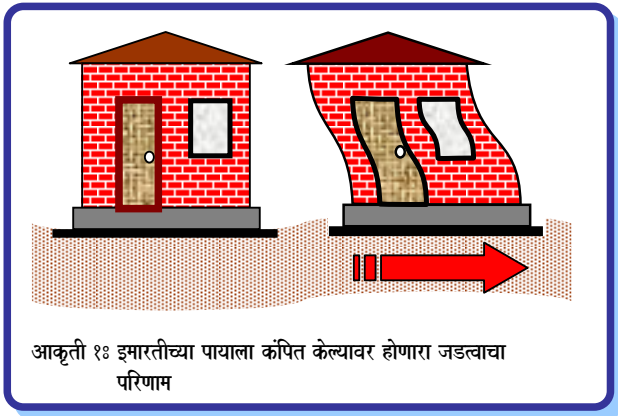


भूकंपाचे संरचनेवर काय परिणाम होतात?

संरचनेमधील जडत्व बल (inertia forces)

भूकंपामुळे जमिनीला हादरे बसतात. त्यामुळे जमिनीवर उभ्या असणा-या इमारतीला देखील तिच्या पायाजवळ भूकंपाच्या गतीचे परिणाम जाणवतात. *न्युटनच्या पहिल्या नियमानुसार*, जरी इमारत भूकंपामुळे जमिनीसह हलली, तरी इमारतीचे छताला मात्र त्याच्या मूळ जागी स्थिर राहण्याची प्रवृत्ती असते. परंतु भिंती आणि स्तंभ त्याच्याशी जोडलेले असल्यामुळे ते छताला आपल्यावरोबर खेचतात. *थोडक्यात याची तुलना या परिस्थितीशी करता येईल जेव्हा तुम्ही उभे असतांना बस अचानकपणे सुरु होते तेव्हा तुमचे पाय बससोबत हलतात परंतु, तुमच्या शरीराचा वरील भाग आहे त्याच स्थितीत राहून तुम्हाला मागे खेचण्याचा प्रयत्न करतो!!* मूळ स्थिती कायम ठेवण्याच्या हया प्रवृत्तीला *जडत्व (inertia)* असे म्हणतात. इमारतीमध्ये, भिंती आणि स्तंभ मुख्य असल्याकारणाने, छताची गती जमिनीच्या गतीपेक्षा भिन्न असते (आकृती १).

