भूकम्प प्रतिरोधी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण

स्वेतलाना ब्रजेव

nicee

राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र (NICEE)
एवं
आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र (DMMC)

भूकम्प प्रतिरोधी कॉन्फाइन्ड ईंट-निर्मित भवन निर्माण

स्वेतलाना ब्रजेव
सिविल अभियांत्रिकी विभाग
ब्रिटिश कोलम्बिया प्रौद्योगिकी संस्थान
बर्नेबी, बीसी, कनाडा

nicee

राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर (भारत)
एवं
आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र
उत्तराखण्ड सचिवालय, देहरादून (भारत)

जुलाई, 2012

आवरण चित्र: आवरण पृष्ठ का चित्र, कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से, चिली में निर्मित भवन का है (सौजन्य: मारिया आफैलिया मोरोनी एवं अन्य)।

विषय विशेष पर स्वेतलाना ब्रजेव द्वारा अंग्रेजी में लिखित व 2005 में राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रकी सूचना केन्द्र, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थाना कानपुर द्वारा प्रकाशित Earthquake - Resistant, Confined Masonry Construction का यह प्रथम अनुवादित संस्करण है।

पुस्तक में दी गयी जानकारियों का उद्देश्य अभियन्ताओं, वास्तुविदों एवं भवन निर्माताओं को विषय से सम्बन्धित जानकारियाँ उपलब्ध करवाना है। इस पुस्तक का विकास अभियांत्रिकी सिद्धान्तों (engineering principles & practices) को ध्यान में रखकर किया गया है। पुस्तक को लिखते समय अन्तर्राष्ट्रीय मानकों, रीति संहिताओं और दिशा-निर्देशों को संज्ञान में लिया गया है। पुस्तक को विशेष रूप से उन व्यक्तियों को ध्यान में रख कर तैयार किया गया है जो इसमें समावेशित तकनीकी पक्षों के महत्व के साथ ही उनकी सीमाओं को समझने की योग्यता रखते हैं और जो इसमें दी गयी जानकारियों के व्यवहारिक उपयोग का उत्तरदायित्व स्वयं स्वीकार करने को तैयार हों। पुस्तक में दी गयी जानकारियों के प्रयोग से किसी भी प्रकार से प्रत्यक्ष या दुर्घटनावश या अन्य किसी कारण से क्षति होने की स्थिति में लेखक, अनुवादक, प्रकाशक और संरक्षक किसी भी प्रकार से उत्तरदायी नहीं होंगे।

इस पुस्तक के मूल प्रारूप के लेखन में राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी शिक्षा कार्यक्रम और राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर का पूर्ण सहयोग व समर्थन रहा है। इस पुस्तक का अनुवाद व प्रकाशन राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र के सहयोग व समर्थन से आपदा प्रबन्धन विभाग, उत्तराखण्ड शासन के देहरादून स्थित आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र द्वारा गृह मंत्रालय, भारत सरकार एवं संयुक्त राष्ट्र विकास कार्यक्रम के सहयोग से उत्तराखण्ड में क्रियान्वित आपदा जोखिम प्रबन्धन कार्यक्रम के अन्तर्गत किया गया।

अधिशासी निदेशक, आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र, उत्तराखण्ड सचिवालय, देहरादून एवं समन्वयक, राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र की लिखित अनुमति के बिना इस पुस्तक में प्रकाशित सामग्री का पुन: प्रकाशन वर्जित है।

इस प्रकाशन की प्रतियों के लिये निम्नलिखित पतों पर सम्पर्क करें:

1. अधिशासी निदेशक
आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र
उत्तराखण्ड सचिवालय
देहरादून (उत्तराखण्ड) - 248001 (भारत)
ई मेल - rautelapiyoosh@gmail.com
वैब साईट - http://dmmc.uk.gov.in

2. समन्वयक
राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर-208016 (भारत)
ई मेल - nicee@iitk.ac.in
वैब साईट - www.nicee.org

9 789380 903026

प्राक्कथन – हिन्दी संस्करण

पिछले कुछ दशकों में भारतीय उपमहाद्वीप में कई विनाशकरी भूकंप अनुभव किये गये हैं, जिनमें जान–माल की भारी क्षति हुई हैं, जिनमें से अधिकतर क्षति भवनों की दुर्बल भूकम्पीय क्षमता के कारण हुई है। इसलिए यह आवश्यक हो जाता है कि भवन निर्माण कार्यों की कमियों को यथासंभव दूर किया जाए। एक ओर हमें यह सुनिश्चित करना होगा कि अधिक से अधिक निर्माण कार्यों मे रीति संहिताओं के अनुरूप निरूपण व निर्माण का सम्पादन किया जाये। दूसरी ओर हमें उन भवन निर्माण तकनीकों का विकास व प्रचार–प्रसार भी करना है जो भूकम्प की स्थिति में बेहतर परिणाम देने में सक्षम हों। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण शैली एक ऐसी ही तकनीक है जिसने विगत वर्षो में प्रचलित संसाधनों एवं उपलब्ध कार्यबल का प्रयोग करके भवनों को भूकम्पीरोधी बनाने में सहायता की है।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक पर आधारित इस पुस्तक के अंग्रेजी संस्करण का लेखन कार्य डॉ. स्वेतलाना ब्रजेव ने वर्ष 2005 में किया। विषय विशेष पर लिखी गयी यह पुस्तक भवन निर्माण से जुड़े व्यक्तियों को कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के विभिन्न पक्षों से परिचित करवाने में सहायक रही है।

इस पुस्तक के हिन्दी रूपांतरण के माध्यम से हम यह आशा करते हें कि कॉनफाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को विशाल जनमानस तक पहुंचाया जा सकेगा। पुस्तक के हिन्दी संस्करण का प्रकाशन उत्तराखण्ड आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र के सहयोग के बिना सम्भव नहीं हो पाता। इस पुस्तक का हिन्दी में अनुवाद करने के लिये हम इस केन्द्र के अधिशासी निदेशक डा. पीयूष रौतेला के विषेश रूप से आभारी हैं जिनके कुशल नेतृत्व में इस कार्य को संम्पादित किया जा सका। पुस्तक के हिन्दीं संस्करण का प्रारूप तैयार करने के अपने योगदान के लिये इसी केन्द्र के श्री गोविन्द रौतेला भी धन्यवाद के पात्र हैं। तकनीकी पठन एवं सुधार हेतु सुझावों के लिये श्री पंकज गुप्ता, संरचनात्मक अभियांत्रिकी प्रयोगशाला, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर तथा भाषा सुधार हेतु सुझावों के लिये राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर के श्री सुरेश ऐलावादी एवं श्रीमती अनामिका बाजपेयी के विशेष रूप से आभारी हैं जिनके प्रयासों से इस पुस्तक का प्रकाशन संभव हो सका।

(दुर्गेश चन्द्र राय)
राष्ट्रीय समन्वयक
राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र

प्राक्कथन–मूल संस्करण

हाल ही में आये विनाशकारी भूकम्पों ने भारत में होने वाले भवन निर्माण कार्यों की कमियों को उजागर किया है। इनमें जनसाधारण द्वारा प्रायः अभियन्ताओं के परामर्श के बिना निर्मित संरचनाओं के साथ–साथ अभियन्ताओं की देखरेख में निर्मित संरचनायें भी सम्मिलित हैं। इस समस्या के दृष्टिगत कई पक्षों पर एक साथ कार्य करना आवश्यक है। एक ओर हमें यह सुनिश्चित करना होगा कि अधिक से अधिक निर्माण कार्यों में रीति संहिताओं के अनुरूप निरूपण व निर्माण का सम्पादन किया जाये। दूसरी ओर हमें उन भवन निर्माण तकनीकों का विकास व प्रचार–प्रसार भी करना है जो भूकम्प की स्थिति में बेहतर परिणाम देने में सक्षम हों।

भवन निर्माण सामग्री व निर्माण कार्य में दक्ष मानव संसाधन की उपलब्धता, जलवायु, रहन–सहन व परम्पराओं सहित अनेक कारणों से अलग–अलग स्थानों पर निर्माण का तरीका भी अलग–अलग होता है। भारतीय उपमहाद्वीप में भूकम्प का प्रभावी रूप से सामना करने वाली निर्माण तकनीकों का सफलतापूर्वक प्रचार–प्रसार किया गया है। जैसे कि 1987 के असम भूकम्प के उपरान्त एक विशिष्ट भवन निर्माण तकनीक असम टाईप हाऊसिंग असमिया निर्माण पद्धति (Assam type housing) का विकास हुआ जो बाद में पूरे उत्तर–पूर्वी भारत में प्रचलित हुयी। इसी प्रकार 1935 क्वेटा (बलूचिस्तान) भूकम्प से हुये सर्वनाश के उपरान्त चिनाई की एक नई पद्धति क्वेटा जोड़ (Quetta Bond) का विकास हुआ।

भारत में अधिकतर चार मँजिला भवनों का निर्माण भट्टें की ईटों की चिनाई व प्रबलित कॉंक्रीट के द्वारा किया जाता है। भवन के प्रकार और उस स्थान के भूकम्प जोन के आधार पर भारतीय रीति संहिताओं के अनुरूप इनमें कुछ भूकम्प प्रतिरोधी अवयवों का समावेश करना होता है, जैसे लिन्टेल पट्टिका, कोनों में प्रबलन आदि। परन्तु विभिन्न कारणों से भवनों में इन अवयवों का प्रायः विलोपन हो जाता है। दूसरी तरफ अब शहरी क्षेत्रों में इस प्रकार के भवनों में कई छोटे प्रबलित कॉलमों का समावेश भी आरम्भ हो गया है। इस प्रकार के भवन निर्माण सम्बन्धित सभी तत्वों को ‘‘कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण’’ की एक विवेकपूर्ण संरचनात्मक व्यवस्था के अन्तर्गत एकीकृत करने से भूकम्प की स्थिति में भवनों का बेहतर प्रदर्शन सुनिश्चित किया जा सकता है।

इसी प्रकार कई छोटे या बड़े शहरों में चार या पाँच मँजिला प्रबलित कॉंक्रीट के ढाँचे से

बनी नई संरचनाओं में भी उपयुक्त ढाँचे की व्यवस्था नहीं होती है, या तो उनमें औपचारिक संरचनात्मक अभियांत्रिकी का समावेश नहीं होता है या फिर वह अनुपयुक्त संरचनात्मक अभियांत्रिकी की परिणिति होते हैं। 2001 के भूकम्प में अहमदाबाद में ध्वस्त हुये 130 से भी अधिक बहुमँजिला आवासीय भवनों में से अधिकांश इसी श्रेणी में आते हैं। अत: यह सम्भव है कि इस प्रकार के बहुमंजिला आवासीय भवनों का निर्माण बिना किसी अतिरिक्त व्यय या नई भवन निर्माण सामग्री के, कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से भी हो सकता है।

हमें पूरी आशा है कि विषय विशेष पर लिखी गयी यह पुस्तक हिन्दी भाषी क्षेत्रों में भवन निर्माण से जुड़े व्यक्तियों को कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के विभिन्न पक्षों से परिचित करवाने में सहायक होगी। हम डा. स्वेतलाना ब्रजेव के आभारी हैं जिन्होंने वर्ष 2005 में, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान कानपुर में कड़ाके की सर्दी की परवाह किये बिना राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी शिक्षा कार्यक्रम के सौजन्य से इस पुस्तक की पहली रूप-रेखा तैयार की। कार्य के प्रति उनकी प्रतिबद्धता व उत्साह के साथ ही उनके कई सहकर्मियों के सहयोग से ही इस पुस्तक के मूल स्वरूप का प्रकाशन सम्भव हो सका। इस कार्य में राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी शिक्षा कार्यक्रम को सहयोग व सहायता देने वालों के प्रति हम आभार प्रकट करते हैं।

(सुधीर कुमार जैन)
राष्ट्रीय समन्वयक
राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द
प्राध्यापक, सिविल अभियांत्रिकी विभाग
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर
कानपुर (भारत)

प्रस्तावना

इस पुस्तक को उन उद्यमी भवन–निर्माताओं की रूचियों को ध्यान में रखकर लिखा गया है जो कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त करना चाहते हैं। साथ ही यह पुस्तक इस प्रकार के भवन निर्माण का पूर्व अनुभव न होने पर भी इसके प्रयोग को प्रोत्साहित करने में लगे व्यक्तियों के लिये भी उपयोगी होगी। पूर्व में आये भूकम्पों में उच्च भूकम्प जोखिम के क्षेत्रों में संतोषजनक प्रदर्शन की अनौपचारिक प्रक्रिया के आधार पर कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का विकास होने में 100 से भी अधिक वर्ष लगे हैं। इस तकनीक का उपयोग अभियन्ताओं के परामर्श के बिना बनने वाले भवनों के साथ–साथ उन भवनों के निर्माण के लिये भी किया जाता है जो अभियन्ताओं के परामर्श से बनती है। इस तकनीक के उपयोग की सीमा एकल परिवारीय निवास की एक या दो मँजिला संरचनाओं से छः मँजिला बहु परिवारीय आवासीय संरचनाओं तक विस्तारित है। कई देशों की भवन निर्माण रीति संहिताओं में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक व निर्माण व्यवस्था को सम्मिलित किया गया है।

भवन निर्माण तकनीक का सीधा सम्बन्ध निश्चित ही स्थान विशेष की स्थानीय परिस्थितियों से होता है और उनका सफलतापूर्वक क्रियान्वयन कई कारकों पर निर्भर करता है जैसे कि भवन–निर्माण सामग्री की कीमत और उसकी उपलब्धता, निर्माण के लिये उपलब्ध कारीगरों की प्रवीणता का स्तर और निर्माण में सहायक उपकरणों आदि की उपलब्धता। निर्माण की किसी नयी तकनीक को अपनाना या वर्तमान में क्रियान्वित किसी तकनीक में थोड़ा सुधार लाना वास्तव में काफी चुनौतीपूर्ण हो सकता है।

भारत और कई दूसरे देशों में एक मँजिला आवासीय भवनों से लेकर कई मँजिला बहु परिवारीय आवासीय भवनों के निरूपण और भवन निर्माण की तकनीक में प्रायः प्रबलित काँक्रीट को प्राथमिकता दी जाती है। यद्यपि भारत और दूसरे देशों में विगत में आये भूकम्पों ने चिनाई वाले निर्माण के साथ ही प्रबलित काँक्रीट के ढाँचे वाले निर्माण की कमियों को उजागर किया है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण

तकनीक, विश्वभर के भूकम्प सम्भावित क्षेत्रों में प्रयुक्त किये जाने हेतु अप्रबलित चिनाई वाले निर्माण के साथ ही प्रबलित ढाँचे वाले निर्माण के सापेक्ष एक ठोस विकल्प प्रस्तुत करती है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक, प्रबलित कॉंक्रीट के ढाँचागत निर्माण से काफी कुछ मिलती–जुलती है और साथ ही इन दोनों तकनीकों में लगभग एक जैसे तत्वों का प्रयोग होता है (दीवारों की चिनाई और प्रबलित कॉन्फाइनिंग तत्व) जिसके कारण निर्माण के परिप्रेक्ष्य में इसे अपनाने में सहजता होने की आशा है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के प्रयोग के लिये किसी नये कौशल या अत्याधुनिक उपकरणों की आवश्यकता नहीं है परन्तु इस तथ्य पर जोर दिया जाना महत्वपूर्ण है कि भूकम्प के परिप्रेक्ष्य में संतोषजनक प्रदर्शन के लिये निर्माण की गुणवत्ता व प्रबलन के निरूपण पर ध्यान दिया जाना आवश्यक है।

इस पुस्तक के प्रथम भाग में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण की मुख्य विशेषताओं की रूपरेखा दी गयी है और पूरे विश्व में हो रहे उपयोगों के उदाहरण संकलित किये गये हैं। इसमें कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से बनी संरचनाओं के भूकम्पीय प्रदर्शन को प्रभावित करने वाले अवयवों पर चर्चा की गयी है। इससे पाठकों के मन में उठने वाले 'कैसे' और 'क्यों' जैसे प्रश्नों के उत्तर प्राप्त होगें। इसके बाद, पूरे विश्व में पूर्व में आये भूकम्पों में इस तकनीक से बनी संरचनाओं के प्रदर्शन पर विस्तृत चर्चा की गयी है और इसका सचित्र विवरण दिया गया है।

इस पुस्तक के दूसरे भाग में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से संरचनाओं का निर्माण किये जाने सम्बन्धित दिशा–निर्देश दिये गये हैं। इन दिशा–निर्देशों में वास्तुशिल्प के सिद्धान्तों को प्रमुखता दी गयी है एवं निर्माण के क्रम व प्रबलन के निरूपण की बारीकियों की चर्चा की गयी है। यह पुस्तक विषय से सम्बन्धित सामान्य जानकारियाँ प्रदान करती है और इसका उद्देश्य योग्य संरचनात्मक अभियन्ता के परामर्श के बिना इस तरह के निर्माण कार्य को प्रोत्साहित करना नहीं है। अन्त में इस तकनीक के अच्छे व बुरे दोनों ही पक्षों पर चर्चा की गयी है। पाठकों के लाभ के लिये कई देशों की कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से सम्बन्धित रीति संहिताओं के सारांश को पुस्तक के अन्त में समावेशित किया गया है।

हमें विश्वास है कि यह पुस्तक कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को व्यवहार में लाने के लिये विचार–विमर्श की प्रेरणा देगी। उपयुक्त निरूपण व निर्माण के साथ इस तकनीक का प्रयोग किये जाने पर बड़े भूकम्पों में भी मानवीय एवं आर्थिक क्षति को काफी हद तक कम किया जा सकता है या फिर रोका भी जा सकता है। काँन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को उन क्षेत्रों में भी सफलतापूर्वक उपयोग में लाया जा सकता है जहाँ लोगों को निर्माण कार्य की इस तकनीक का पिछला कोई अनुभव नहीं है।

(**स्वेतलाना ब्रजेव**)

आभार

इस पुस्तक का प्रथम आलेख लेखिका द्वारा दिसम्बर, 2005 में भारतीय प्रौद्योगिक संस्थान, कानपुर के सिविल इंजीनियरिंग विभाग के भ्रमण की अवधि में किया गया। यात्रा भ्रमण के सौजन्य के लिये, लेखिका राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी शिक्षा कार्यक्रम का आभार व्यक्त करती है। इस प्रयास में प्रोफेसर सुधीर कुमार जैन तथा प्रोफेसर सी. वी. आर. मूर्ति द्वारा अमूल्य सहयोग व प्रोत्साहन दिया गया। मैक्सिको स्थित राष्ट्रीय विश्वविद्यालय अभियांत्रिकी संस्थान के निदेशक डा. सर्जियो अलकोसर, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर के सिविल अभियांत्रिकी विभाग के असिस्टेंट प्रोफेसर डा. दुर्गेश सी. राय एवं न्यूजीलैण्ड के विलिंगटन स्थित विक्टोरिया विश्वविद्यालय के वास्तुशास्त्र विद्यालय के असिस्टेंट प्रोफेसर एन्ड्रयू चार्लसन द्वारा इस अभिलेख की समीक्षा की गयी। समीक्षा उपरान्त उनके द्वारा दिये गये अमूल्य सुझाव इस पुस्तक की सामग्री को अधिक उपयोगी बनाने में सहायक रहे और सभी का इसके लिये आभार व्यक्त किया जाता है। मेडेलिन, कोलम्बिया के परामर्शदाता अभियन्ता लुईस गोंजैलो मेजिआ द्वारा भी इस अभिलेख की समीक्षा की गयी और पुस्तक की सामग्री में सुधार लाने के लिये अपने अमूल्य सुझाव दिये गये। उनके इस सहयोग के लिये हम आभार व्यक्त करते हैं। मैक्सिको के ऑटोनोमा मेट्रोपोलिटाना विश्वविद्यालय के प्रोफेसर हयूगोन जोरेज गार्सिया का मैक्सिको में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के उपयोग से सम्बन्धित महत्वपूर्ण जानकारियों व संसाधनों के लिये आभार व्यक्त किया जाता है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण सम्बन्धी अल्जीरियायी रीति संहिता उपलब्ध करवाने एवं कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक सम्बन्धी जानकारी देने के लिये, राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी केन्द्र, अल्जीरिया के डा. मोहम्मद फारसी का आभार व्यक्त किया जाता है। भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रूड़की की वास्तुविद सुश्री स्निग्धा ए. सान्याल तथा वैंकोवर, कनाडा की वास्तुविद सुश्री नतालिया लैपोसाविक द्वारा इस पुस्तक के लिये कई रेखा चित्र तैयार किये गये इसके लिये उनका आभार व्यक्त किया जाता है। सिविल अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी

संस्थान, कानपुर के डा. हेमन्त बी. कौशिक द्वारा प्रकाशन के अन्तिम चरण में दिये गये सहयोग के प्रति हमारा धन्यवाद।

राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र द्वारा दिये गये आर्थिक सहयोग के बिना इस पुस्तक के मूल संस्करण का मुद्रण व प्रकाशन कर पाना सम्भव नहीं था। आकलैण्ड, कैलीफोर्निया स्थित भूकम्प अभियांत्रिकी शोध संस्थान की सुश्री मारजोरी ग्रीनी ने इस पुस्तक के आलेख का सम्पादन किया। उनका यह सहयोग अत्यन्त सराहनीय रहा।

उपरोक्त के साथ-साथ अतिरिक्त निम्नलिखित सभी का आभार व्यक्त किया जाता है जिन्होंने इस पुस्तक में दिये गये चित्रों के पुनः प्रकाशन की अनुमति प्रदान की

