भूकंप टिप-17
प्रबलित कंक्रीट से निर्मित भवनों को भूकंप कैसे प्रभावित करते हैं?

प्रबलित कंक्रीट से निर्मित भवन

हाल के समय में भारत में, खासकर नगरों और शहरों में प्रबलित कंक्रीट भवन आम हो गए हैं। *प्रबलित कंक्रीट* (या आर सी) दो प्राथमिक पदार्थों यानी *प्रबलित स्टील की छड़ों* तथा *कंक्रीट* से निर्मित होता है। *रेत, संदलित पत्थर* (जिन्हें पुंज यानी *एग्रीगेट* कहते हैं) तथा *सीमेंट* इन सबको पानी की पूर्व-निर्धारित मात्रा के साथ मिलाकर ही कंक्रीट तैयार होता है। कंक्रीट को किसी भी इच्छित आकार में ढाला जा सकता है तथा स्टील की छड़ों को अनेक आकारों में मोड़ा जा सकता है। अतः जटिल आकारों वाली संरचनाओं का निर्माण आर सी द्वारा संभव है।

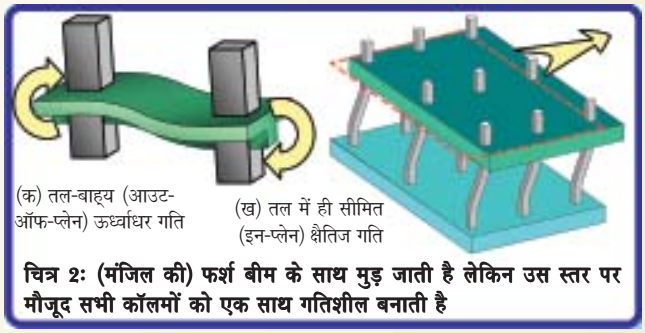
एक प्रारूपिक आर सी भवन क्षैतिज मेम्बरों (बीम एवं स्लैब) तथा ऊर्ध्वाधर मेम्बरों (कॉलम एंव दीवारों) से बना होता है तथा जमीन पर टीकी *नींवों* द्वारा इसे सहारा प्राप्त होता है। आर सी कॉलमों तथा संयोजी बीमों के तंत्र को आर सी ढांचे (फ्रेम) की संज्ञा दी जाती है। आर सी फ्रेम भूकंप बलों का प्रतिरोध करने में अपनी भूमिका निभाता है। भूकंपी प्रकंपन भवन में जड़त्व बलों, जो भवन के द्रव्यमान के समानुपाती होते हैं, को उत्पन्न करता है। चूंकि भवन के द्रव्यमान का अधिकांश भाग मंजिलों के स्तरों (फ्लोर लेवल्स) पर मौजूद होता है, भूकंप-प्रेरित जड़त्व बलों की उत्पत्ति मुख्य रूप से मंजिलों के स्तरों पर ही होती है। ये बल नीचे की दिशा में स्लैबों एवं बीमों से होकर कॉलम एवं दीवारों और फिर नीवों तक अपना सफर तय करते हैं जहां से वे जमीन में परिक्षिप्त हो जाते यानी बिखर कर समा जाते हैं। जैसे-जैसे जड़त्व बल भवन के शीर्ष से चलकर नीचे की दिशा में आकर इक्ट्ठा होते हैं, वैसे-वैसे निचली मंजिलों पर स्थित कॉलम एवं दीवारें भी अधिक तीव्र भूकंप-प्रेरित बलों का अनुभव करते हैं (चित्र 1)। अतः इन (निचली) मंजिलों को ऊपरी मंजिलों की तुलना में अधिक मजबूती से डिजायन किया जाता है।