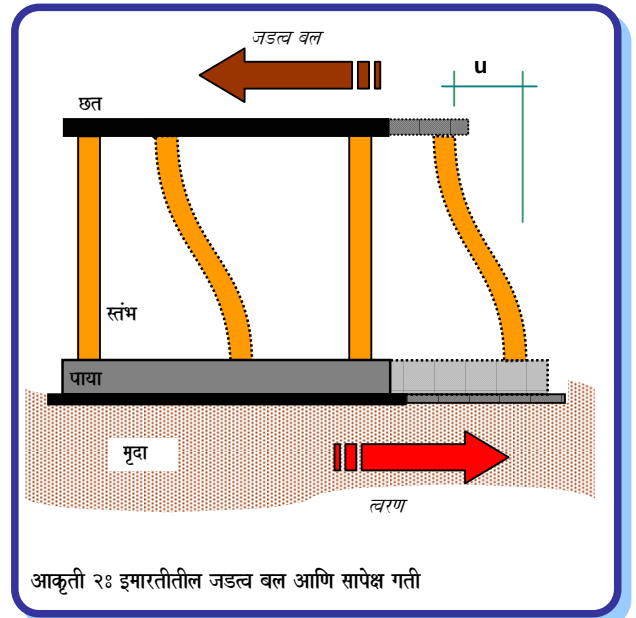


स्तंभावर आधारित छत असलेल्या एका इमारतीची कल्पना करा (आकृती २). आता पुन्हा तुमच्या बसमधील स्थितीचे उदाहरण घेऊ या: जेव्हा बस अचानकपणे चालू होते, त्यावेळी तुम्ही मागे फेकले जाता, जणू काही कुणीतरी तुमच्या शरीराच्या वरील भागावर जोर लावला आहे. त्याचप्रकारे, जेव्हा जमीन हलते, तेव्हा इमारतसुध्दा मागे फेकली जाते, आणि छताला बलाची अनुभूती होते हेच, *जडत्व बल* होय. जर छताचे वस्तुमान (mass) M असेल आणि त्याने अनुभवलेले त्वरण (acceleration) a असेल तर *न्युटनच्या गतीच्या दुस-या नियमाप्रमाणे* F_1 हे *जडत्व बल* होईल (वस्तुमान M गुणिले त्वरण a) आणि त्याची दिशा ही त्वरणाच्या विरुद्ध दिशेला असेल. अर्थात, जास्त वस्तुमान म्हणजे जास्त जडत्व बल. म्हणूनच, हलक्या इमारती भूकंपाचे हादरे अधिक चांगल्या रितीने सहन करू शकतात.

विरूपतेचे इमारतींवर होणारे परिणाम

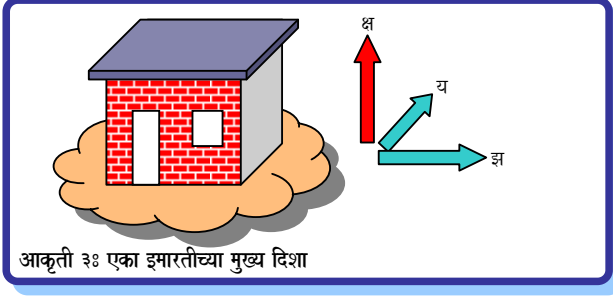
इमारतीच्या छताने अनुभवलेले जडत्व बल जमिनीकडे स्तंभाच्या माध्यमातून स्थानांतरित होते आणि त्यामध्ये बल निर्माण करते. स्तंभामध्ये निर्माण होणा-या बलांना दुस-या पध्दतीने देखील समजून घेता येईल. भूकंपाच्या हाद-यांदरम्यान, स्तंभाच्या दोन टोकांमध्ये सापेक्ष हालचाल होते. आकृती २ मध्ये जमिन आणि इमारतीच्या छतामधील ही हालचाल u या राशीने दाखविण्यात आली आहे. परंतु, मुक्त संधी मिळाल्यास स्तंभ आपल्या मूळच्या ऊर्ध्व स्थितीमध्ये येण्याचा प्रयत्न करतील, म्हणजेच, स्तंभ विरूपतेला प्रतिरोध करतात.

सरळ ऊर्ध्व रेषेत असतांना स्तंभ कुठलेही क्षितीज पातळीतील बल धारण करित नाहीत. परंतु, त्यांना बलपूर्वक वाकवण्याचा प्रयत्न केल्यास त्यांच्यामध्ये अंतर्गत बलांची उत्पत्ती होते. स्तंभाच्या खालच्या आणि वरच्या भागातील सापेक्ष क्षितीज विस्थापन (relative horizontal displacement) u जितके जास्त तितके जास्त अंतर्गत बल असते. तसेच, स्तंभ जितके दृढ (म्हणजेच स्तंभाचा आकार जितका जास्त असेल) तितके हे बल जास्त होईल. या कारणामुळेच, स्तंभामधील या अंतर्गत बलांना *दृढता बल (stiffness forces)* असे म्हणतात. खरेतर, स्तंभातील दृढता बल म्हणजे स्तंभाची दृढता आणि दोन टोकांमधील सापेक्ष विस्थापनेच्या गुणाकाराइतके असते.