- अमेरिकी काँक्रीट संस्थान, संयुक्त राज्य अमेरिका
- सिटी विश्वविद्यालय, लन्दन
- भूकम्प अभियांत्रिकी शोध संस्थान, संयुक्त राज्य अमेरिका
- सर्जियो एलकोसर, मैक्सिको
- टेडी बोइन, इंडोनेशिया
- हुगोन जुआरेज गार्सिया, कनाडा / मैक्सिको
- बिल मैकईवान, कनाडा
- लुइस गोनजालो मेजिया, कोलम्बिया
- मारिया ओफैलिया मोरोनी और मैक्सी मिलाइनो आस्ट्रोजा, चिली
- एलिजाबेथ हाउसलर, बिल्ड चेन्ज, संयुक्त राज्य अमेरिका
- टॉम सैचर, स्विटजरलैण्ड

पुस्तक में प्रकाशित कई चित्रों को विश्व भवन विश्वकोष (World Housing Encyclopedia) से लिया गया है जो कि भूकम्प अभियांत्रिकी शोध संस्थान (EERI), संयुक्त राज्य अमेरिका व भूकम्प अभियांत्रिकी अन्तर्राष्ट्रीय संघ (IAEE) द्वारा प्रायोजित इन्टरनेट आधारित परियोजना है (www.world-housing.net)।

लेखिका को इस पुस्तक के लेखन के लिये प्रेरणा मार्सियल ब्लोनडेट द्वारा सम्पादित पुस्तक Construction and Maintenance of Masonry Houses For Masons and Craftsmen से प्राप्त हुई। इस पुस्तक का प्रकाशन 2005 में पोन्टीफिसिया यूनिवर्सिडाड कैटोलिका डैल पेरू, लीमा, पेरू (www.world-housing.net) द्वारा किया गया है। पेरू के प्रकाशन द्वारा प्रकाशित चित्रों (पुस्तक में चित्र संख्या 1, 24 से 28 और 31 से 40) को थोड़े परिष्कृत रूप में पुनः प्रकाशित किया गया है।

अनुक्रमणिका

प्राक्कथन–हिन्दी संस्करण iii

प्राक्कथन–मूल संस्करण iv

प्रस्तावना vi

आभार ix

1. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण (confined masonry) तकनीक क्या है? 1
2. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण व प्रबलित कॉंक्रीट निर्माण में अन्तर 7
3. विश्वव्यापी अनुप्रयोग 12
4. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवन भूकम्पीय बलों के प्रभाव को कैसे रोकते हैं ? 18
5. कॉन्फाइन्ड भवनों की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को प्रभावित करने वाले मुख्य तत्व 24
   - 5.1 दीवारों का घनत्व 24
   - 5.2 भारवाही इकाईयाँ और प्रयुक्त मसाला 26
   - 5.3 टाई कॉलम 26
   - 5.4 दीवारों में क्षैतिज प्रबलन 27
   - 5.5 खुले भाग 29
6. भूकम्प की स्थिति में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का प्रदर्शन 31
7. भूकम्प प्रतिरोधी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण : मार्गदर्शिका 47
   - 7.1 पृष्ठभूमि 47
   - 7.2 वास्तुविदीय दिशा–निर्देश 47
   - 7.3 निर्माण सम्बधी दिशा–निर्देश 54
8. निष्कर्षत: टिप्पणियाँ 65

सन्दर्भ 67

परिशिष्ट अ : अन्तर्राष्ट्रीय निरूपण रीति संहितायें (International Design Codes)–कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से सम्बन्धित भूकम्प सुरक्षा व्यवस्थाओं पर टिप्पणी 71

परिशिष्ट – ब : दीवारों के घनत्व निर्धारण का उदाहरण 84

1. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण (confined masonry) तकनीक क्या है?

विगत 100 वर्षों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक, अप्रबलित निर्माण (unreinforced masonry) व प्रबलित काँक्रीट के ढाँचों (reinforced concrete frame) पर आधारित निर्माण तकनीकों के विकल्प के रूप में उभर कर सामने आयी है। वास्तव में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक में उपरोक्त दोनों ही तकनीकों की विशेषताओं का समावेश होता है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक में ईंट या काँक्रीट ब्लाक से बनायी गयी प्रत्येक दीवार के चारों ओर क्षैतिज (horizontal) व लम्बवत् (vertical) प्रबलित काँक्रीट के कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स (confining members) की रचना की जाती है। लम्बवत् मेम्बर्स (vertical members) को टाई–कॉलम (tie-column) या प्रायोगिक–कॉलम (practical-column) कहा जाता है और यह प्रबलित काँक्रीट ढाँचों के कॉलम (column) से मिलते–जुलते होते हैं, बस इनकी चौड़ाई व मोटाई अपेक्षाकृत काफी कम होती है। कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स के क्षैतिज भाग को टाई–बीम (tie-beam) कहा जाता है और यह प्रबलित काँक्रीट ढाँचों के बीम (beam) से मिलते जुलते हैं। यह स्पष्ट करने के लिये कि कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स बीम व कॉलम नहीं हैं, टाई–बीम व टाई–कॉलम के स्थान पर क्षैतिज टाई व लम्बवत् टाई शब्दों का उपयोग किया जा सकता है।

कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स की उपयोगिता निम्नवत् है:

- दीवार पर लगने वाले भूकम्पीय बलों (in-plane and out-of-plane) का सामना करने के लिये चिनाई की दीवारों की स्थिरता (stability) व अखंडता (integrity) को बढ़ाते हैं (कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स क्षतिग्रस्त दीवार को अच्छी तरह से एक साथ बाँधे रह सकते हैं),
- पार्श्विक भूकम्पीय बलों (lateral earthquake loads) की स्थिति में दीवारों की प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाते है, तथा
- भूकम्पीय बलों की स्थिति में दीवारों की भंगुरता (brittleness) को कम

करते हैं और इस प्रकार भवन की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाते हैं।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के संरचनात्मक पक्ष निम्नवत् हैं (चित्र–1):

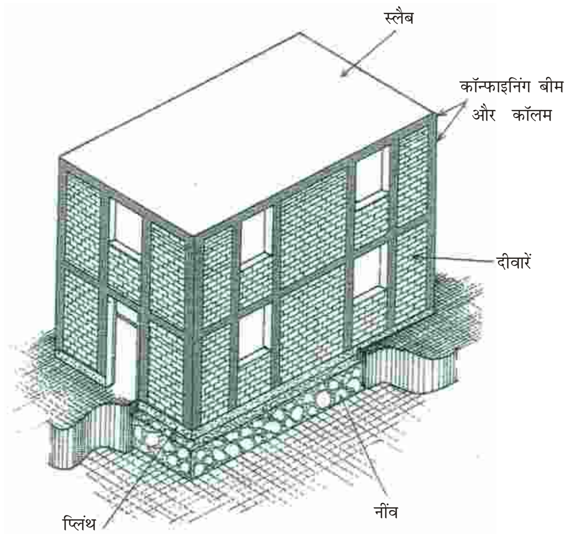
- **चिनाई की दीवारें (masonry walls)** : यह छतों के गुरूत्वाकर्षण भार को नींव तक स्थानान्तरित करती हैं। दीवारें बन्धक अवयवों (bracing panels) की तरह कार्य करती हैं व क्षैतिज भूकम्पीय बलों का प्रतिरोध करती हैं। संतोषजनक प्रदर्शन सुनिश्चित किये जाने के लिये दीवारों में काँक्रीट के टाई–बीम व टाई–कॉलम का समावेश सुनिश्चित किया जाना आवश्यक है

- **कॉन्फाइनिंग अवयव (टाई–कॉलम व टाई–बीम):** चिनाई की दीवारों को प्रतिरोधक क्षमता प्रदान करते हैं और बड़े भूकम्प की स्थिति में भी सम्पूर्ण संरचना को धराशायी होने या पूर्णतः विखंडित होने से बचाते हैं। यह अवयव गुरूत्वाकर्षण जनित भार का प्रतिरोध करते हैं और भूकम्प की स्थिति में भवन की लम्बवत् स्थिरता बनाये रखने में महत्वपूर्ण भूमिका का निर्वाह करते हैं

- **फर्श और छत की स्लैब (floor and roof slabs):** गुरूत्व और पार्श्व (lateral) दोनों भारों को दीवारों पर स्थानान्तरित करते हैं। भूकम्प की स्थिति में स्लैब, क्षैतिज बीम का काम करती है और इनको मध्यपट (diaphragm) कहा जाता है

  कुर्सी पट्टिका (plinth band) : दीवारों के माध्यम से भार को नींव तक पहुँचाती है। भूमि के मुलायम होने की स्थिति में भूमि के धँसाव (settlement) से भूतल की दीवारों को सुरक्षित रखती है

  नींव : संरचना के भार को भूमि तक पहुँचाती है



चित्र-1 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण का एक प्रतीकात्मक चित्र (1)

यहाँ इस तथ्य को ध्यान में रखा जाना आवश्यक है कि ''कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण'' (confined masonry) शब्दावली को प्राय: अतिरिक्त स्टील (steel), लकड़ी या कॉंक्रीट के अवयवों (elements) द्वारा सुदृढ़ीकृत विभिन्न चिनाई वाले निर्माणों के लिये भी प्रयोग किया जाता है परन्तु इस पुस्तक को प्रबलित कॉंक्रीट की टाई-बीम व टाई-कॉलम द्वारा सीमित (confined) तथा ईंट या कॉंक्रीट ब्लाक (blocks) द्वारा निर्मित चिनाई वाली दीवारों को ध्यान में रख कर तैयार किया गया है।

कॉन्फाइन्ड दीवारों (confined masonry walls) के निर्माण के लिये विभिन्न प्रकार की चिनाई की ईकाइयों का उपयोग किया जा सकता है। चित्र-2 में स्लोवानिया (Slovenia) में खोखली टाइलों (tiles) से निर्मित दीवारों के निर्माण व एल सल्वाडोर (El Salvador) में ईंटों से किये गये कॉन्फाइन्ड निर्माण को दर्शाया गया है। चित्र-3 में इंडोनेशिया (Indonesia) में कॉंक्रीट के ब्लाक (block) से निर्मित कॉन्फाइन्ड भवन को दर्शाया गया है।

(1) Blondet, M 2005

कॉन्फाइन्ड निर्माण तकनीक, प्रबलित निर्माण (reinforced masonry) तकनीक से काफी कुछ मिलती जुलती है। प्रबलित निर्माण तकनीक में चिनाई की दीवारों की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने के लिये क्षैतिज व लम्बवत् छड़ों (bars) की व्यवस्था की जाती है। चिनाई वाली इकाइयाँ प्रायः खोखली होती हैं और मिट्टी या क्राँक्रीट से बनी होती हैं। लम्बवत् प्रबलित छड़ों (reinforcement bars) को खोखले भाग में स्थापित किया जाता है तथा इसे क्षरण से बचाने के लिये खोखले भाग को सीमेन्ट के मसाले से भर दिया जाता है। लम्बवत् प्रबलन (vertical reinforcement) की व्यवस्था दीवार के कोनों व कटानों (intersections), खुले भागों (जैसे कि दरवाजे, खिड़कियों व रोशनदानों) के चारों ओर व सम्भावित भूकम्पीय बलों के अनुरूप कमज़ोर प्रतीत होने वाले अन्य स्थानों पर की जाती है। क्षैतिज प्रबलन (horizontal reinforcement), क्षैतिज जोड़ों (horizontal joints) पर सीढ़ीनुमा प्रबलन (ladder reinforcement) के रूप में या फिर लिन्टेल (lintel) स्तर पर अवस्थित बन्धक बीम (bond beam) में मुड़ी हुई सरिया के रूप में दिया जाता है जिसे विकृत प्रबलन (deformed reinforcement) कहते हैं (यह भारत में बनने वाली चिनाई वाली संरचनाओं में दिये जाने वाले लिन्टेल बीम बन्धक के समरूप है)। प्रबलित निर्माण (reinforced masonry construction) तकनीक में लम्बवत् प्रबलन मुख्यतः अक्षीय भार व झुकाव (bending) का प्रतिरोध करते हैं, जबकि क्षैतिज प्रबलन, कर्तन (shear) बलों का।

कॉन्फाइन्ड निर्माण में प्रबलन मुख्यतः क्षैतिज व लम्बवत् कॉन्फाइनिंग मेम्बर्स (confining members) पर केन्द्रित होता है जबकि चिनाई की दीवारों में सामान्यतः प्रबलन हेतु कोई व्यवस्था नहीं होती है। चित्र–3 में प्रबलित व कॉन्फाइन्ड निर्माण के अन्तर को दर्शाया गया है। दोनों ही उदाहरणों में दीवार के निर्माण के लिये काँक्रीट ब्लाक का प्रयोग किया गया है।

चित्र-2 : स्लोवानिया (slovania) में चिकनी मिट्टी की टायलों (tiles) द्वारा किया गया कॉन्फाइन्ड निर्माण (ऊपर) (2) तथा नीचे एल सल्वाडोर (El Salvador) में ईंटों से किया गया निर्माण कार्य (3)

(2) Lutman and Tomazevic, 2003
(3) Yoshimura and others, 2004

चित्र-3 : (ऊपर) इंडोनेशिया (Indonesia) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण (4) और (नीचे) कनाडा (Canada) में प्रबलित निर्माण (5)

(4) Meisl etul 2006
(5) Credit : Bill Mc Ewen

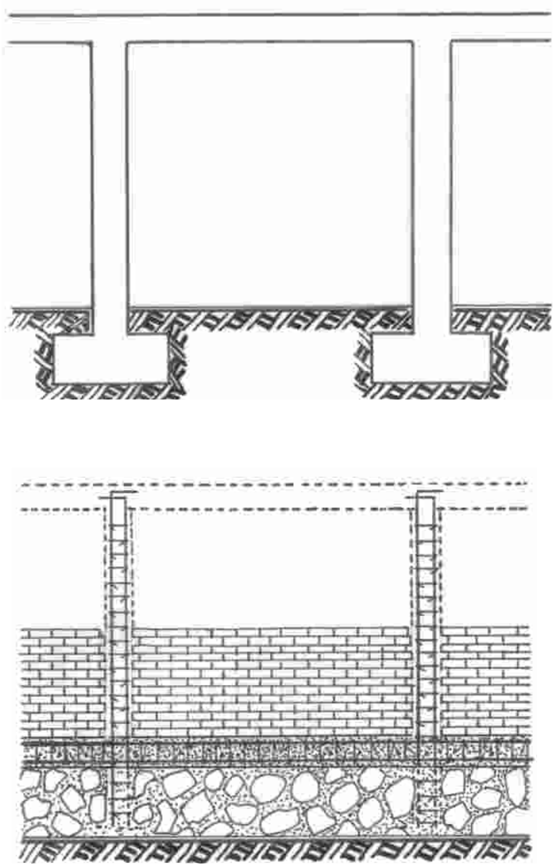
2. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण व प्रबलित कॉंक्रीट निर्माण में अन्तर

पूर्णतः बन जाने के उपरान्त प्रबलित कॉंक्रीट तथा कॉन्फाइन्ड निर्माण तकनीक पर आधारित संरचनायें सामान्यतः एक सी प्रतीत हो सकती हैं परन्तु इन दो निर्माण पद्धतियों में काफी भिन्नता है। मूल अन्तर निर्माण के क्रम व संरचना द्वारा गुरूत्वीय एवं पार्श्व भार के प्रतिरोध (resist) के तरीके से सम्बन्धित है। इस अन्तर को संक्षेप में तालिका-1 में दिया गया है और चित्र-4 में रेखाचित्र द्वारा समझाया गया है। चित्र-5 में कम्बोडिया (Combodia) और मैक्सिको (Mexico) में बने क्रमशः कॉन्फाइन्ड व प्रबलित कॉंक्रीट ढाँचे वाले भवन निर्माण कार्य के उदाहरण दर्शाये गये हैं।

तालिका-1 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की प्रबलित कॉंक्रीट के ढाँचागत निर्माण से तुलना

	कॉन्फाइन्ड निर्माण (Confined masonry construction)	**प्रबलित कॉंक्रीट ढाँचे (RC Frame) पर आधारित निर्माण**
गुरूत्व (gravity) व पार्श्व भार (lateral load) के प्रतिरोध का तरीका	चिनाई की दीवारें संरचना का भार सहन करने वाली मुख्य ईकाईयाँ है ओर इन्हीं से गुरूत्वीय व पार्श्व भार का प्रतिरोध करने की अपेक्षा की जाती है। इस निर्माण पद्धति में प्रयुक्त कॉन्फाइनिंग तत्वों, जैसे कि टाई-बीम (tie-beam) व टाई-कॉलम (tie-column) का आकार प्रबलित कॉंक्रीट संरचनाओं में प्रयुक्त बीम (beam) व कॉलम (column) से काफी छोटा होता है	प्रबलित कॉंक्रीट ढाँचे पर आधारित संरचनायें अपने तुलनात्मक रूप से बड़े बीम, कॉलम व इनके मध्य के जोड़ों या सम्बन्धों द्वारा गुरूत्वीय व पार्श्व, दोनों ही भारों का प्रतिरोध करती हैं। इन संरचनाओं में प्रयुक्त दीवारे भार को सहन नहीं करती हैं
नींव (foundation) का निर्माण	दीवार एवं प्रबलित कॉंक्रीट की कुर्सी पट्टिका (plinth beam) के नीचे निरन्तरता में आधार	प्रत्येक कॉलम के नीचे पृथक आधार

अधिरचना (superstructure) का निर्माण क्रम	1. सर्वप्रथम चिनाई की दीवारों का निर्माण 2. तत्पश्चात निर्धारित स्थानों पर टाई–कॉलम (tie-column) की ढलाई (casting) 3. फर्श / छत के स्लैब (slab) के साथ–साथ दीवारों के ऊपर टाई–बीम (tie beam) का निर्माण	1. सर्वप्रथम ढाँचे (frame) का निर्माण 2. बाद में निर्मित होने वाली दीवारों को ढाँचे के साथ जोड़ा नहीं जाता है और इन दीवारों की भार के हस्तान्तरण में कोई भूमिका नहीं होती है।



चित्र–4 : प्रबलित काँक्रीट के ढाँचे वाला निर्माण (ऊपर) और कॉन्फाइन्ड निर्माण (नीचे)

कॉन्फाइन्ड निर्माण (confined masonry) तकनीक में कॉन्फाइनिंग तत्वों (confining members) को भवन पर लगने वाले बलों का प्रतिरोध करने के

लिये अभिकल्पित (design) नहीं किया जाता है, अतः इन संरचनाओं में प्रयुक्त होने वाला प्रबलन (reinforcement) अपेक्षाकृत सरल होता है। साधारणतः इन संरचनाओं में प्रयुक्त होने वाले कॉन्फाइनिंग तत्वों का आकार प्रबलित काँक्रीट संरचनाओं में प्रयुक्त होने वाले बीम व कॉलम से काफी छोटा होता है। कॉन्फाइन्ड निर्माण तकनीक से बने भवनों व प्रबलित काँक्रीट की ढाँचागत संरचना पर आधारित भवनों की दीवारों के मध्य का महत्वपूर्ण अन्तर यह है कि प्रबलित काँक्रीट के ढाँचें वाले भवनों की दीवारें भारवाही (load bearing) नहीं होती हैं जबकि कॉन्फाइन्ड निर्माण तकनीक से निर्मित भवनों की दीवारें भारवाही (load bearing) होती हैं। इन भवनों की भूकम्पीय कार्यक्षमता से सम्बन्धित अधिक जानकारी के लिये मूर्ती (2005), मूर्ती एवं जैन (2000) तथा मूर्ती एवं अन्य (2006) को सन्दर्भित किया जा सकता है।

चित्र-5 (अ) : कम्बोडिया में प्रबलित काँक्रीट के ढाँचागत निर्माण का दृश्य

चित्र-5(ब) : मैक्सिको में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण का दृश्य (1)

कभी–कभी कॉन्फाइन्ड निर्माण व प्रबलित काँक्रीट के ढाँचागत निर्माण के मध्य बहुत कम अन्तर होता है। प्रबलित काँक्रीट के कुछ भवनों में बीम व कॉलम के मध्य बलों के प्रभावी हस्तान्तरण के लिये छोटे आकार के कॉलम प्रयुक्त किये जा सकते हैं और/या प्रबलन में स्टील की मात्रा कम की जा सकती है। यहाँ यह ध्यान में रखा जाना आवश्यक है कि कॉन्फाइन्ड निर्माण के कुछ तत्वों का समावेश करने पर भी इस प्रकार की प्रबलित काँक्रीट संरचनाओं की भूकम्पीय कार्यक्षमता (earthquake performance) अच्छी नहीं होगी जोकि उचित रूप से बने कॉन्फाइन्ड भवनों की विशिष्टता है। वास्तव में अनुपयुक्त प्रबलन और/या निर्माण के कारण इस प्रकार की संरचनायें भूकम्प की स्थिति में अत्यन्त असुरक्षित सिद्ध होंगी।

प्रबलित काँक्रीट संरचनाओं में प्रयुक्त होने वाले बीम व कॉलम की अपेक्षा कॉन्फाइन्ड निर्माण तकनीक से बने भवनों के कॉन्फाइनिंग तत्वों (confining

