारा प्रस्तावित शिला पिंडक प्रयोग किये जायें, तो चिनाई में मसाले की बहुत बचत होगी, क्योंकि तब दीवारें 45 सें. मी. के स्थान पर 25 - 30 सें. मी. मोटी बनायी जा सकती हैं । पत्थरों के केवल ऊपर और नीचे के तलों पर गढना पर्याप्त होगा, चारों ओर गढना आवश्यक नहीं है।

(8) चिनाई के लिए 1:6 सिमेंट - रेत का मसाला प्रयोग करना भवन की सुरक्षा के लिए आवश्यक है । पंचायती अथवा सरकारी भवनों में मिट्टी का गारा वर्जित होना चाहिए। अन्य भवनों में यदि गारा लगाना पैसे के अभाव के कारण मजबूरी हो, तो अच्छी चिकनी मिट्टी का प्रयोग करें और भूकंपी पट्टिका प्रत्येक दशा में लगायें ।

(9) **भूकंपी पट्टिका** - भवनों को भूकंप से धराशाई होने से बचाने में सबसे महत्वपूर्ण प्रयोजन उनमें भूकंपी पट्टिका लगाना है । यह पट्टिका प्रबलित कंक्रीट या काष्ठ से बनायी जाती है । प्रबलित कंक्रीट की पट्टी पत्थर के मकानों के लिए अधिक उपयुक्त होगी । भूकंपीय पट्टिका का अर्थ है, एक ऐसी निरंतर पट्टी जो दीवारों के किसी एक तल पर उस के अन्दर चिन दी जाये, जो बाहरी और आन्तरिक, सब दीवारों में लगी हो तथा जो उन प्रतिबलों को सहने में सक्षम हो, जो भूकंप के द्वारा दीवार पर क्षैतिज दिशा में उत्पन्न होते हैं।

भूकंपी पट्टी भवन के कई तलों पर लगायी जाती है, जैसे कुर्सी के तल पर, दूसरी दरवाजे, खिड़कियों के सरदल के तल पर और तीसरी दीवार के ऊपर एवं छत के नीचे। पहाड़ी क्षेत्रों में तीनों पट्टिकाओं का महत्त्व है, फिर भी कुर्सी के तल की पट्टी को छोटे ग्रामीण मकानों

में छोड़ा जा सकता है। सरदल के तल की पट्टी सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण हैं और इसका लगाना अति आवश्यक है। तीसरी ''ब्लॉक'' तल की पट्टी सब कैंचीदार अथवा पुट्ठेदार छतों के नीचे लगानी भी आवश्यक है। पट्टिका दीवारों को जोड़ने के साथ-साथ, छत को संभालने और जोड़ने के काम में भी आयेगी, परन्तु यदि छत कंक्रीट स्लैब की हो, तो इस पट्टिका की आवश्यकता नहीं होती है।

भूकंपी पट्टिका जो उत्तरकाशी क्षेत्र के पत्थर अथवा पक्की ईंटों के भवनों में पर्याप्त होगी, इस प्रकार बनानी चाहिए कि उसकी चौड़ाई दीवार की मोटाई के बराबर रहे और ऊंचाई 75 से 100 मि.मी. हो। इस में लम्बाई की ओर 10 मि.मी. व्यास के दो 'टोर' इस्पात के सरिये तथा उनको बांधने हेतु 6 मि.मी. व्यास के हुकदार सरिये प्रति 200 मि.मी. दूरी पर लगायें। कोनों पर तथा बीच के ऊ-जोड़ों पर सरियों की निरन्तरता बनी रहनी चाहिए। कंक्रीट 1:2:4 मिश्रण की पर्याप्त होगी।

निष्कर्ष

भूकंप एक प्राकृतिक आपदा है जिसे न तो रोका जा सकता है, न ही उसके थोड़े समय में आने की भविष्यवाणी अभी तक सम्भव हो पायी है। अपवाद स्वरूप एकाध स्थानों पर ही सफल भविष्यवाणी की जा सकी है, जब कि असफलताएं अनेकों हैं। भविष्यवाणी होने पर भी थोड़े समय में भवनों का दृढ़ीकरण असम्भव ही रहेगा। दूसरे, जाने - माने भूकंपी क्षेत्रों में, जैसे हिमाचल प्रदेश, उत्तरांचल, उत्तर बिहार तथा उत्तर-पूर्वी क्षेत्रों में कुछ न कुछ समय पश्चात भूकंप अवश्य ही आते रहेंगे, इसलिए आवश्यकता इस बात की है कि निम्न मुद्दों पर तुरन्त कार्यवाही की जाये :

(1) भारतीय मानक संस्था के मानक 1893 में भूकंपी क्षेत्र पांच में भवन को भूकंप - सह न बनाना दंडनीय माना जाये और केन्द्र तथा प्रादेशिक सरकारें भूकंपी अवयव लगाने का व्यय कुछ काल तक वहन करें, जब तक इस विधि का प्रचलन न हो जाये।

(2) फिर यही विधि लगभग 10 वर्ष पश्चात क्षेत्र-4 पर भी लागू करें।

(3) क्षेत्र पांच में जो भवन इस समय हैं, उन के दृढ़ीकरण की ओर ध्यान देना आवश्यक है जिन में विद्यालय, चिकित्सालय, दूरभाष केन्द्र, जिला तथा पुलिस मुख्यालय और उन उच्च अधिकारी वर्ग के आवास जो भूकंप के पश्चात राहत कार्यों को सम्भालते हैं, आदि पर तुरन्त ही कार्यवाही करना आवश्यक है।

भूकंप को नहीं रोका जा सकता, परन्तु उस से होने वाले विनाश को बहुत अंशों में उपरोक्त कार्यवाहियों द्वारा अवश्य ही कम किया जा सकता है। अब यह देश के योजना तथा प्रशासनिक अधिकारियों तथा नेतागण पर निर्भर है कि वे जनता को इस आपदा के बारे में भाग्य के सहारे छोड़ें अथवा समय रहते ही बचाव कार्यवाही करें और करावें।

हिन्दी की सर्वप्रथम विज्ञान - पत्रिका

विज्ञान (मासिक)

75 से भी अधिक वर्षों से निरंतर प्रकाशित

: संपर्क सूत्र :

विज्ञान परिषद, महर्षि दयानन्द मार्ग,
इलाहाबाद - 211 002

''वैज्ञानिक'' के एजेन्टों से निवेदन

''वैज्ञानिक'' अध्ययन हेतु पत्रिका है; इसमें केवल पढ़ने के लिए सामग्री नहीं के बराबर होती हैं । अत:, एजेन्टों से निवेदन है कि अपनी आवश्यकतानुसार ही इसकी प्रतियां मंगाएं । ''वैज्ञानिक'' की सामग्री कभी पुरानी नहीं होती है । अत:, बिकी हुई प्रतियों को वापस लेने की कोई व्यवस्था नहीं है।

- संपादक

परिचर्चा

प्रमोद नारायण अग्रवाल
प्रोफेसर एवं अध्यक्ष, भूकंप अभियांत्रिकी विभाग,
रूड़की विश्वविद्यालय, रूड़की तथा
यक्ष, इन्डियन सोसाईटी ऑफ अर्थक्वेक टैक्नोलाजी,
रूड़की

अक्टूबर 20, 1991 को उत्तर-पश्चिमी, उत्तर
ा तथा उसके आसपास स्थित अनेक नगरों में भूकंप
तेज एवं भयभीत कर देने वाले झटके अनुभव किये
। पृथ्वी की ऊपरी सतह जो कई खंडों में बँटी हुई
उनके आपसी टकराव के फलस्वरूप भूकंप आते हैं।
तीय भूखंड व यूरेशियन भूखंड आपस में एक से छः
मी. प्रति वर्ष की गति से टकरा रहे हैं। इसके फलस्वरूप,
ालय पहाड़ धीरे-धीरे ऊँचा उठ रहा है तथा उत्तरकाशी
तो भूकंपनीयता का जाना माना क्षेत्र है। हमें तो अपने
भाग्यशाली मानना चाहिए, क्योंकि वर्तमान भूकंप हमारी
ानिक सम्भावनाओं के हिसाब से छोटा था।

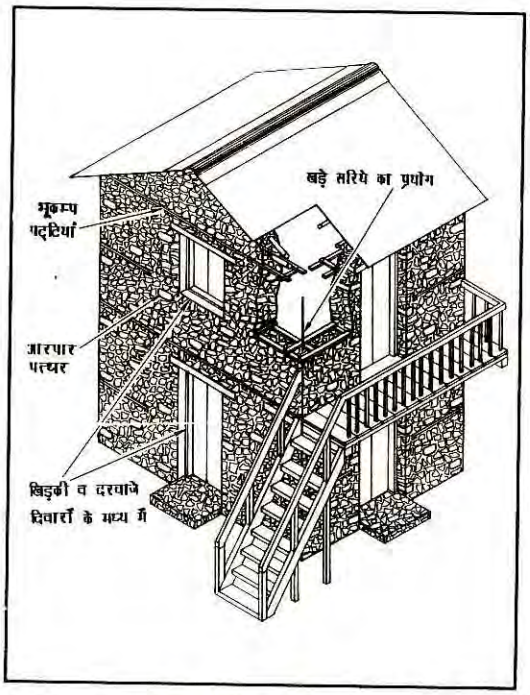
साधारणतया बड़े भूकंपों के पूर्व तथा उपरान्त
ट भूकंप भी आते हैं। उत्तरकाशी में भी छोटे झटके आते
हैं। मेरे विचार से यह अनुमान ठीक नहीं है कि यह
प एक भूकंपीय अंतराल के क्षेत्र में आया है। भूकंपीय
राल जाने माने भूकंपनीयता के उस भूखंड सीमा का
क्षेत्र कहलाता है, जहाँ 30 से 50 वर्ष की अवधि
बड़े भूकंप न आये हों। ऐसे क्षेत्र में निकट भविष्य में
भूकंप आ सकने का अनुमान किया जा सकता है।
के अतिरिक्त, उत्तरकाशी भूकंप इतना बड़ा नहीं था कि
एक भूकंपीय अंतराल को भरने के लिए सक्षम माना
सके।

यद्यपि भूकंप का तीव्र भूमि कंपन तो लगभग
50 कि.मी. दूर तक अनुभव किया गया था, किन्तु जान
माल की अधिकतर क्षति लगभग 30 कि.मी. दूरी तक
सीमित थी। अधिक क्षति भटवारी, उत्तरकाशी तथा टेहरी-
ढ़वाल क्षेत्र में हुई। इस भूकंप की गणना केवल मध्यम
प के भूकंपों में ही हो सकती है, तब भी इतने अधिक
न व सम्पत्ति के विनाश का कारण उस क्षेत्र में बने
तों की कमजोरियां था। इन बिना गढ़े पत्थरों की पुरानी
ारतों के टूटने के कारण हैं; बिना किसी मसाले की चिनाई
के लम्बी-ऊँची व दो अलग परतों की मोटी दिवारों का प्रयोग, दिवारों में अधिक दरवाजों व खिड़कियों का होना, भारी या कमजोर ढाँचे पर बनी छतों का भार दिवारों पर बराबर न टिकाया जाना, भरवां भूमि पर नींव का असमान बैठ जाना, आदि । आवासों के टूट जाने के कारण जन-साधारण के बचाव के लिए तुरन्त प्रबन्ध कराना आवश्यक हो गया था। हम लोगों ने तकनीकी आधार पर इस समस्या का समाधान तीन भागों में दिया है;

(1) तात्कालिक आश्रय निर्माण,
(2) आंशिक क्षतिग्रस्त आवासों की मरम्मत के उपाय,
(3) आवासीय पुनर्निमाण।

तात्कालिक आश्रय के लिए लोहे के पाईप के ढांचे पर आधारित निर्माण के कई प्रारूप उत्तर प्रदेश लोक निर्माण विभाग तथा अन्य स्वयं-सेवी संस्थाओं को दिये गये (चित्र-1)। इस प्रकार के एक आश्रय का प्रारूप इन्डियन सोसाइटी ऑफ अर्थक्वेक टैक्नोलोजी द्वारा बनाया गया तथा उत्तर प्रदेश सिंचाई विभाग द्वारा उसे मनेरी बाँध क्षेत्र में लगाया गया है। रूड़की विश्वविद्यालय के पर्वतारोहण क्लब के सदस्य छात्रों ने कई दुर्गम गाँवों में जल्दी पहुँचकर ऐसे अस्थाई निवासों का तुरन्त निर्माण कार्य भी स्वयं किया। उत्तर प्रदेश लोक निर्माण विभाग व अन्य कई स्वयं-सेवी संस्थाओं ने भी इस कार्य में बहुत सराहनीय भूमिका निभायी है। सुरक्षित मरम्मत कर जिन आवासों को उपयोगी बनाया जा सकता था, उनके बारे में विशेष जाँच कर उपयुक्त सलाह लोक निर्माण विभाग को दी गयी है। साथ ही साथ, इस प्रकार की संरचना जानकारी जो पुनर्निर्माण को भूकंप-सह बनाने में अति आवश्यक है, लोगों तक विभिन्न प्रचार साधनों से पहुँचायी जा रही है। लोक निर्माण विभाग के अधिकारियों व कर्मचारियों को इस विषय पर तकनीकी प्रशिक्षण भी दिया जाना है।

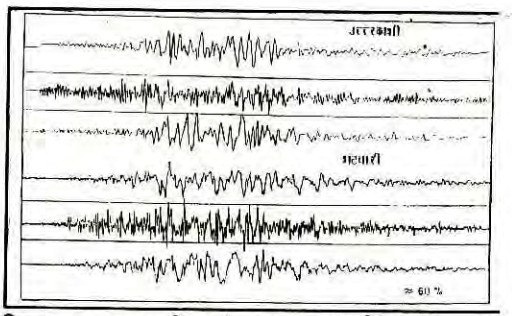
उत्तरकाशी भूकंप का एक अन्य बहुमूल्य वैज्ञानिक पक्ष विनाशकारी भूमि कंपन के यंत्रों द्वारा अंकित आंकड़ों का उपलब्ध हो जाना है। लगभग एक दर्जन से भी अधिक स्थानों से स्ट्रांग ग्राउंड मोशन रिकार्डिंग एक्सेलेरोग्राफ द्वारा अत्यन्त महत्वपूर्ण अभिलेख प्राप्त हुए हैं (चित्र-2)। भूकंप के अधिकेन्द्र के 10 कि.मी. से कम दूरी पर 30% गुरूत्वाकर्षण के बराबर त्वरण के अभिलेख भारत में सर्वप्रथम इसी क्षेत्र में उपलब्ध हुए हैं। इनके द्वारा अधिकेन्द्र से बढ़ती



चित्र - 1. ढलवां लोहे की चादरों की छत वाले गढ़वाल क्षेत्र के आवास में भूकंपसह प्रावधान

दूरी के साथ भूमि कंपन में होने वाले घटाव का अत्यन्त उपयोगी ज्ञान प्राप्त हुआ है। भविष्य में बनाये जाने वाली इस क्षेत्र की परियोजनाओं में अब इन सभी आकड़ों का तकनीकी उपयोग किया जा सकेगा। इन सब अनुसंधानों के लिए डिपार्टमेन्ट ऑफ साइंस एंड टैक्नालॉजी का अनुदान प्राप्त होने से ही यह सब सम्भव हो सका है।

उत्तरकाशी में भूकंप आने के उपरान्त टेहरी बाँध परियोजना से सम्बंधित कई प्रश्न फिर से उठ खड़े हुए हैं। क्या टेहरी बाँध को इस भूकंप से क्षति पहुँची? मनेरी बाँध का डिजाईन व निर्माण कार्य 15 वर्ष से भी अधिक पहले किया गया था, तथा उसे कोई भी क्षति नहीं हुई है। क्या भूकंप के अधिकेन्द्र के इतने समीप स्थित बाँध के सुरक्षित होने से हमारा टेहरी बाँध का निर्माण कर सकने का साहस बढ़ा है? क्या टेहरी बाँध की संरचना का पूर्वावलोकन करना आवश्यक होगा? क्या इस क्षेत्र की व भाखड़ा बाँध के क्षेत्र की भूकंपनीयता में समता है, आदि। टेहरी बाँध जो अभी तक नदी तल के ऊपर बना ही नहीं, उसको क्षति हो सकने का प्रश्न ही नहीं उठता तकनीकी



चित्र - 2. भटवारी एवं उत्तरकाशी के स्ट्रांग ग्राउंड मोशन अभिलेख

प्रगति के आधार पर टेहरी बाँध की कुशल व सुरक्षित संरचना व निर्माण कर सकना हमारी सामर्थ्य में है।

20 अक्टूबर के भूकंप से लगभग एक हजार गुने बड़े भूकंप का प्रावधान रखकर रूड़की विश्वविद्यालय व रूस में व्यापक भूकंप-सह संरचना के अध्ययन किये गये हैं। बाँध संरचना के लिए दिया गया परामर्श भी इन्हीं पर आधारित है। एक सम्भावित विनाशकारी भूकंप से बहुत छोटे भूकंप के होने के कारण बाँध की संरचना का पूर्वावलोकन किये जाने की न तो कोई सार्थकता है, और न ही उससे कोई लाभ होगा। भाखड़ा बाँध भी हिमालय पर्वत श्रंखला के लगभग समान भूकंपनीयता के क्षेत्र में स्थित है तथा पंजाब के आर्थिक विकास में उसकी निःसंदेह महत्वपूर्ण भूमिका है। टेहरी बाँध को मिट्टी व पत्थर का बनाने का निर्णय इस बात से भी सम्बधित है कि उसे और अधिक भूकंप-सह बनाया जा सके। इस प्रकार, यह कहना उचित होगा कि टेहरी बाँध के बारे में उपरोक्त समस्त शंकाएं निराधार हैं। एक ढंग से तो यह अच्छा हुआ कि टेहरी बाँध के निर्माण में देर हुई तथा उत्तरकाशी भूकंप टेहरी बाँध बनने से पहले आया, अन्यथा ऐसा सन्देह सम्भव था कि बाँध बनने से ही भूकंप आया है।

भूकंप-सह भवन, बाँध व अन्य निर्माण कार्य की संरचना के पक्ष पर विचार करने के साथ-साथ, यह भी आवश्यक होगा कि इस प्रकार के निर्माण कार्य में विशेष सावधानी बरती जाये तथा विभिन्न निर्माण स्तर पर निर्दिष्ट गुणवत्ता का उचित ध्यान रखा जाये। कंपन के दौरान निर्माण सामग्री के स्वभाव व लक्षण के बारे में हमारी वर्तमान तकनीकी जानकारी सीमित है तथा भविष्य में इस ओर हमें अधिक ध्यान देना है। □

कंप पूर्वकथन

अरुण बापट
केन्द्रीय जल एवं विद्युत अनुसंधान शाला
पुणे - 411 024

विविध प्राकृतिक संकटों में भूकंपीय संकट से व बहुत भयभीत होता है। इसका कारण यह है कि प्राकृतिक संकट, प्रायः बिना सूचना के आता है तथा की अवधि अति अल्पकाल, 10 से 30 सेकंड तक मित रहती है, और इसी काल में भयंकर नुकसान होता

पिछले कुछ सालों में विविध देशों में अनेक नाशकारी भूकंप आये। संयुक्त राष्ट्र संघ के आंकड़ों के नुसार, 1980-89 के दस वर्षों में कुल 47,000 लोगों भूकंप से मृत्यु हुई। गत कुछ सालों में मेक्सिको, र्मेनिया, ईरान, नेपाल, ग्वातेमाला, केलिफोर्निया, चीन दि देशों में विनाशी भूकंप आये हैं। भारत में बिहार, सम, हिमाचल प्रदेश और उत्तर प्रदेश में पिछले कुछ ों में मध्यम शक्ति के भूकंप आये हैं जिनसे काफी नुकसान ा है।

क्या भूकंप का पूर्वकथन किया जा सकता है? का उत्तर कठिन है। बाढ़ और तूफान जैसी प्राकृतिक पदाओं की घटनाएं जमीन या आसमान में होती हैं और के विविध पहलुओं का वैज्ञानिक दृष्टि से अभ्यास किया ा सकता है, किंतु भूकंप का केन्द्र जमीन के नीचे 10 50 कि.मी. या अधिक नीचे होने की वजह से वहाँ नेवाली घटनाएं देखना असंभव है। विविध अप्रत्यक्ष टनाओं से भूकंप की संभावनाओं के बारे में कुछ अनुमान निकाले जा सकते हैं। भूकंपशास्त्र में जैसे-जैसे प्रगति रही है, उसी से इन अनुमानों की विश्वसनीयता भी ढ़ रही है।

भूकंप पूर्वकथन का तीन प्रकार से वर्गीकरण किया ा सकता है : 1) दीर्घकालीन (10-20 वर्ष पहले),) मध्य कालीन (2-3 वर्ष पहले), तथा 3) लघु कालीन कुछ दिन या सप्ताह पहले)।

दीर्घ कालीन भूकंप पूर्वकथन सांख्यिकीय भावनाओं से किया जाता है। इसके अध्ययन के लिए तिहासिक काल में हुए भूकंपों की सूची आवश्यक है। स सूची में विविध प्रकार के भूकंपों की प्रविष्टियों के अनुसार विविध सांख्यिकीय सूत्रों से भूकंप की संभावनाओं का पूर्वकथन किया जा सकता है। इस विषय में पर्याप्त प्रगति हुई है।

मध्य कालीन भूकंप पूर्वकथन प्रायः विविध भूभौतिकीय, भूगर्भीय तथा भूकंपीय घटनाओं के मापन से किया जाता है जो जापानी वैज्ञानिक, रिकिटाके के अनुसार निम्नलिखित हैं :

1) भूस्तर में परिवर्तन, 2) भूकंपीय लहरों की गति तथा उनका परिवर्तन, 3) भूचुंबकीय क्षेत्र में परिवर्तन, 4) भूविद्युत क्षेत्र में परिवर्तन, 5) भू-किरणोत्सर्ग में विपरीत परिणाम, 6) भूजल स्तर में परिवर्तन, 7) नदी की गति और पानी में परिवर्तन, तथा 8) भूकंपों की संख्या में परिवर्तन।

इन घटनाओं के अलावा, अन्य भी संबंधित विविध मापनों पर अध्ययन किये गये हैं, और अब यह प्रमाणित हो चुका है कि इन मापनों द्वारा भूकंप पूर्वकथन के सुराग मिल सकते हैं, किन्तु ये सब बातें भूकंपशास्त्रियों को ही विदित हो सकती हैं। यदि इस तरह का कोई परिणाम भूकंपीय प्रयोगशाला में नापा भी गया, तो इसकी सूचना जनसामान्य को दी जाए या नहीं, यह एक विचारणीय प्रश्न है। इसमें समस्या यह है कि यदि लोगों को सतर्क करने के बाद भूकंप नहीं होता है, तो लोगों में व्यर्थ घबराहट होती है। इससे भी अधिक महत्त्वपूर्ण बात यह है कि भूकंप वैज्ञानिकों पर जनता का विश्वास उठ जाता है। वास्तव में, हमें ऐसे भूकंपीय मापनों की जरूरत है जिनसे जनसामान्य को बिना किसी उपकरण के भूकंप पूर्वकथन के बारे में अल्पकालीन और भरोसेमंद सूचना मिल सके।

सभी प्राकृतिक संकटों का विचार करने पर यह बात स्पष्ट हो जाती है कि इन सभी संकटों में भूकंप "सबसे शरीफ संकट" है; यह कुछ सेकंड, 10 से 30 सेकंड तक सीमित होता है। भूकंप कभी किसी आदमी को मारता नहीं है। भूकंप काल में जो आदमी मारे जाते हैं, मानवनिर्मित घर, मकान, दूकान के गिरने से मरते हैं। यह महत्त्वपूर्ण मुद्दा लोग भूल जाते हैं। इसी संदर्भ को आगे बढ़ाकर यह

कहा जा सकता है कि मानव अपने मकान, कारखाने, बाँध, विद्युत केंद्र आदि का निर्माण भूकंपशास्त्र के अनुसार करे ताकि भूकंपकाल में इन्हें किसी प्रकार की हानि या क्षति न पहुँचे। अगर कोई हानि होगी भी, तो वह न्यूनतम होगी।

भूकंपीय पूर्वकथन और सूचनाएं

जहाँ तक भूकंप प्रतिबंधक संरचनाएं बनाने का प्रश्न है, इसका हल हमारे वैज्ञानिक और अभियंता कर सकते हैं। जान-माल की सुरक्षा के लिए यह आवश्यक है कि भूकंप के पूर्व होने वाली ऐसी घटनाओं या परिणामों की हम खोज करें, जो भूकंप होने की सम्भावना की सूचक हों। इसके साथ, यह भी महत्त्वपूर्ण है कि इन घटनाओं के वैज्ञानिक पहलू को जन-साधारण समझ सकें और भूकंप की चेतावनी समझ कर अपनी रक्षा कर सकें। ऐसे दो परिणामों का जिक्र यहाँ किया जा रहा है।

भूचुंबकीय क्षेत्र में परिवर्तन

भूकंप होने से पहले भूकंप केंद्र बिंदु के आसपास (जमीन के नीचे जहाँ चट्टान टूटती है) दबाव तथा घर्षण की वजह से वहाँ की चट्टानों का तापमान बढ़ जाता है जिस से चट्टानों के चुंबकीय बल में कमी आ जाती है। इस गिरावट से वातावरण में धन और ऋण विद्युत कणों के स्तर में परिवर्तन होता है। रेडियो तरंगों का प्रसारण इन कणों के माध्यम से होता है। इन कणों की सघनता, ऊंचाई तथा चौड़ाई में बदलाव के कारण रेडियो तरंगों के प्रसारण में परिवर्तन होता है। इस बात को इस प्रकार स्पष्ट किया जा सकता है; मान लें कि किसी रेडियो प्रसारण केन्द्र से 1000 किलोहट्र्स की आवृत्ति पर किसी कार्यक्रम का प्रसारण हो रहा है। यह देखा गया है कि भूकंप होने के 10 से 30 घंटे पहले, भूकंपीय क्षेत्र में इस कार्यक्रम को रेडियो पर 1100-1500 किलोहट्र्स या इससे भी अधिक आवृत्ति पर सुना जा सकता है। इसके साथ ही रेडियो पर खड़खड़ाहट की आवाज भी सुनायी देती है। इसी तरह दूरदर्शन पर आवाज और चित्र में बार-बार और लगातार खराबी आती है। अन्य इलक्ट्रॉनिक्स उपकरण, जैसे टेलीफोन, बेतार संचार आदि में भी इसी प्रकार की खराबी नजर आती है। इस विषय पर एक वैज्ञानिक पत्रिका ने विशेष अंक निकाला है (Phy- Earth and Plant SC., October 1988)। ऐसी खराबियाँ भूकंप होने से 10 से 30 घंटे पहले होती हैं। अतः इन्हें भूकंप आने की चेतावनी समझ कर सभी लोग अपने प्राणों की रक्षा कर सकते है ऐसी घटनाएं भारत में 1984 के काचार भूकंप, अगस्त 1988 के बिहार-नेपाल भूकंप तथा अक्टूबर 1991 के उत्तर प्रदेश भूकंप की पूर्व संध्या पर हुई हैं, किन्तु लोगों के उनका महत्त्व मालूम नहीं था, फलस्वरूप काफी लोगों के जानें गवाँनी पड़ीं। अगर यह बात लोगों को बतायी जाय तो काफी सहायक हो सकती है।

प्राणियों का असाधारण व्यवहार

बहुत लोगों को यह मालूम है कि भूकंप होने से पहले विविध पक्षी, प्राणी, कीड़े, जानवर आदि बेचैन हो जाते हैं। वे असाधारण रूप से चीखते हैं, चिल्लाते हैं और अपने घोंसले, बिल, या घर से भागने की कोशिश करते हैं। यह समस्त प्रक्रियाएं भूकंप होने से 10-30 घंटे पहले होती हैं। इसके बारे में विभिन्न भूकंपों से काफी मात्रा में सूचनाएं प्राप्त हुई हैं। दिसम्बर 1988 के आरमेनिया भूकंप से पहले एक घरेलू कुत्ते ने अपने मालिक की पतलून पकड़कर, उसे पहली मंजिल से खींचकर सड़क पर लाया और उसे पकड़कर रखा और कुछ ही मिनटों के बाद भूकंप आ गया। 1905 के कांगड़ा के विनाशी भूकंप से पहले रात को लाहौर प्राणी-संग्रहालय के जो कि भूकंप केन्द्र बिंदु से लगभग 180 कि.मी. दूर स्थित था, विविध प्राणिओं और पक्षिओं ने चीखना-चिल्लाना शुरु कर दिया। इस आवाज से वहाँ के अधिकारी मध्यरात्रि में जाग गये।

20 अक्टूबर 1991 के उत्तरकाशी भूकंप से पहले पास के टेहरी-गढ़वाल, देहरादून, उत्तरकाशी, नैनीताल आदि जगहों पर भूकंप की पूर्व संध्या पर विविध प्राणी, खासकर कुत्ते, गाय, बिल्ली आदि पालतू प्राणी परेशान थे और सारी रात चीखते रहे। इस बारे में काफी सूचनाएं प्राप्त हैं। अगर किसी भूकंपीय क्षेत्र में रेडियो तथा दूरदर्शन पर विस्तृत रूप से खराबी नजर आए और इसी के साथ पशु, पक्षी और अन्य प्राणी असमान्य व्यवहार करते दिखायी पड़ें, तब लोग खुले मैदान में बैठें और भूकंप का इंतजार करें। ये दो निरीक्षण सामान्य आदमी स्वयं कर सकता है और उनके अनुसार स्वयं निर्णय ले सकता है।

भूकंप एक प्राकृतिक संकट है और इसे रोकना या टालना असंभव है, परन्तु इससे होने वाली हानियों को बहुत हद तक कम किया जा सकता है। संयुक्त राष्ट्र संघ

(शेष पृष्ठ 41 पर)

कंप विज्ञान में प्रगति : एक अवलोकन

हर्ष के. गुप्ता
सलाहकार, विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग
भारत सरकार, नई दिल्ली - 110016

संपूर्ण लेख प्राप्त न होने के कारण संगोष्ठी से पूर्व प्त सारांश को ही हम यहाँ दे रहे है - सं)

प्रकृति की सर्वाधिक विनाशकारी आपदाओं में भूकंप एक है । एक अनुमान के तौर पर, आज तक इतिहास में, भूकंपों ने 150 लाख से भी अधिक लोगों ा जानें ली हैं, तथा सैकडों अरब डालर की सम्पत्ति का नाश किया है । वर्ष 1976 में चीन में आये तांगशन कंप ने लगभग पाँच लाख व्यक्तियों की जाने ली थीं। 989 में लोमा प्रेता के भूकंप को अमेरिकी इतिहास में ब तक की सर्वाधिक नुकसान-देह प्राकृतिक-विपत्ति के रूप जाना जाता है, जिसके फलस्वरूप लगभग 7 अरब डालर भी अधिक का नुकसान हुआ था । भारत में 20 अक्टूबर 991 को आये भूकंप के परिणामस्वरूप लगभग 1500 क्ति मौत के घाट उतर गये । अपने इस लेख में भूकंप संबन्धित कुछ क्षेत्रों में हाल में हुए विकासों पर प्रकाश ालूँगा ।

