

भूकंप में ढाँचीय क्षति का न्यूनीकरण

डा० अचिन्त्य

प्राचार्य,

भागलपुर कॉलेज ऑफ इंजिनियरिंग,

भागलपुर - 813210।

सारांश

इस देश के भूकंप-उन्मुख भू-भागों में मानव निर्मित भवनों एवं ढाँचों का कार्य अत्यंत दयनीय रहा है। ढाँचों की स्थिरता एवं टिकाउपन के प्रति भूकंप द्वारा उत्पन्न किए जाने वाले खतरे के कारण ढाँचा-प्रणाली में निरंतरता, समरूपता तथा आधिक्य का अभाव एवं इसके निर्माण कार्य में गुणवत्ता की कमी है। शमनकारी उपाय केवल सीमित तरीकों से ही किए जा सकते हैं और वह भी विशिष्ट निर्माण क्षेत्र के सन्दर्भ में सन्निहित समस्याओं के सावधानीपूर्वक अध्ययन के पश्चात ही। भूकंप शमनकारी उपायों के उद्देश्य हैं कि मनुष्य और सम्पदा स्थिर एवं शक्त-लागत के अन्तर्गत अनुचित खतरों के अधीन न हों तथा सहायता, बचाव एवं पुर्नवास से सम्बन्धित किसी भी परिस्थिति का सामना करने हेतु बेहतर तैयारी हो।

भूमिका

वर्ष 2013 के आरम्भ से ही भारतीय उपमहाद्वीप में प्रत्येक माह भूकम्प दस्तक दे रहा है। भूकम्प का केन्द्र चाहे ईरान, अफगानिस्तान या पाकिस्तान में हो अथवा भारत के उत्तर में हिमालय प्रक्षेत्र में, भारत की राजधानी नई दिल्ली समेत कई शहरों में हाल के दिनों में लगातार हो रहे भूकम्पीय कम्पन आने वाली विकट आपदा की चेतावनी दे रहा है। 16 अप्रैल, 2013 को रिक्टर पैमाने पर 7.8 परिमाण के दक्षिणी ईरान में हुए भूकंप के कारण भारत, पाकिस्तान,

ईरान समेत खाड़ी देशों तक की धरती थर्रा गई। 11 मार्च, 2011 को जापान में आये इस शताब्दी का सबसे भयानक भूकंप, जो रिक्टर पैमाने पर 9 परिमाण का था, एवं उसके साथ आये सुनामी ने अपने विनाशलीला से पूरी दुनिया को स्तब्ध कर दिया।

भूकंप अत्यंत विनाशकारी प्राकृतिक आपदाओं में एक है। मनुष्य भूकंप रोकने में असमर्थ है, अधिक से अधिक वह सुरक्षा के उपाय कर सकता है। इतिहास के उदयकाल से ही भारतीय ज्ञान भूकंप के संदर्भों से भरा पड़ा है। 1991 से 2001 के दशक में भारत ने कई विनाशकारी भूकंपों को झेला है। 20 अक्टूबर, 1991 को हिमालय की गढ़वाल पहाड़ियों में उत्तरकाशी ने रिक्टर पैमाने पर 6.6 परिमाण के भूकंप का दुःस्वप्न देखा है। ठीक दो वर्ष पश्चात ही 30 सितम्बर, 1993 को महाराष्ट्र राज्य के लातूर ने रिक्टर पैमाने पर 6.3 परिमाण के एक विशाल एवं विनाशकारी भूकंप का अनुभव किया है। 22 मई, 1997 को 6.0 परिमाण का भूकंप जबलपुर में आया और सबसे नवीन, गुजरात के भुज जिले में 26 जनवरी, 2001 को आया भूकंप इतना प्रलयकारी था कि इसने सभी कल्पनाओं को ध्वस्त कर दिया। यह रिक्टर पैमाने पर 7.5 परिमाण का था।