(1) Credit: Bill Mc Ewen

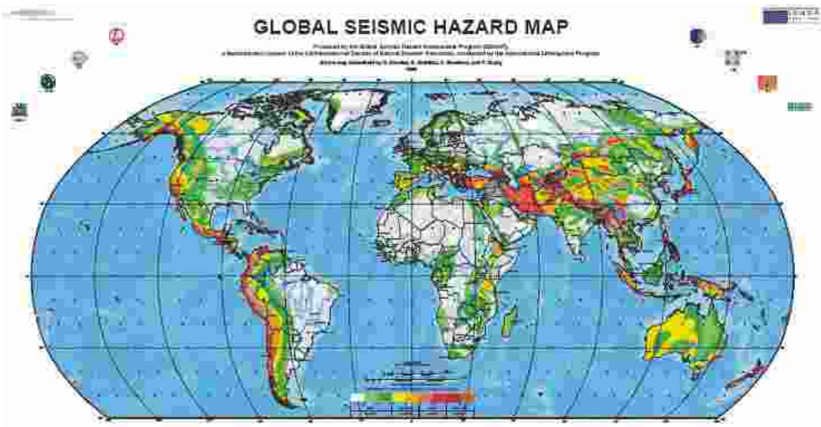
elements) का आकार छोटा होने के कारण कॉन्फाइन्ड भवनों में काँक्रीट की कम मात्रा प्रयुक्त होती है। अतः प्रबलित काँक्रीट की संरचनाओं की अपेक्षा कॉन्फाइन्ड संरचनाओं के निर्माण के द्वारा आर्थिक संसाधनों की बचत की जा सकती है। साथ ही कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण में प्रबलित काँक्रीट की अपेक्षा कम व सरल प्रबलन की आवश्यकता होती है। अतः प्रबलित काँक्रीट निर्माण सम्बन्धित दो तत्वों निर्माण सामग्री व मानव बल (labour) में कमी करते हुये और इस अभिलेख में वर्णित कॉन्फाइन्ड निर्माण के दिशा–निर्देशों के अनुपालन के द्वारा बेहतर भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता प्राप्त की जा सकती है।

3. विश्वव्यापी अनुप्रयोग

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण (confined masonry) तकनीक का विकास पूर्व में आये भूकम्पों में संरचनाओं के संतोषजनक परिणामों पर आधारित अनौपचारिक प्रक्रिया द्वारा हुआ है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग सर्वप्रथम 1908 में इटली में आये मैसीना (Messina) भूकम्प से क्षतिग्रस्त भवनों के पुनर्निर्माण के लिये किया गया था। 7.2 परिमाण के इस भूकम्प में 70,000 लोग मारे गये थे। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण पद्धति का उपयोग 1928 में आये 8.0 परिमाण के टालका (Talca) भूकम्प के उपरान्त 1930 में चिली में आरम्भ हुआ। इस भूकम्प में चिनाई की दीवारों वाले अप्रबलित भवनों को बड़ी संख्या में क्षति पहुँची थी। तत्पश्चात 1939 में देश के मध्य दक्षिण क्षेत्र में आये भूकम्प (परिमाण 7.8) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित भवनों द्वारा अत्यन्त उत्कृष्ट प्रदर्शन किया गया (मोरोनी व अन्य Moroni et. al., 2004)। नरम जमीन (soft soil) की स्थितियों के कारण होने वाले असमान धँसाव (differential settlements) से भवनों की दीवारों में आने वाली दरारों की समस्या का निराकरण करने के लिये कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को मैक्सिको के मैक्सिको शहर में 1940 में आरम्भ किया गया। तत्पश्चात आये भूकम्पों में इस तकनीक से निर्मित भवनों के सराहनीय प्रदर्शन ने इस तकनीक को मैक्सिको के भूकम्प प्रवृत्त क्षेत्रों में लोकप्रियता प्रदान की (मेली एवं एलकोसर Meli and Alcocer, 2004)। 1930 से इस तकनीक का उपयोग कोलम्बिया में भी होने लगा और आज एक से लेकर पाँच मँजिला भवनों के निर्माण में वृहद् स्तर पर उपयोग हो रहा है (गार्सिया एवं यामिन Garcia and Yamin, 1994)।

पिछले 30 वर्षों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग भूमध्यसागरीय यूरोप (mediterranean Europe) में इटली, स्लोवानिया, सर्बिया में लेटिन अमेरिका (मैक्सिको, चिली, पेरू, अर्जेन्टीना व अन्य देश), मध्यपूर्व (ईरान), दक्षिण एशिया (इंडोनेशिया) और सुदूरपूर्व (चीन) में हो रहा है। चित्र–6 में विश्व के मानचित्र में अत्यधिक भूकम्पीय जोखिम (high seismic risk) वाले

क्षेत्रों को दर्शाया गया है। यहाँ यह तथ्य महत्वपूर्ण है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग उन क्षेत्रों व देशों में हो रहा है जहाँ अत्यधिक भूकम्प आते हैं। अर्जेन्टीना, चिली, पेरू, ईरान, सर्बिया और स्लोवानिया में किये गये कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के कई उदाहरणों को विश्व हाउसिंग विश्व कोष (EERI/IAEE, 2000) में स्थान मिला है।



चित्र-6 : वैश्विक भूकम्पीय जोखिम नक्शा (1)

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का उपयोग एक मँजिला एकल परिवारीय भवनों (one storey single family housing) के निर्माण के साथ ही दो से तीन मंजिला मध्यम ऊँचाई के बहुपरिवारीय आवासीय भवनों (apartment) के निर्माण के लिये भी किया जा रहा है, जैसा कि चित्र–7 व 8 में क्रमशः दर्शाया गया है। पाँच मंजिला भवनों की ऊँचाई, ज्यादातर भवन निर्माण रीति संहिताओं (codes) द्वारा लि ट (lift) के बिना बनने वाली संरचनाओं के लिये निर्धारित ऊँचाई की सीमा के बराबर होती है (कासाबोन Casabonne, 2000)। मैक्सिको में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का उपयोग कर छह मंजिला भवनों का निर्माण असामान्य नहीं है (अलकोसर Alcocer, 2006)। कम ऊँचाई वाले कॉन्फाइन्ड भवनों (दो मंजिलों तक के एकल परिवारीय भवनों)

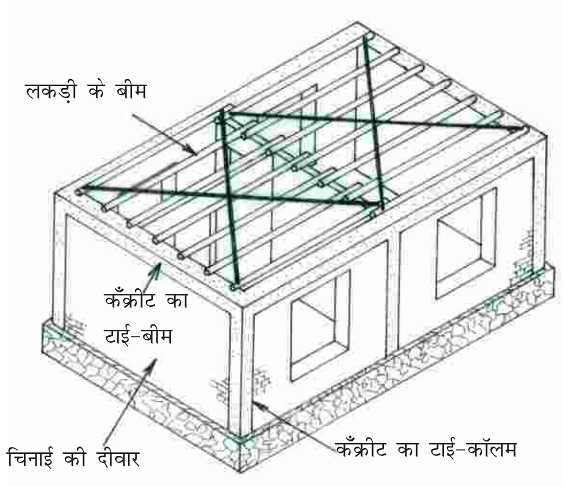
---

(1) GSHAP, 1999

का निर्माण प्राय: अभियन्ताओं के परामर्श के बिना किया जाता है जबकि अधिक ऊँचे बहुपरिवारीय आवासों (apartments) के निर्माण व रूपरेखा (design) को तैयार करने के लिये अभियन्ताओं व वास्तुविदों (architects) की सेवायें ली जाती हैं।

चिली में कॉन्फाइन्ड भवन तकनीक से बनने वाले भवनों के सामान्य विन्यास (plan) को चित्र-9 में दिर्शाया गया है। ध्यान दें कि चिनाई की दीवार की लम्बाई व/या चौड़ाई/ऊँचाई के अनुपात के आधार पर अतिरिक्त स्थानों के साथ ही बड़े खुले भागों (दरवाजे व खिड़कियों) के चारों ओर तथा चिनाई के भाग (masonry panel) के छोर पर टाई-कॉलम दिये गये हैं। ज्यादातर स्थितियों में कॉन्फाइन्ड भवनों की रूप रेखा (design) सम्बन्धित देश की भूकम्पीय रीति संहिता (Seismic codes) द्वारा नियंत्रित होती है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से सम्बन्धित अन्तर्राष्ट्रीय भूकम्पीय रीति संहिता (International Seismic Codes) के प्रावधान परिशिष्ट-अ में दिये गये हैं।

(अ)



(ब)

(स)

(द)

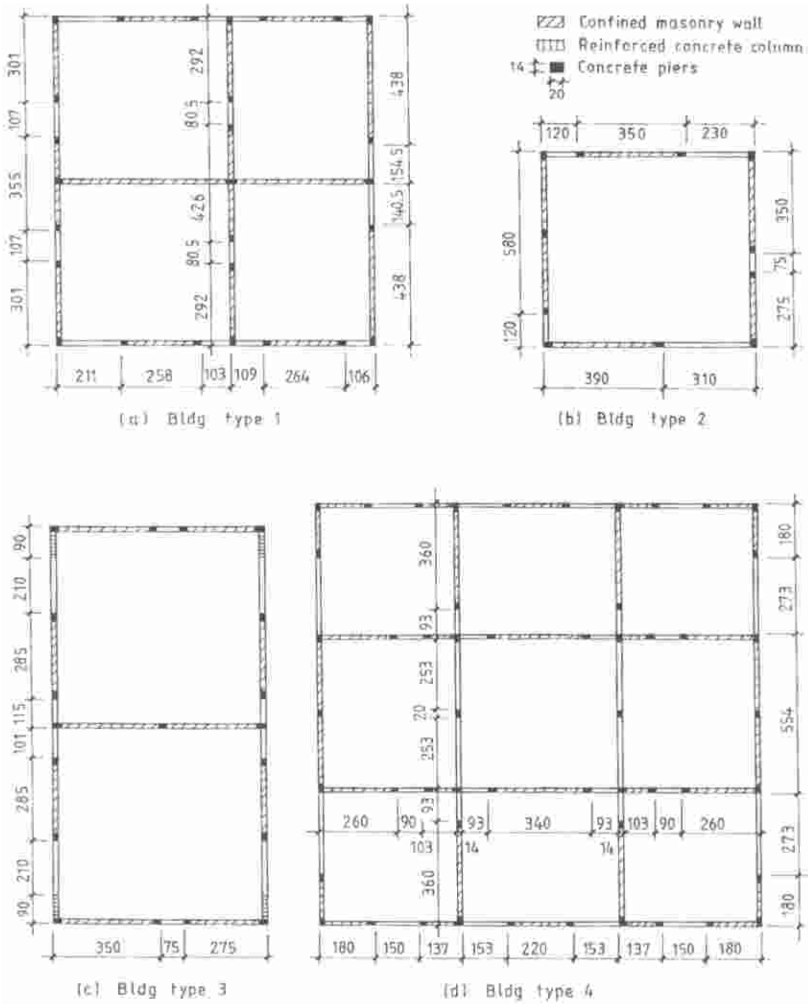
चित्र-7: कम ऊँचाई वाले कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण

(अ) इंडोनेशिया (मिस्ल एवं अन्य miesisl et. al. 2006) (ब) ईरान (हाशमी एवं अन्य, Hashemi et. al. 2003) (स) एल साल्वाडोर (पॉलसन एवं हाल्टनग्रन; Paulson and Hultengren, 2001) और (द) अर्जेन्टीना (रोडगुज एवं अन्य; Rodriguez et. al. 2003)

(अ)

(ब)

चित्र-8: मध्यम ऊँचाई वाले कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण
(अ) चिली में (मोरोनी एवं अन्य; Moroni et. al. 2003) व (ब) कोलम्बिया में (लुइस गोन्जालों मेजिया; Luis Gonzalo Mejia)



चित्र-9: चिली (Chile) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण का तल विन्यास (मोरोनी एवं अन्य; Moroni et. al. 2003)

4. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवन भूकम्पीय बलों के प्रभाव को कैसे रोकते हैं ?

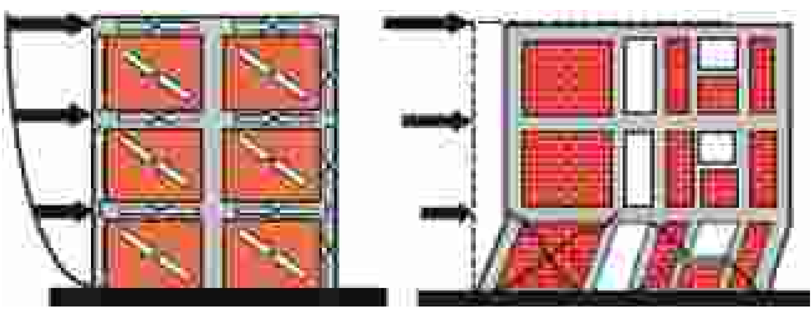
जैसा कि, चित्र–10 (अ) में दर्शाया गया है कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित भवन को भूकम्पीय बलों की स्थिति में खड़ी कैंची (vertical truss) के रूप में प्रतिमानित (model) किया जा सकता है। चिनाई की दीवारें विकर्णीय अवलम्ब (vertical struts) का कार्य करती हैं और इन पर दबाव लगता है जबकि प्रबलित कँक्रीट के कॉन्फानिंग तत्व (confining members) पार्श्व भूकम्पीय बलों (lateral earthquake forces) की दिशा के अनुसार दबाव या/व तनाव झेलते हैं। यह प्रतिमान दीवारों में दरारें उत्पन्न होने के पूर्व तक की स्थिति के लिये उपयुक्त है। तत्पश्चात दरारों का पड़ना भूतल स्तर पर केन्द्रित हो जाता है व अवसंरचना में बहुत से पार्श्व–विकार (lateral deformation) आ जाते हैं। तीक्ष्ण भूकम्प की स्थिति में होने वाले भूमि के कम्पनों के कारण कॉन्फाइन्ड भवन कमजोर तल (soft storey) प्रभाव के कारण ध्वस्त हो सकते हैं जैसा कि प्रबलित कँक्रीट के ढाँचे वाली अवसंरचनाओं में भी प्रायः देखा गया है (चित्र–10 ब)। इस प्रकार के व्यवहार की पुष्टि प्रयोगात्मक अध्ययन से की गयी है। (एलकोसर एवं अन्य, Alcocer et. al. 2004, 2004, अ)। 2003 में टैकोमन, कोलिमा, मैक्सिको भूकम्प (Tecoman, Colima, Mexico Earthquake) के बाद पता चला कि कोलिमा (Colima) में कॉन्फाइन्ड तकनीक से बने तीन–मँजिला आवासीय भवन के भूतल को बहुत अधिक क्षति हुयी है (ई.ई.आर.आई., EERI, 2006 बी)। चिनाई की दीवारों में क्षैतिज सुदृढ़ीकरण की व्यवस्था के द्वारा अवसंरचनाओं के कमजोर तल (soft storeys) के प्रभाव को कम किया जा सकता है (शुल्ट्ज, Schultz, 1994)।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण में, दीवारों के पार्श्व भार प्रतिरोध (lateral load resistance) पर केन्द्रित शोध अध्ययन (टॉमजेविक एवं क्लेमेन्क, Tomazevic and Klemenc, 1997; टॉमजेविक, Tomazevic, 1999;

योशीमूरा एवं अन्य, Yoshimura et al. 2004) बताते हैं कि कॉन्फाइन्ड तकनीक से बनी भारवाही दीवारें निम्नलिखित प्रणाली द्वारा ध्वस्त होती है:

- कर्तन ध्वस्तीकरण (shear failure mode), एवं
- लचीला ध्वस्तीकरण (flexural failure mode)

ध्यान देने की बात यह है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित संरचनाओं में कर्तन ध्वस्तीकरण प्रक्रिया (shear failure mode) दीवार की सतह के समानान्तर लगने वाले भूकम्पीय बलों (in-plane seismic loads) के कारण उत्पन्न होती है जबकि लचीला ध्वस्तीकरण (flexural failure mode) सतह के समानान्तर या फिर लम्बवत् लगने वाले (out-of-plane) बलों (दीवार की सतह के लम्बवत् क्रिया) के कारण हो सकता है।



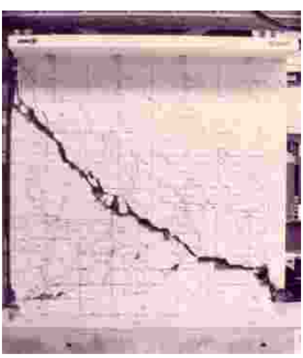
(अ) (ब)

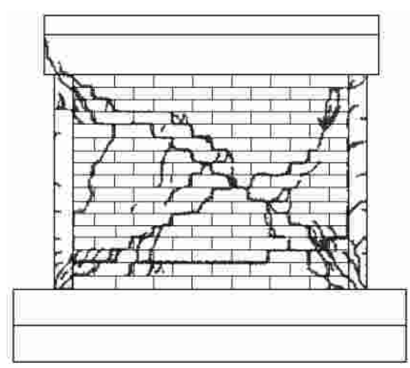
चित्र-10: कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित भवन;
(अ) (बाँये) लम्बवत् कैंची प्रतिरूप (1) (vertical truss model) एवं (ब) (दाँये) भूतल का ध्वस्त होना (2)

दीवारों की वितरित विकर्णी दरारें कर्तन ध्वस्तीकरण का मुख्य कारण है। जैसा कि, चित्र-11 में दर्शाया गया है यह दरारें उच्च बलों के स्तर पर टाई-कॉलमों (tie-columns) तक विस्तारित हो जाती हैं। प्रारम्भ में चिनाई वाली दीवार की सतह भूकम्प के पार्श्व भार के प्रभाव का स्वयं प्रतिरोध करती है जबकि उसके कॉन्फाइनिंग तत्व (confining elements) कोई महत्वपूर्ण भूमिका नहीं निभाते। परन्तु एक बार दरारें उत्पन्न हो जाने पर दीवार टाई-कॉलम को एक

(1) Murty &Jain, 2000
(2) Alcocer et al., 2004

तरफ धकेलती है। इस परिस्थिति में दबाव और तनाव का प्रतिरोध करने के लिये टाई-कॉलम में लगा लम्बवत् प्रबलन (vertical reinforcement) प्रभावी हो जाता है (टॉमजेविक एवं क्लेमेन्क, Tomazevic and Klemenc, 1997)। अधिकतम दबाव की स्थिति में टाई-कॉलम को होने वाली क्षति पैनल (panel) के ऊपर और नीचे के भाग में केन्द्रित होती है। इन स्थानों पर कॉँक्रीट अत्यधिक पिस जाती है और प्रबलन इस्पात (steel reinforcement) अत्यन्त लचीला हो जाता है इन्हें लचीले चूल (plastic hinge) कहते हैं (चित्र-12)। यहाँ ध्यान में रखा जाना आवश्यक है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के परिप्रेक्ष्य में प्रयुक्त होने वाले "लचीले चूल" का अभिप्राय प्रबलित कॉँक्रीट बीम व कॉलम संरचना के लिये सामान्यतः प्रयोग की जाने वाली लचीली चूल से भिन्न है। प्रबलित कॉँक्रीट संरचना में चूल की उत्पत्ति लचीलेपन और अक्षीय भार के कारण होती है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक में टाई-बीम और टाई-कॉलम अक्षीय भार (axial loads) का प्रतिरोध करते हैं। कर्तन ध्वस्तीकरण के कारण चिनाई की दीवारों और टाई-कॉलमों के ऊपरी एवं निचले भागों में भारी क्षति हो सकती है।

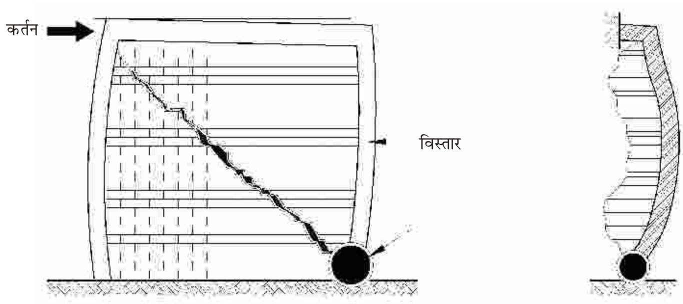




चित्र-11 : कॉन्फाइन्ड भवन की दीवारों में कर्तन ध्वस्तीकरण की स्थिति (3)

बीते समय में आये भूकम्पों सहित सन् 1999 के टिहूआकन (Tehuacan), मैक्सिको, 2003 के टैकोमन (Tecoman), मैक्सिको (चित्र-18) व 2001 के

(3) Yoshimura et al., 2004-left; Aguilar and Alcocer, 2001-Right



चित्र-12 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण में लचीले चूल की उत्पत्ति (4)

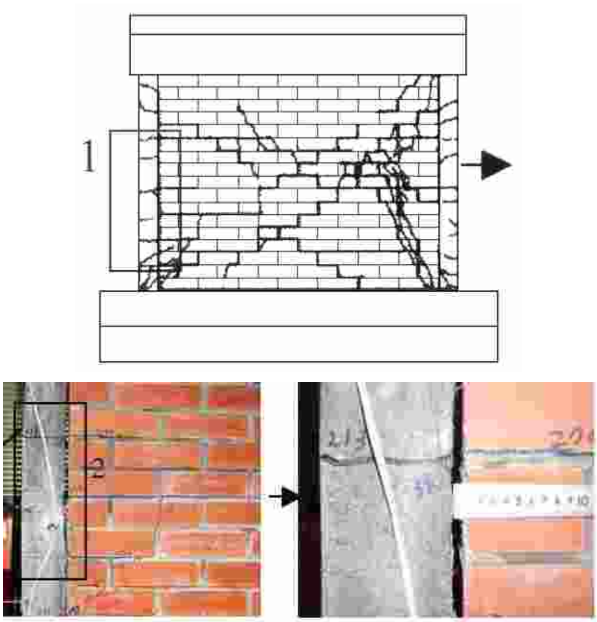
सैन साल्वाडोर (San Salvador), एल साल्वाडोर, (El Salvador), (चित्र-19) में आये भूकम्पों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों में कर्तन उत्प्रेरित (shear induced) क्षति देखी गयी थी। यहाँ यह भी ध्यान में रखना चाहिये कि एक बार दरारें आ जाने के उपरान्त दीवार, सतह के लम्बवत् लगने वाले बलों के कारण कॉन्फाइनिंग ढाँचे (confining frame) से बाहर गिरने के प्रति संवेदनशील हो जाती है। इस प्रकार की क्षति 1985 में लोलियो (Llolleo), चिली (Chile) में आये भूकम्प में (चित्र-17 पर) व 1990 में मंजिल, ईरान (चित्र-22 अ) में आये भूकम्पों में देखी गयी थी।