चित्र 1: किसी भवन में कुल क्षैतिज भूकंप बल नीचे की ऊर्ध्वाधर दिशा में बढ़ता है।

मंजिल के स्लैबों और चिनाई की दीवारों की भूमिका

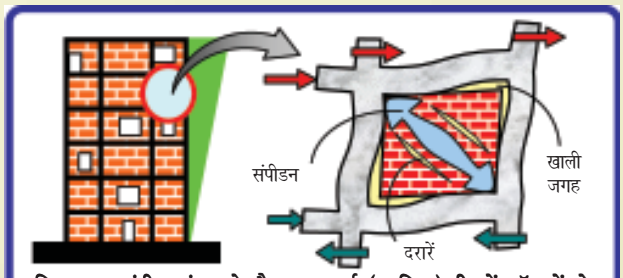
मंजिल के स्लैब (फ्लोर स्लैब) क्षैतिज प्लेट सदृश हिस्से होते हैं जो भवनों को इस्तेमाल में लाए जाने में मदद करते हैं। आमतौर पर, किसी एक मंजिल पर बीमों और स्लैबों को एक साथ ही ढाला जाता है। रिहायशी बहुमंजिली इमारतो में, स्लैबों की मोटाई महज 110-150 मि.मी. के लगभग होती है। भूकंपों के दौरान जब बीम ऊर्ध्वाधर दिशा में मुड़ते हैं तो ये पतली स्लैबें उन्हीं के साथ मुड़ जाती हैं (चित्र 2क)। और जब बीम क्षैतिज दिशा में कॉलमों के साथ गतिमान होते हैं तो आमतौर पर बीमों को स्लैब अपने साथ गतिमान होने के लिए मजबूर कर देते हैं। अधिकतर भवनों में, क्षैतिज तल में स्लैब की ज्यामितीय विकृति न के बराबर होती है, इस व्यवहार को *दृढ़ डायाफ्राम क्रिया* (चित्र 2ख) की संज्ञा दी जाती है। संरचनात्मक इंजीनियरों को डिजायन के दौरान इस बात का ध्यान रखना चाहिए।

किसी आर सी भवन में कॉलमों और फर्शों के ढलकर तैयार होने और कंक्रीट के सूखकर कड़े हो जाने के बाद, कॉलमों और फर्शों के बीच की ऊर्ध्वाधर जगहों को आमतौर पर चिनाई की दिवारों से भर दिया जाता है ताकि (किसी मंजिल पर) फर्श के क्षेत्र को उपयोग में लाए जा सकने योग्य स्थानों (कमरों) के रूप में सीमांकित



चित्र 2: (मंजिल की) फर्श बीम के साथ मुड़ जाती है लेकिन उस स्तर पर मौजूद सभी कॉलमों को एक साथ गतिशील बनाती है

किया जा सके। सामान्यतया, इन चिनाई की दिवारों, जिन्हें आपूर्ण दीवारें (*इनफिल वाल्स*) भी कहते हैं, का संबंधन अपने चारों ओर के आर सी कॉलमों तथा बीमों के साथ नहीं होता है। जब मंजिल के स्तर पर क्षैतिज बल कॉलमों पर प्रभावी होते हैं तो वे क्षैतिज दिशा में गतिमान होने का प्रयत्न करते हैं, लेकिन चिनाई की दीवारों की प्रवृत्ति इस गति का प्रतिरोध करने की होती है। अपने अधिक भार और मोटाई के कारण ये दीवारें कहीं अधिक क्षैतिज बलों को अपनी ओर आकर्षित करती हैं (चित्र 3)। लेकिन, चूंकि चिनाई का पदार्थ भंगुर होता है, जैसे ही क्षैतिज उद्‌भार को झेलने की उनकी क्षमता से अधिक उद्‌भार इन दीवारों पर लगता है, उनमें दरारें पैदा हो जाती हैं। अतः आपूर्ण (इनफिल) दीवारें भवनों में बिजली के परिपथों में लगने वाले सुरक्षा फ्यूजों की तरह ही कार्य करती हैं; प्रबल भू-प्रकंपनों के दौरान उनमें दरारें पड़ जाती हैं, लेकिन दरारें पड़ने से पहले कॉलमों के उद्‌भार को साझे रूप से वहन करने में ये मददगार होती हैं। आपूर्ण दीवारों की भूकंप को झेलने की शक्ति को अच्छी मजबूती वाले चूर्ण लेपों (मोर्टार) का इस्तेमाल कर, चिनाई के उपयुक्त पथों का निर्माण कर तथा आर सी फ्रेम और चिनाईयुक्त इनफिल दीवारों के बीच की खाली जगहों को उचित रूप से भरकर बढ़ाया जा सकता है। लेकिन, एक आपूर्ण दीवार जो अपनी मोटाई की तुलना में जरूरत से जयादा ऊंची या लंबी होती है, (अपनी पतली दिशा में) तल से बाहर खिसक सकती है, जो जान के लिए जोखिम पैदा कर सकती है। इसके अलावा, भवन में इनफिल दीवारों को अनियमित रूप से लगाने पर *लघु-कॉलम प्रभाव* तथा मरोड़ या ऐंठन (टॉर्शन) जैसे दुष्प्रभाव उत्पन्न हो सकते हैं (इनके बारे में चर्चा बाद के अंकों में दिए जाने वाले आई आई टी के-बी एम टी पी सी भूकंप टिपों में की जाएगी)।