भारत के उत्तरी क्षेत्र में अवस्थित हिमालय एवं इसके अधोभाग में स्थित पहाड़ियाँ क्रियाशील भूकंपीय भू-भागों में आते हैं। गंगा नदी द्वारा लाई गई मिट्टी से बना विशाल मैदान विभिन्न सतहों से बना है; अभी भी इस ट्रफ के निम्न भाग में परिवर्तन होता लगता है जिसके परिणाम-स्वरूप अल्प और दीर्घ परिमाण के भू-स्पंदन होते हैं। 1833, 1934 एवं 1988 में बिहार में आये भूकंप का उद्गम स्थान यही ट्रफ है। यह बिडम्बना ही है कि बिहार का यह क्षेत्र, जो गंगा का मैदान है और नेपाल की सीमा से सटा है, लगभग प्रत्येक पचास साल के अंतराल पर भूकंप से प्रभावित होता रहा है। भारतीय मानक ब्यूरो, नई दिल्ली ने अपने भूकंप संबंधित संहिता IS : 1893 (भाग-1) - 2002, शीर्षक : संरचनाओं के भूकंपरोधी डिजाइन के मापदंड, भाग 1 - सामान्य प्रावधान और भवन (पाँचवे पुनरीक्षण) में इस क्षेत्र को अत्यंत भूकंप प्रभावशाली क्षेत्रों (जोन पाँच) की श्रेणी में रखा है।

संयोगवश महान काव्य रामायण अनजाने ही बिहार और नेपाल से लगे इस विशेष क्षेत्र की मृदा की प्राकृतिक विशेषताओं का वर्णन सुदूर भूतकाल में भी करता है । रामायणानुसार भगवान श्रीराम की पत्नी देवी सीता ने पृथ्वी माता से प्रार्थना की थी कि वह अपने अन्दर जगह दे जिसमें वे अपनी सनातन विदाई के लिये समाहित हो सकें । तब पृथ्वी में हलचल हुई, कुछ कंपन हुए और परिणामस्वरूप पृथ्वी की सतह में दरार पड़ गयी और देवी सीता पृथ्वी के अंदर प्रवेश कर गई । यद्यपि यह सम्पूर्ण कहानी अति प्राचीनकाल में निर्मित की गई थी और आज भी इसे धार्मिक दृष्टिकोण से याद किया जाता है, तथापि यह अस्वीकार नहीं किया जा सकता कि देवी सीता के सनातन प्रस्थान काल में पृथ्वी का कंपन और उसके अन्दर सीता जी को समाहित करने हेतु पृथ्वी का पर्याप्त फट जाना एक प्रकार से भूकंप की ओर इंगित करता है । चूँकि यह महाकाव्य प्राचीन काल में लिखा गया था, अतः यह उद्घाटित करता है कि बिहार और नेपाल की सीमा से लगा यह विशेष भू-भाग अति प्राचीन काल से ही अत्यंत संवेदनशील भूकंप-उन्मुख क्षेत्र रहा है ।

भूकंप के बाद के अन्वेषणों से यह बहुधा देखा जाता है कि क्षति का स्वरूप पूर्ण विनाश से मात्र कुछ छोटे-मोटे प्रभावों तक बदलता रहता है जिसमें विभिन्न परिमाणों की घटनाएँ, यथा आंशिक-रूपेण अथवा पूर्णरूपेण क्षतिग्रस्त दीवारें, टूटी खिड़कियाँ, औंधे-मुँह गिरी छतें, धाराशायी संचार खम्भे, आदि शामिल हैं । आपदा संभावित क्षेत्रों में उस क्षेत्र के निवासी भूकंपीय क्षति पर कम ध्यान देते हैं । उनमें चिंता का अभाव संभवतः इस कारण होता है कि प्राकृतिक विनाशकारी प्रक्रिया जो अकस्मात् वृहत क्षति तक उत्पन्न करती है, वास्तविक खतरे के रूप में अनुभव नहीं की जाती है यदि वह उसी क्षेत्र में कुछ पीढ़ियाँ पश्चात् आती है ।

