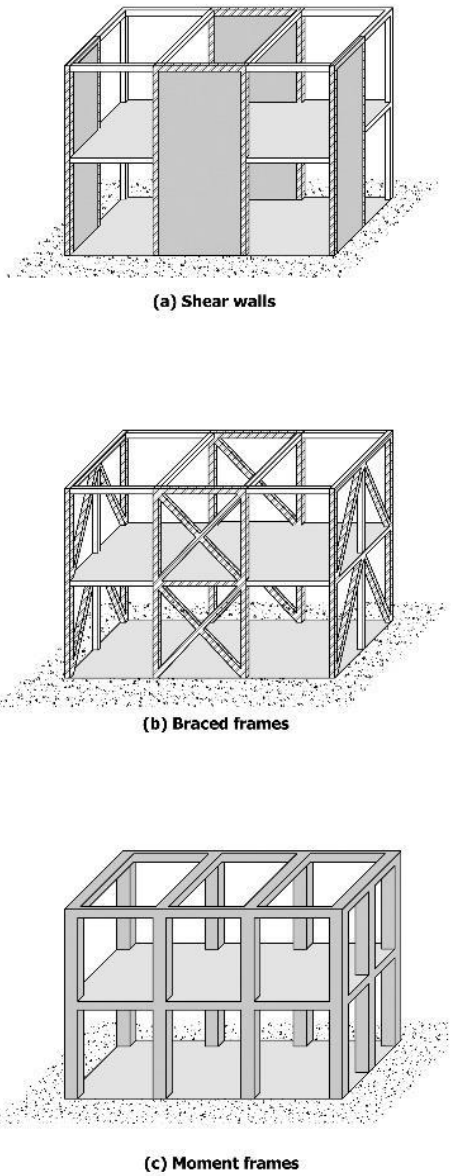
भूकंपरोधी इमारतें

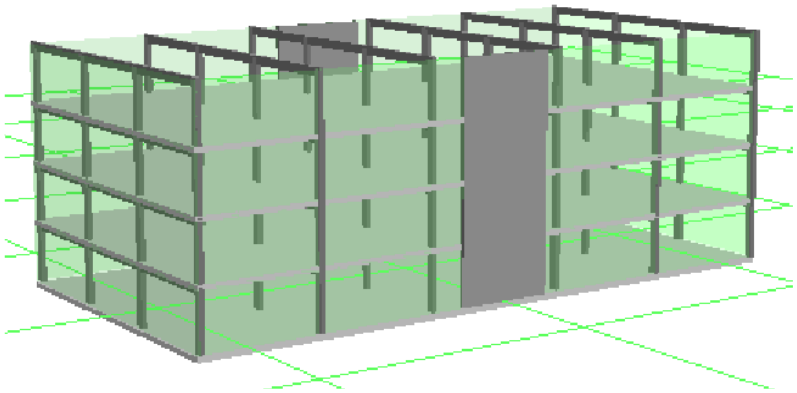
अध्याय 3. भूकंप का प्रतिरोध करने के लिए तीन संरचनात्मक प्रणालियाँ

किसी भी शहर की इमारतों में विविधताएँ होती है। कुछ मकान ऊँचे होते हैं, जबकि कुछ अन्य छोटे होते हैं। कुछ इमारतें कॉम्पैक्ट (compact) होती हैं, जबकि कुछ अन्य विशाल (जैसे कि एक मॉल) होती हैं । भले ही इमारतें मौलिक रूप से भिन्न दिखाई देती हों, लेकिन ये सारी इमारतें तीन में से किसी एक संरचनात्मक प्रणाली का उपयोग भूकंप के झटकों को झेलने में करती हैं। ये तीन प्रणालियाँ हैं: शीयर वाल (shear wall), ब्रेस्ड फ्रेम (braced frame) और मोमेंट फ्रेम (moment frame) (तस्वीर 1 देखें) ।