प्रयोगात्मक अध्ययनों से पता चलता है कि कुछ स्थितियों में, कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी चिनाई की दीवारों के मध्य भाग के टूटने के बाद लचीले ध्वस्तीकरण (flexural failure) के कारण दीवारें ध्वस्त होती हैं (टॉमजेविक, Tomazevic, 1999)। ठीक ऐसी ही क्षति इस प्रकार के भवनों में चिली (Chile) भूकम्प के उपरान्त देखी गयी थी (मोरोनी, गोमेज एवं एस्ट्रोजा, Moroni, Gomez, and Astroza, 2003)। कुछ स्थितियों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारें मध्य भाग के टूटे बिना ही सतह के लम्बवत् (out-of-plane) ध्वस्त हो गयीं (अलकोसर, Alcocer, 2006)। इससे चिनाई की दीवारों में लम्बवत् स्थायित्व बनाये रखने के लिये टाई-कॉलम के महत्व का पता चलता है।

जैसा कि, चित्र-13 में दर्शाया गया है दीवार की सतह के समानान्तर लगने वाले

(4) Alcocer et al, 2004

दबाव के कारण होने वाले लचीले ध्वस्तीकरण (flexural failure) में मुख्यतः दीवार के तनाव वाले छोर पर चिनाई के जोड़ों में क्षैतिज (horizontal) दरारें दृष्टिगत होती हैं (योशीमूरा एवं अन्य, Yoshimura et al. 2004)। कुछ स्थितियों में टाई-कॉलम को दीवारों से अलग होते हुए भी देखा गया है (दीवारों व कॉलम के मध्य दाँतदार जोड़ों के अभाव में)। कर्तन दरारों के साथ ही ज्यादातर टाई-कॉलमों में व्यापक क्षैतिज दरारें भी देखी जा सकती हैं (चित्र-13)।



दृश्य-1 दृश्य-2

चित्र-13 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों में लचीलेपन के अभाव के कारण होने वाली क्षति (5)

प्रयोगात्मक अध्ययनों से पता चलता है कि ध्वस्त होने की विधि जो भी हो, चिनाई की दीवारों में भारी क्षति होने की स्थिति में अधिकांश गुरूत्वीय भार का प्रतिरोध टाई-कॉलमों द्वारा ही किया जाता है। इसका कारण इनकी अक्षीय कठोरता (axial stiffness) व बलों का प्रतिरोध करने की क्षमता है। साधारणतः दरारों के चिनाई की दीवारों से टाई-कॉलम तक बढ़ जाने के उपरान्त

(5) Yoshimura et al., 2004

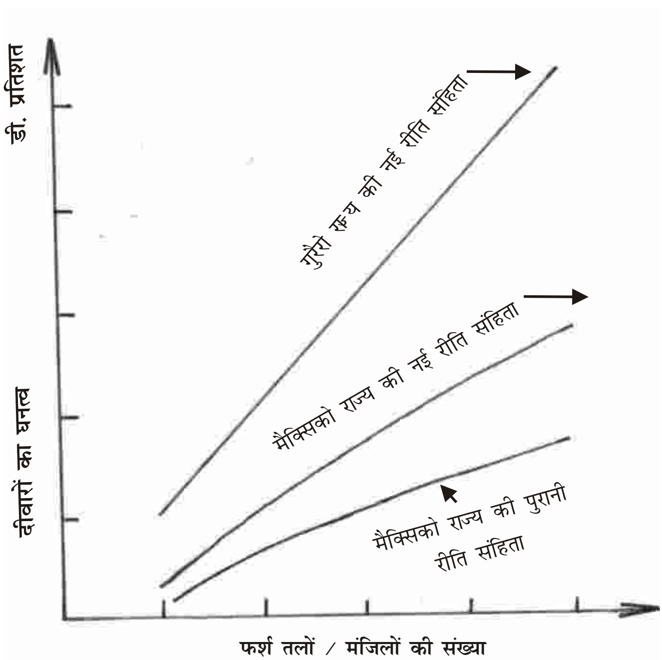
ही कर्तन बलों के कारण टाई–कॉलम ध्वस्त होता है। इसके कारण पूरी दीवार का लम्बवत् स्थायित्व या मजबूती खतरे में पड़ जाती है। प्रयोगात्मक अध्ययनों से पता चलता है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों में लम्बवत् दबाव (vertical strain) में क्षति का परिमाण बढ़ने के साथ कमी आती है। इससे यह संकेत मिलता है कि गुरूत्व भार के बहुत बड़े भाग का वहन टाई–कॉलमों द्वारा किया जाता है। निष्कर्षतः यह धारणा पक्की हो जाती है कि क्षतिग्रस्त कॉन्फाइन्ड भवनों में टाई–कॉलम की गुरूत्व भार का प्रतिरोध करने में महत्वपूर्ण भूमिका होती है और यह उसके लम्बवत् स्थायित्व को बनाये रखते हैं (अलकोसर, Alcocer, 2006)।

5. कॉन्फाइन्ड भवनों की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को प्रभावित करने वाले मुख्य तत्व

5.1 दीवारों का घनत्व

दीवारों के घनत्व को कॉन्फाइन्ड भवनों की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को प्रभावित करने वाला मुख्य तत्व माना जाता है। इसे प्रत्येक मुख्य दिशा में दीवारों के अनुप्रस्थ क्षेत्रफल (transverse area) को, भवन के सम्पूर्ण फर्श के क्षेत्रफल से भाग (divide) देकर जाना जा सकता है। मैक्सिको में भवनों के लिये, दीवारों के आवश्यक घनत्व का आंकलन करने का एक साधारण तरीका विकसित किया गया जिसमें दीवारों की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता कर्तन बलों के प्रभावों (shear effects) द्वारा नियंत्रित होती है (मेली, Meli, 1994)। 1985 में मैक्सिको में आये भूकम्प के बाद मैक्सिको सिटी भवन निर्माण रीति संहिता (Mexico City Building Code) के माध्यम से भारवाही संरचनाओं में दीवार के घनत्व से सम्बन्धित मानकों का कड़ाई से अनुपालन सुनिश्चित किया गया। मैक्सिको में सामान्यत: होने वाले निर्माण कार्यों में निर्माण सामग्री की शक्ति में उच्चीकरण किया जाना या वैकल्पिक रूप में भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने के लिये प्रबलन की व्यवस्था करना व्यवहारिक नहीं था, अत: यह नियम स्थानीय परिस्थितियों को ध्यान में रखकर बनाये गये। 1985 में आये भूकम्प के उपरान्त रीति संहिता द्वारा अभिकल्पित भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता (design seismic resistance) को 40 प्रतिशत तक बढ़ाया जाना आवश्यक समझा गया। इसके परिणामस्वरूप कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनने वाले भवनों में दीवारों के अपेक्षित घनत्व में महत्वपूर्ण बढ़ोत्तरी हुयी। जैसे कि वर्तमान में मैक्सिको सिटी में पाँच मँजिला संरचना के लिये प्रत्येक दिशा में दीवारों का घनत्व 6 प्रतिशत रखना अनिवार्य है, व अधिक भूकम्प जोखिम वाले क्षेत्रों (गुरेरो, Guererro राज्य) में घनत्व को 10 प्रतिशत के करीब रखा जाता है। चित्र-14 में मैक्सिको में विभिन्न ऊँचाई के भवनों में दीवारों के लिये आवश्यक घनत्व को दर्शाया गया है (मेली, Meli, 1994)।

सन् 1985 में लोलियो (Llolleo) में आये भूकम्प के पश्चात किये गये व्यापक अध्ययन से पता चला कि भारवाही अवसंरचनाओं में क्षति का परिमाण दीवारों के घनत्व से निम्नवत् सम्बन्धित था दीवारों का घनत्व 0.5 प्रतिशत से कम होने की स्थिति में अवसंरचनाओं को तीक्ष्ण क्षति हुयी जबकि दीवारों का घनत्व 1. 15 प्रतिशत होने की स्थिति में भवनों को मामूली क्षति हुयी। चिली (Chile) में किये गये सर्वेक्षणों से पता चलता है कि सर्वेक्षणों में सम्मिलित 50 प्रतिशत से भी अधिक कॉन्फाइन्ड भवनों में दीवारों का घनत्व 1.15 प्रतिशत से भी अधिक था। चिली में निर्मित कॉन्फाइन्ड भवनों में दीवारों का औसत घनत्व 3.3 प्रतिशत आँकलित किया गया है (मोरोनी, अस्ट्रोजा, एवं एसिवेडो, Moroni, Astroza, and Acevedo, 2004)।



चित्र-14 : मैक्सिको में नरम भूमि की स्थिति में किये जाने वाले कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के लिये भवन के तलों की संख्या के सापेक्ष दीवारों का वांछित घनत्व (1)

(1) Meli, 1994

5.2 भारवाही इकाईयाँ और प्रयुक्त मसाला (mortar)

परीक्षणों से पता चलता है कि कॉन्फाइन्ड तकनीक से तैयार की गयी दीवारों की पार्श्व भार (lateral load) का प्रतिरोध करने की क्षमता पूरी तरह से भवन की ईकाईयों और उसमें प्रयुक्त किये गये मसाले (mortar) पर निर्भर करती है। निम्न सामर्थ्य वाली ईटों (bricks) या निम्न गुणवत्ता के खोखले ब्लॉक (ungrouted hollow blocks) की ईकाईयों से तैयार दीवार की प्रतिरोधक क्षमता न्यूनतम रही जबकि गुणवत्ता वाली व ठोस ईकाईयों (grouted and solid units) से तैयार दीवारों की प्रतिरोधक क्षमता सर्वाधिक पायी गयी। यद्यपि ठोस ईकाईयों के प्रयोग करने के परिणामस्वरूप दीवार का भार बढ़ने के साथ ही लगने वाले भूकम्पीय बलों के परिमाण में भी वृद्धि होती है। साथ ही यह भी ध्यान में रखा जाना महत्वपूर्ण है कि निर्माण कार्य में प्रयुक्त किया गया मसाला जितना कमजोर होगा, भवन की प्रतिरोधक क्षमता भी उतनी ही कम होगी (ईकाई एवं मसाले के पारस्परिक सम्बन्ध के कारण चिनाई की प्रतिरोधक क्षमता सदैव ईकाई की क्षमता से कम होती है)। परीक्षण के परिणामों से यह भी पता चलता है कि एक ही प्रकार की सामग्री और ज्यामिती पर आधारित कॉन्फाइन्ड दीवारों और अप्रबलित दीवारों के नमूनों की प्रतिरोधक क्षमता में कोई महत्वपूर्ण अन्तर नहीं होता है (एलकोसर एवं क्लिन्गनर, Alcocer and Klingner, 1994)।

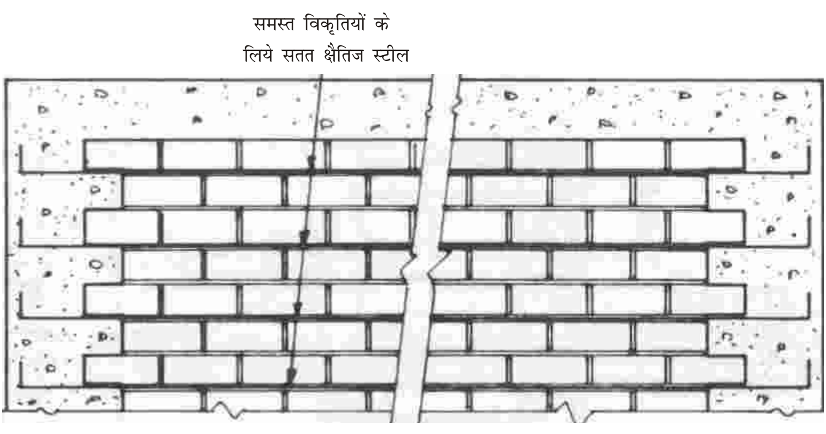
5.3 टाई कॉलम

टाई–कॉलम (tie column) कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों के लचीलेपन (ductility) और स्थायित्व को प्रभावित करते हैं। ध्यान देने योग्य बात यह है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनाओं में पार्श्व प्रतिरोध (lateral resistance) को बढ़ाने में टाई–कॉलम के प्रभाव को अभी हाल ही में स्वीकार किया गया है (एलकोसर, Alcocer, 2006)। टाई–कॉलम के ऊपरी व निचले छोरों पर लगने वाले गहन क्षैतिज प्रबलन (tranverse reinforcement ties) की व्यवस्था के कारण दीवारों (दरारें उत्पन्न होने के उपरान्त) के लचीलेपन (ductility) व स्थायित्व (stability) में वृद्धि होती है

(एलकोसर, एवं क्लिन्गनर, Alcocer and Klingner, 1994)।

5.4 दीवारों में क्षैतिज प्रबलन (Horizontal Wall Reinforcement)

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को व्यवहार में लाने वाले कई देशों में चिनाई की दीवारों में प्रायः प्रबलन की व्यवस्था नहीं की जाती है। यद्यपि पेरू (Peru) में चार से पाँच मँजिला संरचनाओं के निर्माण में सतहों के मध्य के जोड़ों में मसाले (mortar) के साथ क्षैतिज प्रबलन के रूप में एक या दो तार डाले जाने का प्रचलन है (कासाबोन, Casabonne, 1994), जैसा कि चित्र-15 में दर्शाया गया है। मैक्सिको की रीति संहिता (NTC-M 2004) के अनुसार, प्रयुक्त किये जाने की स्थिति में, क्षैतिज प्रबलन दीवार की लम्बाई में निरन्तरता से प्रयोग किया जाना चाहिये। क्षैतिज छड़ों को टाई-कॉलम (tie column) से सम्बद्ध किया जाना चाहिये और 90^0 पर छड़ों को मोड़ते हुये इन्हें टाई-कॉलम के बाहरी छोर तक विस्तारित किया जाना चाहिये (चित्र-15)।



चित्र-15 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों में क्षैतिज प्रबलन (2)

90^0 पर मोड़े गये सरिया के भाग (हुकों) को टाई-कॉलम के अन्दर कॉक्रीट में दबा देना चाहिये (ध्यान दें, कि चित्र में टाई-कॉलम के प्रबलन को नहीं दर्शाया

(2) Casabonne

गया है)। प्रयुक्त की जाने वाली छड़ों का न्यूनतम व्यास 3.5 मिलीमीटर और जोड़ों की चौड़ाई के तीन चौथाई (3/4) से कम होना चाहिये। शोध अध्ययनों से पता चलता है कि क्षैतिज प्रबलन (horizontal reinforcement) का दीवारों के लचीलेपन (ductility) पर लाभदायक प्रभाव होता है। क्षैतिज प्रबलन युक्त प्रतिदर्शों (specimens) में अप्रबलित (un-reinforced) प्रतिदर्शों के सापेक्ष तिरछी प्रतिबल दरारे अपेक्षाकृत अधिक एकसार (uniform) होती हैं। हाल ही में प्रयुक्त मैक्सिको की रीति संहिताओं (NTC-M 2002 तथा NTC-M 2004) द्वारा कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक द्वारा निर्मित दीवारों की कर्तन बल क्षमता (shear strength) में वृद्धि हेतु क्षैतिज प्रबलन के उपयोग को मान्यता दी गयी है। समानान्तर प्रबलन अनुपात (horizontal reinforcement ratio) के आँकलन के लिये कार्यकुशलता (efficiency) से सम्बन्धित एक विशिष्ट कारक जोड़ा गया है जिसका परिमाण प्रयोगात्मक अध्ययन पर आधारित है और इससे पता चलता है कि अत्यधिक प्रबलित (heavily reinforced) दीवारों में क्षैतिज सुदृढ़ीकरण कम प्रभावी होता है। ध्यान देने योग्य बात यह है, कि मैक्सिको में क्षैतिज प्रबलन के लिये स्टील के तारों (steel wires) का उपयोग किया जाता है। यह तार स्टील के समर्पण ठहराव (yield plateau) को परिभाषित किये बिना ही बनाये जाते है और अपेक्षाकृत कम खिंचाव (0.002 to 0.0025) में ही इसमें खिंचाव कठोरता (strain hardening) आ जाती है (एलकोसर, Alcocer, 2006; एलकोसर एवं अन्य, Alcocer et al. 2003)।

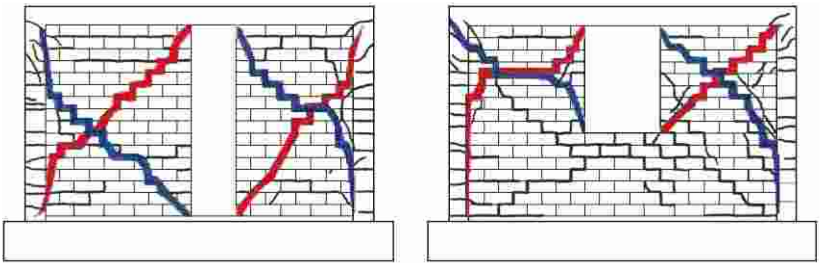
क्षैतिज प्रबलन में प्रयुक्त होने वाले स्टील का प्रकार चिनाई की कर्तन प्रतिरोधक क्षमता (shear resistance) को प्रभावित करता है। आरम्भ के प्रयोगात्मक अध्ययनों में क्षैतिज प्रबलन के लिये कार्बन की उच्च मात्रा वाले स्टील (high carbon steel) का उपयोग किया गया जिसके द्वारा तन्य-सुनम्य (elsato-plastic) व्यवहार दर्शाया गया। इन अध्ययनों से पता चला कि क्षैतिज प्रबलन व्यवस्था द्वारा संरचनाओं की क्षमता में महत्वपूर्ण वृद्धि नहीं होती है (एलकोसर

एवं क्लिन्गनर, Alcocer and Klingner, 1994; अगुइलर एवं अन्य, Aguilar et al. 1996)। जैसा कि, चित्र 7 (स) में दर्शाया गया है, दीवार की ऊँचाई के मध्य दिये गये टाई–बीम वाले प्रतिदर्श संतोषजनक परिणाम नहीं देते है क्योंकि मध्य में डाले गये टाई–बीम के ऊपर की दीवार के कारण टाई–कॉलम ध्वस्त हो जाते है कुछ देशों में, जैसे कि कोस्टा रिका (कासाबोन Casabonne, 1994) व एल सल्वाडोर (EERI, 2001) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनने वाले भवनों में मध्य टाई–बीमों (intermediate tie beams) का प्रयोग किया जाता है।

5.5 खुले भाग

एक प्रयोगात्मक शोध अध्ययन से पता चलता है कि दीवार में स्थित खुले भागों (दरवाजे व खिड़कियाँ आदि) का क्षेत्रफल दीवार के कुल क्षेत्रफल के 10 प्रतिशत से कम होने की स्थिति में, ठोस दीवार के सापेक्ष इस दीवार की पार्श्व भार प्रतिरोधक क्षमता (lateral load resistance) में महत्वपूर्ण कमी नहीं आती है (यानेज एवं अन्य, Yanez et al. 2004)। जैसा कि, चित्र–16 में दर्शाया गया है ज्यादा बड़े खुले भाग वाली दीवारों में बिना खुले भाग वाली दीवारों की ही तरह विकर्णीय दरारें (diagonal cracks) आती हैं। अन्तर केवल इतना होता है कि यह दीवारें खुले भागों के मध्य खम्भों (piers between opening) में आती हैं। अध्ययनों द्वारा खुले भाग वाली दीवारों की पार्श्व भार प्रतिरोधक क्षमता का आँकलन दीवार के शुद्ध अनुप्रस्थ क्षेत्रफल (net transverse wall area) के आधार पर किये जाने की संस्तुति की जाती है जो कि दीवार की लम्बाई से खुले भाग की लम्बाई को घटाने के पश्चात, दीवार की मोटाई से गुणा कर के प्राप्त होता है। ध्यान देने योग्य बात यह है कि अध्ययन में खुले स्थानों (खिड़की–दरवाजों) के पास लम्बवत् प्रबलन छड़ें (reinforcement bars) डाली गयी थीं। अधिकांश भवन निर्माण रीति संहिताओ द्वारा खुले स्थानों के लिये प्रयुक्त हो सकने वाले अधिकतम आकार का निर्धारण किया जाता है। खुले भागों का क्षेत्रफल इससे अधिक होने की

स्थिति में टाई–कॉलम प्रयुक्त किये जाने होते हैं। चित्र 41 (ऊपर) में मेक्सिको सिटी (Mexico City) की भवन निर्माण रीति संहिता (NTC-M 2004) के प्रावधानों को दर्शाया गया है।