ढाँचागत क्षति का संक्षिप्त विवरण

भूकंप-उन्मुख भू-भागों में मानव-निर्मित ढाँचों का कार्य भूकंप के दौरान अत्यंत दयनीय देखा गया है । भूकंप के विरुद्ध इन ढाँचों के निष्फल कार्यकलाप और असामर्थ्य के कारण मुख्यतया उनमें

निरंतरता, बंधन, समरूपता का अभाव और निर्माणकार्य में निम्न स्तर की गुणवत्ता है । अधिकांश स्थितियों में अमानक निर्माण पद्धति, निम्न-कोटि की नींव और अपर्याप्त लौह-छड़ों का वितरण ही ढाँचों की क्षति के मूल कारण हैं । संरचनाओं एवं भवनों में आदर्शभूत (लाक्षणिक) विफलता एक या एक से अधिक प्रणाली के अवयवों की क्षति से प्रारम्भ होता है । उदाहरणस्वरूप, एक बार जब भवनों के ढाँचागत प्रणाली के मध्य संगामी बलों में छेड़-छाड़ होती है और ये घातक भूकंपीय बलों से प्रभावित होते हैं तो प्रथमतः नींव तथा ईंट-पत्थर से बनी दीवारें हिल जाती हैं और क्षतिग्रस्त हो जाती हैं, परिणामस्वरूप आंशिक या सम्पूर्ण रूप से क्षतिग्रस्त ईंट-पत्थर से बनी दीवारें अभिन्न रूप से जुड़ी छत-प्रणाली को सहारा देने में अप्रभावी हो जाती हैं । फलस्वरूप, दीवारें छत प्रणाली एवं अपने स्वयं के निर्माणकारी अवयवों से अलग होने का प्रयास करती हैं, जो छत प्रणाली के आंशिक या पूर्ण-पतन का भी कारण बनती हैं ।

यहाँ तक कि लकड़ी और बाँस की बनी छतों से भी जब ईंट या पत्थर के ढाँचे भूकंप के दौरान ढीले पड़ जाते हैं, तो ईंट की दीवारें जिनकी नींव हिल गयी होती है, उन्हें शीर्ष पर भी कोई आलंब नहीं रहता और वे भूकंप द्वारा उत्पन्न की गई पार्श्व-बल (लेटरल फोर्स) के कारण आंशिक या पूर्णरूपेण असफल होना शुरू हो जाती हैं । भूकंप के दौरान विफलता प्रायः नींव के स्तर पर शुरू होती है, जहाँ भूकंप के कारण असामान्य भू-गति (भू-चाल) प्रहार करती है और ईंट की दीवारों में विकर्णवत् प्रसारित होती हैं । भूकंप के आपदा-पश्चात् सर्वेक्षण में अधिकतर इस तरह के परिदृश्यों की प्रधानता रही है ।

सामान्यतया ईंट-पत्थर से बने ढाँचों का भूकंपीय-आचरण बहुत असंतोषप्रद रहा है । बिना लौह-छड़ों (सरिया) के ईंट-पत्थर निर्मित भवनों की अकस्मात्-आगत विफलता ढाँचागत दोषों में देखी गई है, जैसे कि उपयुक्त जोड़ों का अभाव, प्रतिरोधी अवयवों का असमरूप-विन्यास एवम् किसी एक दिशा में दीवारों की कमी । यद्यपि ईंट-पत्थर की दीवारें प्रायः बहुत भंगुर (ब्रीट्ल) और न मुड़ने वाली (कठोर) होती हैं, जो यहाँ तक कि छिछली (सतही) तथा नजदीकी भूकंपीय क्रिया के प्रति भी अत्यंत निम्न प्रतिरोध रखती है, तथापि दूसरी तरफ यह भी देखा गया है कि ईंट-पत्थर की दीवारों को