तस्वीर 1. तीन भूकंपरोधी संरचनात्मक प्रणालियाँ ।

जब वास्तुकार और सिविल (Civil) अभियंता एक नयी इमारत की रूपरेखा तैयार करते हैं, तब वो सामान्यतया तस्वीर 1 में दिखाई गयी तीन में से एक संरचना प्रणाली को चुनते हैं। कभी-कभी तीन में से दो संरचना प्रणालियों का उपयोग भी किया जाता है। ये दो प्रणालियाँ अलग-अलग दिशाओं में भूकंप के झटकों का प्रतिरोध करती हैं (तस्वीर 2 देखें)। ऐसी संरचनात्मक प्रणालियों से भी किसी भी दिशा में होने वाले भूकम्पीय कम्पन का प्रतिरोध संभव है।



तस्वीर 2. छः मोमेंट फ्रेम (moment frame) भवन की छोटी दिशा में भूकंप का प्रतिरोध करते हैं, जबकि भवन की लम्बी दिशा में दो शीयर वाल (shear wall) भूकंप का प्रतिरोध करते हैं (तस्वीर में छत नहीं दिखाई गयी है)।

हर संरचनात्मक प्रणाली आधारशिला (foundation) से ऊपर छत तक सीधी होती है। शीयर वाल, ब्रेस्ड फ्रेम और मोमेंट फ्रेम की सँख्या कई बातों पर निर्भर करती है, जैसे कि उस क्षेत्र में भूकंपीय गतिविधियाँ, भवन का आकार और उस क्षेत्र के लिए भवन का महत्त्व।

मोमेंट फ्रेम का इस्तेमाल काफी प्रचलित है (तस्वीर 3 देखें) । इन फ्रेम्स के बीम (beam) और स्तम्भ (column) आपस में काफी मजबूती से जुड़े होते हैं (अध्याय 6 देखें)। फ्रेम प्रणाली के माध्यम से उपलब्ध आयतन (space) के समुचित प्रयोग में सुविधा होती है। उदाहरण के तौर पर खिड़कियाँ आसानी से दी जा सकती हैं, और आंतरिक सजावट के लिए भी काफी विकल्प होते हैं । ये प्रणाली बाकी दो संरचनात्मक प्रणालियों की तुलना में काफी लचीली (flexible) होती है। इस वजह से इनमें विचलन (deflection) और क्षति तुलनात्मक रूप से ज्यादा होती है। इसके अलावा इन प्रणालियों के विश्लेषण में काफी तकनीक का इस्तेमाल होता है, और निर्माण के समय होने वाली गलतियों का इन फ्रेम्स की क्षमता पर काफी प्रभाव पड़ता है। ये प्रणालियाँ प्रबलित कांक्रीट (reinforced concrete) या फिर स्टील (steel) की बनी होती हैं। छोटे मकानों के लिए लकड़ी के बने फ्रेम्स का उपयोग भी होता है।

तस्वीर 3. दो फोर-बे (four-bay) मोमेंट फ्रेम्स (moment frames) इस मकान में भूकंपीय बलों का प्रतिरोध करेंगे। ऐसे फ्रेम्स मकान की दूसरी तरफ भी दिए जाते है।

ब्रेस्ड फ्रेम में तिरछे संरचनात्मक भाग (elements) होते हैं, जो बीम और स्तम्भ के साथ मिल के त्रिभुज बनाते हैं (तस्वीर 4 देखें)। ये भाग सामान्यतया स्टील से बने होते हैं, और इनका उपयोग छोटी ऊंचाई के मकानों (जैसे कि गोदाम) में प्रचलित है। ब्रेस्ड फ्रेम की क्षमता वेल्डिंग (welding) की गुणवत्ता पर काफी ज़्यादा निर्भर है। अगर वेल्डिंग सही तरीके से नहीं हुई है, तो ये स्टील ब्रेस बड़े भूकंप के दौरान क्षतिग्रस्त हो सकते हैं ।

तस्वीर 4. ऊपर दिखाई गयी इमारत में एक दिशा में ब्रेस्ड फ्रेम (braced frame) और दूसरी दिशा में मोमेंट फ्रेम्स (moment frames) भूकंप का प्रतिरोध करेंगे।