क्षितीज आणि ऊर्ध्व कंपने

भूकंपामुळे जमिन सर्व तीन दिशांना कंपन पावते— दोन क्षितीज दिशेला (त्यांना 'क्ष' आणि 'य' मानू या) आणि ऊर्ध्व दिशेला (त्याला 'झ' मानू या) (आकृती ३). तसेच, भूकंपादरम्यान जमिनीची प्रत्येक 'क्ष', 'य' आणि 'झ' दिशांना स्वैरपणे पुढे आणि मागे (- आणि +) अशी हालचाल होते. सर्वच संरचना प्रामुख्याने गुरुत्वीय बल घेण्याच्या दृष्टीने संकल्पित केल्या जातात; म्हणजेच त्या वस्तुमान 'M' (यात त्या संरचनेचा स्वतःचा भार आणि अध्यारोपित भाराइतके वस्तुमान यांचा समावेश होतो) आणि ऊर्ध्व अधोमुखी दिशेतील त्वरण उणे झ (-Z) यांच्या गुणाकाराइतके बल घेण्यासाठी संकल्पित केले जातात. एम्.जी. (Mg) या अधोमुखी बलास *गुरुत्वीय बल* असे म्हणतात. भूकंपादरम्यान निर्माण होणारे ऊर्ध्व त्वरण हे गुरुत्वीय त्वरणामध्ये मिळवले जाते किंवा वजा केले जाते. संरचनेचे संकल्पन करतांना गुरुत्वीय भाराचा प्रतिरोध करण्यासाठी सुरक्षा गुणांक (factor of safety) वापरण्यात येत असल्याकारणाने, साधारणपणे अनेक संरचना ऊर्ध्व कंपने सहजरित्या सहन करू शकतात.

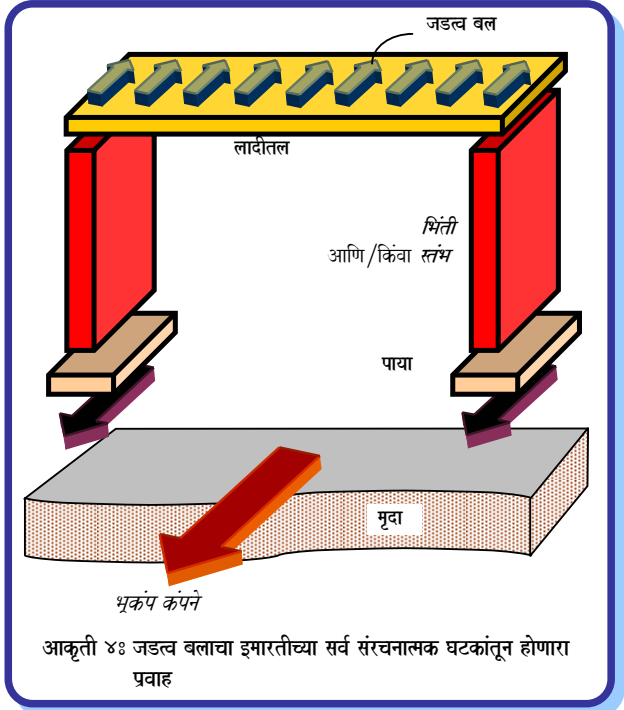


आकृती ३३ एका इमारतीच्या मुख्य दिशा

तथापि, क्षितीज पातळीतील 'क्ष' आणि 'य' दिशेकडील (दोन्हीची प्रत्येकी + आणि - दिशेतील) हालचाल ही चिंतेचा विषय ठरते. गुरुत्वीय बलासाठी संकल्पित करण्यात आलेली संरचना साधारणपणे भूकंपाची क्षितीजीय कंपने सहजपणे सहन करू शकत नाही. म्हणूनच क्षितीजीय भूकंपाच्या परिणामाविरुद्ध संरचना मजबूत असणे आवश्यक आहे.