लौह-छड़ युक्त कंक्रीट ढाँचा (इन्फील्ड फ्रेम) में उचित संसीमित करने पर अथवा समुचित लौह छड़ों से युक्त करने पर वे बड़ी विकृति को भी, कुछ दरारों के साथ, पर बिना गिरे भी, स्वीकार कर लेती हैं । भीतरी भरावट-पूर्ण रिइन्फार्स्ड कंक्रीट (इन्फील्ड फ्रेम) के ढाँचों में ईंट की भरावट इसे आवृत करने वाले रिइन्फार्स्ड कंक्रीट के ढाँचे (फ्रेम) की अपेक्षा भंगुर (ब्रीट्ल) होती है और भूकंप में ढाँचे की विफलता के बहुत पहले विफल हो जाती है ।

बिहार में 1988 के, उत्तरकाशी में 1991 के, लातुर में 1993 के और भुज एवं अहमदाबाद में 2001 के भूकंपों के अधिकांश उत्तर-भूकंप अध्ययनों ने बार-बार यह इंगित किया है कि इन भूकंपों से क्षति मात्र इनकी तीव्रता के कारण नहीं, वरन् आदि-रूप में भूकंप प्रतिरोधी रूपांकन तथा निर्माण के अभाव में हुई है । ऐसा इसलिए है कि अधिकांश भवनों का निर्माण अनुभव-आधारित सिद्धांतों के आधार पर ही किया जाता रहा है । यह अधिकांश भवन-निवासियों एवं निर्माणकर्ताओं में गंभीरता की कमी के कारण होता है, जो भवन-निर्माण पर एक बड़ी राशि तो खर्च करते हैं, परन्तु वे कुछेक हजार रुपये निर्माण के दौरान किसी अभियांत्रिक कार्यकर्ता द्वारा तकनीकी निरीक्षण एवं परामर्श, जैसे विभिन्न प्रकार की निर्माण सामग्रियों का यथोचित मिश्रण, रिइन्फोर्समेंट, जल-सीमेंट अनुपात, कंक्रीट का दृढीकरण (ठोस करना, अविरलीकरण) तथा क्योरिंग एवं अन्य प्रासंगिक रूपांकन पहलू जैसे सीढ़ीघर, जल टंकी, प्रदूषण (मल) टंकी, इत्यादि का स्थान निर्धारण पर खर्च करना पसंद नहीं करते हैं ।

यही वजह है कि असक्षम रूपांकन दर्शन न तो आधिक्य व्यवस्था पर जोर देता है और न ही ढाँचीय-पद्धति से कमजोर अंगों के लोप पर, जिसमें कार्य-कुशलता की गुणवत्ता सम्मिलित है तथा साथ ही, जो भूकंप के दौरान भवन में होने वाली प्रतिफलित दरारों के संभावित भार-विस्तार से भूकंप-जन्य बल द्वारा निरूपित मान से बहुत कम बल पर ही संरचना को विफलता की ओर ले जा सकता है । अतः भारत में विभिन्न भूकंपों से उत्पन्न क्षति के परिदृश्यों में अनेक चीजें सर्वनिष्ठ हैं । सामान्य क्षति की प्रतिकृति निम्नांकित में से एक या संयुक्त कारणों से प्रतिफलित होती है :

- (अ) ढाँचों एवं भूकंप-जन्य बलों के बीच पारस्परिक क्रियाओं की समझ का अभाव ।
- (ब) अपर्याप्त रूपांकन और/अथवा अकुशल निर्माण-रीति ।
- (स) भवन - निर्माण संहिता अथवा प्रमाण की न्यूनता ।
- (द) भूकंपीय बलों का रूपांकन (डिजाइन) संहिता में निर्दिष्ट बलों का अतिक्रमण ।

अतः यह सर्वथा स्पष्ट है कि हमें भूकंप-उन्मुख क्षेत्रों में निर्मित सुविधाओं में उनकी ढाँचीय समग्रता सुरक्षित रखने के विषय पर विचार करने की आवश्यकता है । रूपांकन में पूर्व-निर्दिष्ट बलों की अपेक्षा भूकंपीय बलों के बढ़ जाने के कारण होने वाली क्षति को न्यूनतम करने हेतु एक विचार-धारा के लोग भूकंप संवेदी क्षेत्रों में रूपांकित भूकंपीय बलों में वृद्धि करने में विश्वास रखते हैं । इस प्रस्ताव के पक्ष में दिए गये तर्क इस बात पर बल देते हैं कि किसी भी ढाँचे की शक्ति उसकी निर्बलतम कड़ी तक सीमित है एवं भूकंप-प्रभावी क्षेत्रों में अधिकतर निर्माण प्रायः आवश्यकता से कम पर रूपांकित होते हैं । अतः निर्दिष्ट रूपांकित भूकंपीय बलों में वृद्धि के बावजूद उनका कार्य बलशाली भूकंप में असंतोषप्रद रहेगा जब तक अन्य उपाय शुरू न किये जाये ।