यह बताना बहुत कठिन है कि उपकरणीय भूकंप ज्ञान का ठीक-ठीक प्रारम्भ कब हुआ । वर्ष 132 के ास-पास चीन में सबसे पहले भूकंपदर्शी उपकरण का ाविष्कार हुआ था । तथापि 20 वीं सदी के आरंभ में, ान मिल्ने के प्रयासों के फलस्वरूप, विश्व की पहली ूकंपीय स्टेशनों की एक अन्तर्राष्ट्रीय श्रृंखला की स्थापना ी गयी । समय के साथ-साथ अन्य परिष्कृत भूकंपलेखी पकरणों का विकास हुआ एवं उनका प्रयोग शुरू हुआ। स दिशा में, 1963-64 में 120 विश्वव्यापी मानक ूकंपलेखी उपकरणों की एक श्रृंखला की स्थापना एक ुगान्तकारी प्रगति थी । इन्हीं उपकरणों के प्रयोग से प्लेट-वर्तनिक अभिकल्पना की अभिपुष्टि के लिए अतिवांछित ूलभूत आँकडे मिले ।

इतिहास में भूकंपों की भविष्यवाणी को कीमियागारी के समान एक कला समझा जाता था और व्यावहारिक रूप से इसका कोई वैज्ञानिक आधार नहीं था। सर्वप्रथम 1973 के ब्लूमाउन्टेन भूकंप की भविष्यवाणी का वैज्ञानिक रीति से लिखित प्रमाण है। उसके बाद, 4 फरवरी 1975 को हाइचेंग में आये 7.3 परिमाण के भूकंप की सफल भविष्यवाणी से अल्पकालिक भविष्यवाणी करने की आशाओं को बहुत अधिक बल मिला था । फिर भी पिछले कुछ वर्षों में किसी बडे भूकंप की अल्पकालिक सफल भविष्यवाणी का कोई उल्लेख नहीं मिलता है । आज विश्व के विभिन्न स्थानों पर इस दिशा में प्रयास चल रहे हैं। कैलिफोर्निया का पार्कफील्ड क्षेत्र एवं जापान का टोकई क्षेत्र, दो ऐसे स्थान हैं जहाँ बडे भूकंपों के आने का अनुमान है, इसीलिए इन स्थानों पर अत्यन्त परिष्कृत उपकरणों एवं विधियों की स्थापना की गयी है । टोकई में भूकंपों के विभिन्न प्राचलों के लगातार अनुवीक्षण एवं उनके निर्धारण के लिए 'भूकंपीय घटना निरीक्षण तंत्र' नामक एक कार्यक्रम चल रहा है जिसमें भूकंपीय आंकडों के 512 प्रणालों तथा अन्य आंकडों (विकृति, समुद्र तल, झुकाव इत्यादि) के 512 प्रणालों का वास्तविक समय पर आधारित आलेखन किया जा रहा है । अल्पकालिक भविष्यवाणी करने के उद्देश्य से इन आंकडों का लगातार मानीटरन किया जा रहा है।

जहां तक भारत का प्रश्न है, हिमालय का सीमान्त क्षेत्र विश्व के भूकंपीय दृष्टि से सर्वाधिक क्रियाशील अन्तः महाद्वीपीय क्षेत्रों में प्रमुख है, जहाँ पर 1897 से 1950 की अल्पावधि में अब तक के सबसे बड़े, 8 परिणाम से भी ज्यादा के 4 भूकंप घटित हो चुके हैं । दीर्घकालिक भूकंपीय संकट के निर्धारण के लिए यह आवश्यक है कि उपयुक्त प्रतिमानों का विकास किया जाय एवं भविष्य में आनेवाले संभावित भूकंपीय क्षेत्रों की पहचान की जाए । यह कहा जाता है कि हिमालयी वृत्तांश के समानान्तर महाद्वीपीय प्लेट के नीचे की ओर जाने की प्रक्रिया (Continental subduction) तथा वृत्तांशों के समानान्तर महासागरीय प्लेट के नीचे जाने की प्रक्रिया (Oceanic Subduction) संरचनात्मक दृष्टि से समान है, इसीलिए 'भूकंपीय-अन्तराल' की अवधारणा यहाँ सिद्ध होती है । एक प्रतिमान के अनुसार, सर्वाधिक संभव अफटित अन्तराल, 1803 एवं 1833 में उत्तर प्रदेश में फटित क्षेत्रों के बीच

(शेष पृष्ठ 59 पर)

भूकंपीय इतिहास

वाय.एस. भदौरिया, ए.जी.वी. प्रसाद एवं सी.ए. कृष्ण
भूकंप विज्ञान अनुभाग
भा.प.अ. केंद्र, बम्बई - 400085

भूकंपों का इतिहास पृथ्वी के इतिहास जितना ही प्राचीन है। यह दूसरी बात है कि किसी भूभाग विशेष में उस समय साधनों की अनुपलब्धता या राजनीतिक एवं सांस्कृतिक उथल-पुथल के कारण प्राचीन भूकंपों के विषय में लिखित प्रमाण उपलब्ध न हों, अथवा ये प्रमाण भूकंप, बाढ़ जैसी प्राकृतिक आपदाओं में नष्ट हो गये हों। विश्व में सर्वप्रथम भूकंप आने का लिखित प्रमाण ईसा से 373 साल पहले ग्रीस के हेलिस नामक शहर में मिलता है। इसके फलस्वरूप पूरा शहर डूब गया था। इसके बाद, 684ई. में संभवतः 29 नवंबर को जापान के नानकैडो नामक शहर में भूकंप आने का प्रमाण मिलता है। भूकंपों के मामले में चीन का इतिहास सबसे पुराना है। वहाँ पिछले तीन हजार साल का भूकंपीय इतिहास उपलब्ध है। 800 से 1300 ई. के बीच के कुछ गिने-चुने भूकंपों को छोड़कर, भारत में भूकंप विषयक इतिहास पिछले दो सौ वर्षों का ही मिलता है। 1556 ई. में चीन के सिसली प्रान्त में आये भूकंप को अब तक का सबसे ज्यादा विनाशकारी भूकंप माना जाता है। इसके फलस्वरूप करीब साढ़े आठ लाख लोग मर गये थे।

भूकंप-विज्ञान का उद्गम एवं विकास : भूकंपों के अध्ययन के लिए यह आवश्यक है कि उनके उद्गम स्थल एवं तीव्रता की सही-सही जानकारी उपलब्ध हो। भूकंप लेखी उपकरण के आविष्कार से पहले यह काम भूकंप प्रभावित क्षेत्र में जाकर वहाँ हुई धन एवं जनहानि का विस्तृत आकलन करके किया जाता था। 1 नवंबर 1755 को लिब्सन में आये भूकंप को सर्वप्रथम वैज्ञानिक रीति से अन्वेषित भूकंप माना जाता है। इसके फलस्वरूप लगभग 60 हजार लोग मर गये थे और व्यापक क्षेत्र में भवनों को भारी क्षति पहुँची थी। वैज्ञानिकों ने भूकंप का उत्केन्द्र लिब्सन से 100 कि.मी. पश्चिम में निर्धारित किया तथा विस्तृत सर्वेक्षण द्वारा समान क्षति के क्षेत्रों का पता लगाकर सर्वप्रथम समभूकंपी मानचित्र बनाया।

भूकंपों से संबन्धित जानकारी को विज्ञान के रू में विकसित करने में इटली के वैज्ञानिक, रॉबर्ट मैलेट व विशेष योगदान है। उन्होंने विनाशकारी भूकंपों के अध्ययन के लिए वृहत् भूकंपीय अन्वेषण विधियों एवं परिकल्पनाओं का विकास किया तथा 16 दिसंबर 1857 को नेपल्स, इटली में आये भूकंप का विस्तृत अध्ययन किया। वृहत् भूकंपीय रीति से अन्वेषित यह पहला भूकंप था।

मैलेट के समय से ही वृहत् भूकंपीय सर्वेक्षण द्वारा प्राप्त आँकड़ों को भूकंप की तीव्रता से संबद्ध करने के प्रयास चल रहे थे। 1883-84 में इटली के वैज्ञानिक डी-रुसी एवं स्विटजरलैंड के फोरेल ने भूकंप की तीव्रत मापने के लिए रुसी-फोरेल पैमाने का आविष्कार किया यह पैमाना मुख्यतः वृहत् भूकंपीय सर्वेक्षण के दौरान प्राप्त आँकड़ों पर आधारित था तथा इसमें व्यक्तिगत अनुभवों की प्रधानता थी। बाद में, 1902 में मरकेली ने उपकरणों से प्राप्त आँकड़ों का भी समावेश करके इसमें कुछ सुधार करके मारकेली पैमाना प्रकाशित किया जिसका परिष्कृत रूप आज भी उपयोग में लाया जाता है। बाद में, 1935 मे जर्मन वैज्ञानिक, रिक्टर ने भूकंप लेखी पर प्राप्त अभिलेख के आयाम से भूकंप के परिमाण को मापने के लिए, प्रसिद्ध रिक्टर पैमाने का प्रतिपादन किया जो आज भी प्रयुक्त होता है।

भारत का भूकंपीय इतिहास : भारत का भूकंपीय इतिहास यद्यपि 200 वर्षों का ही उपलब्ध है, परन्तु अपने आप में अनोखा है। वैज्ञानिकों के अनुसार, लगभग 15 करोड़ साल पहले भारतीय भूभाग अपने पड़ोसियों, अफ्रीका, मेडागास्कर, आस्ट्रेलिया एवं अन्टार्कटिका से अलग होकर उत्तर दिशा में लगभग 6 सें.मी. प्रति वर्ष की गति से चलकर करीब 4 करोड़ साल पहले, सापेक्षतः स्थिर यूरेशियन प्लेट से टकराया। इस टकराव के फलस्वरूप भारतीय प्लेट यूरेशियन प्लेट के नीचे घुसने लगी एवं पपड़ी तथा चट्टानों के एक दूसरे के ऊपर इकट्ठे होते रहने के

रण, भारत के उत्तर में दोनों प्लेटों के सन्धि क्षेत्र में ची-ऊँची हिमालय पर्वत श्रेणियाँ बनने लगीं। यह प्रक्रिया ाज भी चालू है तथा उत्तर भारत में भूकंप आने का ख्य कारण है। उत्तर-पश्चिम में हिन्दुकुश पर्वत श्रेणियों लेकर उत्तर-पूर्व में असम तथा बर्मा की पहाड़ियों तक संपूर्ण क्षेत्र भूकंपों की दृष्टि से सर्वाधिक क्रियाशील क्षेत्र और विख्यात अल्पाईड भूकंपीय पट्टी का एक हिस्सा जो इन्डोनेशिया से लेकर स्पेन तक फैली हुई है।

उपकरण आधारित भूकंप विज्ञान के आरंभ से ले, भारतीय भूकंपों का वृहत् भूकंपीय अध्ययन मुख्यतः रतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण संगठन द्वारा किया जाता था। के प्रथम अध्यक्ष, सर टी.ओल्डहाम ने 1869 के कछार आये भूकंप का सर्वप्रथम वैज्ञानिक विश्लेषण किया। उन्होंने तिहासिक काल से लेकर 1869 तक के भूकंपों की एक ची भी संकलित की। बाद में, उनके पुत्र डा.आर.डी. ोल्डहाम ने 12 जून, 1897 को असम में आये भूकंप ा विस्तृत अध्ययन किया और सर्वप्रथम अनुदैर्घ्य(P), नुप्रस्थ(S) तथा पृष्ठीय(L) तरंगों के अभिलेखों की पहचान ो। इस भूकंप को अब तक का सबसे ज्यादा विस्तार अध्ययन किया गया भूकंप माना जाता है, एवं ओल्डहाम संस्मरण जो उन्होंने एक पुस्तक के रूप में प्रकाशित रये, भूकंप विज्ञान में विशेष स्थान रखते हैं। ओल्डहाम लगभग सौ वर्ष पहले, 1819 में कच्छ में आये भूकंप ा भी सर्वेक्षण किया। यह भूकंप इतिहास में एक विशेष थान रखता है, क्योंकि भूकंप के फलस्वरूप सतह पर त्पन्न होने वाले भ्रंश का यह पहला उदाहरण है। इस ूकंप के कारण सिंदरी (पाकिस्तान) से लगभग 5 मील त्तर में करीब 3 मीटर ऊँचा और 25 कि.मी. लम्बा मिट्टी ौर रेत का विशाल बाँध-सा बन गया था जिसे स्थानीय ोग 'अल्लाह बन्ध' के नाम से जानते हैं।

12 जून 1897 के विनाशकारी असम भूकंप के ाद से सीस्मोलोजिकल कमेटी ऑफ ब्रिटिश एसोसिएशन की संस्तुति पर भारत सरकार ने देश में सर्वप्रथम तीन स्थानों, अलीपुर(कलकत्ता), कोलाबा(बंबई) एवं मद्रास(बाद में कोडाइकनाल में स्थानांतरित) में भूकंपीय वेधशालाएं स्थापित करने का निर्णय किया, फलस्वरूप 1 दिसंबर 1898 को अलीपुर में देश की पहली भूकंपीय वेधशाला की स्थापना हुई। अगले वर्ष, 1899 में बंबई तथा कोडाइकनाल में भी वेधशालाएं बनायी गयीं। इन सभी वेधशालाओं में जॉन मिल्ने के भूकंप लेखी उपकरण लगाये गये थे। 5 अप्रैल 1905 के धर्मशाला(पंजाब) भूकंप के बाद, मौसम विज्ञान विभाग ने शिमला, बंबई, आगरा तथा देहरादून में भूकंपीय वेधशालाएं स्थापित कीं। 1922-23 में प्रथम विश्व युद्ध के बाद, इन वेधशालाओं में अधिक संवेदनशील मिल्ने-शॉ भूकंप मापी लगाये गये। 1941 में आगरा की वेधशाला दिल्ली स्थानांतरित कर दी गयी।

स्वाधीनता से पहले, मौसम विज्ञान विभाग ही देश की विभिन्न वेधशालाओं के संचालन का कार्यभार संभालता था। 1945 में भारत सरकार ने देश में भू-विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों में योजना बद्ध विकास के लिए एक समिति गठित की जिसने अपनी रिपोर्ट 1948 में दी। इसके बाद, 1950 में पूना तथा हैदराबाद में और वेधशालाएं स्थापित की गयीं। 1965 में भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने बंगलौर के निकट, गौरी बिदनूर में 20 अल्प आवर्तकालीय भूकंप मापियों की L के आकार की एक सरणी स्थापित की। इस सरणी से प्राप्त आँकड़ों का उपयोग मुख्यतः भूमिगत परमाणु परीक्षणों की पहचान के लिए किया जाता है। आज देश में एक दर्जन से भी अधिक संस्थान एवं विश्व विद्यालय भूकंप विज्ञान के क्षेत्र में काम कर रहे हैं।

उपसंहार : यद्यपि भूकंप मानव जाति के लिए अभिशाप हैं, पर उनकी सबसे बड़ी देन है भूकंप विज्ञान। इस विज्ञान के उपयोग से पृथ्वी की आन्तरिक संरचना, खनिजों तथा तेल आदि का पता लगाना, भूमिगत परमाणु परीक्षणों की पहचान आदि महत्त्वपूर्ण कार्य संपन्न होते हैं। खान सुरक्षा तथा भूकंप प्रतिरोधी भवन निर्माण आदि में भी भूकंप विज्ञान का उपयोग होता है। □

भूकंप मापन क्रियाविधि एवं विकास

विजयकुमार, अखिलेश कुमार अग्रवाल, ए
योगेन्द्र सिंह भदौरि
भूकंप विज्ञान अनुभ
भा.प.अ. केन्द्र, बम्बई - 40008

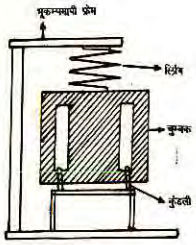
भूकंप मापन का इतिहास अत्यन्त पुराना है। भूकंप मापन की दिशा में सर्वप्रथम प्रयास चीनी दार्शनिक, चांग हेंग ने 132 ई. में भूकंप दर्शी नामक यन्त्र बनाकर किया। यह लगभग 6 फीट व्यास का एक बड़ा मर्तबान था जिसकी बाहरी सतह पर दिक्सूचक की आठ प्रमुख अक्षों के अनुरूप आठ ड्रेगनों के सिर बने हुए थे जिनके मुँह में एक-एक गेंद थी। ड्रेगन सिरों के ठीक नीचे जमीन पर आठ कृत्रिम मेंढक मुँह खोले बैठे थे। जब भूकंप आता था, तो मर्तबान के अन्दर का यान्त्रिक लीवर, भूकंप आने की दिशा के अनुरूप एक ड्रेगन का मुँह खोल देता था और गेंद सम्बधित मेंढक के मुँह में गिर जाती थी। यह प्रथम यन्त्र भूकंप की दिशा मात्र बताने में समर्थ था। इसके बाद, 1703 में हॉट फ्यूली ने पारे से भरे एक बड़े कटोरे को भूकंप-दर्शी के रूप में प्रयोग किया। इसमें भी दिक्सूचक की आठ अक्षों के अनुरूप जमीन पर आठ गड्ढे बने हुए थे। भूकंप आने पर गड्ढे में एकत्र पारे की मात्रा भूकंप की तीव्रता, एवं गड्ढे की स्थिति भूकंप की दिशा की परिचायक होती थी।

भूकंप की तीव्रता व केन्द्र के गणनात्मक अध्ययन के लिए उपर्युक्त यन्त्र सक्षम नहीं थे। इस दिशा में सफल प्रयत्न 18 वीं सदी के मध्य में प्रारम्भ हुए और उनसे भूकंपों के प्रभावों का सर्वेक्षण प्रारम्भ हुआ और उनसे प्राप्त निष्कर्षों को एकत्रित किया जाने लगा। भूकंप का सम्बन्ध पृथ्वी में हुई हलचल के फलस्वरूप उत्पन्न तरंगों की गति से सर्वप्रथम 1760 में जोह्न माइकल ने जोड़ा। 19 वीं सदी के मध्य में रोबर्ट मैलेट के सुझावों के फलस्वरूप, यान्त्रिकीय भूकंप विज्ञान की नींव रखी गयी और इटली के पालमिचरी ने दूर के भूकंपों की सूचना देने वाला एवं उसके कारण पास की भूमि में हुए कंपन रिकार्ड करने वाला भूकंप लेखी बनाया, परन्तु एक सफल मगर कम संवेदनशील व पूर्ण वैज्ञानिक भूकंपलेखी का आविष्कार 1875 में सेक्ची नाम के वैज्ञानिक ने किया। तत्पश्चात् 1892 में जोह्नन मिल्ने ने अपने सहयोगियों के साथ आक में अपेक्षाकृत छोटा व सरलता से संचालित किया ज वाला भूकंप लेखी बनाया। इसे विश्व में अनेक स्थानों स्थापित किया गया व भूकंपों से सम्बंधित वैज्ञानिक व यान्त्रि आँकड़ों को एकत्रित करना प्रारम्भ किया गया और इ प्रकार, भूकंप विज्ञान तुलनात्मक अध्ययन से गणनात्म अध्ययन की ओर अग्रसर हुआ।

भूकंप मापन क्रियाविधि

साधारणतः सभी भूकंपमापी लोलक के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। इनमें एक भार को एक स्प्रिंग द्वा लटकाया जाता है जो स्थिर रहता है, परन्तु फ्रेम जिस स्प्रिंग का दूसरा सिरा जुड़ा रहता है, पृथ्वी से अच्छी प्रका जुड़ा होने के कारण, भूकंपीय तरंगों के आने पर हिल लगता है, और फ्रेम में लगे चार्ट पर एक लेखनी स्वत ग्राफ बनाने लगती है।

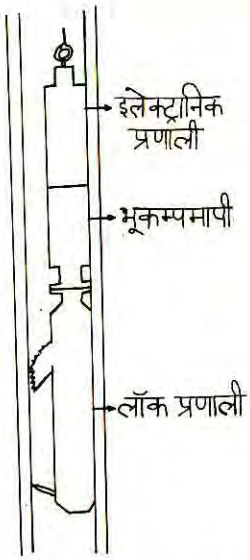
संशोधित भूकंप मापियों में फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम का उपयोग किया जाता है। ए भारी चुम्बक को विशेष स्प्रिंग की सहायता से फ्रेम में लटक दिया जाता है एवं एक सुचालक तार की कुन्डली, फ्रे में इस प्रकार स्थापित की जाती है कि वह चुम्बकीय क्षे में रहे (चित्र-1)। पृथ्वी में हलचल के फलस्वरूप भूकंपी तरंगें उत्पन्न होती हैं। इन के कारण फ्रेम हिलने लगत है और फ्रेम के साथ जुड़ी कुंडली हिलने के कारण चुम्बकी रेखाओं को काटती है। इस प्रकार, फैराडे के सिद्धान्तानुसार कुंडली के दोनों सिरों पर एक विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। इस बल को आवर्धन के पश्चात चुम्बकी टेप अथवा कागज के चार्ट पर आलेखित कर लिया जात है। यहाँ यह उल्लेख करना आवश्यक है कि पृथ्वी मे हलचल हमेशा-ही बहुत शक्तिशाली नहीं होती है। अनेकं बार तो हलचल इतनी सूक्ष्म होती है कि सामान्यतः उसे अनुभव भी नहीं किया जा सकता है। अतः उपरोक्त प्रकार



चित्र - 1. विद्युत चुंबकीय भूकम्पमापी का रेखाचित्र

उपकरण अत्यधिक संवेदनशील बनाये जाते हैं। ये यकरण पृथ्वी की हलचल को एक सेंटीमीटर के एक रोड़वे अंश तक को भी मापने की क्षमता रखते हैं।

फैराडे के सिद्धान्त पर बने भूकंपलेखी 1880 आस-पास प्रयोग में लाये जाने लगे। भूकंप से सम्बंधित मय की जानकारियाँ प्राप्त करने में तब आसानी होने लगी, ब 19 वीं सदी के मध्य में भूकंप आलेखों पर समय ो अंकित करना इटली में प्रारम्भ किया गया। वास्तव में, कंप लेखी का सम्बन्ध ड्रम से लिपटे एक कागज से ाता है जिसकी गति 7 मि.मी. से 60 मि.मी. प्रति मिनट ाती है। सर्वप्रथम यह कागज धुएं से काला करके प्रयोग लाया जाता था जिस पर एक नुकीली सुई से कंपनों ो आलेखित किया जाता था। उसके पश्चात, फोटोग्राफिक ागज पर प्रकाश के सूक्ष्म घेरे द्वारा आलेखन किया जाने गा। इसके लिए आलेखन अंधेरे कमरे में करना होता , अतः इस विधि में हम प्रत्येक समय कागज को देखने ह लिए स्वतन्त्र नहीं रहते हैं। यदि कोई भूकंप आता है थवा यन्त्र में कोई गड़बड़ी हो जाती है, तो भी उसे ागज बदल कर, उसे डेवेलप करके ही देखा जा सकता है। उसके पश्चात, रासायनिक कागज पर भी कलम व ्याही के द्वारा कंपनों का आलेखन किया जाने लगा है। भूकंप लेखी के सहयोगी उपकरणों के लिए बिजली की आवश्यकता होती है जिसके द्वारा ड्रम का घूमना इत्यादि कार्य किये जाते हैं। कई बार भूकंप के झटकों के कारण विद्युत बन्द हो जाती है और रिकार्डिंग में बाधा पड़ जाती है, अतः इसके लिए बैटरी रखी जाने लगी, ताकि आवश्यकता पड़ने पर, वह स्वतः पूर्व की भाँति कार्य सम्पादित कर सके। भूकंप से होने वाली हानियों एवं परेशानियों को देखते हुए आजकल तहखानों एवं मुख्य



चित्र - 2. परिवेधित छिद्र भूकम्पमापी

स्थानों पर भूकंप-अलार्म लगाये जाते हैं, ताकि भूकंप आने पर बिजली, गैस व पानी इत्यादि की आपूर्ति को कुछ समय के लिए रोका जा सके और भारी नुकसान से बचा जा सके।

वर्तमान स्थिति एवं भविष्य

यदि बहुत से भूकंप मापी यन्त्रों को किसी ज्यामितीय आकार के अनुरूप एक विस्तृत क्षेत्र में स्थापित किया जाए, तो इस प्रकार बनी वेधशाला को 'व्यूह' कहते हैं। इस 'व्यूह' से प्राप्त आलेख का आवर्धन एक भूकंप मापी यन्त्र से कहीं अधिक होता है। इनका उपयोग जमीन के नीचे नाभिकीय विस्फोटों का पता लगाने में भी किया जाता है। भूकंप विज्ञान में अनुसंधान कार्य में भी ये काफी सहायक सिद्ध हुए हैं। भारत में इस प्रकार का व्यूह बंगलौर के निकट गौरीबिदनूर में है। एक हर्ट्ज पर इसका आवर्धन बीस लाख है। भारत के अतिरिक्त, व्यूह स्टेशन अमेरिका, आस्ट्रेलिया, इंग्लैड, जर्मनी, कनाडा आदि देशों में भी सक्रिय हैं। भूकंप मापी यन्त्र अत्यधिक संवेदनशील होते हैं, अतः प्राकृतिक शोर, जैसे हवा का चलना, तूफान अथवा सागर की लहरें इत्यादि एवं पृथ्वी पर स्थित गतिशील वस्तुएं तथा प्राणियों की हलचलों से उत्पन्न तरंगें भी भूकंपीय तरंगों

(शेष पृष्ठ 57 पर)

भूकंप जोखिम

डा. रामदत्त शर्मा
अध्यक्ष, भूविवर्तनिकी वर्ग,
नाभिकीय विद्युत महामंडल,
अणुशक्ति नगर, बम्बई - 400 094.

भूकंपों का और उनसे उत्पन्न खतरे का प्रभाव योजनाओं, अर्थव्यवस्था और सरकारी नीतियों पर तो पडता ही है, जन-जीवन भी इनसे अछूता नहीं रहता । भूकंपों के प्रभावों से बचने के दो उपाय हैं; एक तो उनके आने की पूर्व सूचना देना और दूसरा, इमारतों और दूसरी संरचनाओं को ऐसे ढंग से बनाना कि उनको भूकंप से होने वाले नुकसान से बचाया जा सके । तकनीकी स्तर पर तो दोनों ही क्षेत्रों में सन्तोषजनक प्रगति हुई है, मगर इसे कार्यान्वित करने के लिए कानून की आवश्यकता पडती है । उचित विकास के लिए भूकंपों के अलग-अलग पहलुओं में सामंजस्य बनाना अनिवार्य है । भूकंपों को रोका तो नहीं जा सकता । वे तो जैसे आते रहे हैं, वैसे ही आते रहेंगे । समाज को उनके साथ रहना सीखना होगा; उनको समझकर, और उनसे होने वाली जान माल की हानि से बचाव करके । इसके लिए केवल भूवैज्ञानिक ही नहीं, जन साधारण और शासक वर्ग को भी इन्हें समझना होगा ।

अब यह पूर्ण रूप से निश्चित हो गया है कि भूकंप कहीं भी नहीं आ जाते, वे केवल उन स्थानों पर आते हैं, जहां उनके स्रोत होते हैं । ये स्रोत वहाँ पर होते हैं, जहां भूमि के दो निकटवर्ती भाग विपरीत दिशाओं में धीरे-धीरे खिसकते रहते हैं । इन दो भागों के मिलने वाली सतह को भ्रंश (फाल्ट) कहा जाता है । भ्रंश पर भूमि के लगातार खिसकते रहने की प्रक्रिया से एक प्रकार का तनाव पैदा हो जाता है । यह तनाव शताब्दियों तक बढ़ता रहता है, और एक सीमा के बाद चट्टानें उसे झेल नहीं पातीं और टूट जाती हैं । भूमि के ये दो भूखंड वापिस फिसल जाते हैं और जमा हुई ऊर्जा मुक्त होकर भूकंप के रूप में दूर-दूर तक पहुंच कर अपना प्रभाव दिखाती है । भ्रंश की लम्बाई, चौडाई, गहराई और उसके सरकने की गति को आज के युग में नापा जा सकता है, और गणित के सूत्रों में पिरोकर संभावित भूकंप के जोखिम का अनुमान लगाया जा सकता है । आज यह पता लगाना संभव है कि पृथ्वी का कोई भाग भूकंप के स्रोतों से मुक्त है या ये स्रोत वहां मौजूद हैं ।

भूकंप की शक्ति को आंकने के लिए दो अलग-अलग तरीके अपनाये गये है । इनमें से एक में किसी स्थान विशेष पर भूकंप के प्रभावों को आंका जाता है और दूसरे में भूकंप स्रोत पर मुक्त हुई ऊर्जा को । भूकंप की ''तीव्रता'' (इन्टेंसिटी) पहली श्रेणी में आती है और उसका ''परिमाण'' (मैगनिट्यूड) दूसरी श्रेणी में। किसी स्थान पर भूकंप की तीव्रता उस स्थान पर भूकंप के प्रभावों को उनकी गम्भीरता के आधार पर दी गयी एक विशेष संख्या है। सबसे कम तीव्रता I होती है और सबसे अधिक XII । तीव्रता का पैमाना कुछ ऐसे बयान किया जा सकता है:

I - केवल उपकरण ही भूकंप को अंकित कर सके,
II - धुंधला सा आभास किसी-किसी को,
III - हल्का - सा,
IV - साधारण - सा
V - थोडा जोर से,
VI - तेज
VII - बहुत तेज
VIII - विनाशक
IX - विध्वंस करनेवाला
X - घोर विपत्ति कारक
XI - अनर्थ कारक
XII - महा विपत्ति कारक

भूकंप मापी परिमाण पैमाना कुछ ऐसे बना है कि भूकंप में मुक्त होनेवाली ऊर्जा 30 गुनी बढ़ने पर उसका परिमाण एक इकाई बढता है। परिमाण `0' (शून्य) के भूकंप में मुक्त हुई ऊर्जा लगभग एक खरब ($10^{12}$) अर्ग होती है। भूकंप के परिमाण `M' और भूकंप स्रोत के पास की तीव्रता 'I_o' को जोडने का प्रयास किया गया है। आंकडों के आधार पर कुछ ऐसा संबंध आता है :

$$M = (2/3)\ I_o + 1$$

यह देखा गया है कि भूकंप जितने बडे होते हैं, संख्या में प्रतिवर्ष उतने ही कम होते हैं। भूकंप का परिमाण एक इकाई घटने पर उनकी संख्या लगभग दस गुनी बढ जाती है। भूकंप जोखिम संबंधी गणनाओं में इस

प्रकार के ज्ञान का बड़ा महत्व हैं। वर्ष 1945 में बेनो गुटेनबर्ग और चार्ल्स रिक्टर, इन दो वैज्ञानिकों ने भूकंप परिमाण के आवर्तन का एक नियम दिया जिसके अनुसार किसी क्षेत्र में परिमाण `M' या उससे अधिक परिमाण वाले भूकंपों की संख्या, N(M) को ऐसे जोड़ा गया है :

$$\log [N(M)] = a - bM$$

एकत्रित हुए भूकंपीय आकड़ों के आधार पर, किसी भी क्षेत्र के लिए `a' और `b' का जो दो क्षेत्रीय अचल हैं, मान निर्धारित किया जाता है। तत्पश्चात् किसी भी परिमाण के भूकंप के आर्वतन काल का अनुमान् लगाया जा सकता है। भूकंप परिमाण के आर्वतन के इस नियम की भूकंप विज्ञान में उतनी ही महत्ता है जितनी कि भौतिक विज्ञान में गुरूत्वाकर्षण के नियम की और रसायन विज्ञान में रासायनिक संयोग के नियमों की।

भारतीय मानक संस्थान ने भूकंप जोखिम से निपटने के लिए देश को पांच भागों में विभाजित किया है, और प्रत्येक गांव अथवा नगर किसी एक भाग (इसे भूकंपीय क्षेत्र कहा गया है) में आता है। यह उम्मीद की जाती है कि जो स्थान क्षेत्र I में आते हैं, उनमें भविष्य में भूकंपीय तीव्रता VI से कम रहेगी। क्षेत्र II, III और IV वाले स्थानों में अधिकतम तीव्रता क्रमशः VI, VII और VIII तक सीमित रहेगी। क्षेत्र V में यह तीव्रता IX या उससे अधिक हो सकती है। प्रत्येक क्षेत्र में भूकंप प्रतिरोधी संरचनाएं बनाने के मानदंड भी दिये गये हैं। इन मानदंडों को प्रयोग में लाकर अगर इमारतें, पुल, कारखानें आदि बनाये जायें, तो आनेवाले समय में भूकंप से जान माल की हानि को काफी कम किया जा सकता है।

भूकंपों के प्रभाव

भूकंप कई तरह से जान माल की हानि करते हैं। भूकंपन द्वारा इमारतों आदि को हानि पहुंचती है, और कभी-कभी वे ढह भी जाती हैं जिससे मनुष्यों और पशुओं की जानें चली जाती हैं, या वे घायल हो जाते हैं। भूकंप से कभी-कभी बांध टूट जाते हैं जिससे उन पर बने बिजली घर बन्द हो जाते हैं और पानी के फैलने से प्रदेश बाढग्रस्त हो जाता है। भूकंप के बाद महामारी का फैलना और भूख प्यास से तथा सर्दी गर्मी से प्रभावित होना, भूकंपग्रस्त क्षेत्र के निवासियों, और सरकार तथा समाजसेवी संस्थाओं के लिए बहुत बड़ी चुनौती होती है। भूकंप के सीधे प्रभावों पर, जो इमारतों आदि को हानि पहुंचाते हैं, नियन्त्रण रख के भूकंप जोखिम को कम किया जा सकता है। भूकंप से नुकसान दो तरीके से होता है, एक तो इमारतों कें कंपनग्रस्त होकर टूटने से और दूसरे द्रवीकरण या जमीन के नीचे धँस जाने या फिर ढह जाने से और उसके बोझ संभालने की क्षमता खो देने से। अगर किसी स्थान पर मिट्टी की दशा ठीक न हो, तो भूमि क्षरण से होने वाले ये प्रभाव (जिन्हें तीव्रता के IX पैमाने का माना गया है) कम शक्ति के भूकंप से भी हो सकते हैं।

भूकंप प्रतिरोधी संरचनाएं

बिना नुकसान उठाये भूकंप को झेलनेवाली इमारत बनाने के लिए दो चीजों का निर्धारण करना होता है, एक तो भविष्य में हो सकने वाले ''अधिकतम भूकंपन का परिमाण'' और दूसरे उसके अर्न्तगत इमारत में होने वाली अधिकतम कंपन की सीमा। प्रत्येक इमारत की कंपन की एक अपनी 'प्राकृतिक आवृत्ति' होती है। इसी आवृत्ति वाले कंपन से सर्वाधिक नुकसान हो सकने का अन्देशा होता है, अतः यह निश्चित किया जाता है कि अधिकतम भूकंपजनित कंपन अलग-अलग प्राकृतिक आवृत्ति वाली संरचनाओं में कितना अधिकतम नुकसान करेंगे। इमारत की संरचना का विश्लेषण करके उसके अन्दर विद्यमान प्राकृतिक आवृत्तियों का पता लगाकर ऐसा अभिकल्प तैयार किया जा सकता है जिसमें संरचना बिना नुकसान उठाये भूकंप को झेल जाती है।

भूकंप जोखिम का अनुमान.