शीयर वाल या संरचनात्मक दीवारें (structural walls) तीनों संरचनात्मक प्रणालियों में भूकंप के प्रतिरोध की दृष्टि से सबसे मजबूत होती हैं (तस्वीर 5 देखें) । दुनिया भर में भूकम्पों के दौरान इन प्रणालियों का प्रदर्शन सबसे अच्छा रहा है। जितनी ज्यादा दीवारें होती हैं, मकान उतना ही मजबूत होता है। ऐसी स्थिति में भूकंप के दौरान मकान का विचलन भी कम होता है। ऊँचे मकानों के लिए सामान्य तौर पर शीयर वाल प्रबलित कंक्रीट से बनाये जाते हैं। छोटे मकानों के लिए संकुचित चिनाई (confined masonry) (अध्याय 4 देखें) का उपयोग पर्याप्त होता है। कई भूकंपग्रस्त देशों, जैसे कि अमेरिका एवं न्यूज़ीलैण्ड, के छोटे मकानों में प्लाईवुड (plywood) या फिर जिप्सम प्लास्टरबॉर्ड (gypsum plasterboard) से बनी संरचनात्मक दीवारों का भी उपयोग भूकंप के प्रतिरोध के लिए होता है। विशेष तकनीक से तैयार लकड़ियों, जैसे क्रॉस-लैमिनेटेड टिम्बर (cross-laminated timber), का भी मकानों में शीयर वाल की तरह उपयोग बढ़ रहा है।

तस्वीर 5. एक प्रबलित कांक्रीट (reinforced concrete) संरचनात्मक दीवार (structural wall) एक दिशा में भूकंप का प्रतिरोध करेगी। ऐसी ही एक दीवार मकान की दूसरी तरफ भी होनी चाहिए।

इस लेख श्रृंखला के बारे में:

लेखों की इस श्रृंखला में भूकंपों और इमारतों पर उनके प्रभावों के बारे में चर्चा की गई है। मकानों को भूकंपरोधी बनाने के तरीकों को भी समझाया गया है। उम्मीद है कि इस किताब से मकान मालिकों और भवन निर्माण उद्योग से सम्बंधित नीति निर्धारकों, नियंत्रकों, और अभियंताओं को मदद मिलेगी। ये लेख मूलतः World Housing Encyclopedia (http://www.world-housing.net) के एंड्रयू चार्ल्सन और सहयोगियों द्वारा लिखे गए हैं। यह कार्य Earthquake Engineering Research Institute (https://www.eeri.org/) और International Association of Earthquake Engineering (http://www.iaee.or.jp) द्वारा प्रायोजित है । इस लेख का हिंदी अनुवाद मनीष कुमार और जे. काव्य हर्षिता ने किया है।

References:

Braced Frame. Glossary for GEM Taxonomy. Global Earthquake Model. https://taxonomy.openquake.org/terms/braced-frame-lfbr.

Charleson, A. W., 2008. *Seismic design for architects – outwitting the quake*. Elsevier: Oxford. Chapter 4 "Vertical structure", pp. 63-91.

Moment Frame. Glossary for GEM Taxonomy. Global Earthquake Model. https://taxonomy.openquake.org/terms/moment-frame-lfm.

Murty, C. V. R., 2005. *How do earthquakes affect reinforced concrete buildings – Earthquake Tip 17*. IITK-BMTPC "Learning earthquake design and construction", NICEE, India. http://www.iitk.ac.in/nicee/EQTips/EQTip17.pdf (accessed 5 May 2020).

Murty, C. V. R., 2005. *Why are buildings with shear walls preferred in seismic regions?– Earthquake Tip 23*. IITK-BMTPC "Learning earthquake design and construction", NICEE, India. http://www.iitk.ac.in/nicee/EQTips/EQTip17.pdf (accessed 5 May 2020).

Wall. Glossary for GEM Taxonomy. Global Earthquake Model. https://taxonomy.openquake.org/index. php/terms/wall-lwal.