न्यूनीकरण के उपाय

किसी भी भवन का भूकंपीय-प्रतिरोध विशेष रूप से उसके ढाँचीय प्रणाली पर अवलंबित है । अतएव मिश्रित ढाँचीय प्रणाली, जो विशेष रूप से विभिन्न ढाँचीय अवयवों और विभिन्न यांत्रिक गुण वाली सामग्रियों से बनी होती हैं, के रूपांकन करते समय सावधानीपूर्वक ध्यान देने की आवश्यकता है । अनेक देशों के भूकंपीय प्रदेशों में एक मिलीजुली ढाँचीय प्रणाली विकसित की गई है जो रिइन्फोर्सड कंक्रीट फ्रेम एवं पूर्ण रूप से अथवा आंशिक रूप से ईट या कंक्रीट खंडों से भरी होती है ।

ईट-निर्मित भरावट की दीवारें (इन्फील) तथा उसे घेरने वाले ढाँचे (सामान्यतया कंक्रीट फ्रेम) में एक अपृथक और दृढ़ता से फिट वाह्य आकृति निम्नलिखित कुछ अतिरिक्त निर्माणकारी प्रयासों से की जा सकती है :

- (i) अच्छी गुणवत्ता एवं उच्च-शक्ति के गारा (मोर्टार) के प्रयोग द्वारा ।
- (ii) राजगिरी (मैसनरी) के क्रम में उर्ध्व सिकुड़न के कारण कंक्रीट फ्रेम और ईट-निर्मित भरावट की दीवारों के बीच प्रारंभिक कसावट की कमी को न्यूनतम करके ।
- (iii) ईट के पानी सोखने वाले गुण को सुरक्षित करके ।
- (iv) फ्रेम के रिइन्फोर्समेंट को भरावटी दीवारों के अन्दर बाँधकर ।
- (v) फ्रेम और भरावटी दीवार का निर्माण साथ-साथ करके, जिसमें भरावटी दीवार को शटरिंग का एक हिस्सा बनाया गया हो ।
- (vi) फ्रेम और भरावटी दीवार एक ही खंड जैसा व्यवहार करें - यह निश्चित करने हेतु निर्माण-तकनीक और आगे विकसित करके ।

सबल भूकंप के समय निर्मित सुविधाओं के व्यवहार को उन्नत बनाने के लिए निम्नलिखित न्यूनीकरण एवम् मृदुलीकरण उपायों की अनुशंसा की जाती है :

- (1) संरचनाओं के भूकंपीरोधी डिजाइन के मानदंड संबंधित व्यवहार-संहिता को पुनरीक्षित करते रहें । विभिन्न देशों के समन्वय से एक अन्तर्राष्ट्रीय व्यवहार-संहिता का निर्माण किया जाए ।