भूकंप के दौरान पृथ्वी की सतह पर भूमिकणों का स्थानान्तरण, उनका वेग और त्वरण भूकंपन के माप दंड माने जाते हैं। चूंकि भूकंप से उत्पन्न कंपन का परिमाण भूकंप प्रतिरोधी सरंचनाओं के अभिकल्पन का आधार है, अतः किसी स्थान पर भूकंप जोखिम का उससे जुड जाना स्वाभाविक है। यह सोचना तर्क संगत है कि यदि इमारत उस सबसे बड़े कंपन को जो किसी भी भूकंप में संभव है, बिना किसी नुकसान उठाये सहन कर सके, तो यह शून्य जोखिम वाली आदर्श स्थिति होगी। परन्तु हमेशा ऐसा संभव नहीं होता है। किसी घटना के संदर्भ में उससे उत्पन्न जोखिम की परिभाषा ऐसे दी जाती है :

जोखिम = घटना के घटनेकी संभावना X घटना से उत्पन्न परिणाम्

भूकंप निरोधक अभिकल्प के सन्दर्भ में :

भूकंप जोखिम = [भूकंप निरोधक अभिकल्प में प्रयोग हुए भूकंपन के अतिक्रमण की संभावना] X [उससे होने वाले नुकसान को पूरा करने की कीमत]

पिछले भूकंपों के आंकडों के आधार पर, इलाके में किसी भी शक्ति के भूकंपों की वार्षिक संख्या को निर्धारित किया जा सकता है। यह भी अनुमान लगाया जा सकता है कि उस भूकंप से कितना भूकंपन संभव है, अथवा किसी विशेष मान के भूकंपन का आवर्तन काल क्या है। इस प्रकार के गणित के द्वारा भूकंप निरोधक अभिकल्प के लिए ऐसे भूकंपन मान का प्रयोग किया जाता है जिसके प्रयोग से जोखिम स्वीकार्य सीमा के अन्दर हो।

भूकंप से पूर्णतया सुरक्षित संरचना बनाने में समय भी अधिक लगता है और धन भी; 10 से 20% तक खर्च बढ़ जाता है। भारत का आधे से ज्यादा इलाका भूकंपों से प्रभावित होता रहा है। पिछले भूकंपों से यह सबक मिला है कि जब तक पूर्ण रूप से खोज बीन करके सिद्ध न हो जाये, तब तक किसी भी प्रदेश को भूकंप जोखिम से मुक्त नहीं समझ लेना चाहिए। भारतीय मानक संस्थान ने पहले आये भूकंपों के आधार पर ऐसे मानक तैयार किये हैं, जिनके आधार पर बनी इमारतें बडे से बडे भूकंप के आ जाने पर भी पूर्णतया नष्ट होने से बच सकती हैं। ऐसी स्थिति में उनको क्षति तो अवश्य होगी, मगर जान माल की सुरक्षा हो जाती है। मध्यम दर्जे के भूकंप में ये इमारतें पूर्ण रूप से सुरक्षित रहेंगी या फिर साधारण-सी हानि होगी जिसे मरम्मत आदि से पूरा किया जा सकता है। कुछ संरचनाएं ऐसी हैं जिनमें इतनी भी हानि स्वीकार्य नहीं होती; जैसे बडे बांध, नाभिकीय विद्युत संयंत्र आदि। इनको बनाने के लिए नये सिरे से सूक्ष्म अध्ययन करके नये अभिकल्प तैयार करने होते हैं ताकि भूकंप जोखिम को शून्य के बराबर किया जा सके।

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद

- कार्यकारिणी समिति -

1. **अध्यक्ष** : डॉ आर. चिदम्बरम्, निदेशक, भा.प.अ. केन्द्र
2. **उपाध्यक्ष** : डॉ दीन दयाल सूद, अध्यक्ष, ईंधन-रसायनिकी प्रभाग
3. **सचिव** : श्री ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी, परमाणु ईंधन प्रभाग
4. **सह-सचिव**: डॉ विजय कुमार मनचन्दा, विकिरण-रसायनिकी प्रभाग
5. **कोषाध्यक्ष** : श्री ललित कुमार, धातुकी प्रभाग

सदस्य

1. श्री रामनिवास आर्य, धातुकी प्रभाग
2. श्री हरीश कुमार कौरा, अध्यक्ष, कंप्यूटर प्रभाग
3. डॉ. एस.के. सिक्का, उच्च दाब भौतिकी प्रभाग
4. डॉ. एस.ए. अहमद, वर्णक्रमदर्शिकी प्रभाग
5. डॉ. राजेन्द्र स्वरूप, ईंधन - रसायनिकी प्रभाग
6. डॉ. गोविन्द प्रसाद कोठियाल, तकनीकी भौतिकी एवं प्रोटोटाइप इंजीनियरी प्रभाग

मनोनीत सदस्य

1. डॉ. आर. विजयराघवन्, अध्यक्ष, परमाणु ईंधन प्रभाग
2. डा. एस.पी. अवस्थी, विश्लेषणात्मक रसायनिकी प्रभाग

पदेन सदस्य

1. डॉ. जनार्दन स्वरूप, संपादक, 'वैज्ञानिक'
2. डॉ. शिवप्रकाश गर्ग, व्यवस्थापक, 'वैज्ञानिक'
3. डॉ. एम.आर. बालकृष्णन, अध्यक्ष, पुस्तकालय एवं सूचना प्रभाग
4. डॉ. वी. रामशेष, सचिव, राजभाषा कार्यान्वयन समिति
5. डॉ. राजेन्द्र नारायण भटनागर, सचिव, केंद्रीय सचिवालय हिंदी परिषद
6. श्री रमेशचन्द्र पंत, संयोजक, राजभाषा वार्ता
7. श्री काशीनाथ पाण्डेय, हिन्दी अधिकारी

भूकंपीय स्रोतों का अभिज्ञान

फाल्गुनी रॉय
भूकंप विज्ञान अनुभाग,
भा.प.अ. केन्द्र, बम्बई-400 085

पिछले दो दशकों में भूकंपीय स्रोतों की पहचान के लिए अनेकों विधियों का सुव्यवस्थित विकास हुआ है। ये विधियां मुख्यतः स्रोत-गहराई एवं स्रोत-फलन नामक दो महत्त्वपूर्ण प्राचलों का प्रयोग करके भूकंपों एवं नाभिकीय विस्फोटों का विभेदन करती हैं। यह सर्वविदित है कि बहुत ही कम भूकंप लगभग 10 कि.मी. से कम गहराई में उत्पन्न होते हैं, जबकि भूमिगत विस्फोट मुख्यतः कम गहराई में ही किये जाते हैं, अतः केवल स्रोत की गहराई का आकलन करके ही ज्यादातर भूकंपों की पहचान की जा सकती है। यद्यपि ऊर्जा मोचन प्रक्रिया (स्रोत फलन) का प्रयोग करके भूकंपों तथा नाभिकीय विस्फोटों के विभेदन में काफी सफलता मिली है, फिर भी कम ऊर्जा वाले सुदूर स्थित भूकंपीय स्रोतों द्वारा उत्पन्न संकेतों का उपयोग करके इस विधि द्वारा विभेदन करना कठिन है। सामान्यतः, किसी एक पहचान कारक के आधार पर भूकंपीय स्रोत के विषय में कोई निश्चित निष्कर्ष नहीं निकाला जा सकता है। कई पहचानकारकों के मिश्रण से स्रोत विभेदन क्षमता काफी बढ़ जाती है। प्रस्तुत लेख में भूकंपों एवं भूमिगत नाभिकीय विस्फोटों के लिए प्रयुक्त विभिन्न पहचानकारकों तथा उनकी कार्यविधि का संक्षिप्त विवरण दिया गया है।

प्राथमिक गति की ध्रुवता

यह विभेदकारक भूकंप और नाभिकीय विस्फोटों से उत्पन्न पी-तरंगों की प्राथमिक गति की ध्रुवता के अन्तर पर आधारित है। नाभिकीय विस्फोटों के स्रोत पूर्णतया सममित होते हैं। इनसे उत्पन्न पी- तरंगों की प्राथमिक गति सभी दिशाओं में संपीडित होती है, जबकि भूकंप से उत्पन्न पी-तरंगें दो चतुर्थांशों में संपीडित तथा शेष दो चतुर्थांशों में विस्तारित गति की होती हैं। दुर्बल संकेत प्राप्त होने की अवस्था में प्रथम गति को स्पष्टता से पाना असम्भव होगा तथा इस विभेदकारक को प्रयोग करने के लिए सभी दिगंशों से आँकड़ों की आवश्यकता होगी।

संकेतों की जटिलता

जटिलता एक प्राचल है जिसके द्वारा प्राथमिक पी-तरंग की ऊर्जा की तुलना तत्पश्चात आने वाले कोडा (Coda) की ऊर्जा से की जाती है। एक निश्चित समय अन्तराल (25 से 35 सेकन्ड) में ली गयी कोडा ऊर्जा को उससे कम समय अन्तराल (2-5 सेकन्ड) में ली गयी प्राथमिक पी-तरंग की ऊर्जा से भाग देकर इसकी गणना की जाती है। साधारणतः एक ही परिमाण के नाभिकीय विस्फोटों से उत्पन्न तरंगों की जटिलता उसी परिमाण के भूकंप से उत्पन्न तरंगों की जटिलता से बहुत कम होती है; परन्तु कई बार देखा गया है कि अधिक गहराई से उत्पन्न भूकंपों के कारण उत्पन्न तरंगों की जटिलता नाभिकीय विस्फोटों से उत्पन्न तरंगों की जटिलता के तुलनीय होती है। अनेकों बार नाभिकीय विस्फोटों के कारण उत्पन्न तरंगें अधिक जटिल होती हैं। उपरोक्त तथ्यों के कारण इस विभेदकारक की प्रयोगात्मकता कुछ हद तक सीमित हो जाती है।

आवृत्ति का तृतीय आघूर्ण (टी.एम.एफ.)

दिये गये परिमाण के नाभिकीय विस्फोट से प्राप्त अभिलेखों में उच्च आवृत्ति का अंश, उसी परिमाण के भूकंप से उत्पन्न अभिलेखों की उच्च आवृत्तियों से अधिक होता है। यह विभेदकारक इस विभिन्नता का प्रयोग करके भूकंप एवं नाभिकीय विस्फोटों में विभेदन करता है। साधारणतः नाभिकीय विस्फोटों के कारण उत्पन्न संकेतों का टी.एम.एफ. उसी परिमाण के भूकंपों के कारण उत्पन्न संकेतों से अधिक होता है।

स्रोत की गहराई

भूकंप एवं नाभिकीय विस्फोट में विभेदन करने के लिए स्रोत की गहराई एक महत्त्वपूर्ण विभेदकारक है। अधिकतर भूकंपों की तुलना में नाभिकीय विस्फोटों की गहराई अत्यधिक कम होती है। इस आधार पर अधिकतर भूकंपों की पहचान केवल उनकी गहराई ज्ञात करने से ही हो जाती है। साधारणतः स्रोत की गहराई दो प्रकार से निकाली जाती है; (1) विश्वव्यापी वेधशालाओं से प्राप्त प्राथमिक तरंगों के आगमन-समय का प्रयोग करके, तथा (2) अभिलेखों पर गहराई जनित कलाओं की पहचान करके। दूसरी विधि से प्राप्त स्रोत की गहराई अधिक सही होती है।

(शेष पृष्ठ 64 पर)

जलाशय भूकंपनीयता का नया माडेल

हरि नारायण श्रीवास्तव
भारत मौसम विज्ञान विभाग,
पुणे - 411 005

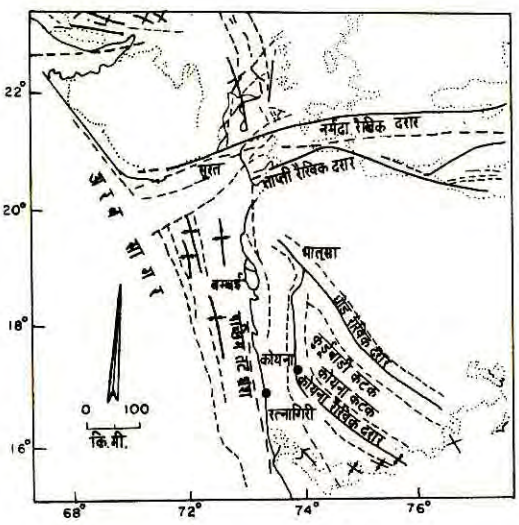
जलाशय में पानी भरने के कुछ वर्षो बाद भूकंपनीयता में परिवर्तन के दृष्टांतों की संख्या में वृद्धि पायी गयी है। इसका प्रमुख कारण यह है कि भूकंप विज्ञान में बढ़ते हुए अनुसंधान व आधुनिक यंत्रों से भूकंपनीयता में परिवर्तन अधिक स्पष्ट रूप से आंके जा सकते हैं। अधिकतर स्थानों में ऐसे भूकंपों के परिमाण 4.5 से कम ही रहते हैं, परन्तु कुछ स्थानों में इनके परिमाण 6 या 6.5 तक पहुंच गये जो पर्याप्त विध्वंसक सिद्ध हुए। इस प्रकार के भूकंपों के कारणों के विषय में भूवैज्ञानिकों में मतभेद है। कुछ का विचार है कि बाँध में पानी की मात्रा बढ़ते ही उसके दबाव से भूकंप होने लगते हैं, परन्तु अधिकतर वैज्ञानिकों का मत है कि इन स्थानों पर बड़े भूकंपों का सम्बन्ध विवर्तनी कारणों से रहता है। भारत में 11 दिसम्बर 1967 के कोयना भूकंप के बाद, यहां के वैज्ञानिकों ने भी इस विषय पर अनुसन्धान प्रारम्भ कर दिये। नदी के बाँधों को इस प्रकार के विध्वंसक भूकंपों से बचाने के दृष्टिकोण से 1973 में और सितम्बर 1975 में इंग्लैंड में दो संगोष्ठियां हुईं जिनमें विश्व के वैज्ञानिकों ने अपने-अपने मत प्रकट किये। इसके बारे में फ्रांस के प्रमुख वैज्ञानिक, डाक्टर जे. रोथे ने विचार प्रकट किया कि किसी भी बाँध में, जिसकी ऊँचाई 100 मी. से अधिक हो, पानी बढ़ने पर भूकंप आ सकते हैं।

भारतीय जलाशय एवं भूकंप

पिछले 20 वर्षो में भारत के विभिन्न भूगर्भीय क्षेत्रों में कई नदियाँ पर बाँध बनाये गये हैं। केन्द्रीय जल ऊर्जा अनुसन्धान केन्द्र, पूना के वैज्ञानिक डॉ. एस. के. गुहा के अनुसार, दक्षिण पठार के किनेरसानी (आन्ध्र प्रदेश), परम्बिकुलम (केरल), मंगलम (केरल), कोलभार (केरल), युकाई (गुजरात) और इडुकी (केरल) बाँधों में पानी भरने के बाद भूकंपनीयता बढ़ने के कुछ संकेत मिले हैं, परन्तु पठार के बीच स्थित बाँधों, जैसे मेटूर (तामिलनाडु), नागार्जुनसागर (आन्ध्र-प्रदेश), पैथाओ (बिहार), पंचेट (बिहार), भाखड़ा (हिमाचल प्रदेश), रिहन्द (उत्तर प्रदेश) आदि में पानी भरने से भूकंपनीयता में विशेष परिवर्तन नहीं पाया गया। 1972 की वर्षा ऋतु में मूला बाँध में पहली बार पानी भर गया। वहां पर अति सूक्ष्म परिमाण के भूकंपों की संख्या में पानी की ऊँचाई के अनुसार परिवर्तन पाये गये परन्तु अभी तक बड़े भूकंप नहीं आये हैं। 1975 में पाँग (हिमाचल प्रदेश) में भी पानी भरा गया, परन्तु वहां के सूक्ष्म भूकंपों की संख्या में पानी के बढ़ने व घटने के साथ कोई परिवर्तन नहीं पाया गया है। मंगला बाँध (पाकिस्तान) के विषय में पहले अनुमान था कि पानी के भार (उतार-चढ़ाव) व भूकंपनीयता में सम्बन्ध है, परन्तु बाद में स्पष्ट हुआ कि भूकंपलेखियों का आवर्धन बढ़ाने के कारण सूक्ष्म भूकंपों की संख्या बढ़ गयी थी। इसी प्रकार, सेरे पान्सन बाँध जो फ्रांसीसी आल्प्स पर्वत के पास है, वहां भी भूकंपनीयता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ा। अतः स्पष्ट है कि पश्चिमी हिमाचल के भाखड़ा, पाँग, पांडो और मंगला बाँध (पाकिस्तान) जैसे जलाशयों में भूकंपनीयता के परिवर्तन के स्पष्ट संकेत नहीं प्राप्त हुए है, जबकि वे बडे-बडे भ्रंशों के पास स्थित हैं, जहां तनाव एकत्रित होते ही रहते हैं।

कोयना व भात्सा भूकंप

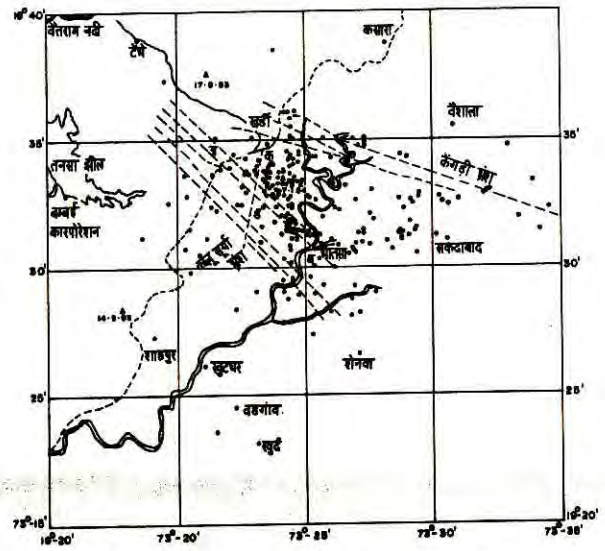
जैसा हम जानते हैं कि महाराष्ट्र में पूना से लगभग 115 कि.मी. दूर, कोयना क्षेत्र में 11 दिसम्बर 1967 को एक विध्वंसक भूकंप आया। कोयना नदी में बाँध बनने से पहले वहां पर भूकंप के झटके नहीं महसूस किये गये थे, परन्तु बाँध में पानी भरने के बाद ही वहां अक्सर भूकंप आने लगे जिनकी संख्या दिन प्रतिदिन बढ़ती गयी। शिवाजीनगर झील में सबसे अधिक पानी वर्षा ऋतु में था और सितम्बर 1967 में वहां 5 परिमाण का भूकंप आया। उसके बाद 11 दिसम्बर 1967 को लगभग 6.5 परिमाण का भूकंप आया जिससे 177 व्यक्तियों की मृत्यु हुई। बाँध में भी कुछ दरारें पड़ गयीं। उसके पास के मकान अधिकतर या तो गिर पड़े या क्षतिग्रस्त हो गये। यद्यपि इसके विध्वंसक प्रभाव आठ कि.मी. लम्बाई में ही सीमित थे, परन्तु भूकंप के झटके उत्तर में सूरत एवं उज्जैन तक, पूर्व में नागपुर एवं हैदराबाद तक एवं दक्षिण में बंगलोर तक महसूस किये गये। बाद के कुछ भूकंपों के परिमाण 5.5 से भी अधिक



चित्र - 1. प्रमुख विवर्तनी लक्षण

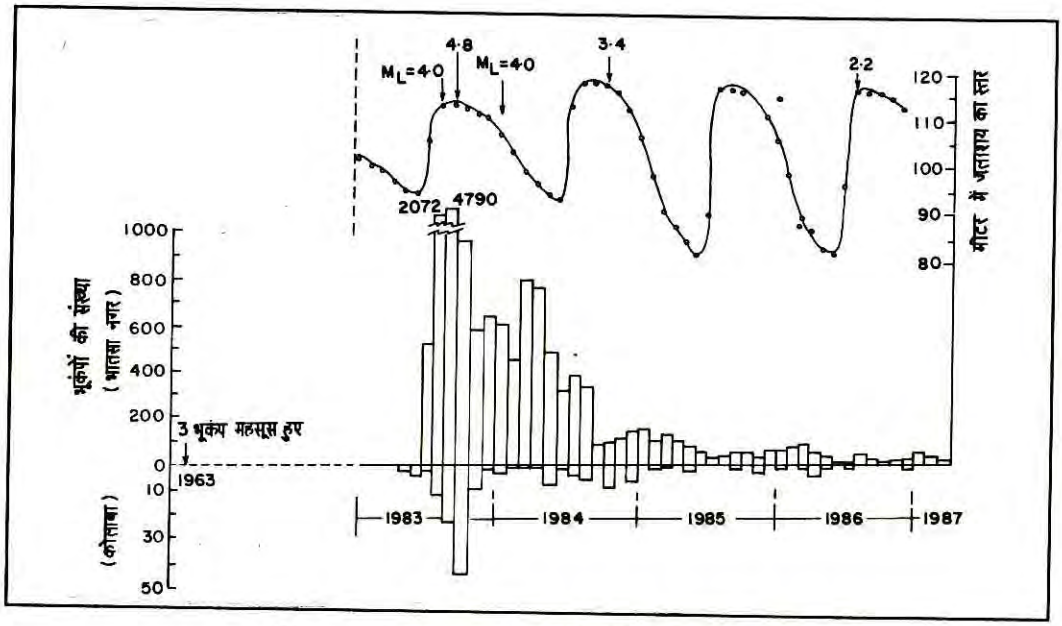
की जाने लगी कि कही विध्वंसक भूकंप दुबारा तो नहीं आनेवाला है।

अतः प्रश्न यह उठता है कि यदि भविष्य में कोयना व भत्सा क्षेत्र में भूकंप आया, तो उसका सबसे अधिक परिमाण क्या होगा? इसके लिए लेखक, डी.टी. राव व मथुरा सिंह ने एक नया माडेल दिया है जिसकी चर्चा आगे की जाएगी। बम्बई से उत्तर की ओर खर्डी गांव (ठाणे) में मई 1983 से भत्सा जलाशय के पास भूकंप महसूस होने लगे। अगस्त 17 और सितंबर 13, 1983 से उसी स्थान पर क्रमशः 4 और 4.8 के भूकंप आये जिनसे खर्डी में कुछ क्षति हो गयी। बाद में भी भूकंप आते रहे जिनमें से सबसे बड़ा परिमाण 4 का था जो 7 जनवरी 1984 में आया। उसके बाद से वहां की भूकंपनीयता कम होने लगी, परन्तु अभी भी सूक्ष्म कंपनों की संख्या में उतार चढ़ाव होते रहते हैं। चित्र-1 में प्रमुख भ्रंश या कमजोर दरारें दिखलायी गयी हैं। जिनसे भत्सा जलाशय

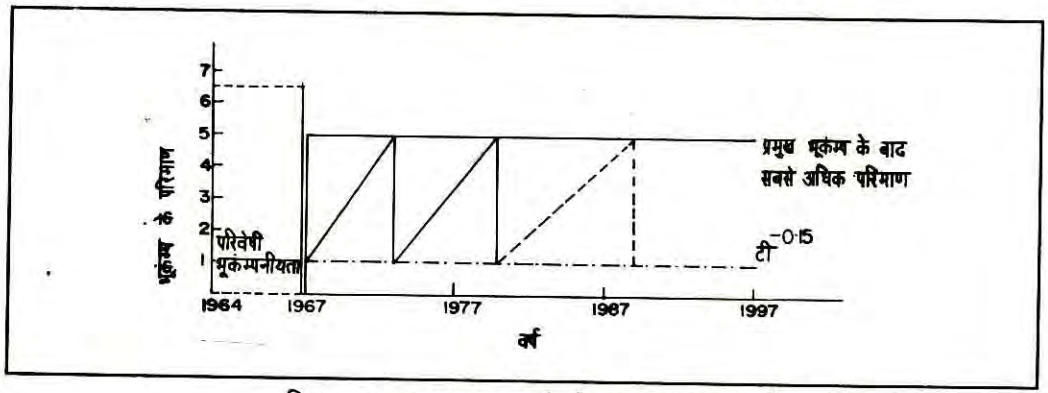


चित्र - 2. सूक्ष्म भूकंप (भत्सा क्षेत्र)

थे जिनकी संख्या दिन प्रतिदिन कम हो रही थी। परन्तु जब शिवाजीसागर झील में जुलाई-अगस्त 1973 में दुबारा पर्याप्त पानी भरा गया, तो उसके कुछ समय बाद ही 17 अक्तूबर 1973 को 5 परिमाण का भूकंप आया जो दिसम्बर 1967 की तरह के भूकंप का पूर्वसूचक था। तब यह आशंका के आसपास के विवर्तनी कारणों का ज्ञान होता है। इस क्षेत्र में लगभग 400 मी. मोटाई के लावा की परत पायी जाती है। गुजरात और महाराष्ट्र सरकार द्वारा चलायी गयी भूकंप वेधशालाएं इस क्षेत्र में काम कर रही हैं। इनके अतिरिक्त, भारत मौसम विज्ञान विभाग के यंत्र भी बम्बई,



चित्र - 3. जलाशय में पानी की सतह और भूकंप



चित्र - 4. जलाशय भूकंपनीयता का नया माडेल

पुणे, हैदराबाद, करद व गौरीबिदनूर की भूकंपीय सरणी भी यहां की भूकंपनीयता का अध्ययन करने में सहायक सिद्ध हुई हैं। चित्र-2 को देखने से स्पष्ट होता है कि यहां के सूक्ष्म भूकंप 8 X 5 कि.मी. वर्ग क्षेत्र में फैले हुए हैं जिनकी गहराई 10 कि.मी. से अधिक नहीं है। यहां की भूकंपनीयता की तुलना कोयना क्षेत्र से करने से स्पष्ट होता है कि भत्सा के अधिकतर भूकंप जलाशय के ऊपरी भाग में हुए, जब कि कोयना क्षेत्र में वे नीचे के भाग में हुए। दूसरा अन्तर यह भी था कि कोयना क्षेत्र में 1967 के प्रमुख भूकंप के बाद ही सबसे बड़ा झटका आया, जब कि भत्सा में सबसे बड़ा झटका (परिमाण 4.0) लगभग चार महीने बाद ही महसूस किया गया।

जलाशय में पानी का तल और भूकंपनीयता

चित्र-3 से स्पष्ट होता है कि भत्सा जलाशय में पानी भरना 1977 से प्रारम्भ किया गया। इसकी सतह बढ़कर 1982 तक 51 मी. हुई। 17 मई के आसपास भूकंप के झटके खर्डी गांव में महसूस किये जाने लगे। सबसे अधिक परिमाण का पूर्वभूकंप, प्रमुख भूकंप और बाद के झटकों