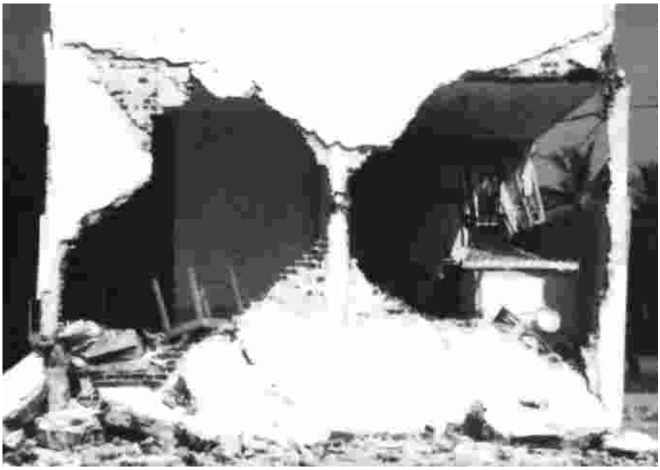
चित्र–16 : कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों में दरारों के प्रकार (3)

(3) Yanez et al., 2004

६. भूकम्प की स्थिति में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का प्रदर्शन

विगत में आये भूकम्पों में अवसंरचनाओं को हुई क्षति में कमी के आधार पर कहा जा सकता है कि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के परिणाम संतोषजनक रहे हैं। इस तकनीक से बने भवनों में, भूकम्प की स्थिति में प्रायः कुछ क्षति अवश्य होती है, परन्तु उचित निरूपण (design) व निर्माण होने पर यह भूकम्पीय बलों को बिना ध्वस्त हुये सहन करने में सक्षम हैं और पूर्णतः ध्वस्त नहीं होते हैं। लैटिन अमेरिका (Latin America) विश्व का एक ऐसा क्षेत्र है जहाँ कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का बड़े पैमाने पर उपयोग किया जाता है। उच्च भूकम्प जोखिम क्षेत्र में स्थित होने के कारण कई महत्वपूर्ण भूकम्पों में भी इन भवनों का परीक्षण हुआ है। शुल्ट्ज (Schultz; 1994) के अनुसार विगत में लैटिन अमेरिका में आये भूकम्पों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने कम ऊँचाई के भवनों ने काफी अच्छा प्रदर्शन किया है। यह तथ्य विशेष रूप से हल्की छत एवं समरूप विन्यास (plan) व ऊँचाई (elevation) वाले उन भवनों के लिये प्रयुक्त होता है जिनकी दीवारों का घनत्व अपेक्षाकृत अधिक है। इन स्थितियों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के कारण भवन के निर्माण, नियोजन व निरूपण की छोटी–छोटी कमियों के साथ ही भवन सामग्री से सम्बन्धित त्रुटियों के प्रभाव काफी कम हो जाते हैं। भवन में निर्माण, निरूपण व निर्माण सामग्री सम्बन्धित बड़ी त्रुटियों के समावेशित होने पर ही भूकम्प की स्थिति में इनका प्रदर्शन निम्न रहा है। निम्न प्रदर्शन प्रायः टाई–कॉलम के अभाव (tie-column omission), टाई–बीम में निरन्तरता न होने (discontinuous tie-beams), अपर्याप्त तनुपट सन्धियों (inadequate diaphragm connections) एवं अनुपयुक्त संरचनात्मक विन्यास (inappropriate structural configuration) के कारण होता है। इस भाग में हम लैटिन अमेरिका (Latin America) व विश्व के अन्य भागों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित संरचनाओं की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता के विषय में चर्चा करेंगे।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित अवसंरचनाओं की भूकम्प प्रतिरोधक (earthquake performance) का वर्णन सर्वप्रथम 1939 में आये 7.8 परिमाण के चिली भूकम्प की आख्याओं में मिलता है। संशोधित मेरकॉली पैमाने (Modified Mercalli Scale - MMI) पर IX तीव्रता वाले चिलान (Chillan) भूकम्प के उपरान्त निरीक्षण में सम्मिलित कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित 50 प्रतिशत से भी अधिक संरचनाओं ने बिना किसी क्षति के भूकम्प का सामना किया, जबकि अप्रबलित भारवाही भवनों में से लगभग 60 प्रतिशत या तो पूरी तरह से या फिर आंशिक रूप से गिर गये जिसके परिमाणस्वरूप 30,000 लोगों की मृत्यु हुयी। सन् 1985 में लोलियो (Llolleo) में आये 7.8 परिमाण के भूकम्प का अभिकेन्द्र चिली (Chile) के मध्य भाग में अवस्थित था। इस भूकम्प में 66,000 आवासीय भवन पूर्णतः व अन्य 1,27,000 आंशिक रूप से गिर गये थे (प्रभावित रिहायशी मकानों में से अधिकतर कच्ची ईंटों से बने हुये थे)। भूकम्प के पश्चात किये गये लगभग 84,000 घरों के सर्वेक्षण में लगभग 13,500 भवन कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित पाये गये। यह भवन एक से चार मँजिल तक ऊँचे थे। निरीक्षण में सम्मिलित भवनों में सर्वाधिक क्षति मध्यम ऊँचाई (3 से 5 मँजिल) के भवनों में पायी गयी। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने 22 प्रतिशत भवनों में बहुत अधिक या भारी क्षति पायी गयी। कम ऊँची अवसंरचनाओं को सीमित क्षति हुयी, दो मंजिला इमारतों में से केवल 02 प्रतिशत ही क्षतिग्रस्त हुयीं जबकि एक मंजिला इमारतों में से किसी को भी क्षति नहीं हुयी। पूरी तरह से देखा जाये तो कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने ज्यादातर भवनों (76 प्रतिशत) को भूकम्प से कोई क्षति नहीं हुयी थी (मोरोनी एवं अन्य, Moroni et al., 2004)। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित संरचनाओं को हुयी क्षति मुख्यतः दीवारों के प्रतिच्छेदन (intersection) या फिर खुले स्थानों के चारों ओर प्रयुक्त होने वाले टाई-कॉलमों की अनुपस्थिति के कारण पायी गयी। इससे, एक बार फिर कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित अवसंरचनाओं की भूकम्प सुरक्षा हेतु टाई-कॉलमों का महत्व स्पष्ट दृष्टिगोचर होता है। 1985 में लोलियो (Llolleo) में आये भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित संरचना को हुई क्षति को चित्र-17 में दर्शाया गया है।



चित्र-17 : सन् 1985 में चिली के लोलियों (Llolleo) में आये भूकम्प के कारण कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से निर्मित अवसंरचना को हुयी क्षति का दृश्य (1)

(1) Moroni et at., 2003

एक अन्य देश, मैक्सिको (Mexico) में भी लम्बे समय से कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग होता रहा है। मैक्सिको में यह सर्वाधिक लोकप्रिय निर्माण तकनीक है और देश के मध्य भाग में इसका सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है। इस तकनीक का प्रयोग दोनों, गैर अभियांत्रिकी निर्माण (Non-engineered मुख्यत: ग्रामीण और नगरीय क्षेत्रों में) एवं योग्य पेशेवरों की देखरेख में अभियांत्रिकी निर्माण (Engineered construction) (औद्योगिक सुविधाओं व औपचारिक आवासीय निर्माण) हेतु उपयोग में लाया जाता है (चित्र 18 अ और ब) (गार्सिया, Garcia, 2006)।

1985 में आये 8.0 परिमाण के विध्वंसकारी गुरेरो मिचोआकन (Guerrero-Michoacan) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने कम व मध्यम ऊँचाई वाले भवनों (चार या पाँच मँजिल) ने सामान्यत: बहुत अच्छी कार्यक्षमता का परिचय दिया, जबकि उसी भूकम्प में प्रबलित काँक्रीट (RC) से निर्मित बहुत से भवन काफी क्षतिग्रस्त हुये व कुछ पूर्णत: ध्वस्त हो गये। जिटापा जिहूआटानेजो (Ixtapa-Zihuatanejo) क्षेत्र में एक कार्यालय का तिमँजिला भवन जिसके भवन विन्यास में निरन्तरता नहीं थी (irregular floor plan) पूरी तरह से ध्वस्त हो गया था (शुल्ट्ज, Schultz, 1994)। सन् 1999 के 6.5 परिमाण के टेहोकान (Tehuacan) भूकम्प में बहुत से अप्रबलित भारवाही भवनों (मुख्य रूप से कच्ची ईंटों से बने) पर भूकम्प का काफी प्रभाव पड़ा था 14,000 से भी अधिक भवन क्षतिग्रस्त हुये और 2,500 भवन पूर्णत: ध्वस्त हो गये थे (चित्र 18 स)। इस भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रदर्शन बहुत अच्छा रहा। यद्यपि इस तकनीक से बनी कुछ, दो मँजिला संरचनायें क्षतिग्रस्त हुयी थी परन्तु क्षति का कारण दीवारों की अपर्याप्त क्षमता व घटिया निर्माण कार्य थे (EERI, 1999)। सन् 2003 में टेकोमान (Tecoman) में आये 7.6 परिमाण के भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का प्रदर्शन ईंटों की चिनाई वाले अप्रबिलत भवनों तथा कच्ची ईंटों से बने भवनों के सापेक्ष काफी अच्छा रहा। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी अधिकतर संरचनाओं को कोई क्षति नहीं हुयी या फिर उनको सामान्य क्षति हुयी। दरारें

साधारणतः दीवारों और कॉँन्फाइनिंग तत्वों के मध्य पैदा हुई थीं। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की असफलता के भी कुछ उदाहरण देखने को मिले हैं, परन्तु यह असफलता मुख्यतः कॉन्फाइनिंग तत्वों की संख्या व विन्यास सम्बन्धित अपर्याप्तता से जुड़ी पायी गयी है (चित्र–18 द) (EERI, 2006 b)। ध्यान देने योग्य तथ्य यह है, कि उक्त दोनों ही उदाहरणों में चिनाई की दीवार वाले भाग के छोरों पर टाई–कॉलम प्रयुक्त नहीं किये गये थे जो कि पूरी तरह से अनुचित था।

13 जनवरी और 13 फरवरी, 2001 में एल सल्वाडोर (El Salvador) में आये क्रमशः 7.7 व 6.6 परिमाण के भूकम्पों में भी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक द्वारा बनी संरचनाओं ने अच्छा प्रदर्शन किया गया। इन भूकम्पों में 1,100 से भी अधिक लोग मारे गये थे और 1,60,000 से भी अधिक घर ढह गये थे। भूकम्प में ध्वस्त संरचनाओं में लगभग 20 प्रतिशत आवासीय थीं (EERI, 2001)। एल सल्वाडोर (El Salvador) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण का ही सामान्यतः प्रयोग किया जाता है। 60 प्रतिशत से भी अधिक घरों को मिक्सटो (Mixto) तकनीक से बनाया गया था। यह कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का ही एक प्रकार है जिसमें चित्र–2 (नीचे) व चित्र–7 (स) में

(अ)

(ब)

(स)

(द)

चित्र-18 : मैक्सिको में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनायें

(अ) गैर अभियांत्रिकी भवन, (ब) अभियंता की देखरेख में बना औद्योगिक भवन(2) (स) सन् 1999 में टेहोकान (Tehuacan) में आये भूकम्प से हुई क्षति का दृश्य (3) (द) सन् 2003 में टेकोमान (Tecoman) में आये भूकम्प से हुयी क्षति का दृश्य (4)।

(2) Credit : Hugan Juarez Garcia
(3) Alcocer et al, 2001
(4) EERI, 2006b

दर्शाये गये प्रारूप के अनुसार अपेक्षाकृत कम अन्तराल पर टाई–कॉलम व टाई–बीम प्रयुक्त किये जाते हैं (ध्यान दें कि, सामान्यतः दीवार के बीचो–बीच मध्यपटल में टाई–बीम डाले गये हैं)।

एल सल्वाडोर के साँख्यिकी व जनगणना कार्यालय (The General Office of Statistics and Censuses) द्वारा सन् 2001 में आये भूकम्पों से प्रभावित काँक्रीट व कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनाओं के आँकड़े प्रकाशित किये गये हैं। इस प्रकार के 90 प्रतिशत से भी अधिक भवनों को भूकम्प से कोई भी क्षति नहीं हुयी थी। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक या काँक्रीट से बने केवल 5.9 प्रतिशत भवनों को मरम्मत योग्य (repairable) क्षति हुयी थी जबकि 2.4 प्रतिशत भवन पूर्णतः क्षतिग्रस्त (damage beyond repair) हुये थे (डावलिंग, Dowling, 2004)। इस प्रकार के क्षतिग्रस्त भवनों में दीवार के कर्तन ध्वस्तीकरण (shear failure) एवं तल के बाहर ध्वस्तीकरण (out-of-plane failure) के केवल कुछ ही उदाहरण मिले (जहाँ कॉन्फाइनिंग तत्वों, confining elements के होने पर भी दीवार बाहर की ओर गिर जाये, जैसा कि, चित्र–19 में दर्शाया गया है)। यह तथ्य ध्यान देने योग्य है, कि 2001 के भूकम्पों में क्षतिग्रस्त या ध्वस्त हुए अधिकतर आवासीय भवन कच्ची ईंटों के बने हुये थे (डावलिंग, Dowling, 2004)। जैसा कि, ऐश्चिम एवं अन्य (Ascheim et al.) की 2006 की आख्या में उल्लेख किया गया है 2001 में आये भूकम्पों के बाद पुनर्वास कार्य के लिये मिक्सटो (Mixto) कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का ही प्रयोग किया गया है।

पेरू (Peru) में बीते समय में आये भूकम्पों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों ने अच्छा प्रदर्शन किया है (गैलीगोस, Gallegos, 1994)। भूमि की कम धारण क्षमता वाली भौगोलिक स्थितियों को इन भवनों के निम्न प्रदर्शन के लिये उत्तरदायी पाया गया। सन् 1970 में चिमबोट (Chimbote) में आये 7.8 परिमाण के भूकम्प में भवनो की दीवारों व फर्श के मध्य के जोड़ उचित न होने की स्थिति में बहुत अधिक क्षति पायी गयी थी (शुल्ट्ज, Schultz, 1994)। अगस्त, 2007 में आये 8.0 परिमाण के पिस्को

(Pisco) भूकम्प के अभिकेन्द्र (epicenter) के समीप स्थित शहरी क्षेत्रों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रचुरता से प्रयोग किया गया था (EERI, 2007)। इस भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का प्रदर्शन बहुत ही सराहनीय रहा। चित्र–20 (अ) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी छः मँजिला इमारत का चित्र है जिसे भूकम्प से कोई क्षति नहीं हुयी जबकि इसके समीप निर्मित कच्ची ईंटों से बने भवन पूर्णतः ध्वस्त हो गये। यद्यपि कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी वह अवसंरचनायें जिनमें अनियमिततायें थीं या जिनमें पर्याप्त प्रबलन की व्यवस्था नहीं की गयी थी काफी अधिक क्षतिग्रस्त हुयीं। चित्र–20 (ब) में कमजोर भूतल प्रभाव (soft storey effect) के कारण गिर गयी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचना को दिखाया गया है।

(अ)

(ब)

(स)

(द)

चित्र-19 - सन् 2001 में एल सल्वाडोर (El Salvador) में आये भूकम्प में
कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का प्रदर्शन (5)।
(अ) सान्ताक्रूज एनॉलक्यूटो (Santa Cruz Analquito) शहर में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बना भवन अभी भी खड़ा है जबकि आस-पास के कच्ची ईंटों से बने भवन ध्वस्त हो गये।
(ब) कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बना स्कूल का भवन भूकम्प के बाद भी बिना किसी क्षति के ज्यों का त्यों खड़ा रहा जबकि पास ही कच्ची ईंटों से बने भवन ध्वस्त हो गये।
(स) कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवन में कर्तन दरारें।
(द) सेन्टीआगो डी मारिया (Santiago de Maria) में स्थित न्यायालय भवन (court house) को कमजोर भूतल प्रभाव के कारण हुयी क्षति (कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित भूतल)।

(5) EERI, 2001a

(अ)

(ब)

चित्र-20 : अगस्त 2007 में पेरू (Peru) में आए पिस्को (Pisco) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवन की कार्यक्षमता का प्रमाण (अ) इसी तकनीक से बनी छः मँजिला इमारत बिना किसी क्षति के (6), (ब) कमजोर भूतल प्रभाव (soft storey effect) के कारण कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी अवसंरचना ढह गयी (7)।

---

(6) Credit : M Blondet
(7) EERI, 2007

1994 में प्रकाशित गॉर्सिया एवं यामिन (Garcia and Yamin) के अध्ययनों के अनुसार कोलंबिया (Colombia) में कॉन्फाइन्ड तकनीक से निर्मित भवनों ने 1983 में आये 5.5 परिमाण के पोपाया (Popaya) भूकम्प में अच्छा प्रदर्शन किया। अप्रबलित चिनाई वाले भवनों की तुलना में उन भवनों को भी जिनमें केवल टाई–कॉलम ही थे, केवल खिड़कियों के आस–पास कुछ क्षति हुयी जबकि टाई–कॉलम व टाई–बीम वाले भवनों को वस्तुत: कोई क्षति नहीं हुयी। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनाओं को 1999 में कोलंबिया में आये 6.2 परिमाण के एल क्विन्डो (El Quindio) भूकम्प द्वारा भी सत्यापित किया गया है (EERI, 2000)। भूकम्प प्रभावित क्षेत्रों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का उपयोग कम ऊँचाई के एकल परिवारीय आवासीय भवनों के निर्माण के लिये किया गया था। कई स्थितियों में चिनाई की दीवारों को टाई–बीम या टाई–कॉलम के साथ ठीक से जोड़ा नहीं गया था (जोड़ने हेतु प्रयुक्त होने वाले दाँत या खाँचेदार जोड़ों का अभाव था) जिसके कारण भवन की कुछ दीवारें गिर गयी थीं। जैसा कि चित्र–21 में दर्शाया गया है, चिनाई की कई दीवारों में कर्तन दरारें (shear cracks) भी आ गयी थीं।

चित्र–21 : 1991 में एल क्विन्डो (El Quindio), कोलंबिया (Colombia) में आये भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवन के भूतल को हुयी क्षति (ध्यान से देखें तो स्पष्ट होता है कि खिड़की दरवाजों के आस-पास टाई-कॉलम नहीं बनाये गये हैं)। (8)

(8) EERI, 2000a

यांग एवं जिआन (Yang and Jian) द्वारा 1988 में प्रकाशित अध्ययनों के अनुसार 1976 में आये 8.2 परिमाण के तॉगशान (Tangshan) भूकम्प के पहले से चीन (China) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का उपयोग किया जाता है। इस भूकम्प में 2,50,000 से भी अधिक लोग मारे गये थे और इसे 20वीं शताब्दी में आये भूकम्पों में से सबसे अधिक विनाशकारी माना गया है। भूकम्प प्रभावित क्षेत्र में लगभग 85 प्रतिशत आवासीय भवनों के निर्माण में ईंटों की चिनाई की गयी थी। समान दूरी पर टाई–कॉलम दिये जाने व इनके भवन की उँचाई में निरन्तरता के साथ प्रयुक्त किये जाने की स्थिति में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों द्वारा इस भूकम्प में अच्छा प्रदर्शन किया गया।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग ईरान के ग्रामीण क्षेत्रों में प्रायः किया जाता है (हाशमी, अलेमी एवं अष्टियानी, Hashemi, Alemi and Ashtiany, 2003)। साधारणतः यह एक मँजिला आवासीय संरचनायें होती हैं जिसमें टाई–कॉलम व टाई–बीम प्रयुक्त किये जाते हैं और छत लकड़ी की होती है। इस प्रकार के निर्माण द्वारा 1990 में आये 7.6 परिमाण के मंजिल (Manjil) भूकम्प व 2003 में आये 6.6 परिमाण के बाम (Bam) भूकम्प का सामना किया गया है, जैसा कि, चित्र–22 अ में दर्शाया गया है। 1990 के मंजिल (Manjil) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनाओं को हुयी क्षति का मुख्य कारण कुछ स्थानों पर कॉंक्रीट के टाई–कॉलमों का न होना था। 2003 के बाम (Bam) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी अवसंरचनाओं द्वारा सामान्यतः अच्छा प्रदर्शन किया गया विशेषकर प्रचलित रीति संहिता के आधार पर निरूपित भवनों द्वारा। बाम भूकम्प में 45,000 लोग मारे गये थे जिसका मुख्य कारण कच्ची ईंटों से बने गुम्मबदनुमा (dome shaped) छत वाले आवासीय भवनों का ढह जाना था (नेशली, Nesheli, 2004)। चित्र–22 ब में बाम (Bam) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों के अच्छे प्रदर्शन व भूकम्पीय कार्यक्षमता को दर्शाया गया है।

26 दिसम्बर, 2004 के 9.0 परिमाण के ग्रेट सुमात्रा (Great Sumatra) भूकम्प

और हिन्द महासागर (Indian Ocean) की सूनामी (tsunami) से पहले से ही इंडोनेशिया में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक प्रयोग की जाती रही है। भूकम्प के अभिकेन्द्र से मात्र 240 किलोमीटर दूर स्थित इंडोनेशिया के बांडा ऑचे (Banda Aceh) शहर के लगभग 70 प्रतिशत भवनों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग किया गया था। चिनाई की दीवारों से बनी ये संरचनायें एक या दो मँजिला ऊँची थीं और इनमें टाई–कॉलम व टाई–बीम का भी प्रयोग किया गया था (इन्हें इंडोनेशिया में व्यावहारिक कॉलम, practical column व व्यवहारिक–बीम, practical beam भी कहा जाता है)। इन भवनों की छतें सी.जी.आई. चादरों (sheets) से बनी थीं। इन भवनों के निर्माण में अभियन्ताओं की सहायता नहीं ली गयी थी, परन्तु बीम व कॉलमों में अनुभव के आधार पर प्रबलन की व्यवस्था की गयी थी। बोइन (Boen) के 2005 में प्रकाशित अध्ययन के अनुसार इस प्रकार से निर्मित भवन भूकम्पीय कम्पनों में सुरक्षित रहे (हालाँकि दीवारों को कुछ क्षति अवश्य हुयी) परन्तु अधिकतर क्षति भूकम्प के उपरान्त आने वाली सूनामी के कारण हुई।

