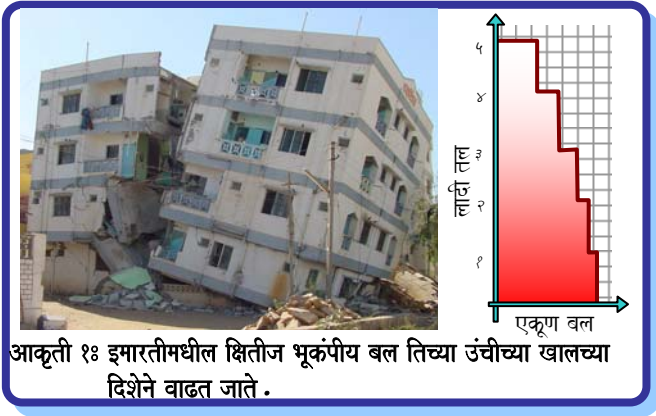


प्रबलित कॉंक्रीटच्या इमारतींवर भूकंप कसा परिणाम करतात?

प्रबलित कॉंक्रीटच्या इमारती

आजकाल, भारतामध्ये विशेषकरून गावांमध्ये आणि शहरांमध्ये प्रबलित कॉंक्रीटच्या इमारती सर्वसामान्य झाल्या आहेत. प्रबलित कॉंक्रीटमध्ये, (किंवा फक्त आर.सी.) मुलतः दोन प्रकारची सामग्री म्हणजेच, प्रबलन गजांसह कॉंक्रीट यांचा समावेश असतो. कॉंक्रीट हे वाळू, दळीत दगड (ज्यांना समुच्चय किंवा खडी असे म्हणतात) आणि सिमेंट या सर्वांच्या पूर्व प्रमाणित पाण्याच्या प्रमाणासह मिश्रणापासून तयार केले जाते. कॉंक्रीट कुठल्याही इष्ट आकाराच्या साच्यामध्ये तयार करता येते, आणि पोलादाचे गज अनेक आकारांमध्ये वाकवता येऊ शकतात. त्यामुळेच, आर. सी. पासून जटील आकाराच्या संरचना शक्य होतात.

नमुनेदाखल एक आर.सी. इमारत क्षितीज घटक (तुळ्या आणि लादी) आणि ऊर्ध्व घटक (स्तंभ आणि भिंती) आणि जमिनीवर टेकलेल्या पायाच्या आधारापासून तयार होते. आर. सी. स्तंभ आणि त्यांना जोडणा-या तुळ्यांपासून तयार झालेल्या प्रणालीला आर. सी. चौकट असे संबोधतात. आर.सी. चौकट भूकंपीय बलांचा प्रतिरोध करण्यात सहभाग घेते. भूकंपाच्या हाद-यांमुळे इमारतीमध्ये जडत्व बलांची निर्मिती होते, जे इमारतीच्या वस्तुमानाशी समानुपाती असतात. इमारतीचे बहुतांश वस्तुमान लादीतलाजवळ असल्याने भूकंप उत्पन्न जडत्व बल प्रामुख्याने लादीलगतच निर्माण होते. हे बल खालच्या दिशेने प्रवास करते. लादी आणि तुळ्या मार्फत स्तंभ आणि भिंतीकडे आणि त्यानंतर पायाकडे जेथुन त्याचे जमिनीमध्ये अपस्करण होते. जडत्व बल इमारतीच्या वरील भागापासून खाली एकवटल्यामुळे खालच्या मजल्यावरील स्तंभ आणि भिंती अधिक भूकंप बलाची अनुभूती घेतात (आकृती १). आणि त्यामुळे वरील मजल्यांच्या तुलनेत अधिक सामर्थ्यवान संकल्पित केले जातात.