उत्केन्द्र अधिकतर जलाशय के बाहर थे। उसके बाद, ाशय की सतह को बढ़ाकर 1984 में 63 मी. किया ा। मार्च और अप्रैल 1984 में भूकंपनीयता बढ़ी जो मानसून में घट गयी। उस समय सबसे अधिक परिमाण झटका 3.4 का था। वर्ष के अन्त तक महसूस किये झटकों की संख्या बहुत कम हो गयी, परन्तु यंत्रों द्वारा म भूकंप रिकार्ड किये जाते रहे। गुटेनबर्ग रिक्टर सिद्धान्त अनुसार, बाद के भूकंपों में से निकले गुणांक, B का न 0.54 निकला, जो कोयना क्षेत्र के 0.80 से कुछ न था। परन्तु हिमालय क्षेत्र के भूकंप, जैसे अनन्तनाग 967), भारत-नेपाल सीमा (1980) में भी लगभग इसी बराबर B का मान पाया गया। इसकी तुलना, न्यूजीलैंड पुकाकाई जलाशय से करने पर यह पाया गया कि ाँ भी B का मान 0.60 था, यदि हम -1 और +1 परिमाण के भूकंप लें, परन्तु यदि अधिक परिमाण के कंप इनमें सम्मिलित किये जायें, तो B का मान बढ़कर 5 हो जाता है। अतः स्पष्ट है कि B गुणांक के आधार जलाशय के भूकंपों को विवर्तनी भूकंपों से अलग करना कर है।

प्रमुख भूकंप (M) और सबसे अधिक रिमाण (Mo) के बाद के भूकंप का अनुपात

भत्सा तथा कोयना, दोनों में M/Mo अनुपात ा मान 1.2 था। पुकाकाई जलाशय में (17 दिसम्बर 978) में यह अनुपात बहुत अधिक पाया गया। इसी प्रकार, दि M और Mo का अन्तर लिया जाए, तो यह 0.6 , परन्तु पुकाकाई जलाशय में यह बढ़कर 2 हो गया, सससे स्पष्ट होता है कि यह मानदंड भी जलाशय सम्बन्धी कंपनीयता के सभी उदाहरणों में लागू नहीं किया जा सकता।

ाद के भूकंपों का घटना

ओमरी के सिद्धान्त के अनुसार बाद के भूकंपों ी संख्या N(t) समय के अनुसार निम्नलिखित समीकरण ारा बतायी जा सकती है :

$N(t) = At^{-h}$

यहां A, व h स्थिरांक हैं। इसके अनुसार, यदि म मासिक या दैनिक समय लें, तो वहां के भूकंप दो निम्नलिखित समीकरण द्वारा घट सकते हैं :

$N(t) = 5270\ t^{-1.33}$

$N(t) = 1809\ t^{-1.2}$

हिमालय क्षेत्र में गुणांक h का मान 1.27 से लेकर 1.50 तक पाया गया, जब कि कोयना के क्षेत्र में यह 1.1 था। पुकाकाई जलाशय में इसका मान 1.2 था। 1982 के मिरामिची भूकंप के झटकों से इसका मान 0.8 निकला जो कि एच.के. गुप्ता व बी.के. रस्तोगी द्वारा दृष्टान्तों में दिये गये मान से काफी कम था। इससे स्पष्ट होता हैं कि इस गुणांक को लेकर भी हम जलाशय के पास के भूकंपों को विवर्तनी भूकंपों से अलग करने में सफल नहीं हो सकते। इसी प्रकार, कोयना और न्यूरेक जलाशय के पास के भूकंपों की उद्गम क्रिया क्षेप(थ्रस्ट) भ्रंशों से सम्बन्धित थी। भत्सा में भी क्षेप भ्रंश के संकेत प्राप्त होते हैं, अतः इस मानदंड को भी लेकर जलाशय भूकंपों को विवर्तनी भूकंपों से अलग नहीं किया जा सकता।

नया माडेल

कोयना के क्षेत्र में यद्यपि भूकंपों की संख्या काफी घट गयी है, परन्तु 1987 तक लगभग 2500 सूक्ष्म भूकंप रिकार्ड किये गये हैं। ध्यान से अध्ययन करने पर यह स्पष्ट होता है कि यहाँ की भूकंपनीयता $t^{-0.15}$ के हिसाब से घट रही है जो शायद पूरे विश्व में एक अनोखा उदाहरण है। इनमें सबसे अधिक बाद का झटका 5 परिमाण का हुआ था और पिछले 20 वर्षों में यहां 2 भूकंप, 1973 और 1980 में लगभग उसी परिमाण के आये थे। अतः इस परिमाण के भूकंपों का समयान्तर बढ़ता जा रहा है। इसको ध्यान में रखकर यहां की भूकंपनीयता को एक माडेल द्वारा चित्र-4 में दिखलाया गया है। इसके अनुसार, यदि किसी स्थान पर प्रमुख भूकंप हो चुका है, तो जलाशय के आसपास बाद के सबसे बड़े भूकंप का मान, उसके बाद के सबसे बड़े भूकंप के परिमाण से अधिक नहीं होगा। इसके अनुसार, 1990 के भत्सा क्षेत्र के भूकंप का पूर्वानुमान लेखक व उसके सहकर्मियों द्वारा किया गया था, जिसकी पुष्टि 1991 के 'टेक्टोनोफिजिक्स' नामक अनुसंधान पत्रिका में संपादक ने की है। यदि हम इसको एक मानक माडेल में डालें और उसके अनुसार समझने की चेष्टा करें, तो हम प्रो.एच. कानामोरी (1981) के माडेल के अनुसार निम्न स्तरों में भूकंपनीयता को बाँट सकते हैं :

1. भूकंप के समूह,
2. पूर्व भूकंप,
3. प्रमुख भूकंप,

4. बाद के भूकंप (तुरन्त),

5. बाद के भूकंप काफी समय बाद तक।

इस माडेल के अनुसार, जलाशय के पास की भूकंपनीयता इस साँचे में ढाली जा सकती है। विवर्तनी भूकंप और जलसम्बन्धी भूकंपों में अन्तर केवल गुणांक, h में ही होता है, यदि इसको बाद के भूकंपों, द्वारा (तुरंत हुए बाद के झटकों को छोड़कर) काफी समय तक निकाला जा सके। तुरंत तथा बाद में हुए प्रमुख भूकंप के बाद के झटकों में अन्तर करना एक दुष्कर कार्य है जिसके ऊपर अधिक अनुसंधान की आवश्यकता है, परन्तु कोयना जैसे भूकंप के अनुसार, इसका स्पष्टीकरण हो जाता है क्यों कि कोयना क्षेत्र में प्रमुख भूकंप के तुरन्त ही बाद के झटकों से h का मान लगभग 1.1 था, जो विवर्तनी भूकंपों से भिन्न नहीं है। परन्तु जब 1987 तक के भूकंपों को सम्मिलित किया गया, तो गुणांक h का मान घट कर 0.15 पाया गया, जो विवर्तनी भूकंपों से बहुत ही कम है। अतः इसी माडेल के अनुसार अब हम बतला सकते हैं कि यदि कोयना क्षेत्र में भविष्य में ज्योतिषियों अथवा किसी भी अन्य नागरिक द्वारा यह भय फैलाया जाए कि वहां एक बड़ा भूकंप आनेवाला है, तो हम स्पष्ट रूप से कह सकते है कि भविष्य में वहां 5 परिमाण से ज्यादा का भूकंप नहीं आ सकता और उसका परिमाण धीरे-धीरे कम होता जाएगा। इसके अतिरिक्त, इस परिमाण के भूकंपों में समयान्तर भी बढ़ता जाएगा।

(पृष्ठ 7 का शेष)

झटके के साथ आवाज सुनायी दी । उत्तरकाशी भूकंप के समय तो हजारों लोगों ने पत्थरों के गिरने से चिन्गारियाँ देखीं जिससे अनेकों पहाडों में आग जैसी लगी दिखी । इससे पूरे आसमान में लाली दिखी । कुछ लोगों ने पहाड की चोटी पर आग का गोला चलते हुए देखा और कुछ लोगों ने विद्युत संचार महसूस किया ।

हिमालय के भूकंपों के समय पानी व रेत फव्वारे तो एक आम बात है । बहुधा पानी के स्रोत सू जाते हैं या नये स्रोत निकल आते है ।

भूकंप-विज्ञान की उपयोगिता

भूकंप से होने वाली क्षति को कम करने के उप खोजने में भूकंप-विज्ञान की उपयोगिता तो हम समझ गये है । भूकंपों के अध्ययन से ही हमें पृथ्वी की आंतरि संरचना के बारे में भी महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त होती क्योंकि भूकंपीय तरंगें ही पृथ्वी के केन्द्र तक पहुंचती कृत्रिम विस्फोटों द्वारा उत्पन्न की गयी तरंगों के अध्य से पृथ्वी में छिपे प्राकृतिक संसाधान, जैसे खनिजों, पेट्रोलिय और पानी के स्रोत पता लगाये जाते हैं ।

भूकंपों के अध्ययन से ही ज्ञात हो पाता है कि किन-किन स्थानों में भूकंप से कितनी क्षति हो सकती तद्नुरूप आवश्यक मानचित्र बनाये जाते हैं । बड़ परियोजनाओं की रूपरेखा बनाते समय भूकंपीय मानचि का सहारा लिया जाता है। बाँध व नाभिकीय विद्युत संयं की स्थापना में भूकंप विज्ञान का एक विशिष्ट स्थान है

उपसंहार

स्पष्ट है कि भूकंप के बारे में अभी बहुत कु समझना बाकी है । इसके लिए आधुनिक यन्त्र लगा व विषद अध्ययन करने की आवश्यकता है । भूकंप के पूर्वानुमान के लिए प्रयत्न होने चाहिए तथा भूकंप से क्षति कम करने के उपायों का दूर-दराज के इलाकों में प्रचा करना चाहिए । मकान हल्के व एक-मंजिले होने चाहिए जो लकड़ी या स्टील के फ्रेम पर बने हों । खिड़की के नीचे तक तो दीवारें हल्की ईंटों से बना सकते हैं, उसके ऊपर एसबेस्टस की फ्रेम जुमा दीवारें हो सकती हैं । ट्यूबुल शेड, जो टिन की चादरों और स्टील के पाइपों से बनाए जायें, उत्तम रहेंगे ।

लाशय प्रेरित भूकंपनीयता

भूपेश कुमार गंगराडे
भूकंप विज्ञान अनुभाग, उच्च दाब भौतिकी प्रभाग
भा.प.अ. केन्द्र, बम्बई - 400085

दीर्घ काल से मानव जलाशयों का उपयोग पानी त्रित करने तथा बिजली पैदा करने के लिए करता आ है, इसलिए आज भी जलाशयों का बनाया जाना एक युक्त व लाभप्रद क्रिया है। लेकिन मनुष्य ने यह कभी ं सोचा था कि जलाशयों द्वारा विध्वंसक व हानिकारक प भी प्रेरित हो सकते हैं। भूकंपों के प्रेरित होने का म्भ जलाशयों से हो सकता है, इस ओर, सर्वप्रथम 1945 में अमेरिकी वैज्ञानिक, कार्डर ने लोगों का ध्यान र्कषित किया। अमेरिका में लेक मीड (हूवर बांध) में 940-1944 के दौरान आए भूकंपों के आधार पर कार्डर यह निष्कर्ष निकाला कि जलाशय में जल भरने से भूकंप रत हो सकते हैं। उसके बाद, धीरे-धीरे विश्व के दूसरे ों के जलाशयों में भी भूकंपनीयता प्रेरित होने की नकारी प्राप्त होने लगी। विश्व के लगभग 11,000 लाशयों में से, अभी तक, 80 से अधिक ऐसे जलाशयों उदाहरण मिले हैं, जहाँ पर भूकंपीय प्रक्रिया में बदलाव या गया है।

जलाशय प्रेरित भूकंपों के जो अभिलक्षण पाये ये हैं, उनमें से कुछ निम्नलिखित हैं :

1) जलाशय के जलस्तर व भूकंपों की आवृत्ति में कुछ बंध होता है। आमतौर पर यदि जलस्तर अधिक होता , तो भूकंपों की मात्रा अधिक होती है।

2) प्रेरित भूकंपों के नाभिस्रोतों की गहराई पृथ्वी की सतह ; निकट होती है तथा स्रोत जलाशय के आसपास ही ोते हैं।

3) 'मोगी' द्वारा दिये गये, पूर्वप्रघात व बाद के प्रघात क तीन प्रकारों में से प्रेरित भूकंप दूसरे प्रकार के पैटर्न शित हैं। इसका अर्थ यह है कि पृथ्वी के नीचे उस क्षेत्र ं पदार्थ की संरचना थोड़ी विषमांगी होती है तथा बाह्य तिबल का वितरण एक रूप नहीं होता है (चित्र-1)।

4) $\log N = a-bM$ संबन्ध में b का मान प्रेरित भूकंपों के लिए, सामान्य भूकंपों की अपेक्षा अधिक होता है, अर्थात किसी भी क्षेत्र के प्रेरित भूकंपों का परिमाण उस क्षेत्र के विवर्तनिक भूकंपों के परिमाणों की तुलना में कम होता है।

(5) किसी भी स्थान के प्रेरित भूकंपों के 'बाद के प्रघात' आम भूकंपों की तुलना में धीमी दर से समाप्त होते हैं।

(6) सबसे बड़े 'बाद के प्रघात' व 'मुख्य प्रघात' का अनुपात, प्राकृतिक भूकंपों की तुलना में , प्रेरित भूकंपों के लिए अधिक होता है (लगभग 0.9)।

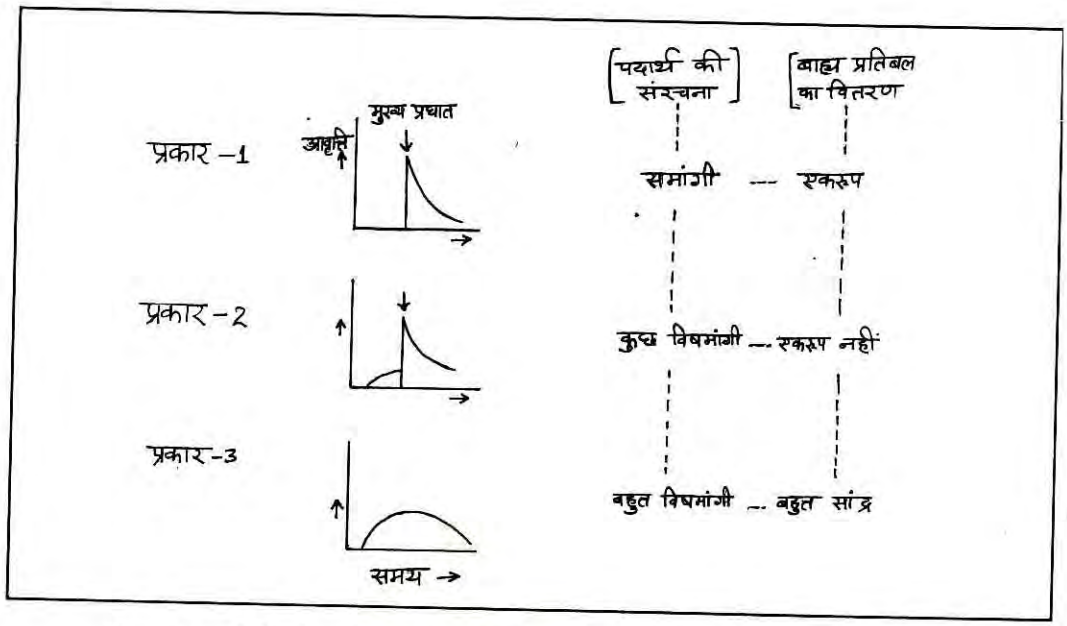
इनके अलावा, यह भी देखा गया है कि बड़े प्रेरित भूकंप आमतौर पर सामान्य भ्रंश अथवा अनुदैर्घ्य सर्पण भ्रंश वाले क्षेत्रों में ही आते हैं, जबकि क्षेप भ्रंश वाले क्षेत्र में कोई बड़े परिमाण का भूकंप प्रेरित नहीं हुआ है। बहुधा प्रेरित भूकंपनीयता ऐसे क्षेत्रों में पायी गयी है, जहाँ की प्राकृतिक भूकंपनीयता काफी कम होती है। ऐसा शायद इसलिए होता है कि अधिक प्राकृतिक भूकंपनीयता वाले स्थानों में प्रेरित भूकंपों को अलग से पहचान पाना कठिन हो सकता है। यदि एक क्षेत्र के किसी जलाशय में भूकंपनीयता प्रेरित हुई हो, तो यह आवश्यक नहीं है कि उसी आकार व विवर्तनिक पर्यावरण में किसी दूसरे स्थान के जलाशय में भी उतनी ही मात्रा में भूकंपनीयता प्रेरित हो।

प्रेरित भूकंपनीयता की प्रक्रिया

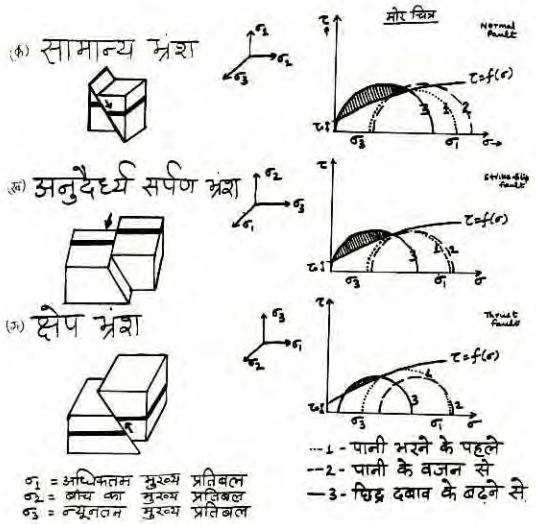
पृथ्वी के अन्दर जहाँ पर भी भ्रंश उपस्थित हैं, वहाँ पर भ्रंश के दोनों तरफ की चट्टानें प्रतिबल की अवस्था में होती हैं। चट्टानों की प्रत्यास्थता के कारण वे अपने आप में विकृति की ऊर्जा एकत्रित किये रखने में सक्षम होती हैं। इन चट्टानों के गतिमान रहने के कारण चट्टानों में प्रतिबल की मात्रा धीरे-धीरे बढ़ती जाती है। एक समय ऐसा आता है, जब बढ़ते हुए प्रतिबल चट्टानों की सहन-क्षमता से अधिक हो जाते हैं। इस प्रकार, चट्टानों में एकत्रित ऊर्जा झटके से निकलती है। यही ऊर्जा विभिन्न प्रकार की तरंगों द्वारा चलती हुई हमें पृथ्वी की सतह पर कंपन के रूप में मालूम पड़ती है जिसे हम भूकंप कहते हैं। यह प्राकृतिक भूकंप आने की प्रक्रिया है।

प्रेरित भूकंपनीयता के लिए यह अत्यावश्यक है कि जलाशय के नीचे या आसपास जो भी भ्रंश है, वह

गोरीबिदनूर भूकंप - सरणी से मापे गये दक्षिण भारत के क्षेत्रीय भूकंप



चित्र - 1. मोगी के तीन प्रकार के "पूर्व प्रघात - बाद के प्रघात" के पैटर्न



चित्र - 2. भूकंपनीयता प्रेरित होने की प्रक्रियाएं

पहले से ही प्रतिबल की अवस्था में हो। साथ ही, पूर्वावस्था में भ्रंश के दोनों ओर की चट्टानों को एक-दूसरे के सापेक्ष सरकाने के लिए जितने प्रतिबल की आवश्यकता हो, उससे थोड़ा ही कम प्रतिबल हो। इस प्रकार की परिस्थिति मे जलाशय की उपस्थिति उस थोड़े से प्रतिबल की पूर्ति करके चट्टानों की एकत्रित ऊर्जा निकालने में सहायक सिद्ध होती है। यह प्रक्रिया जलाशय (अथवा किसी भी अन्य बाह्य

) द्वारा प्रेरित कही जाती है और इसे ही जलाशय
भूकंपनीयता कहते हैं।

इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि प्रेरित नीयता एक ट्रिगर प्रक्रिया है। यदि चट्टानों में पहले ी ऊर्जा एकत्रित नहीं होगी, तो किसी भी हालत में ाशयों द्वारा भूकंपनीयता प्रेरित नहीं हो सकती है। यह कहा जा सकता है कि जिन स्थानों पर जलशयों द्वारा नीयता प्रेरित होती है, उन स्थानों पर यदि जलाशय वा बाह्य बल के स्रोत न होते, तो भी भविष्य में कभी कभी एकत्रित ऊर्जा की अपने आप प्राकृतिक भूकंप के में निकलने की संभावना अवश्य रहती।

जलाशय द्वारा भूकंपीय प्रक्रिया सक्रिय होने के मुख्य दो विधियां हो सकती हैं :-

जलाशय में पानी भरने का सीधा प्रभाव जिससे कि ास्थ कर्तन प्रतिबल बढ़ जाता है।

) छिद्र द्रव दबाव का बढ़ना जिससे कि अभिलंब तविक प्रतिबल घट जाता है।

कई जलाशयों में उपरोक्त दोनों तरीकों के मिश्रित व द्वारा भूकंपनीयता प्रेरित होती है। इन दोनों में से ी क्षेत्र में कोई एक प्रक्रिया अधिक प्रभावशाली हो सकती तो किसी अन्य क्षेत्र में दूसरी प्रक्रिया।

डेन्वर, कोलेराडो में द्रव को बहुत अधिक दबाव साथ गहरे कुएं में डालने पर भूकंप प्रेरित हुए थे। इसका यह है कि इस भूकंपनीयता को प्रेरित करने में केवल द्र द्रव दबाव की मुख्य भूमिका थी। इसी प्रकार रांगेली, लोराडो में तेल के कुओं में द्रव को डालने पर छोटे प आने कम हो गये थे। इस तरह, इन दोनों उदाहरणों यह पता चलता है कि छिद्र द्रव दबाव भूकंपनीयता बदलाव (भूकंपनीयता का घटना अथवा बढ़ना) लाने सक्षम है।

जलाशय के जलस्तर में बदलाव के बाद कंपनीयता प्रेरित होने में जो समय लगता है, उसका कारण ह हो सकता है कि द्रव दबाव को चट्टानों से होकर रने में वह समय व्यतीत होता होगा। यहाँ ध्यान रखने ली बात यह है कि डेन्वर तथा रांगेली प्रयोगों में द्रव लने के दबाव का मान कई सौ "बार" था जो कि लाशय द्वारा प्रेरित छिद्र दबाव (~10 "बार" लगभग 00 मीटर की गहराई पर) से कई गुना अधिक है। उसी प्रकार पानी के सीधे वजन के दबाव द्वारा केवल 1-10 "बार" तक का दबाव पड़ता है। इससे भी यह निष्कर्ष निकलता है कि जल-भार के सीधे दबाव (1-10 "बार") तथा छिद्र दबाव (~10 "बार") भूकंपों को केवल ट्रिगर करने में सहायक हो सकते हैं। इस ट्रिगर प्रक्रिया के लिए वह क्षेत्र पहले से ही इतनी अधिक प्रतिबल की अवस्था में हो कि थोड़े से बाह्य दाब के कारण ऊर्जा भूकंप के माध्यम से निकल सके। एक बात और जानने योग्य है कि कई क्षेत्रों में विवर्तनिक प्रतिबल की मात्रा बहुत अधिक (300-1000 'बार') होती है तथा भूकंप के होने पर इस प्रतिबल में केवल कुछ "बार" दबाव की ही गिरावट आती है जो कि जलाशय द्वारा लगाये गये प्रतिबल के तुल्य होती है।

हमें मालूम है कि किसी भी क्षेत्र में तीन प्रकार के भ्रंश संभव हो सकते हैं; सामान्य भ्रंश, अनुदैर्घ्य सर्पण भ्रंश और क्षेप भ्रंश। इसके अलावा, मुख्य प्रतिबल के भी तीन भाग हो सकते हैं; अधिकतम, मध्यम और न्यूनतम।

ये तीनों मुख्य प्रतिबल तीन अलग-अलग दिशाओं (जो कि एक दूसरी के लम्बवत् होती हैं) में होते हैं। जलाशय के क्षेत्र में मुख्य प्रतिबल के तीनों भागों में से कौन-से भाग वाला प्रतिबल किस दिशा में है, उससे भ्रंश के प्रकार का पता चलता है (चित्र-2)। इसके साथ ही, मुख्य प्रतिबलों के परिमाण से यह पता चल सकता हैं कि वह स्थान भूकंपनीयता के कितने नज़दीक है। जलाशय के भार के प्रतिबल के मुख्य अवयव को जो कि ऊर्ध्व दिशा में होता है, भ्रंश के प्रकार व मुख्य प्रतिबल के भाग की सुनिश्चित जोड़ी के साथ जोड़ा जाता है।

तीनों प्रकार के भ्रंश, मुख्य प्रतिबल के तीनों भागों के साथ निम्नलिखित तरीके से संबन्धित होते हैं-

सामान्य भ्रंश - अधिकतम मुख्य प्रतिबल

अनुदैर्घ्य-सर्पण भ्रंश - बीच का मुख्य प्रतिबल

क्षेप भ्रंश - न्यूनतम मुख्य प्रतिबल

जलाशय में जल के ऊर्ध्व भार के निम्नलिखित प्रभाव होते हैं। वह :

- सामान्य भ्रंश क्षेत्र में भूकंपनीयता को ट्रिगर करने में बढ़ावा देता है।
- अनुदैर्घ्य-सर्पण भ्रंश क्षेत्र में भूकंपनीयता में कोई प्रभाव नहीं डालता हैं।

- क्षेप-भ्रंश क्षेत्र में भूकंपनीयता में कमी करने में सहायता करता है।

इन सबको "मोर" चित्र (चित्र-2) द्वारा दर्शाया गया है। इस चित्र में τ कर्तन (शीयर) प्रतिबल है तथा σ मुख्य प्रतिबल है।

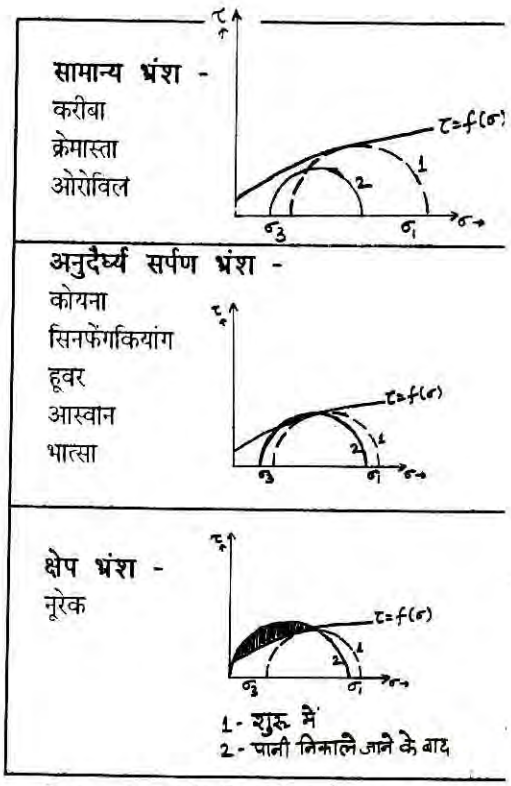
छिद्र द्रव दबाव बढ़ने से (जिससे कि अभिलंब वास्तविक प्रतिबल घट जाता है) किसी भी जलाशय वाले क्षेत्र में हमेशा भूकंपनीयता ट्रिगर होने की संभावना रहती है। इसी कारण शायद क्षेप भ्रंश वाले स्थानों में प्रेरित भूकंपनीयता का अभाव पाया गया है तथा बहुधा प्रेरित भूकंपनीयता सामान्य भ्रंश व अनुदैर्घ्य-सर्पण भ्रंश वाले क्षेत्रों में ही पायी गयी है। पानी निकाले जाने का, सैद्धांतिक रूप से, अलग-अलग प्रकार के भ्रंशों के क्षेत्र में जो प्रभाव होता है उसे "मोर" चित्र द्वारा दिखाया गया है (चित्र-3)।

इनके अलावा, भ्रंश की दरार में पानी के रिसने से, चट्टानों के बीच घर्षण बल कम होने के कारण भी एकत्रित ऊर्जा निकल सकती है। दूसरे शब्दों में हम यह कह सकते हैं कि पानी भ्रंश में चिकनाई जैसा काम करता हैं जिससे चट्टानें एक दूसरे के सापेक्ष आसानी से खिसक सकती हैं।

जलाशय प्रेरित भूकंपनीयता के कालिक वितरण में दो विभिन्न प्रकार की अनुक्रियाएं देखी गयी हैं :

(1) तीव्र अनुक्रिया - इसमें जलाशय में पहली बार पानी भरने के तुरंत बाद ही भूकंपनीयता प्रेरित होने का असर मालूम पड़ने लगता है। बहुधा कम परिमाण वाले छोटे भूकंप प्रेरित होते हैं, जलाशय से कम दूरी पर भूकंपों की उत्पत्ति होती है तथा जलाशय के पानी की सतह के बदलाव (अधिक होना या कम होना) पर इन भूकंपों की उत्पत्ति निर्भर करती है। तालिका-1 में उदाहरण सहित जलाशयों के नाम दिये गये हैं।

(2) धीमी अनुक्रिया - इसमें जलाशय भरने के काफी समय के बाद भूकंपों का प्रेरित होना शुरू होता है। अकसर इसमें बड़े परिमाण के भूकंपों के आने की सम्भावना होती है। जलाशय से अधिकेन्द्र की दूरी कुछ अधिक भी हो सकती है तथा जलाशय में पानी की सतह के बदलाव का इस प्रकार की प्रेरित भूकंपनीयता से कोई सीधा संबन्ध नहीं होता है। इसके लिए भी तालिका-1 में उदाहरण दिये गये हैं।



चित्र - 3. पानी निकाले जाने का प्रभाव

उपरोक्त दोनों अनुक्रियाओं में तीव्र अनुक्रिया के बारे में यह कह सकते हैं कि जलाशय में जल भरने के तुरंत बाद से ही भूकंपनीयता शुरू हो जाती है तथा 2-3 वर्ष के भीतर भी यदि भूकंप प्रेरित हों, तो तीव्र अनुक्रिया में उनको रखा जा सकता है। इसके विपरीत, भूकंप यदि जलाशय में जल भरने के लगभग 8-9 वर्ष या उसके भी बाद में आयें, तो उन्हें धीमी अनुक्रिया वाले प्रेरित भूकंप कहा जाएगा। इन दोनों के अलावा, कुछ उदाहरण ऐसे भी हैं जिनमें भूकंपनीयता करीब 5 वर्ष के आसपास प्रेरित होती है। तब उनको इन दोनों अनुक्रियाओं के बीच वाली श्रेणी में होने वाला कहा जा सकता है।

इन अनुक्रियाओं के द्वारा भूकंपनीयता कैसे व क्यों प्रेरित होती है, इसके बारे में अभी तक ठोस कारण नहीं ज्ञात हैं। कालिक सह-संबन्ध पर कार्य करने के लिए काफी कठिनाइयाँ सामने आती हैं, क्योंकि जलाशयों के बनने व जल भरने से पहले उस क्षेत्र की भूकंपनीयता के

तालिका-1

क्रिया	जलाशय का नाम	देश	ऊँचाई (मीटर)	आयतन (मिलियन घन मी.)	वर्ष (पानी भरा)	वर्ष (भूकंप आये)	भूकंप का परिमाण (सबसे बड़ा)	
	कोयना	भारत	103	2,780	1962	1967	6.3	
	क्रेमास्ता	ग्रीस	160	4,750	1965	1966	6.1	
	करीबा	जांबिया/जिंबाब्वे	128	1,75,000	1958	1963	6.0	
	सिंगफेंगकियांग	चीन	105	13,896	1959	1962	6.0	
	ओरोविल	अमेरिका	236	4,400	1967	1975	5.7	
	मैराथन	ग्रीस	67	41	1929	1938	5.7	
	आस्वान	इजिप्ट	111	1,64,000	1964	1981	5.3	
स	हूवर	अमेरिका	221	36,703	1935	1939	5.0	
	बेनमोर	न्यूज़ीलैंड	110	2,040	1964	1966	5.0	
	यूकम्बेन	आस्ट्रेलिया	116	4,761	1957	1959	5.0	
	मोन्टेनार्ड	फ्रांस	155	275	1962	1963	4.9	
	नूरेक	सोवियत संघ	317	11,000	1972	1972	4.6	
	मैनिक-3	कैनाडा	108	10,423	1975	1975	4.1	
	कुरोबे	जापान	186	149	1960	1961	4.9	
	कर	अमेरिका	60	1,505	1958	1971	4.9	
	भात्सा	भारत	88	957	1978	1983	4.9	
	कास्त्राकी	ग्रीस	96	1	1969	1969	4.6	
	क्लार्क हिल	अमेरिका	60	3,517	1952	1974	4.3	
	लालबिंगो	आस्ट्रेलिया	162	935	1971	1973	3.5	
	ब्लावरिंग	आस्ट्रेलिया	112	1,628	1968	1973	3.5	
	कौन्ट्रा	स्विटज़रलैंड	220	86	1963	1965	3.0	
	इदुक्की	भारत	169	1,996	1975	1977	3.5	
	मोन्टीसेलो	अमेरिका	129	500	1977	1979	2.8	
	केबान	तुर्की	212	31,000	1973	1973	3.5	
	कामाफुसा	जापान	47	45	1970	1970	3.0	
	भाखड़ा नंगल	भारत	226	9,868	1958			
	मांगला	पाकिस्तान	116	7,250	1967			
	तरबेला	पाकिस्तान	143	13,960	1974			
	एंडरसन	अमेरिका	72	110	1950			पानी भरने के बाद भूकंपनीयता में कमी अथवा कोई बदलाव नहीं हुआ ।
	फ्लैमिंग गौर्ज	अमेरिका	153	4,674	1962			
	ग्लेन कैनियान	अमेरिका	216	33,305	1963			
	रांगेली	अमेरिका						इन स्थानों पर द्रव्य के निकाले जाने पर या डाले जाने से भूकंप प्रेरित हुए ।
	डेल							
	राकी माउन्टेन							
	गीज़र्स							

आंकड़े मौजूद नहीं होते हैं। परन्तु आजकल जो जलाशय बनाये जा रहे हैं उनमें जल भरने के पूर्व ही आंकड़ों के उपार्जन व विश्लेषण की व्यवस्था की जाती है, ताकि जल भरने के बाद यदि भूकंप प्रेरित होते हैं, तो उनका तुलनात्मक अध्ययन भलीभांति किया जा सके।

तालिका-1 में जहाँ शुरू में "अ" लिखा है इसका मतलब है कि वह तीव्र अनुक्रिया का उदाहरण है, जहाँ "ब" लिखा है वह धीमी अनुक्रिया का उदाहरण है, जहाँ "स" लिखा गया है वह बीच की अनुक्रिया (न तो तीव्र, न तो धीमी) कही जा सकती है।

आमतौर पर यह देखा गया है कि प्रेरित भूकंपों की आवृत्ति निम्नलिखित बातों पर निर्भर करती है :

(1) किस दर से जलाशय में जलस्तर बढ़ता है?