चित्र–22 अ : 1990 में मंजिल (Manjil) में आये भूकम्प के कारण ईरान में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों की क्षति का दृश्य (9)

संरचनाओं के क्षतिग्रस्त होने और गिरने के लिये मुख्य रूप से निर्माण में प्रयुक्त सामग्री की खराब गुणवत्ता व कार्यकुशलता की कमी को उत्तरदायी पाया गया। यही अनुपयुक्त प्रबलन तथा कॉंक्रीट व चिनाई के निम्न स्तर के लिये भी

(9) Hashemi et al., 2003

उत्तरदायी थे। उत्तरी सुमात्रा (Northern Sumatra) में भूकम्प और सुनामी से हुये विनाश के पश्चात पुनर्निर्माण कार्यो में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का प्रयोग वृहद स्तर पर किया गया है।

चित्र-22 ब : 2003 में बाम (Bam) में आये भूकम्प के कारण ईरान में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों में क्षति का दृश्य (10)

यद्यपि बीते समय में आये भूकम्पों में लकड़ी के खम्भों व बीम से बनी पारम्परिक इमारतों ने उत्कृष्ट प्रदर्शन किया तदापि उच्च वर्ग तथा समाज के कुलीन वर्ग के लोगों द्वारा कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक को वरीयता दी जा रही है (मिस्ल एवं अन्य, Meisl et al. 2006)।

28 मार्च, 2005 को उत्तरी सुमात्रा में आये 8.7 परिमाण के भूकम्प द्वारा भी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की कार्यक्षमता को परखा गया (EERI,2005)। आवास के अतिरिक्त इस प्रकार के भवनों का उपयोग विद्यालयों व सार्वजनिक स्वास्थ्य केन्द्रों के रूप में किया जा रहा था। यह भवन भूकम्प के झटकों में ध्वस्त नहीं हुये यद्यपि दीवारों में कुछ दरारें अवश्य देखी गयीं। इस निर्माण में प्रयुक्त सामान्य टाई-कॉलम की अनुप्रस्थ काट (cross section) का परिमाण 120 x 120 मिलीमीटर था व इसमें 8 मिलीमीटर के 4 सरिये और 6 मिलीमीटर के सरियों से बने छल्ले (stirrups) 200 मिलीमीटर

(10) Zuhrai and Heidarzadeh, 2004

के अन्तराल पर दिये गये थे (बोएन, Boen, 2006)। 27 मई, 2006 को मध्य जावा (Central Java) में आये 6.3 परिमाण के भूकम्प द्वारा भी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का परीक्षण किया गया। भूकम्प के कारण अत्यधिक क्षतिग्रस्त प्लेरेट (Pleret) के समीप ही कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने कुछ घरों को जरा भी क्षति नहीं पहुँची। जैसा कि, चित्र 23 में दर्शाया गया है, भूकम्प में इस तकनीक से बने भवनों में क्षति का कारण टाई-बीम और टाई-कॉलम का आपस में जुड़ा न होना था (बिल्ड चेन्ज, Build Change, 2007)।

12 व 13 सितम्बर, 2007 को बैंगकुलु (Bengkulu), इंडोनेशिया में आये भूकम्पों ने भी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी संरचनाओं को प्रभावित किया (EERI, 2007 अ)। इन भूकम्पों के अभिकेन्द्र (epicenter) सुमात्रा द्वीप से दूर थे और इनका परिमाण क्रमशः 8.4 और 7.9 था। 2007 में बैंगकुलु (Bengkulu) भूकम्प में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की कार्यक्षमता को चित्र-23 में दर्शाया गया है। खुले भागों में टाई-कॉलम के अभाव के कारण महत्वपूर्ण विकर्णीय दरारें (diagonal cracks) देखी गयीं। भूकम्प प्रभावित क्षेत्र में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का घर बनाने के लिये व्यापक रूप से प्रयोग किया जाता था। दीवारों की चिनाई में भट्‌टे की ईंटों का प्रयोग किया गया था तथा प्रबलन के लिये लकड़ी या प्रबलित कॉँक्रीट के टाई-कॉलम व टाई-बीम प्रयुक्त किये गये थे। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक द्वारा बने भवनों में क्षति के मुख्य कारण, कॉन्फाइनिंग तत्वों के बीच अपर्याप्त जोड़, चिनाई कार्यों में राजमिस्त्रियों की अकुशलता (poor workmanship), अधिक खुले भाग, व कमजोर दीवारों (कुछ प्रसंगों में, दीवारें 130 मिलीमीटर चौड़ी और 3 मीटर ऊँची) के कारण सतह के बाहर ध्वस्तीकरण (out-of-palne failure) थे। सम्पूर्ण रूप से देखा जाये तो, इन भूकम्पों में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की कार्यक्षमता (performance), उच्च गुणवत्ता वाले निर्माण एवं कॉन्फाइनिंग तत्वों

(confining elements) के आपसी जोड़ों पर पर्याप्त ध्यान दिये जाने की आवश्यकता को दर्शाती है।

चित्र-23 : वर्ष 2006 में मध्य जावा और 2007 में बैंगकुलु (Bengkulu) में आये भूकम्प के कारण इंडोनेशिया में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों को हुयी क्षति के दृश्य। (11)

(11) Boen, 2005

7. भूकम्प प्रतिरोधी कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण : मार्गदर्शिका

7.1 पृष्ठभूमि

जैसा कि पहले वर्णन किया गया है कि बीते समय में पूरे विश्व में आये भूकम्पों में रीति संहिता द्वारा नियत व्यवस्थाओं के अनुरूप निर्मित कॉन्फाइन्ड भवनों का भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन (earthquake performance) काफी अच्छा था। चिनाई की दीवारों और उनके कॉन्फाइनिंग तत्वों (confining elements) का संयुक्त रूप से कार्य करना ही इन परिणामों के लिये उत्तरदायी था। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने और उचित रूप से निरूपित भवनों में भी तीक्ष्ण भूकम्पीय आघात की स्थिति में क्षति की सम्भावना बनी रहती है यद्यपि विश्व भर में बीते समय में आये भूकम्पों में कुछ ही भवनों के ध्वस्त होने की सूचना मिली है।

इस प्रकार के भवनों के वास्तुविदीय निरूपण (architectural design) से सम्बन्धी सैद्धान्तिक अवधारणाओं व निर्माण सम्बन्धित मुख्य पक्षों के बारे में आगे वर्णन किया गया है। वास्तुविदीय निरूपण व निर्माण विषयक विस्तृत दिशा–निर्देश ब्लोनडेट (Blondet) द्वारा 2005 में पेरू (Peru) में तैयार किये गये थे और यह इन्टरनेट पर निःशुल्क उपलब्ध हैं (http://www.world-housing.net/tutorials/tutorial.asp)।

7.2 वास्तुविदीय दिशा–निर्देश

पहले आये भूकम्पों के अनुभवों से स्पष्ट होता है कि भवन का प्रारम्भिक वैचारिक निरूपण (conceptual design) भवन के सन्तोषजनक भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन के लिये अत्यन्त महत्वपूर्ण है। वैचारिक निरूपण के विकास के साथ ही भवन का आकार, प्रकार, विस्तार व नाप–जोख को परिभाषित करने में वास्तुविद (architect) की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। संरचनात्मक अभियन्ता (structural engineer) मूलतः संरचनात्मक सुरक्षा की संख्यात्मक पुष्टि (numerical proof) के लिये उत्तरदायी होते हैं और संरचनाओं के निरूपण

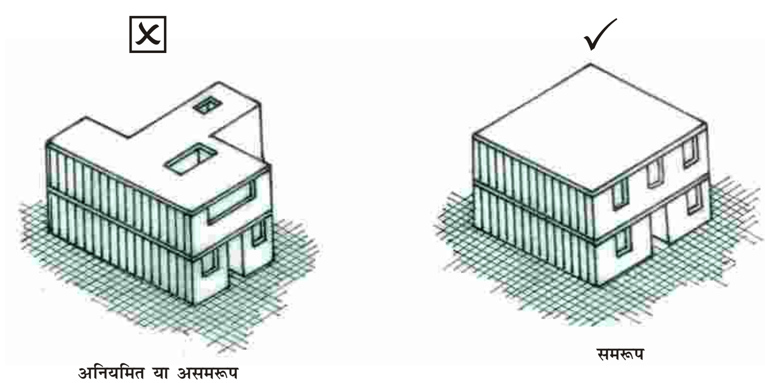
द्वारा संरचनात्मक व वास्तुविदीय आवश्यकताओं की पूर्ति सुनिश्चित करने के लिये उनका वास्तुविदों के साथ मिल कर कार्य करना अत्यन्त आवश्यक है।

इस पुस्तक में वर्णित कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित अवसंरचनाओं सहित अधिकतर कम ऊँचाई वाले भवनों के निरूपण व निर्माण में अभियन्ताओं की सहायता नहीं ली जाती है। वास्तुविदों का सहयोग लिये जाने की स्थिति में, वे निर्माण की सम्पूर्ण प्रक्रिया में ठेकेदारों के साथ कार्य करते हैं। अतः वास्तुविदों व भवन निर्माताओं (builders), दोनों के लिये कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनाये जाने वाले भवनों के निरूपण व निर्माण से सम्बन्धित सरल नियमों को जानना व समझना अत्यन्त महत्वपूर्ण है। इससे उन्हें अभियन्ताओं के साथ प्रभावी संवाद में भी सहायता मिलेगी। भूकम्प प्रतिरोधी कॉन्फाइन्ड भवनों के वास्तुविदीय निरूपण से सम्बन्धित 10 मुख्य आवश्यकताओं की रूपरेखा नीचे दी गयी है।

भवन का विन्यास (building layout)

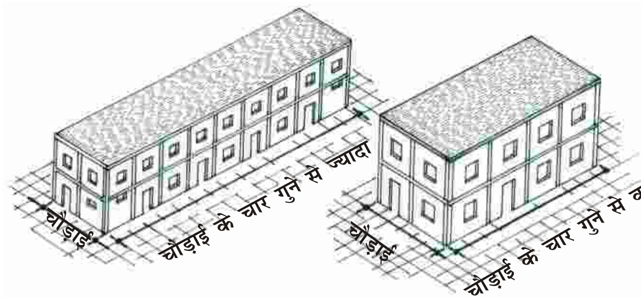
भवन का समरूप विन्यास उसकी भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन की प्रमुख आवश्यकता है। वांछनीय तथा अवांछनीय, दोनों समाधान नीचे दर्शाये गये हैं:

1. भवन का विन्यास समरूप होना चाहिये (चित्र–24)।



चित्र-24 - समरूप भवन योजना

2. चौड़ाई के अनुपात में संरचना को अत्यधिक लम्बा नहीं होना चाहिये। आदर्श रूप में लम्बाई व चौड़ाई का अनुपात 4 से अधिक नहीं होना चाहिये (चित्र–25)।

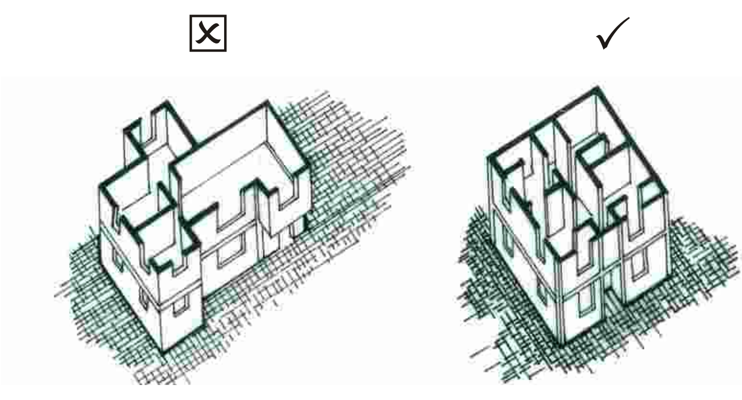


कमजोर भवन विन्यास

आदर्श भवन विन्यास

चित्र–25 - भवन विन्यास; लम्बाई - चौड़ाई अनुपात

3. दीवारों का निर्माण समरूप प्रारूप के आधार पर किया जाना आवश्यक है (चित्र–26)। ध्यान दें कि, सदैव दीवारों का पूर्णतः समरूप विन्यास सम्भव नहीं हो सकता है। चित्र–26 में दायीं ओर दर्शाया गया विन्यास आदर्श न होने पर भी बायीं ओर दर्शाये विन्यास से कहीं अधिक उपयुक्त है।

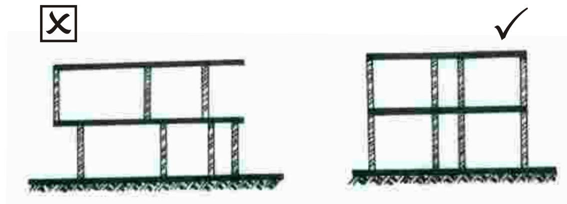


अनुपयुक्त विन्यास

उपयुक्त विन्यास

चित्र–26 - दीवारों का समरूप विन्यास

4. भवन की पूरी ऊँचाई तक दीवारों में निरन्तरता होनी चाहिये (चित्र–27)।



दीवारों की अनुपयुक्त स्थिति   दीवारों की उपयुक्त स्थिति

चित्र–27 – भवन की ऊँचाई तक दीवारों में निरन्तरता

5. भवन के विभिन्न तलों में अवस्थित दीवारों में खुले स्थानों (दरवाजों व खिड़कियों) की स्थिति एक सी होनी चाहिये (चित्र–28)। किसी भी खुले स्थान (दरवाजे और खिड़की) का क्षेत्रफल 1.5 वर्ग मीटर से अधिक होने की स्थिति में उसके दोनों ओर टाई–कॉलम (tie-column) बनाये जाने चाहिये। विकर्णीय सुरक्षा के लिये आदर्श रूप में किसी भी बड़े आकार की खिड़की या दरवाजे (खुले भागों) के दोनों ओर टाई–कॉलम दिये जाने चाहिये।

खुले स्थानों की अनुपयुक्त स्थिति   खुले स्थानों की उपयुक्त स्थिति

चित्र–28 भवन में दरवाजों व खिड़कियों की स्थिति

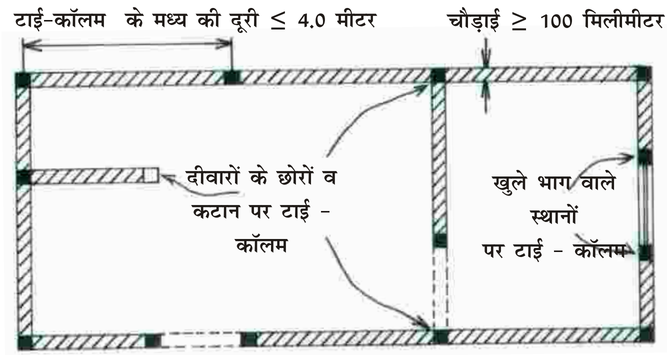
कॉन्फाइनिंग तत्व (Confining Elements)

6. प्रत्येक तल पर टाई–बीम दिये जाने चाहिये और इनके मध्य की लम्बवत दूरी 3 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये।
7. टाई–कॉलमों के मध्य 4 मीटर से अधिक की दूरी नहीं होनी चाहिये और साथ ही निम्नलिखित स्थानों पर भी टाई–कॉलम दिये जाने चाहिये :
   (अ) दो या अधिक दीवारों के मिलन (intersection) के स्थान पर
   (ब) यह सुनिश्चित किये जाने हेतु कि कॉन्फाइनिंग तत्वों के मध्य की दूरी

4 मीटर से अधिक न हो, आवश्यकतानुसार दीवार के अन्दर, एव

(स) दीवार के खुले कोने पर भी

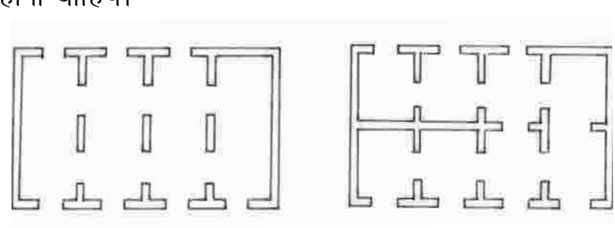
चित्र–29 में किसी भवन के तल विन्यास में टाई–कॉलमों की स्थिति दर्शायी गयी है।



चित्र-29 टाई-कॉलमों की स्थिति को दर्शाता किसी भवन का तल विन्यास

दीवारें

8. प्रत्येक दिशा में न्यूनतम दो पूर्णतः कॉन्फाइन्ड दीवारों का होना आवश्यक है (चित्र–30)। कॉन्फाइन्ड भवनों के भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन के मुख्यतः चिनाई की दीवारों की कर्तन प्रतिरोधक (shear resistance) क्षमता पर निर्भर होने के कारण प्रत्येक दिशा में पर्याप्त संख्या में दीवारों का होना आवश्यक है। भूकम्प की स्थिति में भवन को घूर्णन (torsion) से बचाने हेतु दीवारों को पर्याप्त दूरी पर स्थित होना चाहिये।



दीवारों की अनुपयुक्त स्थिति — दीवारों की उपयुक्त स्थिति

चित्र-30 - दो दिशाओं में दीवारों का वितरण

9. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों के भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन के लिये दोनों लम्बवत् दिशाओं में दीवारों का न्यूनतम घनत्व 2 प्रतिशत होना चाहिये। दीवारों के घनत्व को एक दिशा में सभी दीवारों के अनुप्रस्थ काटीय क्षेत्रफल (cross sectional area) व भवन के समस्त तलों के विन्यास क्षेत्रफल (floor plan areas) के जोड़ के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। परिशिष्ट 'ब' में दीवारों के घनत्व निर्धारण की विधि दी गयी है।

यूरोपीय रीति संहिता, 8, 1996 (Eurocode 8, 1996) में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से निर्मित भवनों में दीवारों के घनत्व के लिये निम्नवत् व्यवस्थायें दी गयी हैं:

(अ) निरूपित भूमि त्वरण (design ground acceleration) के 0.2g तक होने की स्थिति में (भारत में भूकम्प संकट जोन III के बराबर) न्यूनतम 2 प्रतिशत

(ब) निरूपित भूमि त्वरण के 0.3g तक होने की स्थिति में (भारत के भूकम्प संकट जोन IV के बराबर) न्यूनतम 4 प्रतिशत

(स) निरूपित भूमि त्वरण के 0.4g तक होने की स्थिति में (भारत के भूकम्प संकट जोन V के बराबर) न्यूनतम 5 प्रतिशत

भवन की ऊँचाई

10. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक निम्न से मध्यम ऊँचाई तक के भवनों के निर्माण के लिये उपयुक्त है।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने साधारण भवनों के लिये 1996 में निर्धारित यूरोपीय रीति संहिता, 8, 1996 (Eurocode, 8, 1996) के अन्तर्गत दी गयी भवन की ऊँचाई सम्बन्धी सीमाओं का वर्णन नीचे किया गया है:

(अ) 0.2g तक की निरूपित भूमि त्वरण की स्थिति के लिये (भारत में भूकम्प संकट जोन III के बराबर) चार मँजिल ऊँचाई तक

(ब) 0.3g तक की निरूपित भूमि त्वरण की स्थिति के लिये (भारत में भूकम्प संकट जोन IV के बराबर) तीन मँजिल ऊँचाई तक

(स) 0.4g तक की निरूपित भूमि त्वरण की स्थिति के लिये (भारत में भूकम्प संकट जोन V के बराबर) दो मँजिल ऊँचाई तक

यहाँ पर यह ध्यान में रखा जाना उपयुक्त होगा कि कुछ देशों, जैसे मेक्सिको और पेरू, में उच्च भूकम्पीय संकट वाले क्षेत्रों में भी 6 मँजिल ऊँचे कॉन्फाइन्ड भवनों का निर्माण किया गया है।

वास्तुविदीय मार्गनिर्देशों का पुनरावलोकन (Architectural Guidelines at a Glance)

कॉन्फाइन्ड भवनों के वास्तुविदीय निरूपण से सम्बन्धित 10 प्रमुख आवश्यकतायें निम्नवत् हैं:

1. भवन विन्यास समरूप होना चाहिये
2. चौड़ाई के अनुपात में भवन की लम्बाई बहुत अधिक नहीं होनी चाहिये। आदर्श रूप में लम्बाई और चौड़ाई का अनुपात 4 से अधिक नहीं होना चाहिये
3. दीवारों का निर्माण समरूप प्रारूप के आधार पर किया जाना चाहिये
4. भवन की पूरी ऊँचाई तक दीवारों में निरन्तरता होनी चाहिये
5. विभिन्न तलों में स्थित खुले स्थानों (दरवाजों व खिड़कियों) की स्थिति एक सी होनी चाहिये
6. सभी तलों पर टाई-बीम दिये जाने चाहिये और इनके मध्य की लम्बवत दूरी 3 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये

7. टाई–कॉलमों के मध्य की दूरी 4 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये