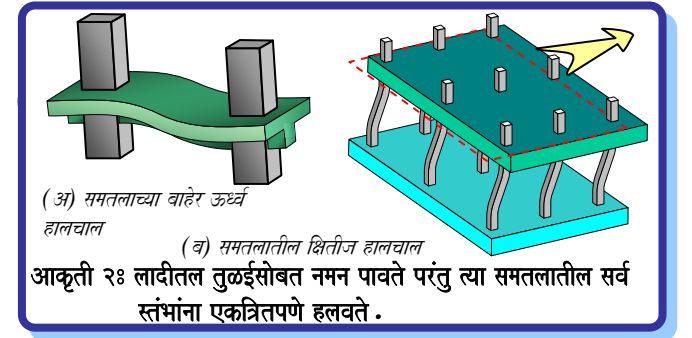


आकृती १: इमारतीमधील क्षितीज भूकंपीय बल तिच्या उंचीच्या खालच्या दिशेने वाढत जाते.

लादी आणि बांधकाम भिंतींचे कार्य

लादी हे क्षितीज सपाट सद्दृश्य घटक असून, इमारतीचा कार्यात्मक वापर सुलभ करतात. सामान्यतः एका मजल्यावरील तुळ्या आणि लादी एकाच वेळी आकारित केले (ओतले) जातात. निवासी बहुमजली इमारतींमध्ये, लादीची जाडी केवळ १००-१५० मिमि इतकी असते. भूकंपादरम्यान जेव्हा तुळ्या ऊर्ध्व दिशेत नमन पावतात (आकृती २ अ) त्यावेळी, पातळ लादीदेखील त्यांचासोबत नमन पावते आणि, ज्यावेळी तुळ्या स्तंभासह क्षितीज दिशेत हलतात, सामान्यतः लादी तुळ्यांना त्यांच्यासोबत हलण्यास भाग पाडते. अनेक

इमारतींमध्ये, क्षितीज समतलातील भौमितीक विकृती नगण्य असते, या वर्तणुकीला अनम्य पटल क्रिया (rigid diaphragm action) असे म्हणतात (आकृती २ ब). संरचना अभियंत्यांनी संकल्पन करताना ही वाव लक्षात घेणे आवश्यक आहे.

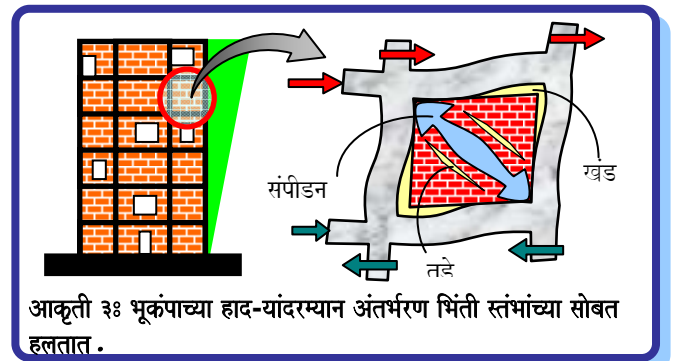


(अ) समतलाच्या बाहेर ऊर्ध्व हालचाल

(ब) समतलातील क्षितीज हालचाल

आकृती २: लादीतल तुळईसोबत नमन पावते परंतु त्या समतलातील सर्व स्तंभांना एकत्रितपणे हलवते.