(2) कितने समय के लिए जलाशय में पानी भरा रहता है?

(3) किस अधिकतम ऊँचाई तक जलाशय में पानी भरा रहता है?

(4) अधिकतम समय जब तक जलस्तर अधिक से अधिक ऊँचाई पर बना रहता है?

यदि तीव्र दर से जलाशय में पानी भरे जाने या निकाले जाने से भूकंपनीयता प्रेरित होती है, तो पानी (भरने या निकलने) की दर को एक सीमा के अन्दर रखने पर प्रेरित भूकंपनीयता को काबू में कर सकते हैं। वास्तव में, इस प्रकार के प्रयोग कुछ जलाशयों में करने पर आशानुरूप अच्छे परिणाम प्राप्त हुए हैं।

इतने सारे जलाशयों द्वारा प्रेरित भूकंपों की जानकारी होने के बाद ऐसा लगता है कि शुरू-शुरू में अधिक परिमाण वाले भूकंप प्रेरित होते हैं, फिर धीरे-धीरे जैसे-जैसे समय बीतता जाता है, प्रेरित भूकंपों के परिमाणों व आवृत्ति में कमी होती जाती है। इस प्रकार, लगता है कि समय के साथ-साथ, जलाशय वाले क्षेत्र में एक प्रकार का नया संतुलन बन जाता है तथा कई वर्षों के बाद भविष्य में एक समय ऐसा भी आ सकता है, जब जलाशय शायद एक झील जैसा व्यवहार करे और भूकंप बिल्कुल भी प्रेरित न हो पाएं।

कुछ मुख्य उदाहरण

कुछ निम्नलिखित मुख्य जलाशयों का संक्षेप में वर्णन किया जा रहा है, जहाँ पर प्रेरित भूकंपनीयता में बदलाव पाया गया है। इन जलाशयों द्वारा ही हमें प्रेरित भूकंपों की प्रक्रियाओं, अनुक्रियाओं, आंकड़ों, विधियों बारे में काफी जानकारी हासिल हो पायी है।

सबसे पहले चार ऐसे जलाशयों के बारे में विवर दिया जा रहा है जिनमें रिक्टर पैमाने पर 6 या उस अधिक परिमाण वाले भूकंप प्रेरित हो चुके हैं -

(1) **कोयना बांध** - यह बांध 103 मी. ऊँचा है व भार के दक्षिण-पश्चिम में महाराष्ट्र राज्य में स्थित है। इस बां में 1962 में पानी भरना शुरू हुआ था तथा उसके बा से ही छोटे-छोटे भूकंप प्रेरित होने शुरू हो गये थे। उ क्षेत्र में जलाशय में पानी भरने के पहले भूकंपों के आ की कोई जानकारी नहीं है। 1962 से 1967 तक के वर्ष के दौरान छोटे भूकंपों के आने का सिलसिला जा रहा। फिर 10 दिसम्बर 1967 को 6.3 परिमाण का भूकं प्रेरित हुआ था जिसमें 200 से भी अधिक लोग मारे ग थे, लगभग 1500 व्यक्ति हताहत हुए थे तथा लाखों लो बेघरबार हो गये थे। इस प्रकार के विध्वंसक भूकंप क किसी ने लेश मात्र भी कल्पना नहीं की थी। भूकंप विज्ञा के इतिहास में आज तक का यह सबसे बड़ा प्रेरित भूकं माना जाता है।

(2)**सिनफेंगकियांग बांध** -यह 105 मी. ऊँचा बांध कैन्टन चीन में स्थित है। इसमें 1959 में पानी भरना शुरू हुअ था। पानी भरे जाने के पहले भी कुछ भूकंप आते थे, लेकि कोई विध्वंसक भूकंप पहले कभी नहीं आया था। पानी भर के बाद कुछ छोटे-छोटे भूकंप आते थे। अतः बांध की सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए तकनीकी विशेषज्ञों ने बांध को और अधिक मजबूती प्रदान की। फिर उसके बाद 19 मार्च 1962 को 6.0 परिमाण का भूकंप प्रेरित हुआ जिसके कारण बांध में 82 मीटर लम्बी दरार पड़ गयी थी। यदि इस मुख्य बड़े प्रघात के पहले बांध मजबूत न किया गया होता, तो शायद उसके टूटने का भी खतरा था।

(3) **करीबा लेक** - यहाँ 128 मी. ऊँचा बांध जांबिया-जिम्बाब्वे की सीमा पर स्थित है। इसमें 1958 में पानी भरा गया तथा 5 वर्ष बाद, 1963 में काफी भूकंप प्रेरित हुए। 23 सितंबर 1963 को ही 6.0 परिमाण का विध्वंसक भूकंप आया।

(4) **क्रेमास्ता लेक** - यह 160 मी. ऊँचा बांध ग्रीस में स्थित है। इसमें जुलाई 1965 में सबसे पहले पानी भरा गया, फिर उसके कुछ ही समय बाद भूकंप प्रेरित होने

ारु हो गये। दिसम्बर 1965 में तो बहुत अधिक संख्या भूकंप आए। इसके बाद, 5 फरवरी 1966 को 6.1 रिमाण का भूकंप प्रेरित हुआ।

इन चार बड़े भूकंपों के अलावा, सात ऐसे दाहरण है जिनमें प्रेरित प्रक्रिया द्वारा 5 व 6 परिमाण के ोच के भूकंप आये हैं। सभी के लिए यहाँ इस लेख में ग्वरण देना सम्भव नहीं है। तालिका-1 में इसके कुछ दाहरण हैं। एक सबसे रोचक व नया उदाहरण आस्वान ांध (नासेर लेक, ईजिप्त) का है जिसमें 14 नवम्बर 1981 ो 5.5 परिमाण का भूकंप प्रेरित हुआ था । इसकी विशेषता ह थी कि इस जलाशय में 1964 में सबसे पहले पानी रा गया था तथा उसके 17 वर्षो बाद ही भूकंपनीयता रित हो सकी। यह एक धीमी अनुक्रिया का ज्वलंत उदाहरण ।

इसके बाद, 14 ऐसे उदाहरण हैं जिनमें 4 से ; परिमाण के भूकंप प्रेरित हो चुके हैं। उनमें एक उदाहरण ात्सा (महाराष्ट्र) जलाशय का है जिसमें 15 सितंबर 1983 ो 4.5 परिमाण का भूकंप प्रेरित हुआ था। भात्सा जलाशय ें भूकंपों के अभिलेखन व आँकड़ों को एकत्रित करने का काम भा.अ.प. केन्द्र के भूकंप विज्ञान अनुभाग द्वारा 1988 से किया जा रहा है। तीव्र अनुक्रिया की श्रेणी में एक अच्छा उदाहरण नूरेक बांध का है जो ताजिकिस्तान रिपब्लिक (पहले ोवियत संघ का एक हिस्सा) में स्थित है। यह अभी तक का विश्व का सबसे ऊँचा बांध है जिसकी ऊँचाई 317 मी. है। इस जलाशय की भूकंपनीयता को मापने का काम बांध बनने के काफी पहले से ही किया जा रहा है ताकि जलाशय में जल भरने के पहले व बाद के प्रभावों का भलीभांति विश्लेषण किया जा सके। इस क्षेत्र की प्राकृतिक भूकंपनीयता काफी ज्यादा है और जलाशय बनने के पहले भी इसके आसपास के स्थानों में भूकंप आते रहे हैं, लेकिन जलाशय में 1972 में 100 मी. ऊँचाई तक पानी भरने के बाद तुरन्त 4.3 व 4.5 परिमाण के भूकंप प्रेरित हुए। उसके बाद, 1976 में जब 200 मी. की ऊँचाई तक पानी भरा गया, तो दोबारा भूकंपनीयता प्रेरित हुई व भूकंपों में वृद्धि हुई। यद्यपि यह क्षेत्र क्षेप भ्रंश में आता है, फिर भी सिद्धांत के विपरीत यहाँ भूकंपनीयता प्रेरित हुई। ऐसी भूकंपनीयता का क्षेप भ्रंश के क्षेत्र में प्रेरित होने का कारण शायद यह हो सकता है कि जलाशय में जल के भार का प्रभाव तथा छिद्र द्रव दबाव एक दूसरे की विपरीत दिशा में कार्य करते हुए ऊर्जा निकालने में सहायक होते हैं।

4 परिमाण से कम के अनेकों भूकंप प्रेरित हुए हैं जिनके बारे में इस लेख में वर्णन करना सम्भव नहीं है ।

तालिका-1 में देखने से यह पता चलता है कि भूकंपनीयता प्रेरित करने में जलाशय के आयतन की अपेक्षा उसकी गहराई अधिक महत्त्व रखती है। साथ ही साथ, भूकंप के अधिकतम परिमाण का मान गहराई अथवा आयतन पर निर्भर नहीं करता है। अन्य कई बातें, जैसे उस क्षेत्र का विवर्तन, चट्टानों में पानी रिसने की क्षमता, भ्रंशों का पैटर्न आदि की भी जानकारी प्रेरित भूकंपनीयता को समझने के लिए अत्यावश्यक है। इसके बारे में वैज्ञानिकों ने बहुत कुछ ज्ञान प्राप्त किया है लेकिन फिर भी आज तक सौ प्रतिशत विश्वास के साथ इनसे जुड़े प्रश्नों के उत्तर नहीं दिये जा सकते हैं। अभी हमें जलाशय प्रेरित भूकंपनीयता की और भी बहुत सी जानकारी प्राप्त करना है।

(पृष्ठ 20 का शेष)

ने 1990-99 तक के दशक को प्राकृतिक संकटनिवारण दशक के रूप में मनाने का निश्चय किया है। भारत सरकार भी इसमें भाग ले रही है। इस दशक में लोगों को विभिन्न प्राकृतिक संकटों के बारे में जागृत करना तथा वैज्ञानिक दृष्टिकोण से संकट निवारण के उपायों से परिचित कराने का लक्ष्य है। इस प्रयास में रेडियो, दूरदर्शन तथा वृत्तपत्रिकाएं महत्त्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। इन माध्यमों के द्वारा जनसामान्य को जागृत किया जा सकता है।

खान सुरक्षा में भूकंप विज्ञान की उपादेयता

प्रकाश चंद्र झा एवं डा. एन.एम. राज
राष्ट्रीय शिला यांत्रिकी संस्थान
कोलार गोल्ड फील्ड, कोलार - 563117

मानवीय क्रियाकलापों से पर्यावरण में हो रहे द्रुतगामी परिवर्तनों के कारण जन-उत्प्रेरित भूकंपों की संख्या में अत्यधिक वृद्धि हुई है। भूमिगत खनन कार्य, पनबिजली के लिए नदी की धार को रोककर बनाये जा रहे बाँध, यातायात के लिए बनायी जा रही सुरंगें और शांतिपूर्ण कार्यों के लिए नाभिकीय ऊर्जा का इस्तेमाल इत्यादि कुछ ऐसे महत्त्वपूर्ण क्षेत्र हैं, जिनके कारण भू-पर्यावरण के संतुलन में छोटे या बड़े पैमाने पर बदलाव आता है। इसके अलावा, सिविल इंजीनियरिंग या पोखरिया खदानों में नियमित रूप से व्यवहार में आने वाले सतही विस्फोट भी हमारे पर्यावरण को बहुत हद तक प्रभावित करते हैं। इन सभी क्रिया-कलापों के परिणाम इतने घातक होते हैं कि इन्होंने ''उत्प्रेरित भूकंप-विज्ञान'' नामक एक नये विषय को जन्म दिया है, जिसमें इन सभी प्रकार की भूकंपीय गतिविधियों का विशेष रूप से तैयार किये गये नेटवर्क के द्वारा काफी बारीकी से अध्ययन किया जाता है।

जनमानस के विकास के लिए जहाँ एक ओर भूतल के किसी भाग को नियमित रूप से दबाव और दबाव-मुक्त करने के प्रयास अनिवार्य हैं, वहीं दूसरी ओर इन एक तरफा विकास कार्यकलापों के लिए इनके विनाशकारी दुष्प्रभाव एक सबसे बड़ी चुनौती हैं। इन कारणों से उत्पन्न हुई भूकंपीय गतिविधियाँ साधारणतया क्षणिक होती हैं। कम गहराइयों से संबंधित इनकी व्युत्पत्ति के बावजूद, ये लघु-भूकंप बड़े पैमाने पर क्षति पहुँचाते हैं जिससे स्थानीय निवासी भी गंभीर रूप से प्रभावित होते हैं। कभी-कभी इन छोटे भूकंपों का परिमाण ''रिक्टर स्केल'' पर 4.0 तक पहुँच जाता है, जो अपने आप में एक बहुत बड़ी घटना है।

विभिन्न प्रकार के उत्प्रेरित भूकंपों में खनन-उत्प्रेरित भूकंपों का अध्ययन एक रोचक विषय है। भूमिगत खनन कार्यों से पर्यावरण में हो रहे बदलाव की परिणति भूतल के धसने(भू-धसकन) में हो सकती है जो उन क्षेत्रों में व्यापक स्तर पर होते हैं, जहाँ खनन कार्य कई दशकों से अनवरत होते रहे हैं। इनके अलावा, भू-धसकन, खानों में लगी आग के कारण भी हो सकते हैं, विशेषकर कोयला खानों में, जो प्रज्वलन के प्रति अत्यंत संवदनशील होती है। इन सतही लक्षणों के अतिरिक्त, भूमिगत खनन कार्य भी, जो स्थानीय दबाव की स्थिति को अस्तव्यस्त कर देते हैं, लघु भूकंपों के जनक हो सकते हैं, बशर्ते कि चट्टानों में वर्तमान दबाव अपनी चरम स्थिति पर हो। धातु खनन के क्षेत्र में सामान्य लघु-भूकंपीय गतिविधियों को ''शिलाविस्फोट'' और कोयला खनन में ''उछाल'' के रूप में जाना जाता है। खानों की वजह से हो रहे इन भूकंपों का चाहे जो भी कारण हो, इसका परिणाम काफी घातक होता है। भूगर्भ में हुई अपार क्षति के अलावा, ये शिलाविस्फोट खनन उद्योग में हुई लगभग 50% घातक दुर्घटनाओं के लिए भी जिम्मेदार हैं। अब तक ज्ञात वैज्ञानिक प्रयासों से भी इनकी व्युत्पत्ति के कारणों को पूर्ण रूप से नहीं समझा जा सका है, परिणामतः खनन उद्योग के क्षेत्र में ये उत्प्रेरित भूकंप आज के युग की सबसे गंभीर विपदा हैं।

शिलाविस्फोट की विभीषिकाएं

भूमिगत कार्यक्षेत्र से संबंधित होने के कारण शिलाविस्फोट को आज के युग की सबसे खतरनाक विपदा माना जाता है। कार्यरत निखनि-गर्त(स्टोप) में होने वाले किसी शिलाविस्फोट के समय खनिकों को बचकर निकलने का कोई मौका ही नहीं मिलता है और उन्हें इनके प्रभाव में आकर जान से हाथ धोना पड़ता है। खनन उद्योग के उत्तरोत्तर गहराइयों में अग्रसर होने की वर्तमान स्थिति में यदि शिलाविस्फोट के रोकथाम की उचित विधि को अपनाते हुए खनन कार्य को युक्ति-युक्त ढंग से नहीं किया गया, तो आने वाले दिनों में शिलाविस्फोट की विभीषिकाएं अपनी चरम सीमा को छू लेंगी। शिलाविस्फोट के विनाशकारी प्रकोप को खनन क्षेत्र एवं खनन यंत्रों की भीषण बर्बादी, खनिकों की घातक दुर्घटनाओं से लेकर, भूतल पर निर्मित भवनों एवं अन्य निर्माणों को पहुँची अपार क्षति में देखा जा सकता है। इसके अलावा, उत्पादन में घाटा और शिलाविस्फोट के प्रति संवेदनशील क्षेत्रों के रखरखाव के अतिरिक्त-खर्चे भी इस विपदा को और भीषण बना देते हैं। चाहे जो भी कारण हो, शिलाविस्फोट द्वारा ढाये गये क्षणिक कहर का

ज अनुमान नहीं लगाया जा सकता है।

यदि भवनों एवं अन्य निर्माणों का ही जायजा या जाये, तो कोलार स्वर्ण क्षेत्र में शिला-खंडों से बने रीबन सारे विशाल भवनों को विभिन्न स्तरों पर भारी ते हुई है। जमीन और दीवारों पर पड़ी बड़ी-बड़ी दरारें लाविस्फोट की विभीषिका के मानो जीवंत प्रमाण हैं। वर्ष 952 में हुए शिलाविस्फोट ने आवश्यक सेवाओं को भी ीं बख्शा; चैम्पीयन रीफ रेल्वे स्टेशन, अस्पताल भवन, जली घर इत्यादि को भारी क्षति पहुँची और लगभग लाखों यों का नुकसान हुआ था।

लगातार हो रहे शिलाविस्फोट ने कोलार स्वर्ण र को देश का एक संवेदनशील लघु-भूकंप क्षेत्र बना या है। शिलाविस्फोट और इसका प्रकोप यहाँ के जनजीवन आम बात हो गयी है। अतीत में शिलाविस्फोट द्वारा त्पन्न भू-प्रकंपन दूर के भूकंपिक-व्यूह-स्थानक में भी भिलेखित हुआ है। इस परिदृश्य में सामान्य भू-प्रकंपन र का पता लगाकर खान सुरक्षा को सुनिश्चित करने भूकंप विज्ञान की भूमिका बहुत ही महत्त्वपूर्ण है। यहाँ गातार हो रहे भूकंपीय अध्ययन और इसके द्वारा सुझाये ये सुरक्षा प्रबंधों को सक्रिय रूप से लागू करने के कारण इन विषम परिस्थितियों में भी आज तक कोलार स्वर्ण त्र में खनन कार्य जारी हैं।

लाविस्फोट के अध्ययन में भूकंप विज्ञान की भूमिका

जहाँ तक पर्यावरण का सवाल है, शिलाविस्फोटों वं लघु भूकंपों में काफी समानता है, लेकिन एक ओर हाँ लघु-भूकंप पूर्णतः प्राकृतिक घटना है जिसमें जान-ाल का नुकसान लगभग नगण्य होता है, वहीं दूसरी ओर शलाविस्फोट प्राकृतिक रचनाओं पर कृत्रिम आघात के प्रभाव ो दर्शाते हुए बड़े पैमाने पर क्षति पहुँचाता है। व्यावहारिक ौर पर प्राकृतिक भूकंप-विज्ञान के सभी नियम शिलाविस्फोट र भी समान रूप से लागू होते हैं, अतः शिलाविस्फोट क्षेत्र में भूकंप-विज्ञान संबंधी अध्ययन का खनन कार्य व्यावहारिक क्षेत्र के साथ-साथ, प्राकृतिक भूकंप-विज्ञान क्षेत्र में भी महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इसी सिद्धांत के आधार पर भूकंप-विज्ञान के सभी नियम शिलाविस्फोट या अन्य खनन उत्प्रेरित भूकंपों के लिए भी लागू होते ैं, अतः इस 28 वर्ष की छोटी सी अवधि में ही खनन-उत्प्रेरित भूकंपों ने भूकंप-विज्ञान के क्षेत्र में अपना एक पृथक स्थान बना लिया है। गहरी खानों की भू-नियंत्रण संबंधी समस्याओं का पता लगाने के लिए भू-प्रकंपन का अनुश्रवण करना आजकल एक मूलभूत नियम सा हो गया है। शायद अब तक कोई ऐसी दूसरी पद्धति नहीं विकसित हो पायी है जो बढ़ते हुए खनन कार्य के साथ-साथ, शिलाओं में दबाब के बदलते हुए परिवेश का इतनी बारीकी से अध्ययन कर सके, अतः आज के दिनों में भू-प्रकंपन के अनुश्रवण की भूमिका एक चौकस नेटवर्क के रूप में निस्संदेह सत्य साबित हुई है। यदि भूकंप-विज्ञान के विभिन्न पहलुओं पर समुचित रूप से विचार किया जाये, तो शिलाविस्फोट तथा खान-सुरक्षा के क्षेत्र में इसके योगदान को और भी अच्छी तरह से दर्शाया जा सकता है। कुछ चुनिंदे क्षेत्र, जिनके द्वारा खानों में सुरक्षा सुनिश्चित करने में भूकंप-विज्ञान ने अपने आप को एक शक्तिशाली माध्यम के रूप में दर्शाया है, इस प्रकार हैं :

1.स्रोतों का स्थान निर्धारण

शिलाविस्फोट के संकट के निराकरण में भूकंप-विज्ञान का मूलभूत योगदान स्रोतों का पता लगाने की पद्धति का है। शिलाविस्फोट द्वारा उत्पन्न तीव्र झटके समस्त खनन क्षेत्र में महसूस होते हैं। जब तक ये स्रोत किसी भूमिगत कार्यस्थल से संबंधित नहीं रहते हैं, इनका पता लगाना लगभग असंभव रहता है। सही ढंग से बनाये गये भूकंपिक नेटवर्क से इन लघु-भूकंपों(शिलाविस्फोट) के उद्गम स्रोतों को सुनिश्चित करने में मदद मिलती है, फलतः उन क्षेत्रों में उचित निवारक और प्रतिरोधात्मक कदम उठाकर भविष्य में होने वाले इस तरह के शिलाविस्फोटों को कम किया जा सकता है।

2. शिलाविस्फोटों का परिमाण-निर्धारण

साधारणतया यह अनुमान लगाया जाता है कि शिलाविस्फोटों की तीव्रता गहराई के साथ बढ़नी चाहिए, लेकिन अधिकांश घटनाओं में यह बात सच नहीं पायी जाती है, अतः यदि इस अनुमान को सिद्धांत मानकर चला जाये, तो ये खानों में दबाब की स्थिति के बारे में गलत संकेत दे सकते हैं, अतः शिलाओं में प्राकृतिक परिस्थितियों में दबाब की स्थिति की सही जानकारी के लिए शिलाविस्फोटों का परिमाण-निर्धारण एक अपरिहार्य आवश्यकता है। इससे खानों के भविष्य की संरचना के निर्धारण में भी मदद मिलती है। भूकंपिक अध्ययन द्वारा

शिलाविस्फोटों में उत्सर्जित ऊर्जा के आधार पर इनके परिमाण निर्धारण संबंधी एक उचित मापदण्ड को विकसित किया जा सकता है। ये मापदण्ड भूकंपिक आँकड़ों के आकलन में एक विशिष्ट स्थान रखते हैं।

3. अधिक दबाब वाले क्षेत्रों का सीमा निर्धारण

जैसाकि पहले कहा जा चुका है, भूमिगत खुदाई कार्यों से स्थानीय दबाब की स्थिति बिगड़ जाती है। अनवरत खनन के कारण कार्यरत निखनि-गर्त (स्टोप) के सम्मुख एक अधिक दबाब का क्षेत्र बन जाता है। ये अधिक दबाब धीरे-धीरे पड़ोस के क्षेत्रों में विलीन हो जाते हैं, लेकिन खनन कार्य और उनसे उत्पन्न होनेवाले इन अधिक दबाबों के विसर्जन में कुछ समय का अंतराल रहता है जिसके कारण ही कार्यस्थल के सम्मुख अस्थायी तौर पर एक अधिक दबाब का क्षेत्र बन जाता है। खनन वातावरण की सुरक्षा सुनिश्चित करने में ये अधिक दबाब के क्षेत्र विशेष रूप से बाधक हैं, क्योंकि अधिक दबाब के क्षेत्र शिलाविस्फोट के प्रति ज्यादा संवेदनशील होते हैं। ऐसे क्षेत्रों का पूर्वाभास खानों की सुरक्षा की स्थिति को सुधारने में विशेष लाभदायक सिद्ध होता है। भूकंपिक आँकड़ों के आकलन द्वारा इन विषम परिस्थितियों के बारे में विस्तृत जानकारी मिलती है, जो कि खान-सुरक्षा के उपायों को सुझाने की एक महत्त्वपूर्ण कड़ी है।

4. स्थानीय और क्षेत्रीय भूकंपिक स्तर का आकलन

खनन क्षेत्र में भूकंपिक स्तर वहाँ के वर्तमान दबाब की स्थिति के द्योतक हैं, अतः खनन क्षेत्र की क्षेत्रीय भूकंपिक स्थिति के विश्लेषण से खनन क्षेत्र में भू-स्थिरता की स्थिति की जानकारी मिलती है जो दीर्घकालीन खान योजना में सहायक होती है। ठीक इसी तरह, स्थानीय भूकंपिक आँकड़ों के विश्लेषण से किसी विशेष क्षेत्र में बन रहे दबाब की विषम परिस्थितियों का अंदाजा लगता है। इन आँकड़ों के आधार पर खानों में उपयुक्त सुरक्षात्मक कदम उठाये जा सकते हैं। इस तरह, क्षेत्रीय और स्थानीय भूकंपिक अनुश्रवण खानों में सुरक्षा सुनिश्चत करने में एक-दूसरे के पूरक हैं, अतः आजकल खानों में सुरक्षित वातावरण निर्धारित करने या विषम खनन परिस्थिति का पता लगाने में भूकंपिक अनुश्रवण का उपयोग अपरिहार्य हो गया है।

5. विध्वंसकारी नमूनों का प्रतिरूपण

खनन क्षेत्र में चट्टानों के हटने या विस्फोटक स्थिति में आने (शिलाविस्फोट या अन्य प्रकार की समरूप घटना की भविष्यवाणी करना खनन अभियंताओं का ए चिरकालीन, किन्तु अधूरा सपना रहा है, लेकिन भवि में झांकने के सभी प्रयास किसी-न-किसी स्तर पर असफ सिद्ध होते रहे हैं। हालाँकि अस्थिर स्थिति की भविष्यवा मात्र से खनन वातावरण को सुरक्षित नहीं बनाया जा सक है, फिर भी आनेवाले भूकंपिक खतरों के पूर्ण संकेत पा से इन स्थानों पर जान-माल की सुरक्षा सुनिश्चित की ज सकती है। भूकंपिक आँकड़ों के विश्लेषण इस विशिष्ट क्षे में भी कुछ सुराग पाने के संकेत देते हैं।

प्रायः ऐसा देखा गया है कि किसी ब शिलाविस्फोट के पूर्व होने वाले सूक्ष्म भूकंपिक उत्सर्ज कुछ विशेष नमूनों (पैटर्न) का अनुसरण करते हैं। इन नमू के अनुरूप भविष्य में यदि ऐसी प्रक्रिया दुहरायी जात है, तो अवश्यम्भावी खतरों के बारे में पूर्व जानकारी द जा सकती है। इस तरह के कई पूरोवर्ती (Precursor विध्वंसकारी नमूने हैं जिनकी अब तक पूर्ण पहचान नहं हो पायी है, फिर भी शिलाविस्फोट की भविष्यवाणी में भूकंप-विज्ञान की भूमिका को नकारा नहीं जा सकता।

अतः जैसा कि हम देख चुके हैं, भूकंप विज्ञा और भूकंपिक अध्ययन का खानों में सुरक्षित वातावरण कायम करने में एक महत्त्वपूर्ण स्थान है।