जडत्व बलाचा इमारतीच्या पायापर्यंत प्रवाह

भूकंपाच्या क्षितीज कंपनांच्या प्रभावाखाली संरचनांमध्ये त्याच्या वस्तुमानाच्या पातळीमध्ये क्षितीज जडत्व बलांची निर्मिती होते (साधारणपणे हे लादीच्या पातळीत असतात). हे पार्श्वीय जडत्व बल (lateral inertia forces) लादीकडून भिंती आणि स्तंभांना, त्यांच्याकडून पायाला आणि सर्वात शेवटी इमारतीखालील मुदेकडे स्थानांतरित होतात (आकृती ४). म्हणून, प्रत्येक संरचनात्मक घटकांचे (लादी, भिंती, स्तंभ आणि पाया) आणि त्यांच्यामधील जोडणीचे संकल्पन अशा रितीने करणे आवश्यक आहे ज्यायोगे त्यांच्यामधील जडत्व बल हे सुरक्षितपणे स्थानांतरित होईल.



आकृती ४३ जडत्व बलाचा इमारतीच्या सर्व संरचनात्मक घटकांतून होणारा प्रवाह

भिंती आणि स्तंभ हे जडत्व बल स्थानांतरित करण्याच्या दृष्टीने अतिशय महत्वपूर्ण घटक आहेत. परंतु, पारंपारिक बांधकामामध्ये लादी आणि तुळईच्या संकल्पन आणि बांधकामाकडे भिंती आणि स्तंभांच्या तुलनेत जास्त लक्ष दिले जाते. भिंती या तुलनेने कमी जाडीच्या असून बांधकामाची टिमूळ सामग्री वापरून बांधण्यात येतात. म्हणूनच अशी भिंत जाडीच्या दिशेत येणा-या क्षितीज जडत्व बलास प्रतिरोध करू शकत नाही. दगडी किंवा विटांच्या बांधकामाचे पूर्वी झालेल्या अनेक भूकंपामध्ये मोठे नुकसान झाल्याचे निदर्शनास आले आहे (उदा., आकृती ५अ). तसेच,

कमकुवतरिच्या संकल्पित आणि बांधकाम केलेले प्रचलित कॉंक्रीटचे स्तंभ देखील विध्वंसकारक ठरू शकतात. सन २००१ च्या भूज (भारत) येथील भूकंपामध्ये तळमजल्यावरील स्तंभांच्या -हासाची परिणीती अनेक इमारती कोसळण्यात झाली (आकृती ५ब).



(अ) १९९१ च्या उत्तरकाशी (भारत) भूकंपात अंशतः कोसळलेल्या दगडी बांधकामाच्या भिंती



(ब) सन २००१ च्या भूज (भारत) कोसळलेले प्रचलित कॉंक्रीटचे स्तंभ (आणि इमारत)

आकृती ५३ क्षितीज भूकंप बलासाठी भिंती आणि स्तंभांच्या संकल्पनाचे महत्व

संदर्भिय साहित्य

१. चोप्रा ए.के. (१९८०), डायनेमिक्स ऑफ स्ट्रक्चर्स - अ प्रायमर, EERI मोनोग्राफ, अर्थक्वेक इंजिनीअरिंग रिसर्च इन्स्टिटयुट, अमेरिका.
२. 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 जयस्वाल, सहाय्यक अधिव्याख्याता, व्ही. एन्. आय. टी., नागपूर

हे पत्रकान आय. आय. टी. कानपूर आणि व्ही. एम्. टी. पी. सी. नवी दिल्ली यांच्या मालकीचे आहे. या सूचना त्यातील विषयामध्ये बदल न करता आणि योग्य पोंच देऊन पुनर्निर्मित करता येऊ शकतील. आपल्या सूचना/ अभिप्राय कुपया nicee@iitk.ac.in या ई-पत्त्यावर पाठवाव्यात. या आधीच्या आय. आय. टी. के. व्ही. एम्. टी. पी. सी. भूकंप सूचना वगण्याकरीता www.nicee.org किंवा www.bmtpc.org या संकेतस्थळांना भेट द्या. नोव्हेंबर २००९