आर. सी. इमारतीमध्ये स्तंभ आणि लादी आकारित करून झाले आणि कॉंक्रीट कठीण झाले की, स्तंभ आणि लादीच्या मधील ऊर्ध्व जागा बांधकामाच्या भिंतीने बांधून काढून, लादीतलाचे क्षेत्रफळ कार्यात्मक जागेमध्ये (खोल्या) सुलभ केले जाते. साधारणपणे, ह्या बांधकामाच्या भिंती, ज्यांना अंतर्भरण भिंती असेदेखील म्हटले जाते, सभोवतीच्या आर. सी. स्तंभ आणि तुळ्यांना जोडलेल्या नसतात. स्तंभ लादी तळाच्या पातळीमध्ये हलतात. परंतु, बांधकाम भिंती या हालचालीस प्रतिरोध करतात. त्यांच्या जड वजन आणि जाडीमुळे या भिंती अवश्य मोठ्या प्रमाणावरच क्षितीज बल आकर्षित करतात (आकृती ३). तथापि, बांधकाम हे टिसूळ साहित्य असल्याने, या भिंतींना एकदा त्यांची क्षितीज बल घेण्याच्या क्षमतेने मर्यादा ओलांडली की भेगा पडण्यास सुरुवात होते. म्हणजेच, अंतर्भरण भिंती या इमारतीमध्ये स्वयंत्र्याग करणा-या ज्वालकाप्रमाणे कार्य करतात परंतु, तुळ्या आणि स्तंभावरील भारांचा तडे निर्माण होईस्तोवर वाटा उचलतात. अंतर्भरण भिंतींची भूकंपीय कृती चांगले सामर्थ्य असलेला मसाला, बांधकामाचे योग्य थर तयार करणे आणि आर. सी. चौकट आणि दगडी अंतर्भरण भिंती यांच्यातील मोकळी जागा योग्य रितीने भरणे यामुळे सुधारण्यास मदत होते. तथापि, अंतर्भरण भिंती तिच्या जाडीच्या तुलनेने अवास्तवपणे उंच किंवा लांब असल्यास समतलाबाहेर (म्हणजेच तिच्या पातळ दिशेलागत) पडू शकते आणि ते धोकादायक ठरू शकते. तसेच, इमारतीमध्ये अंतर्भरण अनियमितपणे ठेवल्यास त्याचे लघु स्तंभ परिणाम आणि पीळ असे वाईट परिणाम घडू शकतात (यावर पुढील भूकंपमार्गदर्शक सूचनेमध्ये चर्चा करण्यात येईल).



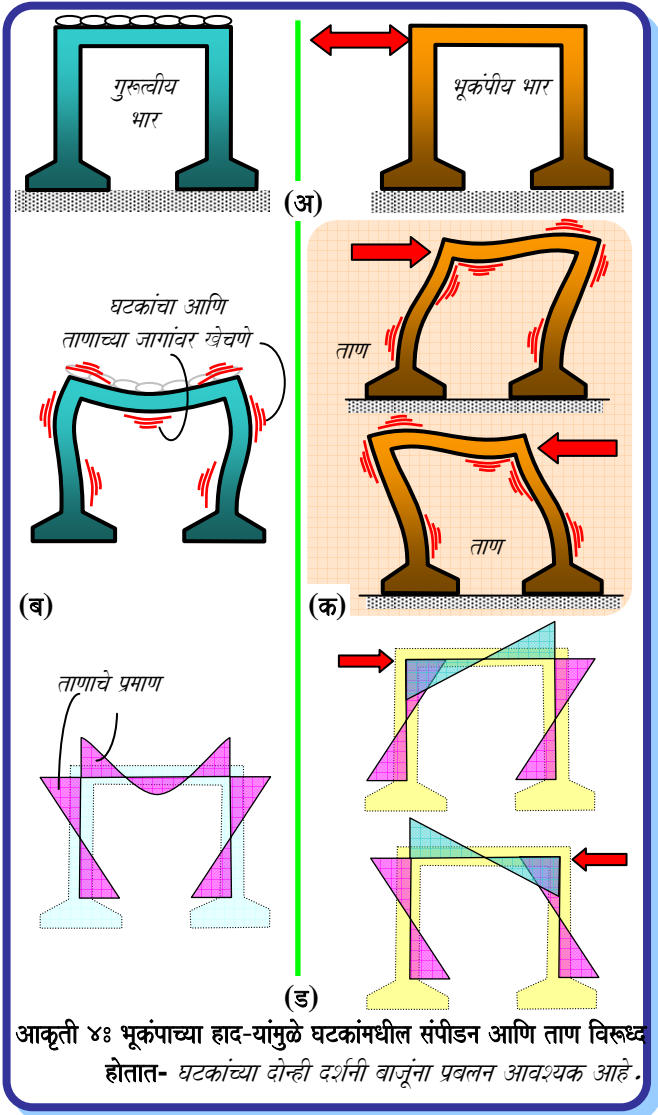
आकृती ३: भूकंपाच्या हाद-यांदरम्यान अंतर्भरण भिंती स्तंभांच्या सोबत हलतात.