चित्र 3: भूकंपी प्रकंपन के दौरान आपूर्ण (इनफिल) दीवारें कॉलमों के साथ गतिशील होती हैं

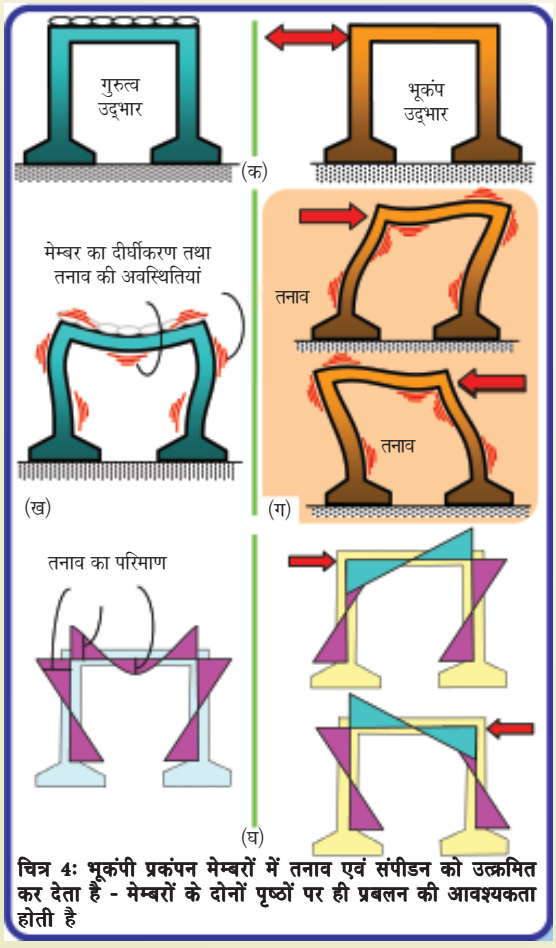
क्षैतिज भूकंपी प्रभाव भिन्न होते हैं

भवनों पर लगने वाला गुरुत्व उद्भारण (स्व-भार तथा भवनों में निवास करने वाले लोगों एवं वहां रखे सामान आदि के कारण) आर सी फ्रेमों को मोड़ देता है जिसका परिणाम अलग-अलग स्थानों पर होने वाले दीर्घीकरण और लघुकरण के रूप में देखा जा सकता है। उन सतहों या पृष्ठों पर जहां दीर्घीकरण हुआ, वहां तनाव तथा उन पृष्ठों पर जहां लघुकरण हुआ, वहां संपीडन उत्पन्न होता है (चित्र 4ख)। गुरूत्व उद्भारों के असर से तनाव केंद्र स्थित बीमों की निचली सतह तथा सिरों पर स्थित बीमों की ऊपरी सतह पर कार्यरत होता है। दूसरी ओर, भूकंप उद्भारण के प्रभाव से बीमों तथा कॉलमों की सतहों के जिन स्थानों पर तनाव लगता है, उनकी स्थिति गुरूत्व उद्भारण द्वारा लगने वाले तनाव की स्थिति से अलग होती है (चित्र 4ग); मेम्बरों में उत्पन्न इस तनाव (तकनीकी भाषा में *बंकन आघूर्ण*) के आपेक्षिक स्तरों को चित्र 4घ में दिखाया गया है। भूकंप उद्भारण के कारण उत्पन्न बंकन आघूर्ण का स्तर प्रकंपन की तीव्रता पर निर्भर करता है और यह गुरुत्व उद्भारण से उत्पन्न बंकन आघूर्ण से अधिक हो सकता है। अतः प्रबल भूकंपी प्रकंपनों के दौरान बीमों के सिरों के निचले या ऊपरी पृष्ठों में से किसी में भी तनाव उत्पन्न हो सकता है। चूंकि कंक्रीट इस तनाव को झेलने में समर्थ नहीं होता है, बीमों की दोनों सतहों पर बंकन आघूर्ण के उत्क्रमणों का प्रतिरोध करने के लिए स्टील की छड़ों की आवश्यकता होती है। इसी तरह, कॉलम के सभी पृष्ठों पर भी स्टील की छड़ों की आवश्यकता होती है।

