

## इमारतींची भूकंप संकल्पन तत्त्वे कोणती?

### भूकंपाचा प्रश्न

एखादया विवक्षित स्थळी भूकंपामुळे निर्माण होणा-या हाद-यांची तीव्रता *हलकी, साधारण* किंवा *तीव्र* असू शकते. सापेक्षतेने वोलतांना, हलके हादरे अनेकदा होतात, साधारण हादरे अधूनमधून वसतात तर तीव्र हादरे क्वचितच वसतात. थोडक्यात, जगभरात ५.० - ५.९ या परिमाणाचे सरासरी ८०० हादरे वर्षभरात वसतात तर ७.० - ७.९ या परिणामाचे केवळ १८ हादरे वसतात (पहा तक्ता १ आय. आय. टी. के. . वी. एम. टी. पी. सी. भूकंप मार्गदर्शक सूचना ०३ [www.nicee.org](http://www.nicee.org) या संकेतस्थळावर). म्हणूनच, आपण इमारतीचे संकल्पन आणि बांधकाम करताना जेव्हा इमारतीचे स्वतःचे आयुष्य केवळ ५० ते १०० वर्षे असते तिला निवडलेल्या स्थळावर ५०० वर्षात एकदा येणा-या किंवा २००० वर्षात एकदा येणा-या भूकंपासाठी संकल्पन करायचे कां? इमारतीमध्ये वाढीव भूकंप सुरक्षा निर्माण करण्यासाठी त्याची किंमत मोजावी लागते, आणि त्यावरून विरोध निर्माण होतो: *आपण भूकंपाचे होणारे परिणाम वाजुला सारून इमारतीचे संकल्पन करायला हवे कां? किंवा आपण तीव्र अशा क्वचितच होणा-या भूकंपाच्या हाद-यांसाठी इमारतीचे संकल्पन करून तिला “भूकंपरोधक” करायला हवे?* स्पष्टपणे, आधीचा मार्ग हा मोठया विनाशाकडे नेणारा असून दुसरा मार्ग अधिक महागडा आहे. म्हणूनच, संकल्पन तत्त्व या दोन टोकांच्या मधले असले पाहिजे.

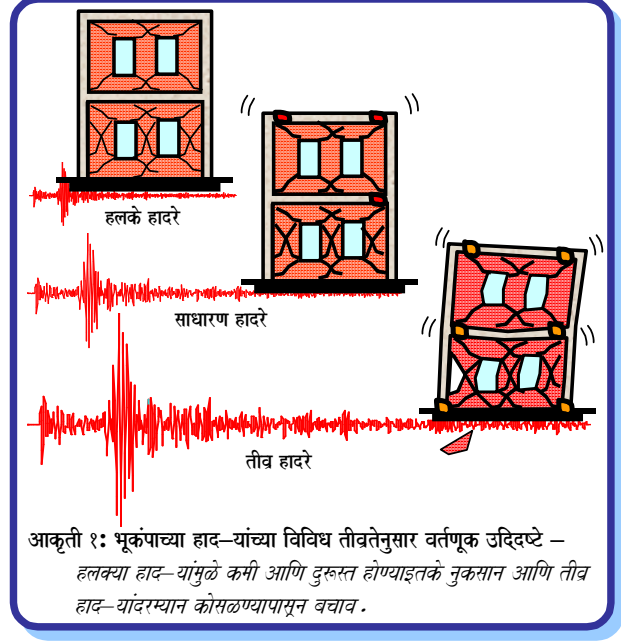
### भूकंपरोधक इमारती

अभियंते *भूकंपरोधक* (earthquake-proof) इमारती वनविण्याचा कधीही प्रयत्न करित नाहीत कारण ज्यांना तीव्र परंतु क्वचित होणा-या भूकंपांदरम्यान कुठलेही नुकसान होणार नाही; अशा इमारती अति घट्टया कट्टया (robust) आणि अतिशय महागडया असतील. त्याऐवजी, अभियांत्रिकी हेतू हा असतो की इमारती *भूकंपरोधक* असल्या पाहिजेत; अशा इमारती जमिनीच्या हाद-यांना विरोध करतानाच, त्यांना मोठया प्रमाणावर क्षति होऊ शकते मात्र तीव्र भूकंपात देखील त्या कोसळू शकत नाहीत. म्हणजेच, भूकंपरोधक इमारतीमध्ये मनुष्य आणि साधन सामग्रीच्या सुरक्षेची खात्री मिळते, आणि त्यामुळे मोठा विनाश टाळला जातो. हे जगभरातील भूकंपीय संकल्पन मानकांचे मुख्य उद्दिष्ट आहे.