कोलार स्वर्ण क्षेत्र में खान सुरक्षा के लिए किये गये भूकंपिक अध्ययन

कोलार स्वर्ण क्षेत्र की खानों में शिलाविस्फोट की समस्या कोई नयी बात नहीं है। शिलाविस्फोटों के विनाशकारी असर को भूगर्भ से लेकर इस क्षेत्र के भवनों तक हुई व्यापक क्षति के रूप में देखा जा सकता है। शिलाविस्फोट की उत्तरोत्तर बढ़ती हुई समस्या को देखते हुए वर्ष 1978 में भारत गोल्ड माइन्स लिमिटेड के तत्कालीन अनुसंधान एवं विकास विभाग ने भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के भूकंप विज्ञान अनुभाग के सहयोग से एक भूकंपिक नेटवर्क की स्थापना की थी। इस नेटवर्क के अंतर्गत 8 कि.मी. लम्बाई, 6 कि.मी. चौड़ाई और 3 कि.मी. गहराई वाले सम्पूर्ण खनन क्षेत्र में संसूचक बिछाये गये हैं। भारत के खनन क्षेत्र में इस प्रकार के भूकंपिक संसूचकों के नेटवर्क का यही एक अकेला उदाहरण है। अब तक इस नेटवर्क द्वारा तकरीबन 10,000 से ज्यादा भूकंपिक

ाओं को अभिलेखित किया गया है, जिनमें से शायद
ь घटनाओं को ही भूमिगत शिलाविस्फोट की परिणति
देखा जा सका है, अतः यह एक सतर्क नेटवर्क के
में कार्य कर रहा है। इससे भूगर्भ में शिला-स्थायित्व
विश्लेषण में काफी सहायता मिल रही है जो उत्पादकता
सुरक्षा के बीच की एक महत्त्वपूर्ण कड़ी है। इस अनवरत
पिक अनुश्रवण से निम्नलिखित क्षेत्रों में उल्लेखनीय
यता मिली है :

(1) शिलाविस्फोट के क्षेत्रों का स्थान निर्धारण,
क शिलाविस्फोट से प्रभावित होनेवाले खनन क्षेत्र में सुरक्षा
वस्था के उचित कदम उठाये जा सकें,

(2) शिलाविस्फोट के प्रति संवेदनशील क्षेत्रों में
रोधकों के आकार-प्रकार को सुनिश्चित करना, तथा

(3) शिलाविस्फोट के मूलभूत कारणों की
भाँति जानकारी प्राप्त करना।

गहरे खनन क्षेत्र में बढ़ते हुए शिलाविस्फोटों की
त्ति को देखते हुए, खनन कार्यों के कारण बदलते हुए
व के परिवेश को और करीब से अनुश्रवण किये जाने
आवश्यकता महसूस हुई, ताकि शिलाविस्फोट में खनन
र्य की भूमिका को अच्छी तरह से समझा जा सके। इन
श्यों को ध्यान में रखते हुए वर्ष 1988 में 8-प्रणाली
ला एक सूक्ष्म भूकंपिक नेटवर्क स्थापित किया गया जो
पयन रीफ खान में करीब 2700 मी. की गहराई में
"ऑसबर्न शैफ्ट" के इर्द-गिर्द भूकंपिक स्तर का पता
ाकर विषम दबाव की स्थिति की सूचना देता है। वर्ष
990 में इसी तरह का एक और नेटवर्क इसी खान के
ार्दर्न फोल्ड्स" क्षेत्र में स्थापित किया गया, जिसका
नुश्रवण खान के अंदर ही करीब 2 कि.मी. गहराई में
एक केन्द्र द्वारा किया जाता है। ये दोनों ही नेटवर्क
भा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के सहयोग से स्थापित किये
ो हैं और इनका मूल उद्देश्य गहरे खनन क्षेत्र में होने
ले शिलाविस्फोटों से पूर्व के सूक्ष्म भूकंपों के घटनाक्रम
प्रतिरूपण करना है। नियमित अनुश्रवण से प्राप्त आँकड़ों
विश्लेषण से शिलाविस्फोट के उद्गम की प्रक्रिया के
रे में और ज्यादा जानकारी मिलती है। नियमित अनुश्रवण
अलावा, आँकड़ों के विश्लेषण संबंधी विशिष्ट क्षेत्र, जहाँ
लोग खान-सुरक्षा के क्षेत्र में मूलभूत कार्य करते हैं,
म्नलिखित हैं :

1. सभी भूकंपिक घटनाओं का एक बृहत संगणन (Database)

एक वृहत संगणन द्वारा शिलाविस्फोटों को विभिन्न श्रेणियों में वर्गीकृत करने में सहायता मिलती है जिससे विभिन्न प्रकार के शिलाविस्फोटों की व्युत्पत्ति के कारणों का पता चलता है। इस आधार पर कुल मिलाकर यहाँ पर अब तक पाँच तरह के शिलाविस्फोटों को पहचाना गया है।

2. अधिक दबाव वाले क्षेत्रों का सीमा-निर्धारण

खानों के मुहाने पर एक स्थानीय दबाव क्षेत्र बनना खनन-कार्य की एक सामान्य प्रक्रिया है, लेकिन किसी क्षेत्र में लगातार खनन-कार्य जारी रहने से कुछ ज्यादा दबाव के क्षेत्र बन जाते हैं। इसके कारण एक अस्थिर भू-वातावरण बनता है जो शिलाविस्फोट के प्रति ज्यादा संवेदनशील होता है। हमारे यहाँ इन अधिक दबाव वाले क्षेत्रों के सीमा-निर्धारण के लिए एक परिमाणात्मक विधि विकसित की गयी है। शिलाविस्फोट संबंधी सभी भूकंपिक आँकड़ों का नियमित रूप से विश्लेषण करके ऐसे असुरक्षित क्षेत्रों का पता लगाकर संबंधित खनन-अभियंता को सूचित कर दिया जाता है, ताकि सुरक्षा संबंधी समुचित कदम उठाये जा सकें।

3. भविष्यवाणी के सिद्धांतों को विकसित करना

शिलाविस्फोटों की भविष्यवाणी सम्पूर्ण भूकंपिक अनुश्रवण कार्यों और खनन अभियंताओं का प्रमुख उद्देश्य है। अब तक ज्ञात वैज्ञानिक तरीकों से विश्व में कहीं भी किसी तरह के शिलाविस्फोट की सफल भविष्यवाणी नहीं हो सकी है, लेकिन अतीत के भूकंपिक आँकड़ों के अपकालिक विश्लेषण से भविष्यवाणी संबंधी वृहत सिद्धांतों को प्रतिपादित किया जा सकता है। इस तरह से विकसित एक सिद्धांत (Algorithm) के आधार पर हमारे यहाँ शिलाविस्फोटों का छः माह की अग्रावधि एवं 70% तक की सही संभावना के साथ पूर्वानुमान किया जा सकता है। पिछले दो वर्षों से इस पद्धति से अनुमानित शिलाविस्फोट के आँकड़ों की वास्तविक रूप से अभिलेखित आँकड़ों से तुलना करने से इन तथ्यों की पुष्टि होती है।

4. विनाशकारी लक्षणों का पता लगाना

भूकंपिक अभिलेखों के आधार पर विनाशकारी लक्षणों का पता लगाना शिलाविस्फोट की भविष्यवाणी का एक प्रमुख साधन है। आँकड़ों के अपकालिक विश्लेषण

से कुछ ऐसे लक्षणों का पता चला है जिनके आधार पर भविष्य में शिलाविस्फोट के होने का पूर्वानुमान किया जा सकता है और सुरक्षा संबंधी कदम उठाकर इनके विनाश को कम किया जा सकता है।

5. शिलाविस्फोट और खनन-कार्य के परस्पर संबंध

यद्यपि शिलाविस्फोटों को खनन उद्योग की सबसे भयंकर विपदा के रूप में जाना जाता है, फिर भी अब तक खनन-कार्य और शिलाविस्फोट के पारस्परिक संबंध को ठीक से स्थापित नहीं किया गया है। हमारे यहाँ हो रहे अनुसंधान कार्यों ने इस क्षेत्र में भी कुछ प्रगति की है। खनन-कार्य और शिलाविस्फोटों द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा के परिमाणात्मक संबंध के आधार पर संवेदनशील क्षेत्रों में खनन-कार्य के लिए सुरक्षित सीमा निर्धारित की जा सकती है।

6. सूक्ष्म-भूकंपीय संकेतों की पहचान

किसी बड़े शिलाविस्फोट के पूर्व बहुत से लघु-भूकंप होते हैं। इस सिद्धांत पर इन पूर्वकालिक लघु-भूकंपों और शिलाविस्फोटों के बीच कुछ निश्चित प्रवृत्तियां स्थापित की गयी हैं। इस संदर्भ में और भी अनुसंधान-कार्य जारी हैं। इनके अतिरिक्त, कुछ और भी चुनिंदे क्षेत्र, जहाँ पर हमारे यहाँ अभी अनुसंधान कार्य जारी हैं, निम्नलिखित है:
(1) लघु भूकंपों के विवर्तनी लक्षणों (Spectral Patterns) का पता लगाना,
(2) लघु-भूकंपीय घटनाओं के आधार पर शिलाविस्फोट के लिए अल्पकालिक चेतावनी प्रणाली विकसित करना,
(3) लघु-भूकंपों के आधार पर भविष्यवाणी संबंधी विभिन्न लक्षणों का पता लगाना।

इन अनुसंधान कार्यों को जारी रखने के लिए कोलार स्वर्ण क्षेत्र में भूकंपीय अनुश्रवण आवश्यक है। इन प्रयासों द्वारा संगणित आँकड़े खनन उद्योग या इसी तरह के अन्य परिवेशों में होने वाले भू-नियंत्रण की समस्याओं में इस विधि के सफलतापूर्वक उपयोग के लिए मार्गदर्शक सिद्ध हो सकते हैं।

निष्कर्ष

आज के खनन वातावरण में, जहाँ खनन के आधुनिक पद्धतियों एवं अत्याधुनिक यंत्रों के भरपूर उपयोग ने खनन-कार्य को विषम परिस्थितियों में भी संभव बन दिया है, खानों में सुरक्षा सुनिश्चित करना और अधिक महत्त्वपूर्ण हो गया है। उचित पद्धति से विकसित भूकंपिय नेटवर्क द्वारा खनन क्षेत्र का अनुश्रवण करके खनन संबंधी अधिकतर विपदाओं का निदान किया जा सकता है। भूकंपिय स्रोतों का स्थान निर्धारण करने, अधिक दबाव वाले क्षेत्र का सीमा निर्धारण करने, विनाशकारी लक्षणों का पता लगाने शिलाविस्फोट का प्रतिरूपण करने से लेकर भविष्यवाणी संबंधी अध्ययनों के क्षेत्र तक भूकंपिक अनुश्रवण की एक महत्त्वपूर्ण भूमिका है। आँकड़ों को एकत्रित कर उनके विश्लेषण संबंधी तरीकों के विकास से इस क्षेत्र में किये जा रहे प्रयासों की भूमिका भविष्य में और अधिक उज्ज्वल होगी।

"वैज्ञानिक" का शुल्क

पाठकों से अनुरोध है कि यदि उनका "वैज्ञानिक" का शुल्क समाप्त हो गया हो, तो उसे भेज कर इसका नवीनीकरण करा लें। "वैज्ञानिक" के लिफाफे पर शुल्क सम्बंधी जानकारी दी जाती है। यदि सम्भव हो तो आजीवन सदस्य बन जाएँ।

- सम्पादक

कंप प्रतिरोधी संरचनाएं

अ.स. वारुडकर
न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन,
बम्बई - 400094.

उत्तरी भारत का अधिकतर भाग भूकंपीय दृष्टि क्रियाशील है। प्रायः हिमालय का सीमान्त क्षेत्र, गांगेय श की सतह, पश्चिम भारत, कच्छ तथा काठियावाड़ श भी भूगर्भ विज्ञान की दृष्टि से अस्थायी हैं। इसे विचार रखते हुए भवनों, बांध तथा सेतु जैसी संरचनाओं के र्माण में यह सावधानी बरतनी जरुरी है कि इन संरचनाओं भूकंप प्रतिरोधी शक्ति हो जिससे भूकंप के दौरान इन्हें त न पहुँचे तथा जानमाल की हानि न्यूनतम हो।

भूकंप प्रतिरोधी संरचनाओं के अभिकल्पन तथा र्माण का ध्येय यह हो कि भीषणतम प्रसंभाव्य भूकंप आने स्थिति में संरचना या भवन पूरी तरह धराशायी न हो, केन संरचना को थोड़ी-बहुत क्षति पहुँच सकती है जिसकी ासानी से और न्यूनतम खर्चे में मरम्मत हो सके।

भूकंपों द्वारा उत्पन्न कंपनों के प्रति संरचना की नुक्रिया कई घटकों पर निर्भर करती है, जैसे भूकंप की व्रता, भूकंपीय स्रोत से संरचना की दूरी, स्थानीय भूमि गुणधर्म, संरचना के सक्रिय गुणधर्म, संरचना के निर्माण प्रयोग में लायी गयी सामग्री, संरचना का आकार, रूप ा उसके निर्माण का तरीका इत्यादि। संरचना का भिकल्पन तथा भूकंपीय विश्लेषण करते समय कई प्राचलों चयन पर ध्यान देना आवश्यक है, अतः मुख्य घटकों चयन में अनुभवी लोगों का परामर्श लेना अत्यावश्यक ।

भूकंपी कंपनों की गति अनियमित तथा विभिन्न ावृत्तियों की होती है। पृथ्वी का पिंड इनके लिए छानक ा काम करता है। भूकंप की तरंगें भूपृष्ठ से जब पारित ती हैं, कुछ आवृतियों में वे उन्नत हो जाती हैं तथा न्य आवृतियों में कम हो जाती हैं। इसी तरह, किसी ान में कुछ आवृतियों में प्रचुरता आ जाती है। भूकंप दौरान पूरी इमारत अंतर्वस्तु सहित हिलती है। यह गति भी दिशाओं में उत्क्रमणीय होती है। इमारत या संरचना ा छानक जैसा कार्य करती है और मूलगति का वरणात्मक वर्धन करती है। गति के जैसे घटक जिनकी आवृत्ति संरचना ो स्वाभाविक आवृत्ति से मिलती है, सबसे अधिक प्रवर्धित होते हैं। अन्य आवृत्तियों में गति कम प्रवर्धित या छनती है। गति के त्वरण से द्रव्यमानों पर जड़त्व बल पैदा होता है। संरचना के कुछ अंग जो सामान्यतः उदग्र दिशा में ही भार लेते हैं, क्षैतिज बंकन तथा अपरूपण से प्रभावित हो जाते हैं।

भूकंप से भवनों के ध्वस्त होने या हानि के निम्नलिखित मुख्य कारण होते हैं :

1) यह देखा गया है बड़े और लंबे कक्ष भूकंप में सुरक्षित नहीं रहते, यदि दीवारें कच्ची ईंटों या पत्थरों से बनीं हों। इसलिए यह लाभकारी होगा कि कक्ष छोटे हों, जिनकी लंबाई एवं चौड़ाई 3.5 मीटर से अधिक न हो।

2) असममित तथा विन्यास और आकार में अनियमित भवनों को हानि पहुँचने की संभावना अधिक होती है, क्योंकि ऐसे भवनों में मरोड़ या ऐंठन से ज्यादा अपरूपण बल पैदा होता है। अगर किसी जगह द्रव्यमान या दृढ़ता में आकस्मिक परिवर्तन होता है, तो उससे प्रतिकूल बल-वितरण तथा बलों का केंद्रीकरण होता है।

3) भवनों के पास वाले हिस्सो में भूकंप के दौरान टकराव से भी क्षति पहुँचती है।

4) कई भवन जो संरचना की दृष्टि से दृढ़ होते हैं, नींव में कमजोरी के कारण क्षतिग्रस्त हो जाते हैं। नींव में कमजोरी की वजह से भूपृष्ठ का द्रवण तथा कुंचन हो सकता है। मृदु जलोढ़ मृदा और रेतमय मृदा यदि उनमें अवांछनीय गुणधर्म हों, तो द्रवणशील होती हैं।

5) अप्रबलित चिनाई की दीवारों का जो प्रायः ग्रामीण क्षेत्रों में देखने को मिलती हैं, तनाव तथा अपरूपण प्रतिरोध कम होता है। अगर इस चिनाई में दरवाजे या खिड़कियों के कोनों पर दरारें आती हैं, तो उन्हें भारी क्षति पहुँच सकती है।

6)संरचना में समग्रता का अभाव भी उसकी विफलता का कारण हो सकता है। ढाँचों के कॉलम के बेहद बंकन से या ढाँचों के अवयवों की दृढ़संधि विफल होने से वे गिर सकते हैं। संरचना के विभिन्न अंगों में तथा उनके जोड़ों में कमियाँ और तन्यता की कमी क्षति का कारण बन सकती

है। संरचना के ऊपरी हिस्सों में भारों का केंद्रीकरण तथा गति के त्वरण का प्रवर्धन होने से ऊपरी मंजिलें तथा छत के स्तर पर भारी भूकंपी बल निर्माण होता है। अगर छत के निर्माण में प्रयोग में लायी गयी सामग्री सही तरीके से एक-दूसरे से जोड़ी न गयी हो, या छत से भारी भूकंपी बल सही तरीके से दीवारों तथा ढाँचों पर पारित न हो, तो छत तथा ऊपरी मंजिलों को क्षति पहुँचेगी या वे गिर सकती हैं।

संरचनाओं को प्रायः दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है। एक तो ऐसी संरचना जिसके भूकंप प्रतिरोधी विश्लेषण हेतु समुचित गणितीय प्ररूप का निर्माण किया जा सके तथा उसका यथासंभव पूर्णरूप से अभियांत्रिक विश्लेषण किया जा सके। ऐसी संरचनाओं को अभियांत्रिकीय संरचनाएं कहते हैं, जैसे कंक्रीट के ढाँचों से निर्मित बहुमंजिली इमारतें, बांध, सेतु इत्यादि। दूसरे प्रकार की संरचना का जिसे गैर-अभियांत्रिकीय संरचना कहते हैं, भूकंपीय विश्लेषण करने हेतु गणितीय प्रारूप नहीं बनाया जा सकता, जैसे चिनाई की गयी पत्थर की दीवारों, गीली मिट्टी या कच्ची ईटों के बने मकान इत्यादि। ऐसी संरचना का अभिकल्पन तथा निर्माण प्रायः पहले कभी आये भूकंप के फलस्वरूप संरचना के आचरण का सूक्ष्म निरीक्षण एवं अध्ययन के आधार पर किया जाता है।

संरचना के सामान्य नियोजन तथा अभिकल्पन में निम्न निर्देशित पहलुओं पर बल देना लाभकारक होगा

- संरचनाओं में सममिति, सरलता, नियमितता हो,
- द्वि-अक्षीय सममिति लाभकारक होती है,
- बड़े भवनों का छोटे-छोटे खंडों में पृथक्करण और उनमें सुरक्षित अंतर हो,
- सभी द्रव्यमानों का गुरुत्व-केंद्र जितना नीचे हो सके, उतना उचित है। ऊपरी मंजिलों में भारी भार न रखें,
- जहाँ तक संभव हो, निर्माण सामग्री कम घनत्व की हो,
- भवन के उपांग, जैसे टंकी, मीनार, धुआंकक्ष का प्रयोग अनुचित है,
- नींव की सतह का सही चयन,
- स्थान का योग्य चुनाव जहाँ भू-स्खलन का भय नहीं हो तथा ढाल के स्थायित्व का अध्ययन आवश्यक है।

गैर अभियांत्रिकीय संरचना में निम्नलिखित सुरक्षा के उपाय किये जाने आवश्यक हैं :

- दरवाजे तथा खिड़कियों की चौखटों के चारों ओर चिनाई में प्रबलक सरिया का प्रबंध,
- क्षैतिज तथा ऊर्ध्वाधर दिशा में दीवारों में प्रबलक सरिया लगाना,
- अपरूपण दीवारों का दोनों अक्षों में प्रबंध,
- चिनाई के लिए 1:6 सीमेंट-रेत का मसाला प्रयोग करना,
- कुर्सी के तल पर, दरवाजे-खिड़कियों के सरदल के तल पर, छत के नीचे, दीवार की ऊपरी सतह पर प्रबलित कंक्रीट या काष्ठ की बनी निरंतर भूकंपी पट्टी का प्रबंध,
- दरवाजे, खिड़कियाँ या अन्य छिद्रों का आकार कम से कम हो और वे दीवार के मध्य में लगे हों,
- छत के अवयव तथा उपांगों के लिए सुयोग्य संधि का प्रबंध।

अभियांत्रिकीय संरचनाओं का अभिकल्पन प्रायः भारतीय मानक सं.1893 तथा सं.4326 के अनुसार किया जाता है। पूरे देश को पांच भूकंप कटिबंधों में विभाजित किया जाता है। संरचना का भूकंपी भार निकालना हो, तो विश्लेषण दो पद्धतियों से किया जाता है; एक है भूकंप गुणांक पद्धति, और दूसरी है अनुक्रिया आलेख पद्धति। छोटे मकानों तथा नियमित आकार, द्रव्यमान और दृढ़ता में नियमित भवनोतक भूकंप गुणांक पद्धति का प्रयोग सीमित है। ऊँचे मकान तथा असममित और अनियमित भवनों में माडेल विश्लेषण तथा अनुक्रिया आलेख पद्धति का प्रयोग जरूरी है। माडेल विश्लेषण हेतु संरचना के प्रयुक्त लंप्ड मास बीम प्रारुप, द्विविम या त्रिविम प्ररूप बनाये जाते हैं।

अभिकल्पन में यह आवश्यक है कि भवनों की स्वाभाविक प्रभावी आवृति, भवन जिस भूपृष्ठ पर बनाये गये हैं, उसकी स्वाभाविक आवृति से दूर रखें, ताकि अनुनाद सीमित हो सके। सरल नियम यह होगा कि कठोर या दृढ़ भूपृष्ठ पर लचीली या नम्य संरचनाएं बनायी जाएं और नर्म भूपृष्ठ पर दृढ़ ढाँचे की संरचनाएं बनायी जाएं।

भूपृष्ठ तथा संरचना की सामग्री में अंतर्निष्ठ अवमंदन से भूकंप की गति कम होने की प्रवृत्ति होती है, अतः अवमंदन के अनुपात का सुयोग्य चयन महत्वपूर्ण है।

किसी भी संरचना को भूकंप से उत्पन्न ऊर्जा को आत्मसात करना होता है जो उसकी आंतरिक प्रतिरोध शक्ति कहलाती है। पूर्वानुभव से ऐसा देखा गया है कि

(शेष पृष्ठ 57 पर)

भिकीय बिजलीघरों का भूकंप तिरोधी अभिकल्पन

अनिल काकोडकर एवं राधेश्याम सोनी
रिएक्टर अभिकल्पन एवं विकास वर्ग
भा.प.अ. केन्द्र, बम्बई - 400085.

नाभिकीय संयंत्रों में विभिन्न प्रकार की संरचनाएं, ाणु भट्टी, पाइप लाइनें एवं घटक होते हैं जो कि बिजली ान्न करने में सहायता करते हैं। इन सभी संरचनाओं घटकों के अभिकल्पन में विशेष सावधानी बरतनी पड़ती ताकि संयंत्र में कार्य करनेवाले व्यक्तियों एवं संयंत्र से र भी लोगों के स्वास्थ्य एवं सुरक्षा का पूरा ध्यान रखा सके। इस तरह, नाभिकीय संयंत्रों का मूलभूत सुरक्षा द्धांत यही है कि संयंत्रों के अंदर काम करनेवाले कार्यकर्ता बाह्य जनमानस के स्वास्थ्य एवं सुरक्षा पर सामान्य दुर्घटना, दोनों ही स्थितियों में किसी प्रकार की आंच आये। यह विभिन्न संरचनाओं एवं घटकों के अभिकल्पन साधारण तथा दुर्घटना की सभी संभाव्य परिस्थितियों में ान्न उद्‌भारों का पूरा अनुमान लगाकर, उनका अभिकल्पन विश्लेषण में सही तौर पर उपयोग करने से संभव होता भूकंप से उत्पन्न उद्‌भारों का इस प्रक्रिया में एक विशेष ान है, क्योंकि भीषणतम संभाव्य भूकंप की दशा में भी माणु भट्टी को सुरक्षित तरीके से बंद करने की संभावना, कों की इस प्रकार के उद्‌भारों को सहने की शक्ति निर्भर करती है। इस प्रकार, भूकंप निर्मित उद्‌भारों के रण होनेवाली क्षति को कम से कम करना संभव हो ा है।

किसी भी राष्ट्र में भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन एवं श्लेषण की प्रक्रिया, उस क्षेत्र की भूकंपीय सक्रियता पर र्भर करती है। उदाहरण के तौर पर, अमेरिका व जापान यूरोपीय देशों की अपेक्षा भूकंपीय सक्रियता अधिक है, ं यही कारण है कि अमेरिका में द्विस्तरीय भूकंपन भिकल्पन प्रक्रिया को अपनाया जाता है जब कि बहुधा ोपीय देशों में यह प्रक्रिया एक-स्तरीय ही है। अंतर्राष्ट्रीय माणु ऊर्जा संस्थान ने परमाणु संयंत्रों के अभिकल्पन के ाए कई मार्गदर्शिकाएं एवं संहिताएं बनायी हैं जो कि भिन्न देशों में प्रचलित अभिकल्पन प्रक्रियायों का समावेश रती हैं। भारतीय संयंत्रों के अभिकल्पन हेतु हम अंतर्राष्ट्रीय माणु ऊर्जा संस्थान की मार्गदर्शिकाएं, 50-SG-S1 एवं 0-SG-S2 प्रयोग करते हैं। समस्त घटकों, पाइप लाइनों एवं संरचनाओं व तंत्रों के अभिकल्पन की परिपूर्णता दर्शाने में ए.एस.एम.ई. संहिताओं का काफी उपयोग होता है, अतः अभिकल्पन प्रक्रिया में समानता की दृष्टि से हम किसी क्षेत्र में भूकंप की तीव्रता के निर्धारण एवं भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन के लिए भी यू.एस.एन.आर.सी. मार्गदर्शिकाओं का प्रयोग करते हैं।

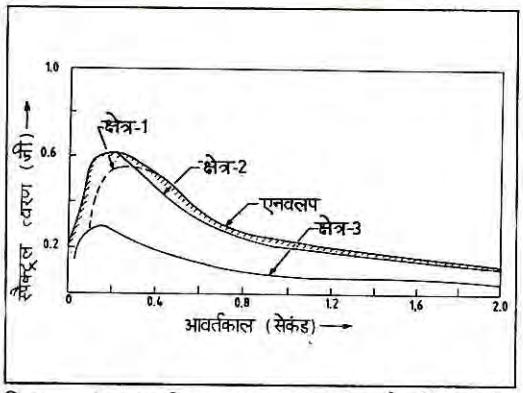
अमेरिकी कोड ऑफ फेडरल रेगुलेशन्स के अनुसार, नाभिकीय संयंत्रों का भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन दो स्तरों पर किया जाता है; सुरक्षित ठप्पकर भूकंप (सेफ शटडाउन अर्थक्वेक), एवं प्रचालन संबंधी भूकंप (ऑपरेटिंग बेसिस अर्थक्वेक)।

सुरक्षित ठप्पकर भूकंप किसी भी क्षेत्र में आने वाला संभाव्य भीषणतम भूकंप है। इस भूकंप के दौरान व उसके पश्चात्, संयंत्र के समस्त सुरक्षा तंत्र कार्यशील रहने चाहिए तथा प्राथमिक दाब परिसर की समग्रता को कोई क्षति नहीं पहुँचनी चाहिए। प्रचालन संबंधी भूकंप वह भूकंप होता है जिसके कारण उत्पन्न कंपनों के लिए सभी तंत्रों, संरचनाओं व घटकों का अभिकल्पन इस तरह से किया जाता है कि वे सब विद्युत उत्पन्न करने में कार्यशील रहें। नाभिकीय संयंत्र के अभिकल्पन में यह माना जाता है कि सुरक्षित ठप्पकर भूकंप उसकी आयु में एक बार एवं प्रचालन संबंधी भूकंप उसकी आयु में पाँच बार आ सकते हैं।

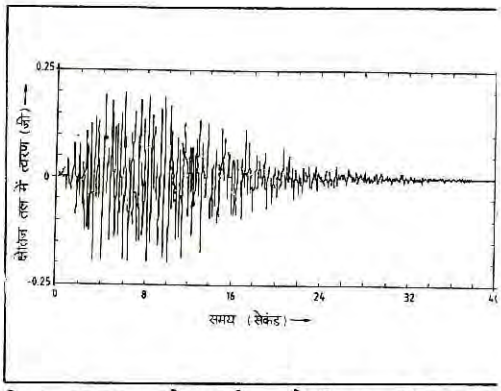
यह स्पष्ट है कि समस्त सुरक्षा से संबंधित संरचनाओं एवं तंत्रों का अभिकल्पन दोनों तरह के भूकंपों के लिए किया जाना चाहिए, जब कि वे संरचनाएं एवं तंत्र जो सिर्फ विद्युत उत्पादन में मदद करते हैं, उनका अभिकल्पन प्रचालन संबंधी भूकंप के लिए ही किया जाना चाहिए। यहां इसी प्रक्रिया के विभिन्न मुद्दों पर प्रकाश डाला गया है।

भूकंप प्रतिरोधी संरचनाएं

यह सर्वविदित है कि भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन एक अत्यन्त जटिल एवं समय लेने वाला कार्य है। विभिन्न संरचनाओं एवं तंत्रों का भूकंपीय विश्लेषण इस प्रक्रिया का



चित्र - 1. सुरक्षित उप्पकर भूकंप के लिए तीन क्षेत्रों का अन्वालोप वर्णक्रम, 5% अवमंदन (डेम्पिंग)



चित्र - 2. अन्वालोप वर्णक्रम के लिए कालिक वृतां

एक अभिन्न अंग बन जाता है। वर्तमान अभिकल्पन प्रणाली के अनुसार, भूकंपीय अभिकल्पन एवं विश्लेषण के लिए दो प्रकार की विधियां है; निश्चयात्मक (डिटर्मिनिस्टक) तथा यादृच्छिक (स्टोकैस्टिक)।

निश्चयात्मक विधि में भूकंपीय गति को दो तकनीकों से दर्शाया जाता है; अनुक्रिया वर्णक्रम (रेस्पोन्स स्पैक्ट्रम) तथा कालिक वृत्तान्त(टाइम हिस्ट्री)।

चित्र-1 व 2 में पांच सौ मेगावाट परमाणु बिजलीघर के लिए ये दोनों दर्शाये गये हैं। अनुक्रिया वर्णक्रम तकनीक द्वारा किया गया विश्लेषण कालिक वृत्तान्त तकनीक द्वारा किये गये विश्लेषण की अपेक्षा अधिक सुरक्षित होता है। निश्चयात्मक विधि के अभिकल्पन में भूकंपीय गति को निश्चित अंकों व वक्रों द्वारा दर्शाया जाता है, जब कि यादृच्छिक विधि में भूकंपीय गति उसके आने की संभाव्यता पर निर्भर करती है।