क्षितीज भूकंप परिणाम वेगवेगळे असतात

इमारतीवरील **गुरूवीय भारामुळे** (स्वभार आणि त्यातील समाविष्ट वावी) आर. सी. इमारत नमन पावते आणि त्यामुळे अनेक टिकाणी खेचण्याची क्रिया आणि लघूभवन होते. पृष्ठभागावर ज्याटिकाणी खेचण्याची क्रिया होते त्याटिकाणी ताण निर्माण होतो आणि जिथे लघूभवन होते तिथे संपीडन निर्माण होते. (आकृती ४ ब) गुरूवीय वलाच्या प्रभावाखाली, तुळईच्या खालच्या मध्य भागात आणि टोकाजवळ वरच्या भागात ताण असतो. दुसरीकडे, भूकंप भारामुळे तुळई आणि स्तंभाच्या गुरूवीय वलाच्या प्रभावाखालील स्थानापेक्षा वेगळ्या टिकाणी ताण निर्माण होतो (आकृती ४ क), या घटकांमधील उत्पन्न झालेल्या ताणाच्या (तांत्रिक भाषेत नमन आघूर्ण) तुलनात्मक पातळ्या आकृती ४ड मध्ये दाखविण्यात आल्या आहेत. भूकंपभारामुळे निर्माण होणा-या नमन आघूर्णाची पातळी हाद-यांच्या तीव्रतेवर अवलंबून असते आणि गुरूवीय वलाच्या तुलनेत अधिक असू शकते. म्हणजेच, भूकंपाच्या तीव्र हाद-यांदरम्यान, तुळईच्या टोकांमध्ये वर किंवा खाली ताण निर्माण होऊ शकतो. कोंक्रीट हा ताण घेऊ शकत नसल्याने, तुळईच्या दोन्ही बाजूंना विरुद्ध नमन आघूर्णास प्रतिरोध करण्यासाठी पोलादी गजांची आवश्यकता भासते. त्याचप्रमाणे, स्तंभाच्या सर्व बाजूंना देखील पोलादी गजांची आवश्यकता भासते.

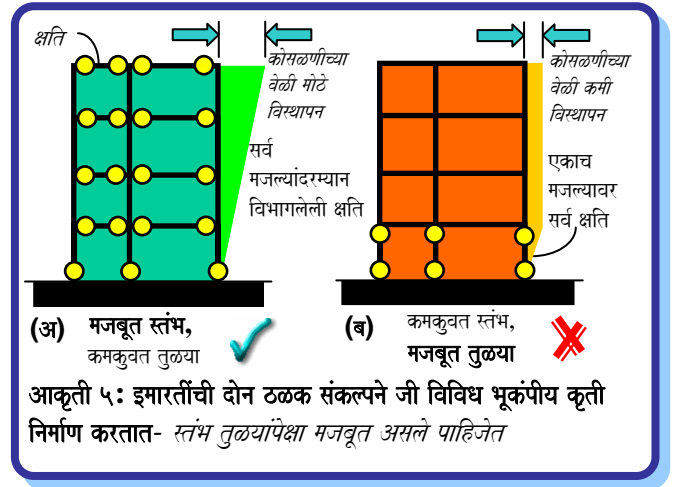
सामर्थ्य परंपरा

भूकंपाच्या हाद-यांदरम्यान इमारत सुरक्षित राहण्यासाठी, स्तंभ, (जे तुळई कडून बल घेतात) तुळईपेक्षा सामर्थ्यवान असले पाहिजेत आणि पाया (जे स्तंभाकडून बल घेतात) स्तंभापेक्षा सामर्थ्यवान असणे आवश्यक आहे.