### भूकंपीय संकल्पन तत्त्वे

भूकंपीय संकल्पन तत्त्वांचा खालीलप्रमाणे सारांश करता येईल (आकृती १):

- हलक्या परंतु सातत्याने होणा-या हाद-यांमुळे, इमारतीचे ऊर्ध्व आणि क्षितीज वल घेणारे प्रमुख घटक यांना नुकसान होत कामा नये मात्र वल न घेणा-या इमारतीच्या घटकांना दुरुस्त होण्याइतकी क्षति होण्यास हरकत नसावी.
- साधारण तसेच अधूनमधून होणा-या हाद-यांमुळे, प्रमुख घटकांत दुरुस्त होण्याइतकी क्षति होऊ शकते, तसेच इमारतीच्या इतर भागांना भूकंपानंतर बदलता येतील इतपत क्षति झाली तरी चालेल; आणि
- तीव्र तसेच क्वचित होणा-या हाद-यांदरम्यान, प्रमुख घटकांना तीव्र (दुरुस्त न होण्या इतके देखील) क्षति होऊ शकते, मात्र इमारत कोसळता कामा नये.



म्हणजेच, हलक्या हाद-यांनंतर, इमारत थोड्याच वेळात कार्यरत होईल आणि तिच्या दुरुस्तीची किंमत कमी असेल आणि, साधारण हाद-यांनंतर, इमारत, एकदा क्षति झालेल्या प्रमुख घटकांची दुरुस्ती आणि सबलीकरण झाले की कार्यरत होऊ शकेल. परंतु, तीव्र हाद-यांनंतर, इमारत पुढील काळाच्या वापरासाठी अकियासक होईल, परंतु ती उभी असेल आणि रहिवाशांना वाहारे काढता येईल तसेच साधन संपत्तीचे नुकसान भरून काढता येऊ शकेल.

संकल्पनाचे तत्त्व टरविताना होणा-या क्षतिचे त्याच्या दुष्परिणामांसह विचार करणे आवश्यक आहे. उदा. महत्त्वाच्या इमारती, जसे दवाखाने आणि अग्निशामक केंद्रे, भूकंपानंतरच्या कार्यामध्ये कांतिट टरतात आणि म्हणूनच त्या भूकंपानंतर त्वरीत कार्यरत होणे आवश्यक आहे. या संरचनांना अगदी थोडी क्षति झाली पाहिजे आणि त्यांचे अधिक पातळीच्या भूकंपीय सुरक्षेसाठी संकल्पन केले गेले पाहिजे. भूकंपामुळे धरणांचे बांध फुटल्यामुळे अनुप्रवाहामध्ये (downstream) पूर येऊन तो स्वतःच दुसरे संकट ठरू शकतो. म्हणूनच, धरणे (आणि त्याचप्रमाणे अपूर्ऊर्जा केंद्रे) त्यापेक्षा अधिक जास्त भूकंपीय गतीसाठी संकल्पित केली पाहिजेत.

### इमारतीतील क्षति: न टाळता येण्याजोगी

भूकंपरोधक इमारतीचे संकल्पन करताना होणारी क्षति *रास्त किंमतीमध्ये स्वीकारार्ह पातळीपर्यंत नियंत्रित करण्याचा* समावेश होतो. भूकंपानंतर कुठल्याही इमारतीला तडे गेल्यास ती इमारत रहाण्यायोग्य नाही, या सर्वसाधारण समजाच्या विरुद्ध भूकंपरोधक इमारत संकल्पन करणारे अभियंते असे मानतात की काही क्षति ही न टाळता येण्याजोगी असते. भूकंपांदरम्यान इमारतींना विविध प्रकारे क्षति होते जसे