अभिकल्पन एवं विश्लेषण के आधुनिकतम तरीकों का प्रयोग

नाभिकीय संरचनाओं, जैसे कि परमाणु भट्टी के विश्लेषण हेतु गणितीय माडेल बनाना एक कठिन कार्य है जो कि एक कुशल अभियंता ही कर सकता है। अभिकल्पन एवं विश्लेषण की इस प्रक्रिया का सबसे बड़ा कार्य यह है कि किस तरह से विभिन्न संरचनाओं एवं तंत्रों को उपयुक्त माडेल द्वारा दर्शाया जाये कि विश्लेषण एकदम सही हो। अधिकतर विश्लेषण के लिए दो माडेलों का प्रयोग किया जाता है; पिंडित भार धरन (लंप्ड मास बीम) माडेल, एवं अक्षीय-सममितिक (एक्सि - सिमैट्रिक) माडेल।

5000 मेगावाट परमाणु भवन का विश्लेषण एक पिंडित भा धरन माडेल द्वारा किया गया है। इस परमाणु भवन के विभिन्न अंगों, जैसे बाहरी आवरण, आंतरिक आवरण आंतरिक संरचनाएं एवं कैलेंड्रिया भित्ति को इस माडेल में अलग-अलग धरनों द्वारा दर्शाया गया है। परमाणु भवन के सभी अंग एक बहुत बड़े वृत्ताकार ठोस फर्श (राफ्ट) पर खड़े हैं जो कि नींव के रूप में कार्य करता है। नींव एवं उसके नीचे व भवन के चारों ओर की मिट्टी में होने वाली परस्पर क्रिया को मृदा(सोइल) स्प्रिंग्स द्वारा माडेल किया गया है। परमाणु भवन के विभिन्न अंगों को दर्शाने वाले धरनों की ज्यामितीय गुणवत्ताएं त्रि-दिशात्मक परिमित तत्त्व (फाइनाइट एलीमेंट) विश्लेषण से ज्ञात की गयी हैं विश्लेषण दो क्षैतिज एवं एक ऊर्ध्वाधर दिशा में किय गया है, क्योंकि भूकंप इन तीनों दिशाओं में कंपन पैद करता है। सारणी-1 में आवर्तकाल तथा सारणी-2 व 3 मे क्रमशः विस्थापन एवं घूर्ण दिये गये हैं।

परमाणु भवन का गहन अध्ययन करने के लिए उसका अक्षीय सममितिक माडेल द्वारा भी विश्लेषण किया गया है। यह सुरक्षा आवरण भवन की समग्रता को निश्चित करने के लिए अनिवार्य है।

यद्यपि अक्षीय सममितिक माडेल सुरक्षा आवरणों में विभिन्न स्थानों पर प्रतिबल ज्ञात करने में सहायता करता है, इसका उपयोग तल अनुक्रिया वर्णक्रम (फ्लोर रेस्पोन्स स्पैक्ट्रा) निकालने में नहीं किया जा सकता। इसके लिए सबसे उपयुक्त धरन माडेल ही है जिसका कालिक वृत्तान्त तकनीक से विश्लेषण करने पर तल अनुक्रिया वर्णक्रम प्राप्त

। जा सकते हैं। ये वर्णक्रम परमाणु भवन में स्थित विभिन्न एवं घटकों के अभिकल्पन में प्रयोग में लाये जाते इसके अतिरिक्त, यादृच्छिक तकनीक द्वारा भी परमाणु र का विश्लेषण करके तल अनुक्रिया वर्णक्रम प्राप्त किये सकते हैं। इस तकनीक में भूकंपीय गति को शाक्त क्रमीय तीव्रता (पॉवर स्पैक्ट्रल डेन्सिटी) फलक द्वारा ति हैं। यह फलक भूकंपीय ऊर्जा का प्रतीक है। च्छिक विधि का लाभ यह है कि इस विधि में चयात्मक विधि की सारी खामियां दूर हो जाती हैं, क्योंकि में भूकंपीय गति ऊर्जा के रूप में दर्शायी जाती है।

नक अभिकल्पन

किसी क्षेत्र में स्थित भूकंपीय गतिविधि के आधार किया गया अभिकल्पन, उसी क्षेत्र के लिए लागू हो ता है, क्योंकि विभिन्न क्षेत्रों की भूकंपीय गतिविधि भिन्न-न होती है। इसे ध्यान में रखते हुए यदि सभी संरचनाओं, एवं घटकों का अभिकल्पन किया जाये, तो वह निश्चय अर्थ व्यवस्था की दृष्टि से ठीक नहीं है, क्योंकि इस ा में भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन बहुत महंगा पड़ेगा, क हर नाभिकीय संयंत्र में विभिन्न तंत्रों व संरचनाओं माप अलग-अलग आयेगा। इस स्थिति से निपटने के ए "मानक अभिकल्पन" प्रयोग में लाया जाता है। मानक भिकल्पन न केवल आर्थिक दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है, बल्कि सि परियोजना के शीघ्र शुरू होने में भी मदद मिलती यह भारत के लिए बहुत उपयोगी है, क्योंकि हमारे ा में परमाणु क्षमता को बढ़ाने की योजना है। इसी संदर्भ 500 मेगावाट परमाणु बिजलीघरों के लिए निर्धारित भिन्न चट्टानी क्षेत्रों के लिए मानक अभिकल्पन अपनाया रहा है। इस प्रकार के अभिकल्पन में विभिन्न क्षेत्रों में कंप का माप, शून्य आवर्तकाल त्वरण एवं क्षेत्रीय वर्णक्रम ादि को ध्यान में रखा जाता है। उदाहरण के तौर पर, न क्षेत्रों के वर्णक्रम चित्र-1 में दर्शाये गये हैं तथा यह ब्रा जा सकता है कि इन तीनों वर्णक्रमों को एक सार्व र्णक्रम से दर्शाया जा सकता है जो कि इन तीनों वर्णक्रमों ा अन्वालोप (एनवलप) करे। ऐसे वर्णक्रम को अन्वालोप र्णक्रम कहते हैं तथा इसे तीनों क्षेत्रों में भूकंपीय अभिकल्पन प्रयोग में लाया जा सकता है। इतना ही नहीं, भविष्य यदि किसी नये क्षेत्र में नाभिकीय संयंत्र लगाने पड़ें, हां के वर्णक्रम इस वर्णक्रम के नीचे हों व क्षेत्रीय मिट्टी की अवस्था समान हो, तो इसी वर्णक्रम पर आधारित अभिकल्पन वहां भी प्रयोग में लाया जा सकता है।

नाभिकीय तंत्रों एवं घटकों का अभिकल्पन

विभिन्न घटकों का भूकंपीय अभिकल्पन एवं विश्लेषण या तो प्राथमिक संरचनाओं के माडेल के साथ में ही किया जाता है (कपल्ड विश्लेषण), या फिर प्राथमिक संरचनाओं के विश्लेषण से प्राप्त तल अनुक्रिया वर्णक्रम अथवा तल कालिक वृत्तान्त द्वारा किया जाता है। जब अंतिम दो विधियों को उपयोग में लाया जाता है, तो प्राथमिक संरचना की विभिन्न आवृत्तियों में होने वाली अनिश्चितताओं का हिसाब लगाने के लिए तल अनुक्रिया वर्णक्रम तथा कालिक वृत्तान्त को 15% से चौड़ा कर दिया जाता है। ये अनिश्चितताएं पदार्थों के गुणों, क्षेत्रीय मिट्टी के गुणों

सारणी - 1. पिंडित भार धरन मॉडल के लिए परमाणु भवन की आवृत्तियाँ (हर्ट्ज़)

मोड	उत्तर-दक्षिण	पूर्व-पश्चिम	ऊर्ध्वाधर
1	3.887	3.684	10.67
2	4.660	4.678	12.68
3	5.80	7.287	12.84
4	6.604	8.85	21.60
5	10.12	12.74	28.22
6	12.82	12.83	33.84
7	13.43	14.06	-
8	14.89	14.86	-
9	19.85	19.21	-
10	20.38	20.40	-
11	21.42	21.44	-
12	24.80	22.58	-
13	25.55	26.05	-
14	27.80	27.43	-
15	30.35	28.26	-
16	34.38	28.46	-
17	-	31.20	-
18	-	33.75	-

सारणी- 2. पिंडित भार धरन मॉडल के लिए निश्चयात्मक एवं यादृच्छिक विधियों द्वारा उत्पन्न विस्थाप की तुलना (मि.मी.)

कम्पन की दिशा / स्थान	उत्तर-दक्षिण		पूर्व-पश्चिम.		उर्ध्वाधर	
	1	2	1	2	1	2
बाहरी आवरण नोड 1	8.57	8.57	7.71	7.13	0.97	0.92
भीतरी आवरण नोड 4	13.05	14.63	16.41	17.18	0.88	0.83
आंतरिक संरचना नोड 13	11.23	11.69	13.46	13.95	0.97	0.91
केलेंड्रिया भित्ति नोड 26	6.21	5.52	4.51	3.61	0.46	0.43

1= निश्चयात्मक 2= यादृच्छिक

सारणी - 3. निश्चयात्मक एवं यादृच्छिक विधियों द्वारा प्राप्त आधार-घूर्ण एवं आधार-अपरूपण व तुलना

कंपन की दिशा / स्थान	उत्तर-दक्षिण		पूर्व-पश्चिम		उर्ध्वाधर	
	1	2	1	2	1	2
आधार-अपरूपण बाहरी आवरण (टन)	6605	6487	5707	5383	5404	5084
भीतरी आवरण (टन)	10590	11260	12560	13160	5144	4863
रिएक्टर आभ्यान्तरक (टन)	14910	11540	15460	13470	15500	14100
आधार-घूर्ण बाहरी आवरण (टन-मी)	309400	312100	249600	259200		
भीतरी आवरण (टन-मी)	504600	495400	592600	628100	-	- -
रिएक्टर आभ्यान्तरक (टन-मी)	368400	303400	363900	344400		

1= निश्चयात्मक 2= यादृच्छिक

एवं माडेलिंग में रही अनिश्चितताओं के कारण उत्पन्न होती है। नाभिकीय संयंत्रों में कई घटक ऐसे होते हैं, जिनकी प्रचालनता भूकंप के दौरान सिद्ध करनी पड़ती है। यह कार्य मूलतः प्रयोगों द्वारा ही किया जा सकता है। इसके अलावा, विश्लेषण भी इसे जानने में सहायता करता है। ऐसा ही एक उदाहरण है, कैगा परमाणु संयंत्र के भारी पानी के पंप का। इसमें विश्लेषण द्वारा यह समाधान किया गया है कि पंप की शाफ्ट व बीयरिंग में भूकंप की अवस्था में भी निर्बाधिता बनी रहेगी तथा बीयरिंग को कोई क्षति नहीं पहुँचेगी।

उपर्युक्त विधि द्वारा विश्लेषण उन घटकों का ही किया जाता है जो प्राथमिक संरचना में एक ही स्थान पर अवलंबित हैं, अन्यथा ऐसे तंत्रों में न केवल जडत्वीय प्रभाव से प्रतिबल उत्पन्न होते हैं, बल्कि विभिन्न अवलंबों के पारस्परिक विस्थापन से भी प्रतिबल उत्पन्न होते हैं ऐसे तंत्रों के अभिकल्पन के लिए दो विधियां हैं; अन्वालोप वर्णक्रम (एनवलप स्पैक्ट्रम) विधि एवं बहु-अवलंब वर्णक्रम (मल्टी सपोर्ट स्पैक्ट्रम) विधि।

अन्वालोप वर्णक्रम विधि में विभिन्न अवलंबों के अन्वालोप वर्णक्रमों को काम में लाया जाता है जो कि बहुधा अधिकतम फल देता है, परन्तु कुछ स्थितियों मे ये विधि गलत भी सिद्ध हो जाती है, क्योंकि यह बहु अवलंब वर्णक्रम विधि से कम अपरूपक प्रतिबल दर्शाती है। यह विभिन्न अवलंबों की गतियों में होने वाले कलांतर

कारण होता है। इसके अतिरिक्त, विभिन्न भारी घटकों, वाष्प जनित्र, प्राथमिक शीतलन पंप, दाबक, कैलेंड्रिया-शील्ड एसेम्बली इत्यादि को परमाणु भवन से पृथक विश्लेषण नहीं किया जा सकता है, क्योंकि ये घटक । होने के कारण परमाणु भवन में उत्पन्न प्रतिबलों को प्रभावित करते हैं, अतः इसके लिए युग्मित (कपल्ड) लेषण करना पड़ता है जिसमें परमाणु भवन के विभिन्न ों के साथ-साथ, इन घटकों का भी समावेश किया जाता इससे इन घटकों के विभिन्न अवलंबों पर उत्पन्न बलों काफी राहत मिलती है।

र्कष

नाभिकीय संयंत्रों के अभिकल्पन में भूकंप द्वारा न्न उद्भारों का एक विशेष स्थान है। परमाणु भट्टी । भवन के अभिकल्पन, संविरचन और संचालन में यह निश्चित किया जाता है कि किरणोत्सर्गी तत्वों को सामान्य एवं असाधारण परिस्थितियों में भी सुरक्षा आवरण के भीतर ही समाहित रखा जाए। इससे न तो संचालकों एवं जनसमुदाय को खतरा पहुंचने की आशंका रहती है, और न ही वातावरण का प्रदूषण होता है। इसी ध्येय से स्थल चयन, अभियांत्रिकी अभिकल्पन व निर्माण के लिए आधुनिकतम तरीकों का उपयोग तथा प्रचालन व परिरक्षण के दौरान देख-रेख आदि सभी बातों को भूकंप प्रतिरोधी अभिकल्पन के समय ध्यान में रखा जाता है। इस अभिकल्पन की सबसे महत्त्वपूर्ण विशेषता यह है कि संभाव्य भीषणतम भूकंप की अवस्था में भी समस्त ठण्डकर तंत्र कार्यशील रहते हैं, एवं प्राथमिक दाबीय परिसर की समग्रता भी कायम रहती है जिससे रेडियोधर्मी तत्वों का बर्हिगमन न हो सके।

"वैज्ञानिक" के स्वामित्व का व्योरा
फार्म IV

1. प्रकाशन स्थल	:	भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400 085
2. प्रकाशन	:	त्रैमासिक
3. मुद्रक का नाम	:	डा. शिव प्रकाश गर्ग
राष्ट्रीयता	:	भारतीय
पता	:	धत्विकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400 085
4. प्रकाशक का नाम	:	डा. शिव प्रकाश गर्ग
राष्ट्रीयता	:	भारतीय
पता	:	धात्विकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400 085
5. संपादक का नाम	:	डा. जनार्दन स्वरूप
राष्ट्रीयता	:	भारतीय
पता	:	स्वास्थ्य भौतिकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई-400 085
6. कुल पूंजी के १% से अधिक के: भागीदारों के नाम और पते		हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद पुस्तकालय एवं सूचना प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधन केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400 085

मैं, डा. शिव प्रकाश गर्ग, एतद् द्वारा घोषित करता हूँ कि मेरी अधिकतम जानकारी तथा विश्वास के अनुसार ऊपर दिया गया विवरण सही है।

-डा. शिव प्रकाश गर्ग
व्यवस्थापक, "वैज्ञानिक"

भा.प.अ. केंद्र में भूकंप-विज्ञान के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास

डा. सनत कुमार अरो
भूकंप विज्ञान अनुभा
भा.प.अ. केंद्र, बम्बई - 40008

भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के अन्तर्गत भूकंप विज्ञान के महत्व को समझते हुए इस विज्ञान को एक विशिष्ट स्थान प्राप्त हुआ। इस संदर्भ में छब्बीस वर्ष पूर्व भा.प.अ. केंद्र ने दक्षिणी भारत की भूकंपीय दृष्टि से स्थिर प्रायद्वीपीय शील्ड पर स्थित न्यूनतम भूकंपीय रव वाले स्थान, गौरी बिदनूर के निकट एक भूकंपीय सरणी वर्ष 1965 में स्थापित की। अनवरत भूकंपीय अनुवीक्षण करने वाली बीस लघु आवर्तकालीय, तीन दीर्घ आवर्तकालीय व छः अन्य प्रकार के भूकंपमापी यन्त्रों की इस सरणी से जुड़ी सभी प्रक्रियाओं में पिछले कुछ वर्षों में बड़ी तेजी से विकास किया गया। उत्तम कोटि के संगणक आधारित आंकड़ा उपार्जन, संसाधन व अभिलेखन निकाय से इस सरणी का समन्वय किया गया जिसके फलस्वरूप विश्व में किसी भी जगह हुए भूमिगत नाभिकीय विस्फोटों एवं भूकंपों के उच्च कोटि के आँकड़े प्राप्त होते हैं। इन्ही आँकड़ों की सहायता से सूक्ष्म संकेतों का संसूचन एवं पहचान, नाभीय गहराई का सही आंकलन, स्रोत विभेदन, अग्रणी संकेतों के अतिरिक्त, अप्रधान संकेतों की कालिक व वर्णक्रमीय विशेषताओं की जानकारी व संबद्ध समस्याओं पर अनुसंधान संभव हुआ। प्रायद्वीपीय भारत की भूकंपनीयता का अन्वेषण भी गौरीबिदनूर सरणी से प्राप्त क्षेत्रीय भूकंपीय घटनाओं के आलेखों के विश्लेषण से उन्नत हो रहा है।

इसके अतिरिक्त, तीन संवेदनशील भूकंपीय स्थानकों के एक त्रिभुजाकार तन्त्र की स्थापना दिल्ली में की गयी। इससे प्राप्त भूकंपीय आँकड़े नाभिकीय विस्फोटों, विशेषतः दक्षिणी प्रशान्त महासागर में फ्रांस द्वारा किये गये सभी परीक्षणों को पहचानने में पूरक रूप में बड़े उपयोगी सिद्ध हो रहे हैं। साथ ही, दिल्ली प्रदेश व उसके आसपास के मैदानी भागों में, जिनमें नरोरा परमाणु बिजलीघर भी आता है, भूकंपीयता का अध्ययन इसी निकाय व कुछ अन्य शाखाओं से प्राप्त आँकड़ों के आधार पर योजनाबद्ध रूप से किया जा रहा है।

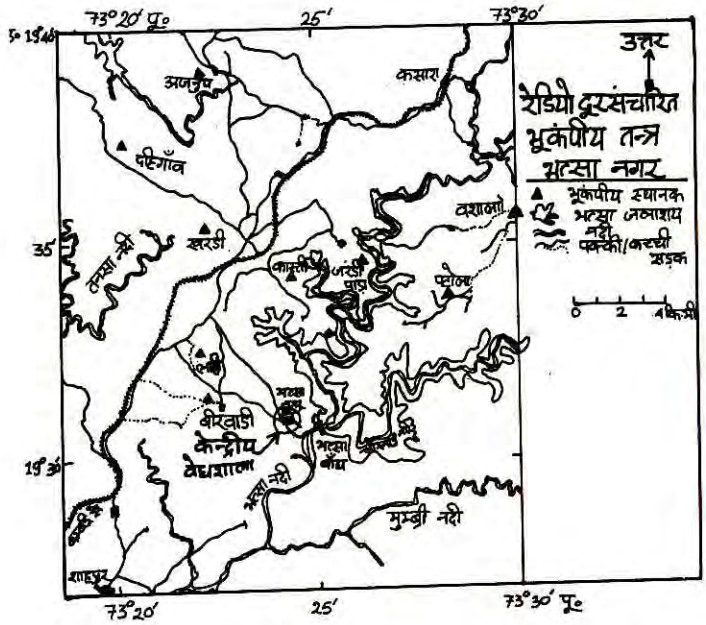
इन सब भूकंपीय तकनीकी विकास के महत्वपू अनुभवों का लाभ उठाते हुए कुछ अन्य गतिविधियाँ संपन्न की गयीं जिनमें से तीन विशेष उल्लेखनीय हैं; (1 गहरी कोलार-स्वर्ण खानों में चट्टान विघटनों के भूकंपी अन्वेषण द्वारा खान सुरक्षा के निमित्त लगाये गये उत्त श्रेणी के उपकरण जिनमें सूक्ष्म भूकंपीय संकेतों के अनुवीक्ष के लिए PC आधारित आंकड़ा उपार्जन एवं संसाधन विका शामिल हैं, (2) बम्बई से लगभग 100 कि.मी. उत्तर-पू में स्थित भात्सा बांध क्षेत्र में एक बहु प्रणाली रेडियो संचारि भूकंपीय तन्त्र वर्ष 1988 में स्थापित किया गया जिसर बड़े जलाशय द्वारा प्रेरित भूकंपनीयता का विस्तृत ए योजनाबद्ध तरीके से अध्ययन किया जा सके तथा इ क्षेत्र की भूकंप विवर्तनिक स्थिति की सही जाँच संभव हो तथा (3) बड़ी परियोजनाओं, विशेषतः नाभिकीय ऊज संयन्त्र स्थलों में संयंत्र की सुरक्षा हेतु सूक्ष्म भूकंपीय अन्वेष व भूकंपीय जोखिम का आकलन।

मुख्य अनुसंधान एवं विकास संबंधी गतिविधियां

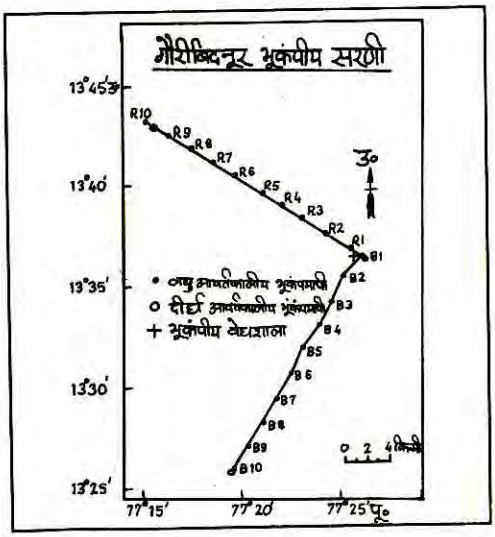
1. संकेत संसूचन एवं संसाधन, विशेषतः कमजोर अथव सूक्ष्म संकेतों के परिज्ञान हेतु,
2. विस्फोटन/फ़ोरेन्सिक भूकंप विज्ञान : स्रोत विभेदन,
3. चुने हुए महत्वपूर्ण क्षेत्रों की भूकंपीयता, भूकंपी जोखिम तथा भूकंप विवर्तनिकी, जिनमें निम्नलिखित क्षेत्र शामिल हैं :

(अ) न्यूक्लीय ऊर्जा संयंत्र स्थल,
(ब) बांध/जलविद्युत परियोजना स्थल,
(स) अत्यधिक भूकंप प्रवृत्त क्षेत्र,

4. गहरी खानों में चट्टान विघटन भूकंपीय अन्वेषण : खान सुरक्षा,
5. अनवरत भूकंपीय आंकिक अनुवीक्षण के लिए उपकरण प्रणाली,
6. संगणक आधारित संचार व्यवस्था का उपयोग करते हुए भूकंपीय आंकड़ों (प्राचल एवं तरंगरूप) का अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर आदान-प्रदान,



चित्र - **1.** बम्बई से लगभग सौ कि.मी. उत्तर-पूर्व भात्सा बांध क्षेत्र में लगाये गये ग्यारह भूकंपीय स्थानकों का तंत्र



चित्र - **2.**

7. सैद्धान्तिक भूकंप विज्ञान : तरंग संचरण, कृत्रिम भूकंपी आलेख, इत्यादि।

सुविधाएं

1. गौरीबिदनूर भूकंपीय सरणी सम्मिश्र,
2. दिल्ली भूकंपीय तंत्र,
3. भात्सा रेडियो दूरसंचरित बहु-प्रणाली भूकंपीय तंत्र,
4. कोलार स्वर्ण खान क्षेत्र में लगे भूकंपीय अनुवीक्षण निकाय,
5. तारापुर, कोटा तथा नरोरा में लगे एक-घटक भूकंपी स्थानक।

सातवीं तथा आठवीं पंचवर्षीय योजनाओं की उपलब्धियां

1. सातवीं योजना : मुख्य रूप से भात्सा भूकंपीय तंत्र प्रतिस्थापित,
2. आठवीं योजना (विकास कार्य चल रहा है): परिशोधित भूकंपीय निकायों का विकास व प्रतिस्थापन।

भा.प.अ. केन्द्र समाचार

ताप-संदीप्ति मात्रा-मापक पठित्र की प्रौद्योगिकी (T L D Badge Reader Technology)

नाभिकीय विकिरणों से जुड़े क्रिया-कलापों से संबंधित लोगों को मिलनेवाली विकिरण-मात्रा को मापना, अर्थात उनके विकिरण-उद्‌भासन का अनुवीक्षण करना परमावश्यक है, ताकि उनके स्वास्थ्य तथा विकिरण-सुरक्षा का पूरा ध्यान रखा जा सके। इस हेतु सारे संसार में उच्च कोटि के 'ठोस अवस्था ताप-संदीप्ति मात्रा-मापक' (Solid State Thermoluminescence Dosimeter) का प्रयोग किया जाता है। नाभिकीय विकिरण से कार्य करनेवाले प्रत्येक कर्मचारी को यह मात्रा-मापक बैज लगाना पड़ता है।

एक माह के अंतराल से यह मापक ताप संदीप्ति मात्रा-मापक पठित्र (TLD Badge Reader) से 'पढ़ा' जाता है, जिससे उस पर पड़ने वाली विकिरण-मात्रा ज्ञात की जाती है। भा.प.अ. केंद्र ने इस पठित्र (Model BR-3A) के निर्माण की प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण 10 अप्रैल, 1992 को सर्वश्री किरन आयरन वर्क्स, बंबई को एक अनुबंध के अंतर्गत किया।

इस BR-3A मॉडल का विकास विकिरणिकीय संरक्षा (रेडियोलोजिकल प्रोटेक्शन) प्रभाग ने किया है। इस मॉडल की कई विशेषताएं हैं :

(1) विकिरण-माप का अधिक परास, 10 मिली रेम से 100 रेम,

(2) स्वप्रदायी पठन चक्र (Auto Readout Cycle),

(3) सुरक्षित अंतःबंधन प्रक्रियाएं (Safe Interlocking Operations)।

उद्‌भासित बैज को नियंत्रित ताप देकर पठित्र उससे जनित ताप-संदीप्ति को जो कि उस पर पड़ी विकिरण मात्रा के कारण होती है, मापकर विकिरण मात्रा के रूप में दर्शाता है। इस यंत्र में TLD कार्ड को डालने व निकालने हेतु परिशुद्ध गियर नियंत्रित तापक-ड्राअर प्रणाली, कई नियंत्रक स्विच, एक प्रकाश-संवर्धक नलिका (Photomultiplier Tube), अवरक्त किरणों को अवशोषित करने वाले काँच का एक फिल्टर और स्थिर प्रकाश का स्रोत होता है। शीत संधि संपूर्ति (Cold Junction Compensation) से युक्त ताप युग्म संवर्धक द्वारा नियंत्रित व आवश्य ताप मिलता है। इस यंत्र में दीप्ति-वक्र (glow-curv और ताप-प्रोफाइल को अंकित करने हेतु एक रिकार्डर पर्सनल कंप्यूटर से जोड़ने के लिए एक अंतरापृष्ठ इक भी दी गयी है। इसका अंकीय पैनल कई प्राचलों का मा जैसे कि प्रकाश संवर्धक की उच्च वोल्टता, तापक त तापमान, अंतः निहित प्रकाश स्रोत व विकिरण-मात्रा जनित अंशांकन-जाँच (Calibration Check) आदि द दर्शाता है।

इसी मॉडल की प्रौद्योगिकी पहले सर्वश्री एल.एण्ड टी. गौल्ड, मैसूर को दी गयी थी।

ओजोन जनित्र की प्रौद्योगिकी (Ozone Generator Technology)

ओजोन जनित्र का उपयोग जल-शुद्धिकरण हे औषधि उद्योग में और कार्बनिक व अकार्बनिक उद्योगों शोध करने के लिए होता है। नाइट्रिक आक्साइड, हाइड्रोज सल्फाइड आदि प्रदूषणों के अनुवीक्षकों में भी यह ए आवश्यक भाग होता है।

ओजोन जनित्र की प्रौद्योगिकी का विकास पर्यावर मूल्यांकन प्रभाग द्वारा किया गया। यह जनित्र, शुष्क वा या आक्सीजन में नीरव विद्युत विसर्जन का प्रवाह कर 300 7500 भाग प्रति दस लाख भाग की सांद्रता वाली ओजो बनाता है। समानांतर श्रेणी में कई विसर्जन कक्षों का उपयो कर ओजोन की अधिक मात्रा उत्पन्न की जा सकती है यह जनित्र सतत् चलाया जा सकता है और इसे चला का खर्च भी कम है।

24 अगस्त, 1992 को इसकी प्रौद्योगिकी सर्वश्र कोमल इंडस्ट्रीज, बंबई को हस्तांतरित की गयी। इससे पहले यह तकनीक राजस्थान इलेक्ट्रोनिक्स एण्ड इण्डस्ट्रीज लि. जयपुर को भी दी गयी थी।

अभी तक ओजोन जनित्रों का या तो आयात होता है या आयातित पराबैंगनी लैम्प का प्रयोग कर ओजो का निर्माण किया जाता है। भा.प.अ. केन्द्र द्वारा विकसित इस तकनीक के प्रयोग से स्वदेशी उत्पादन द्वारा विदेशी

की बचत होगी।

त अपवर्ती शर्करा चाशनी उत्पादन की प्रौद्योगिकी
oncentrated Inverted Sugar Syrup Pro-
:tion Technology)

अपवर्ती शर्करा चाशनी खाद्य और दवाई उद्योगों लिए एक आवश्यक मधुरक है। सुकरोज की तुलना समें कार्यकारी आवश्यक गुण, जैसे परासरण दाब smotic Pressure), कम क्षरण-ग्रस्तता riogeneity), व ज्यादा घुलनशीलता, अधिक होते

अभी आवश्यक अपवर्ती शर्करा की आंशिक पूर्ति रिक अम्लीय जल अपघटन विधि द्वारा की जाती है। विधि निम्नश्रेणी का उत्पाद देती है व जल प्रदूषण समस्या भी उत्पन्न करती है। अतः कई उद्योग अपने आवश्यक अपवर्ती शर्करा का आयात करते हैं।

27 जुलाई, 1992 को भा.प.अ. केन्द्र ने ाइमी प्रक्रिया द्वारा सांद्रित अपवर्ती शर्करा चाशनी की ादन विधि की तकनीक का सर्वश्री धामपुर इनवर्टर्स वेट लि., बरेली (उ.प्र.) को किया। खाद्य प्रौद्योगिकी एन्जाइम अभियांत्रिकी प्रभाग द्वारा विकसित इस तकनीक अपवर्ती शर्करा का उत्पादन एंजाइम नियंत्रित अवस्था कोशिका अचलीकरण (Cell immobilisation) विधि ा करते हैं। यह आसान और सतत् तकनीक है तथा से प्राप्त अपवर्ती शर्करा के भंडारण गुण अति उत्तम इस विधि से जल धारा भी प्रदूषित नहीं होती है। अतः । प्रौद्योगिकी से अच्छा उत्पाद मिलेगा और साथ-ही, देशी मुद्रा भी बचेगी।