8. प्रत्येक दिशा में कम से कम दो पूर्णतः कॉन्फाइन्ड दीवारें होनी चाहिये

9. कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों के भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन के लिये दीवारों का घनत्व कम से कम 2 प्रतिशत होना चाहिये

10. भूकम्प जोन के आधार पर, कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक निम्न व मध्यम ऊँचाई के (एक से चार मँजिल ऊँचे) भवनों के लिये उपयुक्त है

7.3 निर्माण सम्बन्धी दिशा–निर्देश

किसी भी दूसरे प्रकार के भवन निर्माण की ही तरह कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनाये गये भवनों में भी निर्माण के लिये उत्तम कार्यकुशलता (workmanship) और प्रयुक्त निर्माण सामग्री की गुणवत्ता सुनिश्चित की जानी आवश्यक है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों का भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन मुख्यतः भवन–निर्माण में प्रयुक्त सामग्री जैसे कि ईंट या ब्लाक्स, मसाला, कॉंक्रीट तथा प्रबलन के लिये प्रयुक्त स्टील की गुणवत्ता पर निर्भर करता है। इस पुस्तक में किसी भी प्रकार की भवन निर्माण सामग्री के लिये न्यूनतम मानकों का निर्धारण नहीं किया गया है। यहाँ यह मान लिया जा रहा है कि सुसंगत मानकों द्वारा प्रबलित कॉंक्रीट व चिनाई निर्माण के लिये निर्धारित निर्माण सामग्री सम्बन्धित न्यूनतम गुणवत्ता मानकों का अनुपालन किया जा रहा है।

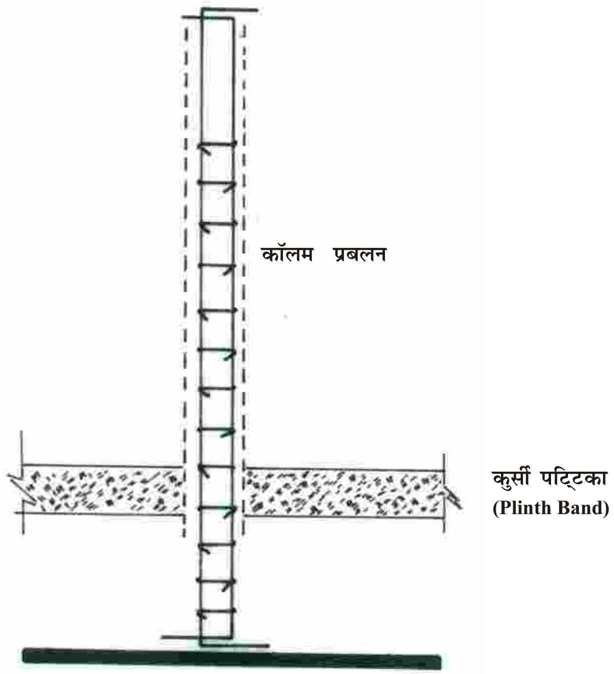
कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के अन्तर्गत चिनाई व कॉंक्रीट दोनों तरह के निर्माणों का समावेश होने के कारण इन दोनों ही तकनीकों के क्रियान्वयन में प्रयुक्त होने वाली श्रेष्ठ प्रथाओं के महत्व का बढ़ा–चढ़ा कर वर्णन नहीं किया जा सकता।

कॉन्फाइन्ड भवनों के निर्माण से सम्बन्धित 12 मुख्य सिफारिशों की रूपरेखा नीचे दी गयी है।

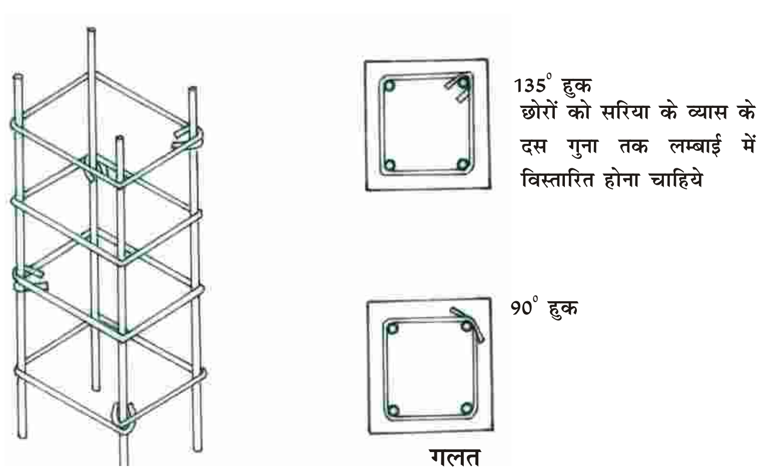
टाई–कॉलम

(1) जैसा कि चित्र–31 में दर्शाया गया है, नींव का निर्माण करने से पहले ही पहली मँजिल में प्रयुक्त होने वाले टाई–कॉलम का प्रबलन ढाँचा तैयार कर लिया जाना चाहिये। चार लम्बवत् छड़ों व छल्लों से बने प्रबलन ढाँचे को तैयार कर कॉलम के निर्धारित स्थान (column location) पर रखा जाना चाहिये (चित्र–32)। कॉलम में प्रयुक्त होने वाले छल्लों के छोरों को 135^0 पर मोड़ा जाना चाहिये न कि 90^0 पर।

(2) यद्यपि भवन निर्माण में प्रयुक्त होने वाले टाई–कॉलमों में प्रबलन की आवश्यकता निश्चित ही भवन की ऊँचाई और स्थान विशेष के भूकम्प संकट जोन पर निर्भर करती है परन्तु अधिकतर रीति संहिताओं (codes) द्वारा कम ऊँचाई की (दो मँजिल तक) कॉन्फाइन्ड संरचनाओं में लम्बवत् प्रबलन के लिये 10 मिलीमीटर व्यास की चार सरियों को उपयुक्त बताया गया है। 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर न्यूनतम 6 मिलीमीटर व्यास के छल्ले दिये जाने चाहिये (6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर)। कॉलम के अन्तिम छोरों (ऊपरी व निचले) पर 100 मिलीमीटर के अन्तराल पर 6 मिलीमीटर व्यास के छल्ले दिये जाने चाहिये (6 मिलीमीटर @ 100 मिलीमीटर)। लम्बवत् छड़ों में जोड़ होने की स्थिति में इसे कॉलम की ऊँचाई के मध्य में होना चाहिये और छड़ों के मध्य न्यूनतम 500 मिलीमीटर का चढ़ाव (lapping) होना चाहिये। भूतल पर जोड़ अनुमन्य नहीं है।



चित्र-31 नींव और दीवारों के निर्माण से पहले टाई-कॉलम के प्रबलन ढाँचे को अपने निर्धारित स्थान पर रख दिया गया है



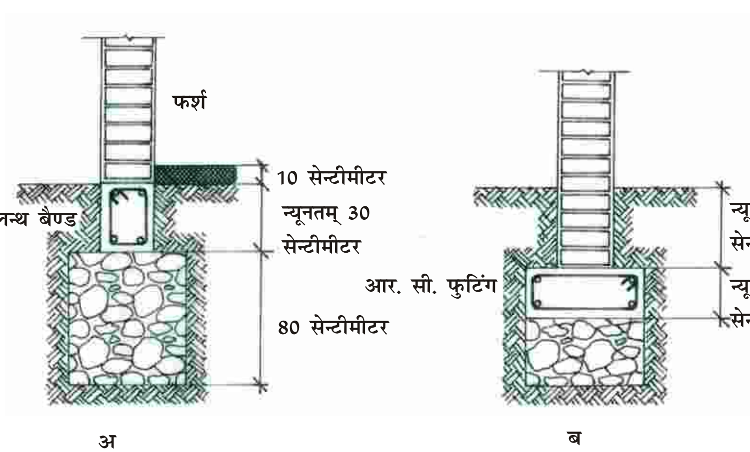
चित्र-32 कॉलम प्रबलन व्यवस्था

(3) टाई–कॉलम की अनुप्रस्थ काट की माप 100 मिलीमीटर x 100 मिलीमीटर से कम नहीं होनी चाहिये। कॉलम की चौड़ाई सामान्यत: दीवार की मोटाई के बराबर होनी चाहिये।

नींव और प्लिन्थ (plinth) निर्माण

(4) नींव का निर्माण पारम्परिक रूप से ईटों की चिनाई से किया जाना चाहये। नींव के आधार के लिये बिना छाँटे विभिन्न आकार के पत्थरों (uncoursed random rubble stone masonary) की चिनाई या फिर प्रबलित काँक्रीट की पट्टी (RC strip) का उपयोग किया जा सकता है। नींव के ऊपर प्रबलित काँक्रीट की कुर्सी पट्टिका (plinth band) का निर्माण किया जाना चाहिये। नरम व कम भार धारण क्षमता वाली भूमि होने की स्थिति में संरचना को धँसाव से बचाने के लिये कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण में कुर्सी पट्टिका का दिया जाना आवश्यक है।

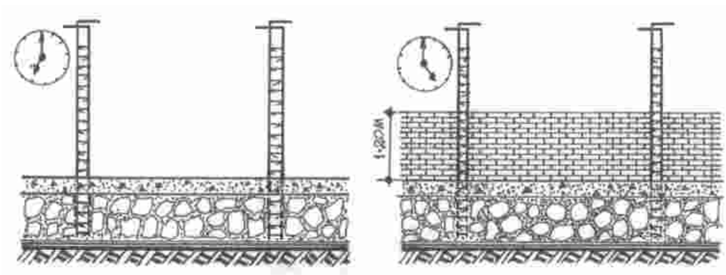
नींव के लिये प्रयुक्त हो सकने वाली प्रबलित काँक्रीट पट्टी पर आधारित वैकल्पिक व्यवस्था को चित्र–33 में दर्शाया गया है।



चित्र 33 नींव निर्माण (अ) पत्थरों से बनाई गयी नींव व प्रबलित काँक्रीट की कुर्सी पट्टिका। (ब) सुदृढ़ीकृत काँक्रीट पट्टी का आधार

दीवारों का निर्माण

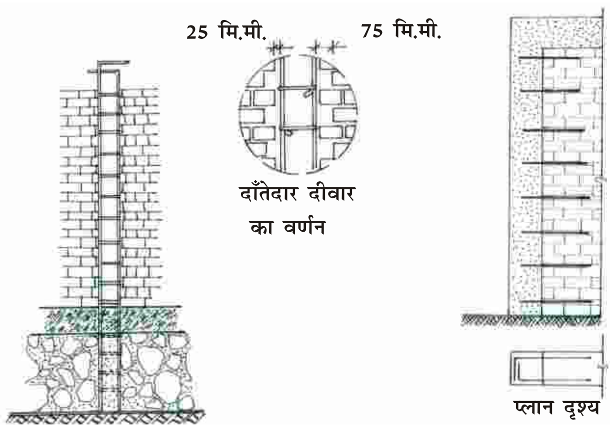
(5) दीवार की चौड़ाई 100 मिलीमीटर से कम नहीं होनी चाहिये। दीवारों की ऊँचाई और चौड़ाई का अनुपात 30 से अधिक नहीं होना चाहिये। दीवारों की चिनाई के लिये ईटों का प्रयोग किया जाना चाहिये। दीवारों की चिनाई कुर्सी पट्टिका (plinth band) के ऊपर से आरम्भ की जानी चाहिये, जैसा कि, चित्र–34 में दर्शाया गया है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का बहुतायत में प्रयोग करने वाले देशों (जैसे कि पेरू) में दीवार के दैनिक निर्माण को सामान्यतः अधिकतम 1.2 मीटर की ऊँचाई तक सीमित रखा जाता है।



चित्र–34 दीवार की चिनाई

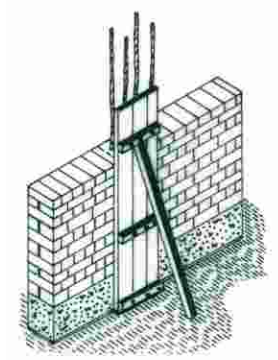
(6) जैसा कि चित्र–35 (अ) में दर्शाया गया है दीवार के दोनों ओर के किनारों पर दाँतेदार खाँचे (toothed edges) छोड़े जाने चाहिये। दीवार के उचित प्रतिबन्ध (confinement) के लिये दीवार के किनारों पर दाँतदार खाँचों का होना आवश्यक है। इससे भवन को संतोषजनक भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता प्राप्त होती है। वैकल्पिक रूप में बाह्य आभास के दृष्टिगत चिनाई की दीवार और टाई–कॉलम के मध्य के जोड़ को सपाट रखा जाना आवश्यक होने की स्थिति में (भूकम्प के समय चिनाई की दीवार एवं कॉंक्रीट के मध्य सम्बन्ध सुनिश्चित किये जाने के लिये) चिनाई के मसाले के जोड़ों में स्टील के मेख या खूँटी (steel dowel) उपयोग में लाये जाने चाहिये (चित्र–35 ब)। यहाँ यह माना जा रहा है कि स्टील के मेखों या खूँटियों के अतिरिक्त दीवार में

क्षैतिज सुदृढ़ीकरण की अन्य कोई व्यवस्था नहीं की गयी है।



चित्र-35 (अ) दाँतेदार (खाँचायुक्त) दीवार का निर्माण (ब) दीवार से कॉलम के अन्तरापृष्ठ में समानान्तर मेखों (खूँटियों) की चिनाई (टाई-कॉलम के प्रबलन को नहीं दर्शाया गया है)

(7) वांछित ऊँचाई तक दीवार की चिनाई कर लेने के उपरान्त टाई–कॉलम में काँक्रीट डाला जा सकता है। चिनाई की दीवारें टाई–कॉलम के लिये ढाँचे का काम करती है परन्तु दो तरफ से। अन्य दोनों ओर ढाँचा दिया जाना चाहिये, जैसा कि, चित्र–36 में दर्शाया गया है। ध्यान दें कि यह चित्र वैचारिक है और वास्तव में ढाँचे को पर्याप्त सहारा दिया जाना चाहिये।

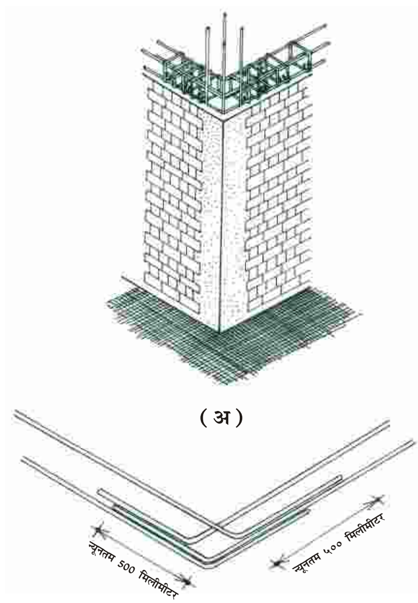


चित्र-36 टाई कॉलम का ढाँचा

टाई–बीम

(8) प्रत्येक तल (floor level) पर दीवार के ऊपर टाई–बीम का निर्माण किया जाता है (चित्र–37)। बीम के प्रबलन (reinforcement) को पिंजरे (cage) के रूप में जोड़ा जा सकता है। इसमें प्रयुक्त होने वाला प्रबलन कॉलम की ही तरह होता है जैसा कि चित्र–38 में दर्शाया गया है, चार क्षैतिज सरियों व समान दूरी पर छल्ले (stirrups)। टाई–बीम द्वारा भूकम्पीय बलों का प्रभावी रूप से प्रतिरोध सुनिश्चित करने के लिये जोड़ों (intersections) पर क्षैतिज सरिये को 90^0 पर मोड़ कर बाँधा जाना चाहिये (चित्र–37)। इस तरह से बनाये गये हुक (hook) की न्यूनतम लम्बाई 500 मिलीमीटर होनी चाहिये।

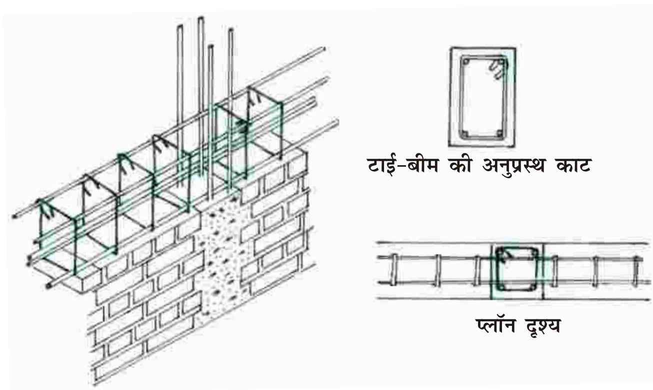
(9) अधिकांश रीति संहिताओं (codes) द्वारा क्षैतिज प्रबलन (horizontal reinforcement) के लिये 10 मिलीमीटर व्यास की चार सरियों को



(ब)

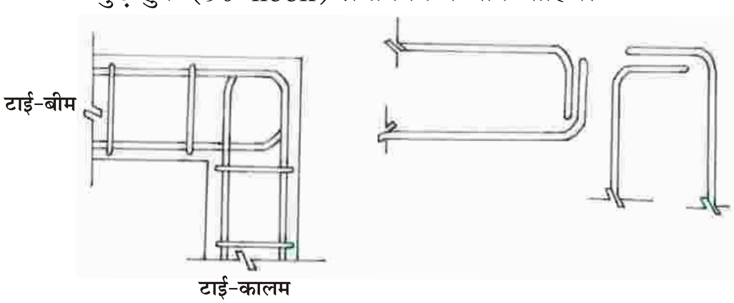
चित्र–37 टाई बीम का निर्माण। (अ) दीवारों के मिलन स्थल पर (ब) क्षैतिज प्रबलन में 90° पर मोड़े गये हुक दिये जाने आवश्यक है

पर्याप्त माना गया है। क्षैतिज सरिये में जोड़ होने की स्थिति में न्यूनतम 500 मिलीमीटर का चढ़ाव (lapping) दिया जाना चाहिये और न्यूनतम 6 मिलीमीटर व्यास की सरिया के बने छल्लों (stirrups) को 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर प्रयोग किया जाना चाहिये (6 मिलीमिटर @ 200 मिलीमीटर)।



चित्र-38 टाई-बीम प्रबलन

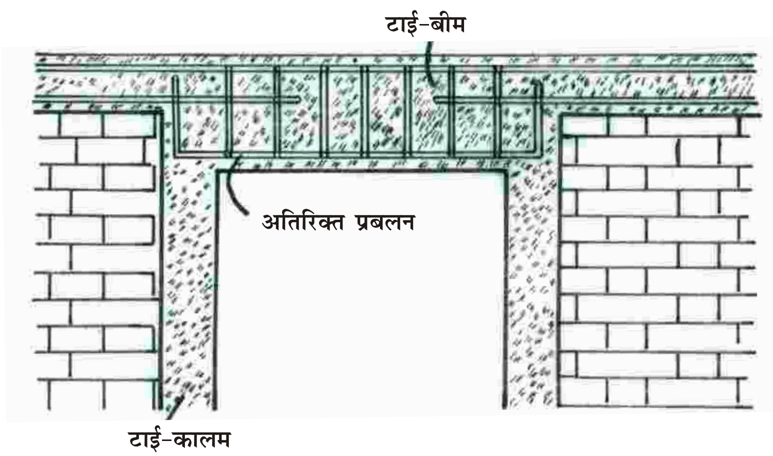
(10) सम्पूर्ण भवन के संतोषजनक भूकम्प प्रतिरोध प्रदर्शन के लिये टाई-बीम व टाई-कॉलम के मध्य के जोड़ों का उपयुक्त होना अत्यन्त आवश्यक है। चित्र-39 में छत के स्तर पर अवस्थित जोड़ के प्रारूप को दर्शाया गया है। ध्यान दें कि टाई-कॉलम के प्रबलन को जितनी दूरी तक सम्भव हो टाई-बीम प्रबलन के अन्दर विस्तारित किया जाना चाहिये। टाई-कॉलम व टाई-बीम दोनों के प्रबलन के लिये 90^0 पर मुड़े हुक (90^0 hook) प्रयोग किये जाने चाहिये।



चित्र-39 टाई-बीम व टाई-कॉलम के मध्य के जोड़ों का विवरण

11. टाई–बीम की अनुप्रस्थ काट (cross section) का परिमाण 100 मिलीमीटर x 100 मिलीमीटर से कम नहीं होना चाहिये। बीम की चौड़ाई (beam width) दीवार की मोटाई (wall thickness) के बराबर होनी चाहिये। टाई–बीम के, फर्श स्लैब (floor slab) का भाग होने की स्थिति में टाई बीम के प्रबलन को स्लैब के प्रबलन (slab reinforcement) के रूप में देखा जा सकता है। इस स्थिति में स्लैब की मोटाई (slab thickness) टाई–बीम की गहराई (tie beam depth) के बराबर होनी चाहिये।

(12) खिड़की–दरवाजे या खुले स्थानों की चौड़ाई 1.5 मीटर से अधिक होने की स्थिति में इन खुले स्थानों पर विशेष लिंटल–बीम (lintel beam) की आवश्यकता हो सकती है। इसमें अतिरिक्त प्रबलित छड़ें प्रयोग की जानी चाहिये। फर्श के स्तर पर लिंटल बीम को टाई–बीम के साथ एकीकृत किया जा सकता है। चित्र–40 में लिंटल बीम का उदाहरण दिया गया है।



चित्र–40 लिंटेल–बीम में प्रबलन (टाई–कॉलम का प्रबलन चित्र में नहीं दर्शाया गया है)

निर्माण सम्बन्धी मार्ग निर्देशों का पुनरावलोकन (Construction Guidelines at a Glance)