(प्रामुख्याने तड्यांच्या स्वरूपात दिसणारे; विशेषतः कॉंक्रीट आणि दगडी बांधकामांच्या इमारतीमध्ये). यातील काही भेगा स्वीकारार्ह असतात (त्यांच्या आकार आणि स्थान या दोन्हीच्या अनुषंगाने) आणि काही भेगा स्वीकारार्ह नसतात. उदा. प्रचलित कॉंक्रीटच्या सांगाडा असलेल्या आणि स्तंभाच्या मध्ये दगडी किंवा विटांचे बांधकाम असलेल्या इमारतीमध्ये उभ्या स्तंभ आणि बांधकामाच्या मधील भेगा ह्या स्वीकारार्ह आहेत, परंतु स्तंभामधील कर्ण रेषेतील भेगा स्वीकारार्ह नाहीत (आकृती २). साधारणपणे, भूकंपरोधक इमारतीतील क्षतिच्या कारण आणि तीव्रतेबाबत तांत्रिक पात्रताधारक व्यावसायिक व्यक्तित्व जाणकार असतात.



आकृती २: स्तंभामधील कर्णरेषेतील भेगा इमारतीच्या ऊर्ध्व घटकांची बल घेण्याची क्षमता संकटात घालतात- अस्वीकारार्ह नुकसान.

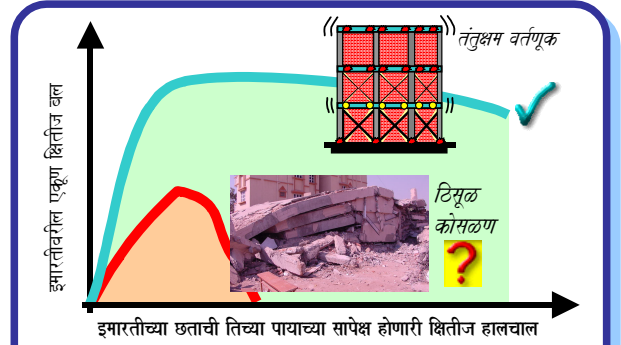
म्हणूनच भूकंपरोधक इमारतीचे संकल्पन हे भूकंपादरम्यानची क्षति स्वीकारार्ह असण्यासोबतच ती योग्य प्रमाणात आणि योग्य टिकाणी आहे याची खात्री पटण्यासंबंधी आहे. हे भूकंपरोधक संकल्पन व-याच प्रमाणात घरात वापरण्यात येणा-या विद्युत ज्वालका (electric fuse) प्रमाणे आहे. घरातील संपूर्ण विद्युत उपकरणे आणि तारांचे जाळे वाचविण्याकरिता तुम्ही विद्युत परिपथातील (electric circuit) छोट्या भागांचा ज्यांना ज्वालक असे म्हणतात त्यांचा बळी देता ही ज्वालके उच्च विद्युत प्रवाहानंतर बदलता येऊ शकतात त्याचप्रमाणे, इमारतीला कोंसळण्यापासून वाचविण्याकरिता, तुम्हाला आधीच ठरविण्यात आलेल्या काही घटकांना स्वीकारार्ह पातळी आणि स्वीकारार्ह पातळीची क्षति होऊ देणे आवश्यक असते.

#### स्वीकारार्ह नुकसान: तंतुक्षमता

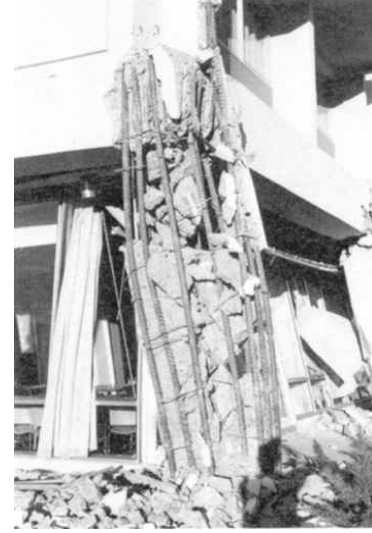
म्हणूनच, आता कठीण आव्हान हे आहे की भूकंपादरम्यान क्षतिचे स्वीकारार्ह स्वरूप आणि इमारतीची अपेक्षित वर्तणूक शोधून काढणे. हे करण्यासाठी सर्व प्रथम विविध सामग्री कशी वर्तणूक करते हे समजावून घेऊया. त्यासाठी फळ्यावर लिहिण्यासाठी वापरण्यात येणारा पांढरा खडू आणि कागदांना एकत्रित धरून ठेवणा-या स्टीलच्या टाचण्यांचे उदाहरण घेऊ. होय ... खडू पटकन तुटते!! त्याविरुद्ध, स्टीलच्या टाचण्या मागे आणि पुढे वाकू शकतात. अभियंत्यांनी या स्टील टाचण्यांच्या मोठ्या प्रमाणावर मागे पुढे वाकण्याच्या गुणधर्माला तंतुक्षमता असे नाव दिले आहे; खडू हे ठिसूळ साहित्य आहे.