पुढे, तुळया आणि स्तंभ आणि स्तंभ आणि पाया यांमधील जोड हे भंग पावता कामा नये म्हणजे तुळया सुरक्षितपणे स्तंभांना आणि स्तंभ पायाकडे बल हस्तांतरित करू शकतील.

जेव्हा ही बाव संकल्पनांमध्ये स्विकारली जाते, तेव्हा तुळयांमध्ये प्रथम नुकसान होऊ शकते (आकृती ५ अ). जेव्हा तुळयांचे मोठया प्रमाणावर तंतुक्षमता असण्याच्या दृष्टीने तपशीलवार आरेखन केले जाते, तेव्हा इमारत सलगपणे (अखंडपणे) मोठया प्रमाणावर विकृती पावते, तुळयांच्या भंग पावण्याच्या प्रक्रियेच्या परिणामांमुळे होणा-या उत्तरोत्तर नुकसानाची पर्वा न करता त्याविरुद्ध, जर स्तंभांना कमकुवत बनविले तर, त्यांना मोठया प्रमाणावर स्थानिक नुकसान पोचते, एका विशिष्ट मजल्याच्यावर आणि खाली (आकृती ५ ब) हे स्थानिक नुकसान इमारत कोसळण्यास कारणीभूत होऊ शकते, तथापि वरील मजल्यावरील स्तंभ जवळपास काहीही नुकसान न होता राहू शकतात.



संबंधित भारतीय मानके

आर. सी. चौकटी इमारतींच्या संकल्पनाकरिता भारतीय मानक संस्था नवी दिल्ली मार्फत खालील मानके प्रकाशित करण्यात आली आहेत: (अ) भारतीय भूकंप मानक (आय. एम्. १८९३: भाग १- २००२) भूकंपीय वलांची परिगणिते करण्यासाठी (ब) भारतीय कोंक्रीट मानक (आय. एम्. ४५६- २०००) आर. सी. घटकांच्या संकल्पनासाठी आणि (क) आर. सी. इमारतीसाठी तंतुक्षम आरेखन मानक (आय. एम्.- १३९२० १९९३) भूकंपप्रवण प्रदेशातील तंतुक्षम आरेखनाच्या आवश्यक वावीसाठी.

संबंधित भूकंप मार्गदर्शक सूचना

सूचना ५१ भूकंपाचे संरचनांवर काय परिणाम होतात?

संदर्भिय साहित्य

इंग्लिक आर. ई. (२००३), "सिमीक डिझाईन ऑफ रिन्फोर्सड अँड प्रीकास्ट कोंक्रीट बिल्डींग्ज", जॉन विली अँड सन्स, अमेरिका
पेनेलिस जी. जी. अँड कॅपोस अ. जे. (१९९७), "अर्थक्वेक रेजिस्टन्ट कोंक्रीट स्ट्रक्चर्स", ई अँड एफ. एन्. स्पॉन्, इंग्लंड
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. बसोले, माजी अधिव्याख्याता, व्ही. आर. सी. ई., नागपूर आणि डॉ. ओमप्रकाश जयस्वाल, सहाय्यक अधिव्याख्याता, व्ही. एन्. आय. टी., नागपूर

हे प्रकाशन आय. आय. टी. कानपूर आणि वी. एम्. टी. पी. सी. नवी दिल्ली यांच्या मालकीचे आहे. या सूचना त्यातील विषयांमध्ये बदल न करता आणि योग्य पोच देऊन पुनर्निर्मित करता येऊ शकतील. आपल्या सूचना/ अभिप्राय कृपया nicee@iitk.ac.in या ई पत्त्यावर पाठवाव्यात. याआधीच्या आय. आय. टी. के., वी. एम्. टी. पी. सी. भूकंपसूचना वषण्याकरिता www.nicee.org किंवा www.bmtpc.org या संकेतस्थळांना भेट द्या. फेब्रुवारी २००८