- (2) समुचित रिइन्फोर्समेंट, ऐंकरेज, ब्रेसिंग तथा इस्पात एवं लकड़ी के ढाँचों के बीच जोड़ के लिए माँगों को संहिता में शामिल करें ।
- (3) निर्माणाधीन ढाँचों का निरीक्षण करें और सुनिश्चित करें कि संहितानुसार सभी माँगों का पालन हो रहा है ।
- (4) ढाँचीय अवयवों के प्रभावकारी खंडों की माँगों को संहिता में सम्मिलित करके ।
- (5) संहिता के नियमों के अनुसार बिना रिइन्फोर्समेंट के ईंट-पत्थर के ढाँचों को, जिन्हें भूकंप द्वारा क्षति पहुंचायी जा सकती है, आवश्यकतानुसार सुदृढ़ करें ।
- (6) ढाँचों को समरूप बनाने की कोशिश करें, गुरुत्व-केंद्र जमीन से जितना नजदीक और जितना मध्य में रखना संभव हो, रखें । यदि कार्यात्मक माँगों के कारण समरूपता प्राप्त करना सम्भव नहीं हो, तो उस ढाँचे के विभिन्न हिस्से मुड़ने या सिकुड़ने वाले हिस्सों से पृथक हों ।
- (7) ढाँचों में समाविष्ट कार्य-निपुणता और सामग्रियों का आकलन करें । स्थानीय परिस्थितियों में सबसे उपर्युक्त निर्माण-कार्य के लिये स्थान-विशेष में उपलब्ध भवन-निर्माण सामग्रियों का समुचित मूल्यांकन करें ।
- (8) भूकंप के संदर्भ में पूर्व में की गई गलतियों को सुधार कर वर्तमान भवनों को उत्तम बनाने हेतु निरीक्षण एवं जाँच के लिये मार्गदर्शक नियमों का विकास करें ।
- (9) सभी जीवन-रेखा प्रतिष्ठानों को भूकंपीय प्रतिरोध के लिए रूपांकित करें अथवा उन्हें भूमिगत होने दें ।

- (10) समुचित संयोजन द्वारा छावनी और लौह-चादर-अवयवों (शीट मेटल कम्पोनेन्ट) में ढाँचीय-समग्रता सुनिश्चित करें और भूकंप के असामान्य पार्श्व बलों के कारण विफलता रोकने हेतु नियम बनायें ।
- (11) सभी विद्यालयों एवं अन्य सार्वजनिक भवनों का निष्क्रमण-केंद्र के रूप में पुनर्वलोकन आरम्भ करें ।
- (12) उपयोगी-सामग्री वितरण प्रणाली की ओर जाते मार्ग के एक ओर से दूसरी ओर तक वृक्षों एवं झाड़ियों को छाँट कर रखें ।
- (13) मध्य-श्रेणी से तीव्र-श्रेणी के भूकंपों के प्रभाव के संदर्भ में अभियंताओं, वास्तुविदों, निर्माण-पदाधिकारियों एवं निर्माण-अभिकर्त्ताओं को समुचित प्रशिक्षण दें ।

उपसंहार

उपर्युक्त वर्णित तथ्यों का कार्य-रूपांतरण भूकंपरोधी ढाँचों को बेहतर रूप से सुनिश्चित करेगा जिससे निर्मित सुविधाओं की क्षति को कम करने में मदद मिलेगी । न्यूनीकरण एवम् मृदुलीकरण की इन अनुशंसाओं में कुछ, एक अथवा दूसरे रूप में उन अधिकारियों द्वारा जो गृह एवं भवन-निर्माण तकनीक के विकास के लिये उत्तरदायी हैं, व्याख्यापित होना चाहिए । परंपरागत विधि से निर्मित ढाँचे को उनके भूकंप-रोधी सामर्थ्य के विकास के लिए छोटे तथा कम खर्चीले सुधार और शमनकारी उपाय की आवश्यकता है, जिससे उनका पूर्ण विनाश रोका जा सकता है । ईट की भरावट वाली रिइन्फोर्स्ड कंक्रीट फ्रेम, जिसका उपयोग मिश्रित ढाँचीय प्रणाली में होता है, का ढाँचीय-गुण सम्पूर्ण भूकंपीय व्यवहार पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है । और अंतिम, परन्तु अतिमहत्वपूर्ण, तथ्य है कि प्रत्येक नागरिक में इस उत्तरदायित्व का विकास होना चाहिए कि वह भूकंप-शमनकारी उपायों का अनुशरण करें जिससे कि निर्मित सुविधाएँ, जहाँ तक मानवीय और आर्थिक सुरक्षा से संबंध है, अनुचित खतरों का शिकार न हों ।