भूकंपरोधक इमारती, प्रामुख्याने त्यांचे महत्वपूर्ण घटक, यांना त्यांच्यात तंतुक्षमता निर्माण होण्याच्या पध्दतीने बांधणे आवश्यक आहे. अशा इमारतींमध्ये पुढे आणि मागे हेलकावे घेण्याची क्षमता असते, आणि थोड्या क्षतिसह, मात्र इमारत कोंसळून देता भूकंपाचे परिणाम सहन करण्याची क्षमता असते (आकृती ३). तंतुक्षमता हा इमारतीच्या कृतीवर परिणाम करणारा एक महत्त्वाचा घटक आहे.

म्हणजेच, भूकंपरोधक संकल्पन इमारतीमध्ये ज्या टिकाणी क्षति होणार आहे ते आधीच ठरवून त्या टिकाणी योग्य तपशीलवार आरेखन करून इमारतीच्या तंतुक्षम वागणूकीची खात्री देण्याचा प्रयत्न करते.



(अ) भूकंपादरम्यान इमारतीची दोन टोकांमध्ये होणारी वर्तणूक - तंतुक्षम आणि ठिसूळ



(ब) प्रचलित कॉंक्रीटच्या स्तंभाचा ठिसूळ भंश

आकृती ३: तंतुक्षम आणि ठिसूळ संरचना - भूकंपीय संकल्पन दुस-या प्रकारच्या संरचना टाळण्याचा प्रयत्न करते.

#### संदर्भिय साहित्य

१. नईम एफ. एड., (२००१), द सिस्मिक डिझाईन हॅण्डबुक, क्लुवेर अॅकॅडेमिक पब्लिशर्स, अमेरिका
२. ओंगो जे., आणि व्हेर्गिन डी., (१९९९), डिझाईन फॉर अर्थक्वेक, जॉन विली अँड सन्स, अमेरिका
३. स्थापत्य अभियांत्रिकी परिभाषा कोश, भाषा संचालनालय, महाराष्ट्र शासन, मुंबई

लेखक: सी. व्ही. आर. मुर्ति, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान कानपूर, कानपूर, भारत  
 प्रायोजक: बांधकाम साहित्य आणि प्रौद्योगिकी संवर्धक मंडळ, नवी दिल्ली, भारत  
 अनुवाद: शुभदा अ. गडकर, कार्यकारी अभियंता, सार्वजनिक बांधकाम विभाग, महाराष्ट्र शासन  
 परिक्षण: डॉ. एम्. एम्. वसोले, माजी अधिव्याख्याता, व्ही. आर. सी. ई., नागपूर आणि डॉ. ओमप्रकाश जयसवाल, सहाय्यक अधिव्याख्याता, व्ही. एन्. आय. टी., नागपूर

हे प्रकाशन आय. आय. टी. कानपूर आणि व्ही. एम्. टी. पी. सी. नवी दिल्ली यांच्या मालकीचे आहे. या सूचना त्यातील विषयांमध्ये बदल न करता आणि योग्य पंच देऊन पुनर्निर्मित करता येऊ शकतील. आपल्या सूचना/अभिप्राय कृपया [nicee@iitk.ac.in](mailto:nicee@iitk.ac.in) या ई-पत्त्यावर पाठवावा. या आधीच्या आय. आय. टी. के., व्ही. एम्. टी. पी. सी. भूकंप सूचना वधण्याकरीता [www.nicee.org](http://www.nicee.org) किंवा [www.bmtpc.org](http://www.bmtpc.org) या संकेतस्थळांना भेट द्या.  
 नोव्हेंबर २००९