- डा.कै.चं. भल्ला

(शेष - 48 का शेष)

यदि संरचना में तन्यता अधिक हो, तो उसका आंतरिक प्रतिरोध भी अधिक होता है और संरचना क्षतिग्रस्त होने से कुछ समय पूर्व चेतावनी मिल सकती है। संरचना के विभिन्न घटकों के सही-सही अभिकल्पन तथा इन घटकों को सुचारु रूप से जोड़ने के परिणाम स्वरूप, संरचना की तन्यता बढ़ायी जा सकती है। प्रबलित कंक्रीट संरचना में सरियों का सही विवरण तथा रखाव और बंधकों में समुचित दूरी का प्रबंध आवश्यक है जिसके विषय में जानकारी भारतीय मानक सं-4326 से प्राप्त होगी।

पूर्वानुभव से ऐसा देखा गया है कि न केवल भूकंप में भारों से संरचना को क्षति पहुँची है, बल्कि अन्य शृंखला प्रभाव, जैसे कि भूस्खलन, चट्टानों का खिसकना और मकानों पर गिरना, बाढ़, आगज़नी तथा संचार साधनों में खंड पड़ने से भी क्षति पहुँची है। संरचना के अभिकल्पन में यह सावधानी बरतनी पड़ेगी, ताकि संरचनाएं ऐसे प्रभावों से भी सुरक्षित रहें।

(पृष्ठ 25 का शेष)

के साथ ही आलेखित हो जाती हैं। इस प्रकार के मिश्रित आलेखन से अनैच्छिक तरंगों को निकाल पाना अत्यन्त जटिल कार्य है, अतः इस को कम करने के लिए परिवेधित छिद्र (बोरहोल) भूकंपमापी का प्रयोग किया जाने लगा है। इस विधि में पृथ्वी में काफ़ी गहरा छिद्र करके उसमें स्टील का पाइप रखा जाता है और उसकी निचली सतह पर भूकंप मापी यन्त्र रख कर उसका सम्बन्ध सहयोगी उपकरणों से कर दिया जाता है (चित्र - 2)।

पिछले कुछ वर्षों से समुद्रतल में भूकंपमापी यन्त्रों को रखकर भी आलेखन किया जाने लगा है। समय के साथ आगे बढ़ते हुए वैज्ञानिकों ने चन्द्रमा पर भी वहाँ के कंपनों का अध्ययन आरम्भ कर दिया है एवं अन्य ग्रहों के लिए ऐसे प्रयत्न जारी हैं। आजकल विकसित किये जा रहे भूकंपमापियों में परिवेधित छिद्र त्रिघटक व्यापक बैंड भूकंपमापी (Borehole three component wide band seismometer) का नाम प्रमुख है। ऐसा अनुमान है कि भविष्य में इनका व्यापक प्रयोग भूकंपीय अनुसंधान के नये आयामों को जन्म देगा।

कुछ फूल कुछ काँटे

माननीय संपादक जी,

'वैज्ञानिक' के अक्टूबर-दिसंबर 1991 के अंक में पृष्ठ-4 पर प्रकाशित लेख 'बृहस्पति ग्रह' में निहित कुछ त्रुटियों की ओर आपका ध्यान दिलाना चाहूंगा।

1. पृष्ठ-4, खण्ड-2, 11 वीं पंक्ति (चट्टानें और रेत सूर्य तथा मंगल ग्रह के गिर्द घूमती हैं।), जहाँ तक मेरी जानकारी है, मंगल तथा बृहस्पति की कक्षा के मध्य क्षुद्रग्रहों की पट्टिका है।

2. पृष्ठ-4, खण्ड-2, 17 वीं पंक्ति (बृहस्पति के चारों ओर 14 उपग्रह घूमते हैं।), संभवतः, वोजेयर-2 द्वारा प्रदत्त जानकारी के अनुसार 16 उपग्रह घूमते हैं।

3. पृष्ठ-5, खण्ड-2, 13 वीं पंक्ति (सूर्य के गिर्द घूमने वाले ग्रह से जितनी दूरी पर होते हैं, उनका घनत्व उतना ही कम होता है।), कथन स्पष्ट नहीं है।

4. पृष्ठ-7, खण्ड-1, 15 वीं पंक्ति (इस राकेट में ईंधन के रूप में तरल ऑक्सीजन इस्तेमाल की गयी थी। इस राकेट में 1 सेकंड में 15 टन ईंधन इस्तेमाल हो सकता है।), तरल ऑक्सीजन ऑक्सीडाइजर का कार्य करती है। ईंधन के रूप में तरल हाईड्रोजन, फ्लुओरीन इस्तेमाल होता है।

1 सेकंड में 15 टन ईंधन का इस्तेमाल दहन क्या रॉकेट कर सकता है? लेखक के अनुसार ही 150 सेकंड के पहले चरण में वोयेजर यान 62 कि.मी. ऊपर ही पहुँचा।

अतः पहले चरण में ही 150 X 15 टन = 2250 टन ईंधन होता है। फिर द्वितीय चरण का तथा संपूर्ण तंत्र का भार कितना होगा?

क्या यह संभव है? आप से निवेदन है कि छपने से पहले कुछ तथ्यों को जाँच लिया करें, जिससे गलत या अधकचरी जानकारी पाठकों तक न पहुँचे।

- देवेन्द्र साखरे
भिलाई मार्शलिंग यार्ड,
भिलाई - 490025

लेखक का उत्तर

1. पाठक की जानकारी भ्रामक है। मंगल बृहस्पति के बीच क्षुद्र ग्रहों की कोई 'स्थिर' पट्टिका है, जैसी कि पाठक की धारणा है। इस गद्यांश में सम हुआ है कि ये क्षुद्र ग्रह अपनी-अपनी निश्चित क में सूर्य की ठीक इसी तरह परिक्रमा कर रहे हैं, जै बड़े ग्रह। जैसे नौ बड़े ग्रह पट्टिका के रूप में स्थित हैं, वैसे ही लघु ग्रह भी पट्टिका के रूप में स्थित हैं, बल्कि वे गतिमान हैं। बीस करोड़ मील के उस वलय (रिंग) में रेत और चट्टानें भी गतिमान हैं। इसमें वि की बात कुछ नहीं है। रेत और चट्टानें तो पृथ्वी के वायु में भी घुस आती हैं, जिन्हें जनसामान्य उल्का के रू देखता है।

2. वायजर-यात्रा के बाद, बृहस्पति के उपग्रहों की संख्या 16 हो गयी है। उससे पूर्व यह स 14 थी और उससे पहले 12। वर्ष 1995 के अं गैलीलियो यान, बृहस्पति का कृत्रिम उपग्रह बनेगा। आशा है कि बृहस्पति के अन्य अज्ञात उपग्रहों के वि में भी जानकारी प्राप्त होगी।

3. वाक्य में मिसप्रिंट है। लेख का मूल व है : "सूर्य के गिर्द घूमनेवाले ग्रह, सूर्य से जितनी पर होते हैं, उनका घनत्व उतना ही कम होता है।

4. तरल आक्सीजन के साथ ही तरल हाइड्रे शब्द किसी कारणवश लेख में छूट गये हैं। जल, और वायु में चलनेवाले यान अपने साथ आक्सीकारक ले जाते हैं और आक्सीजन वायुमंडल से ग्रहण करते ये यान अपने साथ केवल मूल ईंधन ले जाते हैं। दू ओर, मूल ईंधन के साथ, राकेट आक्सीकारक भी अ साथ ले जाता है। राकेट तकनीकी में मूल ईंधन आक्सीकारक के सम्मिलित रूप के लिए 'प्रोपेलेंट' अ ईंधन शब्द का प्रयोग किया जाता है।

5. राकेट में प्रथम चरण का भार ही सबसे अं होता है। प्रथम चरण की अपेक्षा द्वितीय चरण का भार ब ही कम होता है। प्रथम चरण की तुलना में तृतीय च का भार तो और भी बहुत कम होता है। ईंधन का स बड़ा, अर्थात मुख्य भाग प्रथम चरण ही व्यय करता

लेख में 'सैटर्न-5' राकेट द्वारा ईंधन-दहन की दर ही एवं शुद्ध है। इसमें किसी तरह की त्रुटि नहीं है। ल तंत्र का भार 2900 टन था। इसका अर्थ यह हुआ ; प्रक्षेपण स्थल(लांच पैड) पर जो यान खड़ा रहता है, सका अधिकांश भाग वायुमंडल के ऊपर नहीं जा पाता ।

- डा. वासुदेव प्रसाद यादव
98, अशोक नगर
आगरा -282002.

''वैज्ञानिक'' का जनवरी-मार्च, 1992 अंक पढ़ा। डॉ. विनोद कुमार गुप्त द्वारा लिखित ''किसे हम जीवित कहें'' जीवन की परिभाषाओं पर एक सटीक लेख था। हमारी सबसे बड़ी विडम्बना यह है कि आज इतने उन्नत ''वैज्ञानिक युग'' में हम जीवन को उस तरह परिभाषित नहीं कर सके, जिस तरह एक परमाणु एवं प्रकाश की परिभाषा है।

जीवन की अनेक परिभाषाएं समय-समय पर प्रस्तुत की गयीं जो अमान्य हो गयीं। नासा के वैज्ञानिकों ने निम्न परिभाषा को कार्यकारी परिभाषा के रूप में स्वीकार किया है :

''जीवन एक स्वयं पर आधारित रसायनिक प्रणाली है जो डार्विन के विकासवाद सिद्धांत पर चलती है।'' जब कभी भी सर्वप्रथम ''जीवन'' इस पृथ्वी पर आया होगा, उसमें कम से कम एक जीन, एक प्रोटीन एवं एक प्रकिण्व (एन्जाइम) अवश्य रहा होगा। उसके बाद ही इसका विकास हुआ होगा।

ओ.पी. खण्डेलवाल,
67, शिक्षक नगर, वी.आय.पी. रोड,
इन्दौर - 452005

(पृष्ठ 21 का शेष)

का भाग, तथा 1885 एवं 1905 में काश्मीर में फटित क्षेत्रों का भाग है । यह भी अनुमान किया जाता है कि 1700 कि.मी. लम्बा हिमालय का पूरा वियोजित भाग 180 से 240 वर्षों में एक बार फटता है तथा 8 परिमाण के भूकंप द्वारा उत्पन्न एक विशेष 800 कि.मी. लम्बी फटन की पुनरावृत्ति का समय यहाँ 200 से 270 वर्ष है । इसी आधार पर भारत बर्मा सीमा पर आये 8.5 परिमाण के भूकंप की मध्यकालिक सफल भविष्यवाणी की गयी थी ।

पिछले दशकों में यह अनुभव किया गया है कि बड़े भूकंपों की पुनरावृत्ति का समय कई सौ वर्ष तक हो सकता है । पिछले भूकंपों के विषय में जानकारी पाने के लिए तकनीकों का विकास किया जा रहा है । पुरा भूकंप विज्ञान (Palcoseismology) तथा समुद्र तलीय अभिलेखों से सुनामियों (Tsunamis) की पहचान करना इनमें से प्रमुख हैं ।

एक अन्य क्षेत्र जिसने काफी महत्ता हासिल कर ली है, वह है, जलाशय प्रेरित भूकंप। कोलोराडो का लेकमीड जलाशय इस प्रकार का पहला उदाहरण है । अबतक लगभग 70 जलाशयों द्वारा भूकंप प्रेरित करने के उदाहरण उपलब्ध हैं । भारत का कोयना क्षेत्र जलाशय प्रेरित भूकंप का सर्वाधिक सुपरिचित स्थल है जहाँ 10 दिसम्बर 1967 को आया भूकंप अब तक का सबसे बड़े परिमाण का जलाशय प्रेरित भूकंप है और जिसकी भूकंपीय प्रक्रिया अब तक चल रही है ।

पिछले कुछ दशकों की हमारी सबसे बड़ी उपलब्धि यह है कि भले ही हम भूकंपों की अल्पकालिक भविष्यवाणी न कर पाये हों, परन्तु भविष्य में आने वाले बड़े भूकंपों के आने के स्थानों का हमने पता लगा लिया है तथा इन क्षेत्रों का अच्छी तरह अध्ययन एवं सीमा रेखांकन भी हो चुका है जिसके परिणामस्वरूप आज हम भूकंपों से होने वाली क्षति को काफी हद तक कम कर सकते हैं ।

अखिल भारतीय हिन्दी विज्ञान लेख प्रतियोगिता (1992) के परिणाम

वर्ष **1992** हेतु अखिल भारतीय हिन्दी विज्ञान लेख प्रतियोगिता में कुल **47** लेख प्राप्त हु इस वर्ष अहिन्दी भाषी लेखकों के केवल **2** लेख प्राप्त हुए, किंतु स्तर के आधार पर एक ही को पुरस्क दिया गया। परिणाम इस प्रकार हैं :

1. प्रथम पुरस्कार (रु. **1500/-**)

अंतरिक्षयान की ऊष्मीय अभिकल्पना

-डा. आनन्द कुमार शर्मा एवं प्रो. अनन्त वि. पत्की,
इसरो उपग्रह केन्द्र, बंगलूर - 560017

2. द्वितीय पुरस्कार (रु. **1000/-**)

कैंसर क्यों होता है?

-डा. रमेश सोमवंशी, मुक्तेश्वर - कुमाऊँ - 263138 (नैनिताल)

3. तृतीय पुरस्कार (रु. **500/-**)

समुद्री प्रदूषण निवारण में तेलभक्षी जीवाणु

-डा. राजनारायण पांडे, बम्बई - 400 085

4. प्रोत्साहन पुरस्कार (रु. **300/-**)

1. **न्यूरो सर्जरी : ज्ञान - तंतुओं पर नियंत्रण का चमत्कारी विज्ञान**
   -डा. वासुदेव प्रसाद यादव
   98, अशोक नगर, आगरा - 282002
2. **स्टेनलेस इस्पात - प्रकार एवं उपयोग**
   -डा. अरविन्द कुमार गुप्ता एवं अनूप कुमार
   8, गोखले मार्ग, कलकत्ता - 700 020
3. **मानव कल्याण के क्षेत्र में विकिरणशील समस्थानिकों की उपादेयता**
   -कु. पूजा तिवारी, नामकुंम, रांची - 834 010
4. **कागज उद्योग द्वारा जल प्रदूषण का अध्ययन**
   -डा. आर.एन. शुक्ला, विदिशा (मध्य प्रदेश)
5. **उड़न राख एवं पर्यावरण**
   -डा. घनश्याम गुप्ता, भानुप्रकाश एवं रविप्रकाश,
   वाराणसी - 221 005

5. अहिन्दी भाषी पुरस्कार - (रु. **300/-**)

डि-एस्फाल्टिंग तकनीक : वर्तमान स्थिति और नयी दिशाएं

-जी.एस. डंग
देहरादून - (उ.प्र) - 248 005

- आयोजक (प्रतियोगिता)

कंप-विज्ञान शब्दावली

योगेन्द्र सिंह भदौरिया, भूपेश कुमार गंगराडे एवं विजयकुमार
भूकंप विज्ञान अनुभाग, भा.प.अ. केंद्र, बम्बई

celerometer	त्वरणमापी
oustic emission	ध्वनिक उत्सर्जन
tive fault	सक्रिय भ्रंश
gnment of traces	अनुरेखों का संरेखण
gorithm	कलनविधि/एल्गोरिथ्म
uvium	जलोढक
uvial soil	जलोढक मृदा
plification	प्रवर्धन
plitude modulation	आयाम माँडुलन/ अधिमिश्रण
gle of incidence/reflection/refraction	आपतन/परावर्तन/अपवर्तन-कोण
isotropic medium	विषमदैशिक माध्यम
parent velocity	आभासी वेग
ctic/Antarctic circle	उत्तर-ध्रुव/दक्षिण-ध्रुव वृत्त
rival time (of seismic event)	आगमन समय (भूकंपीय घटना का)
tenuation	क्षीणन
mospheric explosion	वायुमंडलीय विस्फोट
utocorrelation	स्वसहसंबन्ध
utoregressive model	स्व-समाश्रयण प्रारूप
uxiliary circle	सहायक वृत्त
zimuth	दिगंश
ase isolation	आधार वियोजन
allistic galvanometer	प्रक्षेप-धारामापी
and pass filter	बैन्ड पारक फिल्टर
ody waves	पिण्ड तरंगें
ore hole seismometer	परिवेधित छिद्र भूकंप मापी
oundary conditions	सीमांत प्रतिबंध
ulk modulus	आयतन प्रत्यास्थता गुणांक
Catchment area	आवाह क्षेत्र
Catastrophe	महाविपत्ति
Characteristic earthquake	अभिलाक्षणिक भूकंप
Coherence	संबद्धता
Compass	दिक्सूचक/कुतुबनुमा
Component/Vertical/Horizontal	घटक/उर्ध्व/क्षैतिज
Compressional waves	संपीडित तरंगें
Complexity (of signal)	जटिलता (संकेत की)
Convolution	संवलन
Continental drift	महाद्वीपीय अपसरण
Core shadow region	क्रोड छाया क्षेत्र
Coulumb-friction damping	कूलंब घर्षण अवमंदन
Cross-correlation	अन्योन्य सह-संबन्ध
Crust	भूपृष्ठ
Crustal structure	भूपृष्ठीय संरचना
Cumulative frequency	संचयी बारंबारता
Data acquisition	आँकड़ा उपार्जन
Data compression/ Decompression	आंकड़ों का संपीडन/ विसंपीडन
Data processing	आँकड़ा संसाधन
Damping coefficient	अवमदन गुणांक
Deconvolution	विसंवलन
Depth phase	गहराई जनित कला
Dense medium	सघन माध्यम
Detection threshold	संसूचन अवसीमा
Deviation/Standard/Mean	विचलन/मानक/माध्य
Design basis earthquake	अभिकल्पन आधारित भूकंप
Diffraction of waves	तरंगों का विवर्तन
Dilatational waves	विस्तारक तरंगें

Discontinuity	विच्छिन्नता
Discrimination	विभेदन
Discriminant	विभेदकारक
Earthquake resistant structure	भूकंप प्रतिरोधी संरचना
Earthquake intensity	भूकंपीय तीव्रता
Electromagnetic induction	विद्युत चुंबकीय प्रेरण
Elastic waves	प्रत्यास्थ तरंगें
Empirical formula	आनुभविक सूत्र
Energy release mechanism	ऊर्जा मोचन प्रक्रिया
Epicentre	उत्केन्द्र/अधिकेन्द्र
Equal area projection	समक्षेत्रीय प्रक्षेप
Estimation	आँकलन
Fault plane	भ्रंश तल
Focus of earthquake	भूकंप की नाभि
Focal depth	नाभीय गहराई
Focal mechanism solution	नाभीय प्रक्रिया हल
First motion	प्राथमिक गति
Frequency band	आवृत्ति बैंड
Gain	प्रवर्धन गुणांक
Geodetic	भूगणितीय
Geological distribution	भूवैज्ञानिक वितरण
Geomagnetic prospecting	भू-चुंबकीय पूर्वेक्षण
Geotectonic	भूविवर्तनिक.
Globalseismicity	विश्वव्यापी भूकंपनीयता
Gravitational acceleration	गुरुत्वीय त्वरण
Harmonic analysis	संनादी विश्लेषण
Homogeneous/Heterogeneous medium	समांगी/विषमांगी माध्यम
Hypothesis	अभिकल्पना
Hypocentre	अवकेन्द्र
Install	प्रतिस्थापित करना
Interfacial waves	अन्तरापृष्ठीय तरंगें
Interfacing	समन्वय करना
Interference of waves	तरंगों का व्यतिकरण
Instrumentation	उपकरण प्रणाली
Isoseismal lines	समकंपीय रेखाएं
Landslide	भूस्खलन
Latitude	अक्षांश
Longitude	देशान्तर
Longitudinal waves	अनुदैर्घ्य तरंगें
Local Seismic event	स्थानीय भूकंप
Long period seismometer	दीर्घ आवर्तकालीय भूकंपमा
Least square law	न्यूनतम वर्ग नियम
Layered media	पटलित माध्यम
Lateral stability	पार्श्व स्थिरता
Magnitude	परिमाण
Magnification	आवर्धन
Macroseismic investigation	बृहत्भूकंपीय अन्वेषण
Maintenance	अनुरक्षण/देखभाल करना
Mantle	प्रावरण/मैण्टिल
Microseisms	सूक्ष्मकंप
Microseismic noise	सूक्ष्मभूकंपीय शोर
Microearthquake survey	सूक्ष्म भूकंपीय सर्वेक्षण
Mitigation of earthquake hazard	भूकंपीय जोखिम का शमन
Miezoseismal area	भूकंपीय प्रभावित क्षेत्र
Monitoring	अनुवीक्षण/मानीटरन
Moving average model	गतिमान माध्य प्रारूप
Multiple reflections	बहुलित परावर्तन
Nodal plane	निस्पंद तल
Nuclear explosion	नाभिकीय विस्फोट
Onset time	आरंभ समय
Origin time	उत्पत्ति समय
Observatory (seismic)	वेधशाला (भूकंपीय)
Paleoseismology	पुरा भूकंपविज्ञान
Parameter	प्राचल
Phases of seismogram	भूकंप अभिलेख की कलाएं

se difference	कलान्तर
se reversal	कला व्युत्क्रमण
se velocity	कला वेग
e tectonics	प्लेट विवर्तनिकी
ave	पी-तरंग
gressive waves	प्रगामी तरंगें
sistable state	अर्ध स्थिरावस्था
rry blast	परीक्षण विस्फोट
escence period	निष्क्रियता काल
e medium	विरल माध्यम
ractive index	अपवर्तनांक
ative motion	आपेक्षित गति
rograde elliptical motion	पश्चगामी दीर्घवृत्तीय गति
ponse	अनुक्रिया
ording	अभिलेखन
ervoir induced seismicity (RIS)	जलाशय प्रेरित भूकंपनीयता
k burst	शैल विस्फोट
k mechanics	शैल यान्त्रिकी
smoscope	भूकंप दर्शी
rt period seismometer	लघु आवर्तकालीय भूकंप मापी
smograph	भूकंप लेखी
smogram	भूकंप अभिलेख
smicity	भूकंपनीयता
smic risk	भूकंपीय जोखिम
smometry	भूकंप-मिति
smotectonics	भूकंप विवर्तनिकी
smic array	भूकंपीय व्यूह/सरणी
smic network	भूकंपीय तन्त्र/संजाल
smic zone	भूकंपीय कटिबन्ध
Signal processing	संकेत संसाधन
Sensitivity	संवेदनशीलता/सुग्राहिता
S-wave	एस-तरंग
Source function	स्रोत-फलन
Spectral analysis	वर्णक्रमीय विश्लेषण
Shallow focus earthquake	उथली नाभिवाला भूकंप
Stress	प्रतिबल
Strain	विकृति
Surface waves	पृष्ठीय तरंगें
Telemetry	संचार प्रणाली
Teleseismic event	सुदूरवर्ती भूकंपीय घटना
Tectonic earthquake	विवर्तनिक भूकंप
Temporal distribution	कालिक वितरण
Third moment of frequency (TMF)	आवृत्ति का तृतीय आघूर्ण
Transmissibility	संचरणशीलता
Transducer	ट्रांसड्यूसर/संसूचक
Travel time	संचरण काल
Tsunami	स्युनामी
Underground explosion	भूमिगत विस्फोट
Variance	प्रसरण
Viscous damping	श्यान्य अवमंदन
Vibration	कंपन
Volcanic earthquake	ज्वालामुखीय भूकंप
White noise	विवर्ण विक्षोभ/शोर
Wave front	तरंगाग्र

(पृष्ठ 29 का शेष)

पिण्ड-तरंगों एवं सतही-तरंगों के परिमाण का अनुपात

स्रोत की पहचान के लिए यह सबसे अधिक प्रभावी विभेदकारक माना जाता है। इस विधि में पी-तरंगों के एक सेकण्ड आवर्तकाल के आयाम की तुलना दीर्घकालीन सतही तरंगों के लगभग बीस सेकण्ड आवर्तकाल के आयाम से की जाती है। नाभिकीय विस्फोट उसी परिमाण के भूकंपों की तुलना में कम सतही तरंग उत्पन्न करते हैं, इस प्रकार, दिये गये पिण्ड- तरंग के परिमाण के लिए, नाभिकीय विस्फोटों के कारण उत्पन्न सतही-तरंगों का परिमाण, भूकंप के कारण उत्पन्न सतही-तरंगों के परिमाण से कम होता है। इस विधि की प्रयोगात्मकता, दीर्घ आवर्तकाल की सतही-तरंगों के संसूचन पर निर्भर करती है।

अन्य विभेदकारक

उपरोक्त वर्णित विभेदकारकों के अतिरिक्त, और भी बहुत से विभेदकारक हैं। यहाँ पर केवल उनका उल्लेख किया जा रहा है। ये हैं, लघु आवर्तकाल की प्राथमिक तरंगों के आयाम एवं दीर्घ आवर्तकाल की प्राथमिक तरंगों के आयाम का अनुपात, लव-तरंगों, एम-तरंगों तथा क्रोड परावर्तित तरंगों पर आधारित विभेदकारक, कार्नर आवृति पर आधारित विभेदकारक इत्यादि।

इन विभेदकारकों के अलावा, वर्तमान अनुसंधान कार्य विभिन्न नये पहचानकारकों के विकास एवं उनके परीक्षण की दिशा में प्रगति पर हैं। सारे विभेदकारकों का एक साथ प्रयोग करके स्रोत के विभेदन पर आजकल विशेष ध्यान दिया जा रहा है।

लेखकों से निवेदन

"वैज्ञानिक" हेतु लेख भेजते समय कृपया निम्न बा ध्यान में रखें :

लेख का विषय नया हो जो पाठकों में अधिक ज्ञा प्राप्त करने की जिज्ञासा बढ़ाए,

लेख मौलिक और पठनीय हो, भाषा सरल और बोधगम्य,

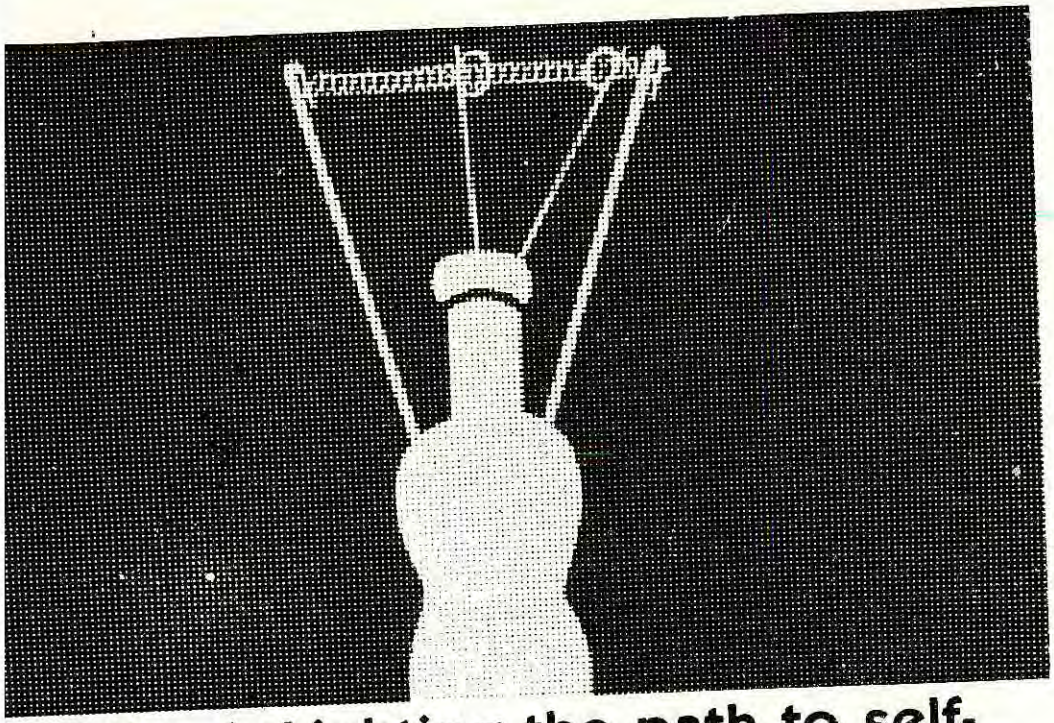
कृपया अनुवादित लेख न भेजें,

लेख टंकित किया हुआ अथवा स्पष्ट हस्तलिपि में दोनों ओर पर्याप्त हाशिए छोड़ कर काग़ज के एव ओर ही लिखें,

विषय वस्तु समझाने के लिए यदि चित्र आवश्यक हों, तो उन्हें सफेद काग़ज पर काली रोशनाई से खींच कर लेख के अन्त में संलग्न कर दें, पाण्डुलिपि मे मूलपाठ के साथ उसी पृष्ठ पर चित्र न बनाएं,

अस्वीकृत रचनाएं डाक - टिकट लगा लिफाफा संलग्न होने पर ही वापस की जाएंगी।

- संपादक



Midhani. Lighting the path to self-eliance in special metals and alloys.

Midhani is India's first and only special alloys plant manufacturing the entire range of special metals and alloys needed by various industries.

For instance, molybdenum, tungsten and high purity nickel for the lamp industry.

The basic production technology has been acquired from reputed foreign organisations like Creusot-Loire and Pechiney-Ugine-Kuhlmann of France and Krupp Kloeckner A of West Germany. Midhani also has the latest equipment and quality control facilities to ensure that all Midhani alloys meet international standards in quality and performance.

Some of the unique production facilities are the powder metallurgy shop for compacting, sintering, swaging and wire drawing of molybdenum and tungsten products, sophisticated melting and refining furnaces, precision forging, rolling and wire drawing equipment and a central quality control laboratory.

Midhani's product range includes iron, nickel and cobalt based superalloys, special purpose steels, titanium and titanum alloys, electrical and electronic alloys including electrical resistance alloys and powder metallurgy products.

MIDHANI

Mishra Dhatu Nigam Limited
(A Government of India Enterprise)
Kanchanbagh Hyderabad 500 258

Sista's/Midhani/153i 84

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद के लिए डा. जनार्दन स्वरूप द्वारा संपादित तथा डा. शिव प्रकाश गर्ग द्वारा गुड्डी प्रिंटर्स, मुलुंड बंबई में मुद्रित व प्रकाशित

वैज्ञानिक (त्रैमासिक)
दिल्ली, नई दिल्ली, महाराष्ट्र, हिमाचल प्रदेश, राजस्थान व उ. प्र. के शिक्षा/विभागों द्वारा स्कूल व कॉलेजों के लिए स्वीकृ
R. No. 18862/7

NUCLEAR POWER CORPORATION

STEPPING UP POWER GENERATION FOR GENERATIONS TO COI

Nuclear Energy from the unlimited energy source. Environmentally clean and safe. Indigenously developed and totally self-reliant, to meet the growing energy demand for a better quality of life for our increasing millions.

NPC committed to serving the nation, utilising India's vast nuclear resources for generation of power for generations to come.

NUCLEAR POWER CORPORATION
(A Govt. of India Enterprise)

16th & 20th floor, World Trade Centre 1.
Cuffe Parade, Bombay 400 005.

NPC. Fuelling a powerful future.

CONTOUR ADS-N