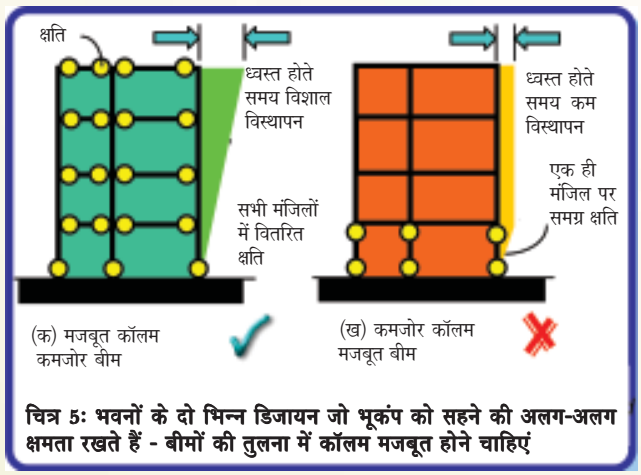
सामर्थ्य यानी मजबूती का सोपानन

भूकंपी प्रकंपन के दौरान किसी भवन की सुरक्षा के लिए, बीमों की तुलना में कॉलमों (जिन्हें बीमों द्वारा भेजे गए बलों को सहना पड़ता है) तथा कॉलमों की तुलना में नींवों (जिन्हें कॉलमों द्वारा भेजे गए बलों को सहना पड़ता है) को मजबूत होना चाहिए। इसके अलावा, बीमों और कॉलमों के बीच तथा कॉलमों और नीवों के बीच के संबंधन बने रहने चाहिएं ताकि बीम, कॉलमों को तथा कॉलम, नीवों को बलों का स्थानांतरण सुरक्षित रूप से कर सकें।

जब डिजायन में इस रणनीति से काम लिया जाता है तो सबसे पहले क्षति बीमों को ही पहुंचने की संभावना रहती है (चित्र 5क)। जब उच्च तन्यता के लिए बीमों का उचित रूप से विस्तृतीकरण किया जाता है तो बीमों के पराभव को प्राप्त होने यानी उनके कमजोर पड़ जाने के परिणामस्वरूप उत्पन्न प्रगामी क्षति के बावजूद समग्र रूप से भवन बहुत अधिक परिणाम में विकृत हो सकता है। इसके बरअक्स, अगर कॉलमों को कमजोर बनाया जाता है तो किसी मंजिल के शीर्ष तथा तल पर वे जबर्दस्त स्थानीय क्षति के शिकार होते हैं (चित्र 5ख)। वह स्थानगत क्षति किसी भवन के ध्वस्त होने का कारण बन सकती है हालांकि इससे ऊपरी मंजिलों पर कॉलम लगभग सही सलामत रहते हैं।



चित्र 4: भूकंपी प्रकंपन मेम्बरों में तनाव एवं संपीडन को उत्क्रमित कर देता है - मेम्बरों के दोनों पृष्ठों पर ही प्रबलन की आवश्यकता होती है



चित्र 5: भवनों के दो भिन्न डिजायन जो भूकंप को सहने की अलग-अलग क्षमता रखते हैं - बीमों की तुलना में कॉलम मजबूत होने चाहिएं

संगत भारतीय मानक

भारतीय मानक ब्यूरो, नई दिल्ली ने आर सी ढांचेयुक्त भवनों के डिजायन के लिए निम्नलिखित भारतीय मानकों का प्रकाशन किया है: (क) इंडिया सीस्मिक कोड (आई एस 1893 (भाग-1), 2002) - फॉर केलकुलेटिंग अर्थक्वेक फोर्सिस, (ब) इंडियन कंक्रीट कोड (आई एस 456, 2000) - फॉर डिजायन ऑफ आर सी मेम्बर्स, तथा (ग) डक्टाइल डिटेलिंग कोड फॉर आर सी स्ट्रक्चर्स (आई एस 13920, 1993) - फॉर डिटेलिंग रीक्वायरमेंट्स इन सीस्मिक रीजन्स।

संबंधित आई आई टी के-बी एम टी पी सी भूकंप टिप

टिप 5: ढांचों पर भूकंपी प्रभाव क्या होते हैं?

संदर्भ सामग्री

1. एंडलेकर्क, आर. ई., सीस्मिक डिजायन ऑफ रीइन्कोर्स्ड एंड प्रीकास्ट कंक्रीट बिल्डिंग्स, जॉन वाइली एंड संस, इं., संयुक्त राज्य अमेरिका, 2003।
2. पेनेलिस, जी. जी., एवं कैप्पॉस, ए. जे., अर्थक्वेक रेजिस्टेंट कंक्रीट स्ट्रक्चर्स, ई एंड एफ एन स्पॉन, यूनाइटेड किंग्डम, 1997।

साभार :

लेखक : सी.व्ही.आर. मूर्ति, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान कानपुर, कानपुर

प्रायोजक : भवन निर्माण सामग्री एवं प्रौद्योगिकी संवर्धन परिषद, नई दिल्ली

अनुवादक : आभास मुखर्जी