सामान्य

- अच्छी कार्यकुशलता *(good workmanship)*
- भवन सामग्री की अच्छी गुणवत्ता *(quality building materials)*

टाई-कॉलम

- नींव के निर्माण से पहले ही भूतल में प्रयुक्त होने वाले टाई-कॉलमों का प्रबलन ढाँचा तैयार किया जाना चाहिये।
- टाई-कॉलम में लम्बवत प्रबलन *(longitudinal reinforcement)* के लिये 10 मिलीमीटर व्यास की चार सरियों और 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर 6 मिलीमीटर व्यास के सरिया से बने छल्ले प्रयुक्त किये जाने चाहिये (6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर)। लम्बवत छड़ों में जोड़ होने पर, 500 मिलीमीटर का चढ़ाव दिया जाना चाहिये (न्यूनतम, छड़ के व्यास का 40 गुना)।
- टाई-कॉलम की अनुप्रस्थ काट का न्यूनतम परिमाण 100 मिलीमीटर *X* 100 मिलीमीटर होना चाहिये

नींव व प्लिन्थ निर्माण

- नींव के ऊपर प्लिन्थ पट्टिका *(plinth band)* का निर्माण किया जाना चाहिये।

दीवारों का निर्माण

- दीवार की न्यूनतम मोटाई 100 मिलीमीटर होनी चाहिये। दीवार की ऊँचाई व मोटाई का अनुपात *(height / thickness ratio)* 30 से अधिक नहीं होना चाहिये
- दीवार के हर किनारे पर दाँतेदार खाँचे दिये जाने चाहिये।

विकल्प के रूप में दीवार व कॉलम के मध्य स्टील की क्षैतिज मेख (खूँटी) *(steel dowel)* प्रयुक्त की जानी चाहिये

- दीवार के वाँछित ऊँचाई तक पहुँचने के बाद टाई–कॉलमों में काँक्रीट डाला जाना चाहिये। काँक्रीट डालने से पहले ईंटों की तराई कर लेनी चाहिए। काँक्रीट को सघन बनाने के लिये पर्याप्त कम्पन *(vibration)* दिये जाने चाहिये और ढाँचे को उपयुक्त सहारा दिया जाना चाहिये

टाई–बीम

- प्रत्येक फर्श स्तर पर दीवार के ऊपर टाई–बीम निर्मित किये जाते हैं
- टाई–बीम में क्षैतिज प्रबलन के लिये 10 मिलीमीटर व्यास की चार सरियों और न्यूनतम 6 मिलीमीटर व्यास की सरिया से बने छल्ले 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर प्रयुक्त किये जाने चाहिये। टाई–बीम का क्षैतिज प्रबलन निरन्तरता में प्रयोग किया जाना चाहिये। लम्बवत् छड़ों में न्यूनतम् 500 मिलीमीटर का चढ़ाव *(Lap)* प्रयोग करना चाहिये।
- टाई–बीम व टाई–कॉलमों के मध्य जोड़ की उचित व्यवस्था होनी चाहिए ताकि भूकम्प आने पर कार्यक्षमता के संतोषजनक परिणाम मिल सकें
- टाई–बीम की अनुप्रस्थ काट *(cross section)* का माप कम से कम 100 मिलीमीटर x 100 मिलीमीटर होना चाहिए।
- अधिक खुले स्थानों पर विशेष लिंटेल–बीम की आवश्यकता होती है

४. निष्कर्षतः टिप्पणियाँ

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों ने विश्व भर में आये बहुत से भूकम्पों में काफी अच्छा प्रदर्शन किया है। इस निर्माण तकनीक को कई देशों और क्षेत्रों में वृहद् स्तर पर उपयोग में लाये जाने के निम्नलिखित कारण हैं:

- यह तकनीक पारम्परिक भवन निर्माण विधा पर आधारित है
- इस तकनीक के प्रयोग के लिये अत्यधिक प्रशिक्षित मजदूरों की आवश्यकता नहीं होती है (जैसा कि प्रबलित कॉँक्रीट के ढाँचागत निर्माण में होता है)
- कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक अप्रबलित चिनाई व प्रबलित कॉँक्रीट की ढाँचागत निर्माण तकनीक के मध्य की है। यद्यपि इस तकनीक में प्रयुक्त इकाईयों के परिमाण व प्रयुक्त किये जाने वाले प्रबलन की मात्रा के कम होने के कारण, प्रबलित कॉँक्रीट की अपेक्षा यह तकनीक काफी सस्ती है
- इस तकनीक का उपयोग एकल परिवारीय आवासीय घरों के साथ ही मध्यम ऊँचाई के बहु आवासीय भवन तक में किया जा सकता है।

कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से जुड़ी कुछ कठिनाईयाँ निम्नवत् हैं:

- अप्रबलित चिनाई के निर्माण की तुलना में कॉन्फाइन्ड तकनीक का निर्माण अधिक खर्चीला होता है और इसके लिये मजदूरों में कुछ कुशलता का होना आवश्यक है। यद्यपि इनकी भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता अप्रबलित चिनाई के निर्माण से बहुत अधिक होती है।
- उपयुक्त रूप से निर्मित प्रबलित कॉँक्रीट के ढाँचे वाले निर्माण की तुलना में इस तकनीक से बनी संरचनाओं की क्षमता (strength) व लचीलापन (ductility) कम होता है। साथ ही प्रबलित कॉँक्रीट के ढाँचे में प्रयुक्त भरान वाली दीवारों (infill-walls) की अपेक्षा इसकी दीवारों का आवश्यक क्षेत्रफल अधिक हो सकता है

भारत के भूकम्प प्रवृत्त क्षेत्रों में मानव जीवन एवं सम्पत्ति की रक्षा के दृष्टिगत कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक के उपयोग की अपार सम्भावनायें हैं। यद्यपि किसी भी अन्य भवन निर्माण तकनीक की ही तरह इस तकनीक से निर्मित संरचनाओं के भूकम्प प्रतिरोधी प्रदर्शन के लिये निम्नलिखित का होना आवश्यक है:

- उच्च गुणवत्ता की भवन निर्माण सामग्री का प्रयोग
- उच्च गुणवत्ता का कॉँक्रीट व चिनाई कार्य, एवं
- साधारण वास्तुविदीय निरूपण

यह आशा की जाती है कि कॉन्फाइन्ड भवनों के निरूपण व निर्माण हेतु विकसित यह सरल मार्गनिर्देश इस निर्माण विधा के विषय में अधिक जानने व सीखने के इच्छुक पेशेवरों के लिये उपयोगी सिद्ध होंगे व इसमें दी गयी जानकारियों से उन्हें इन भवनों के निरूपण व निर्माण में सहायता मिलेगी।

सन्दर्भ

एलकोसर, एस. एम., Alcocer, S.M. (2006). Personal Communication.

एलकोसर, एस., एरिएस जे. जी. व लोरिश, एल. ई. Alcocer, S., Arias, J.G., and Flores, L.E. (2004). Some Developments on Performance-Based Seismic Design of Masonry Structures. International Workshop on Performance-Based Seismic Design, Bled, Slovenia.

एलकोसर, एस., एरिएस जे. जी. एवं वाजक्यूज, ए. Alcocer, S., Arias, J.G., and Vazquez, A. (2004a). Response Assessment of Mexican Confined Masonry Structures. Through Shaking Table Tests. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 2130.

एलकोसर, एस. एम., सैसिन, जे., लोरिस, एल. ई., हिमेन्डर, ओ., मिली, आर., टीना, ए., व वासकानसिलोस, डी. Alcocer, S.M., Cesin, J., Flores, L.E., Hemander, O., Meli, R., Tena, A., and Vasconcelos, D. (2003). The New Mexico City Building Code Requirements for Design and Construction of Masonry Structures. Proceedings of the 9th North American Masonry Conference, South Carolina, USA, No. 4B3.

एलकोसर, एस. एम., अगुलियर जी., लोरिस एल., बिटरैन डी., डूरेन आर., लोपिज ओ. ए., पैचियो एम.ए., रेज सी., उरिबि सी. एम., व मैनडोजा एम. जे. Alcocer S.M., Aguilar G., Flores L., Bitrán D., Durán R., López O.A., Pacheco M.A., Reyes C., Uribe C.M., and Mendoza M.J. (2001). The Tehuacán Earthquake of June 15, 1999. Centro Nacional de Prevención de Desastres (SEGOB), Mexico City, Mexico, 198 pp (in Spanish).

एलकोसर, एस. एम., व क्लिन्गर, आर. Alcocer, S.M. and Klingner, R. (1994). Masonry Research in the Americas. Masonry in the Americas, ACI Publication SP- 147, American Concrete Institute, Detroit, pp.127-169.

अगुइलर जी., व एलकोसर एस. एम. Aguilar G., and Alcocer S.M. (2001). Effect of Horizontal Reinforcement on the Behavior of Confined Masonry Walls Under Lateral Loads. Centro Nacional de Prevención de Desastres (SEGOB), Mexico City, Mexico, 181 pp (in Spanish).

अगुइलर जी., मेली, आर., डियाज, आर., एवं वाजक्यूज-डेल-मरकाडो, आर. Aguilar, G., Meli, R., Diaz, R., and Vazquez-del-Mercado, R. (1996). Influence of Horizontal Reinforcement on the Behavior of Confined Masonry Walls. Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, Paper No. 1380.

ऐसचिम, एम., लेंगिन, एस., हरलेन्डर, जे., पिट, सी., अलफारो, ए., रिवास, सी., व रॉड्रिग्यूज, एम. ई. Aschheim, M., Flanagan, S., Harlander, J., Pitt, C., Alfaro, A.,Rivas, C., and Rodriguez, M.E. (2006). Improving the Earthquake Resistance and Sustainability of Confined Masonry (Mixto) Dwellings in El Salvador. Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, USA, Paper No. 1462.

बोलोनडेट, एम. Blondet, M. (2005). Construction and Maintenance of Masonry Houses For Masons and Craftsmen. Pontificia Universidad Catolica del Peru, Lima, Peru (http://www.world-housing.net/)

बोएन, टी. Boen, T. (2006). Structural Damage in the March 2005 Nias-Simeulue Earthquake. Special Issue on the Great Sumatra Earthquakes and Indian Ocean Tsunamis of 26 December 2004 and 28 March 2005, Earthquake Spectra, Vol. 22, No S3, pp. S419-S434.

बोएन, टी. Boen, T. (2005). Sumatra Earthquake 26 Dec 2004. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California (www.eeri.org)

बुल्ड चेन्ज Build Change (2007), Central Jawa Earthquake Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California. (http://www.eeri.org)

कासाबोन, सी. Casabonne, C. (1994). General Description of Systems and Construction Practices. Masonry in the Americas, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, pp.21-55.

कासाबोन, सी. Casabonne, C. (2000). Masonry in the Seismic Areas of the Americas, Recent Investigation and Development. Progress in Structural Engineering and Materials, John Wiley &Sons Ltd., Volume 2, pp.319-327.

लन्दन सिटि विश्वविद्यालय City University of London (2005). Low-Rise Residential Construction Detailing to Resist Earthquakes. City University of London and Pell Frichmann (www.staff.city.ac.uk/earthquakes/Repairstrengthening/index.php)

डावलिंग, डी. एम. Dowling, D.M. (2004). Adobe Housing Reconstruction after the 2001 El Salvador Earthquakes. Lessons Learned Over Time - Learning From Earthquakes Series, Volume 5, Earthquake Engineering Research Institute (EERI), Oakland, California, 69 pp.

ई.ई.आर.आई. EERI (2007). The Pisco, Peru Earthquake of August 15, 2007. EERI Special Earthquake Report. Newsletter. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, October 2007.

ई.ई.आर.आई. EERI (2007a). Observations from the Southern Sumatra Earthquakes of September 12-13, 2007. EERI Special Earthquake Report. Newsletter. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, November 2007.

ई.ई.आर.आई. EERI (2006a). Special Issue on the Great Sumatra Earthquakes and Indian Ocean Tsunamis of 26 December 2004 and 28 March 2005. Earthquake Spectra, Vol. 22, No S3, June 2006.

ई.ई.आर.आई. EERI (2006b). The Tecomán, México Earthquake January 21, 2003. An EERI and SMIS Learning from Earthquakes Reconnaissance Report, Technical Editors S.M. Alcocer and R.E. Klingner, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, March 2006.

ई.ई.आर.आई. EERI (2005). The Northern Sumatra Earthquake of March 28, 2005. EERI Special Earthquake Report. Newsletter. Earthquake Engineering Research Institute, California, August 2005.

ई.ई.आर.आई. EERI (2001). Preliminary Observations on the El Salvador Earthquakes of January 13 and February 13, 2003. EERI Special Earthquake Report. Newsletter. Earthquake Engineering Research Institute, California, July 2001.

ई.ई.आर.आई. EERI (2001a). Preliminary Reports and Annotated Images from the El Salvador Earthquakes of January 13 and February 13, 2001. Photos by Manuel Alfredo Lopez Menjivar, a CD ROM publication, Earthquake Engineering Research Institute, California.

ई.ई.आर.आई./आई.ए.ई.ई. EERI/RMEE (2000). World Housing Encyclopedia (www.worldhousing.net). Earthquake Engineering Research Institute and the International Association for Earthquake Engineering.

ई.ई.आर.आई. EERI (2000a). El Quindio, Colombia Earthquake, January 25, 1999: Reconnaissance Report. An EERI Learning from Earthquakes Project. Earthquake Engineering Research Institute, California.

ई.ई.आर.आई. EERI (1999). The Tehuacan, Mexico, Earthquake of June 15,1999. EERI Special Earthquake Report. Newsletter. Earthquake Engineering Research Institute, California, September 1999.

यूरो कोड Eurocode 6 (1995). Design of Masonry Structures. Part 1-1: General Rules for Buildings. Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry. ENV1996-1-1, CEN, Brussels.

यूरो कोड Eurocode 8 (1996). Design Procedures for Earthquake Resistance of Structures. Part 1-3: General Rules Specific Rules for Various Materials and Elements. ENV1998-1-3, CEN, Brussels.

गार्सिया, एच. जे. Garcia, H.J. (2006). Personal Communication.

गार्सिया, एल. ई., एवं यामिन, एल. ई. Garcia, L.E., and Yamin, L.E. (1994). A Review of Masonry Construction in Columbia. Masonry in the Americas, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, pp. 283-305.

गैलीगोस, एच. Gallegos, H. (1994). Masonry in Peru. Masonry in the Americas, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, pp.307-331.

जीएसएचएपी GSHAP (1999). Global Seismic Hazard Assessment Program, International Lithosphere Program (www.seismo.ethz.ch/GSHAP/global/).

हाशिमी, बी. एच., अलेमी, एफ., एवं अष्टियानी, जी. Hashemi, B.H., Alemi, F., and Ashtiany, G. (2003). Confined Brick Masonry Building with Concrete Tie-Columns and Beams. Iran, Report 27, World Housing Encyclopedia, Earthquake Engineering Research Institute (www.worldhousing. net)

Instituto Nacional de Normalizacion (1997). Albañilería Confinada-requisitos para el diseño y cálculo (NCh2123.Of97). Instituto Nacional de Normalizacion, Santiago, Chile (in Spanish).

लुटमान, एम., एवं टॉमजेविक, एम. Lutman, M., and Tomazevic, M. (2003). Confined Brick Masonry House. Slovenia, Report 88, World Housing Encyclopedia, Earthquake Engineering Research Institute (www.world-housing.net)

मिस्ल, सी. एस., सफैइ, एस., एलवूड, के. जे., गुप्ता, आर., एवं कोवसारी, आर. Meisl, C.S., Safaie, S., Elwood, K.J., Gupta, R., and Kowsari, R. (2006). Housing Reconstruction in Northern Sumatra after the December 2004 Great Sumatra Earthquake and Tsunami. Special Issue on the Great Sumatra Earthquakes and Indian Ocean Tsunamis of 26 December 2004 and 28 March 2005, Earthquake Spectra, Vol. 22, No S3, pp. S777-S802.

मेली, आर. एवं ऐलकोसर, एस. (2004). Implementation of Structural Earthquake-Disaster Mitigation Programs in Developing Countries. Natural Hazards Review, ASCE, Vol.5, No.1, pp. 29-39.

मेली, आर. Meli, R. and Alcocer, S. (1994). Structural Design of Masonry Buildings: the Mexican Practice. Masonry in the Americas, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, pp. 239-262.

मोरोनी, ओ., गोम्ज, सी., एवं एस्ट्रोजा, एम. Moroni, O., Gomez, C., and Astroza, M. (2003). Confined Block Masonry Building. Chile, Report 7, World Housing Encyclopedia, Earthquake Engineering Research Institute (www.world-housing.net)

मोरोनी, एम. ओ., एस्ट्रोजा, एम. एवं ऐसिवेडो, सी. Moroni, M.O., Astroza, M., and Acevedo, C. Performance and Seismic Vulnerability of Masonry Housing Types Used in Chile. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.18, No.3, pp.173-179.

मूर्ति, सी. वी. आर., ब्रजेव एस., फैजन, फैजन एच., कोमार्टिन, सी. डी. एव इरफैनोग्लू, ए. Murty, C.V.R, Brzev, S., Faison, H., Comartin, C.D., and Irfanoglu, A. (2006). At Risk: The Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Buildings with Masonry Infill Walls. Earthquake Engineering Research Institute, Publication No. WHE-2006-03, First Edition, 70 pp.

मूर्ति, सी. वी. आर. Murty, C.V.R. (2005). Earthquake Tips Learning Earthquake Design and Construction. Indian Institute of Technology Kanpur and Building Materials and Technology Promotion Council, India.

मूर्ति, सी. वी. आर., एवं जैन, एस. के. Murty, C.V.R., and Jain, S.K. Beneficial Influence of Masonry Infill Walls on Seismic Performance of RC Frame Buildings. Proceedings of the 12th

World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Paper No.1790.

नेशली, के. एन. Nesheli, K.N. (2004). Structural Damage to Buildings Due to Bam Earthquake of December 26, 2003, Iran. ICUS/INCEDE Newsletter, International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, Vol.3, No.4.

एन.टी.सी.–एम NTC-M&2002. "Normas Técnicas Complementarias para Diseñoy Construcción de Estructuras de Mampostería" (Technical Norms for Design and Construction of Masonry Structures), Mexico D.F. (in Spanish).

एन.टी.सी.–एम. NTC-M 2004. "Normas Técnicas Complementarias para Diseñoy Construcción de Estructuras de Mampostería" (Technical Norms for Design and Construction of Masonry Structures), Mexico D.F. (in Spanish).

एन.टी.एम.–एस. NTC-S NTC-S 2004. "Normas Técnicas Complementarias para Diseñopor Sismo" (Complimentary Technical Norms for SeismicDesign), Mexico D.F. (in Spanish).

पाउलसन, सी. एवं हल्टैनग्रिंन एल Paulson, C. and Hultengren, L. (2001). El Salvador Earthquake of January 13, 2001. Slide Presentation, Preliminary Reports and Annotated Images from the El Salvador Earthquakes of January 13 and February 13, 2001, a CD-Rom publication, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California.

रोड्रिग्यूज, वी. आई., याकान्ते, एम. आई. रियालोबा, एस. Rodriguez, V.I., Yacante, M.I., Reiloba, S. (2003). Confined Block Masonry House. Argentina, Report 1, World Housing Encyclopedia, Earthquake Engineering Research Institute (www.world-housing.net)

शुल्ट्ज, ए. ई. Schultz, A. E. (1994). Performance of Masonry Structures During Extreme Lateral Loading Events. Masonry in the Americas, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, pp.21-55.

टॉमजेविक, एम. एवं क्लेमेन्क, आई. Tomazevic, M. and Klemenc, I. (1997). Seismic Behaviour of Confined Masonry Walls. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 26, pp.1059-1071.

टॉमजेविक, एम. Tomazevic, M. (1999). "Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings". Imperial College Press, London, U.K.

येन्ज, एफ., ऐस्ट्रोजा, एम. होलमबर्ग,ए., एवं ओगॉज, ओ. Yanez,F., Astroza, M., Holmberg,A., and Ogaz, O. (2004). Behavior of Confined Masonry Shear Walls with Large Openings. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 3438.

यांग, डब्ल्यू., एवं जियान, जैड. Yang, W., and Jian, Z. (1988). Functions of Tied Concrete Columns in Brick Walls. Proceedings of the Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, Vol.6, pp.139-144.

योशीमूरा, के., कीकूचि, के. कूरोकि, एम., नोनाका, एच., किम, के. टी, वाग्डी, आर. एवं ओशीकाटा, ए. Yoshimura, K., Kikuchi, K., Kuroki, M., Nonaka, H., Kim, K.T., Wangdi, R., and Oshikata, A. (2004). Experimental Study For Developing Higher Seismic Performance of Brick Masonry Walls. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 1597.

जहरई, एस. एम. व हैदरजादेह, एम. Zahrai S.M. and Heidarzadeh, M. (2004). Seismic Performance of Existing Buildings During the 2003 Bam Earthquake. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 1715.

परिशिष्ट अ : अन्तर्राष्ट्रीय निरूपण रीति संहितायें (International Design Codes)–कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण से सम्बन्धित भूकम्प सुरक्षा व्यवस्थाओं पर टिप्पणी–

चिली :

Chile : NCh2123.of 97 Albanileria Confinada-requisitos para el diseno y calculo (Instituto Nacional de Normalizacian, 1997; Moroni, Gomez, and Astroza, 2003; Moroni, Astroza, and Acevedo, 2004)

- चिली में 1949 से कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनने वाले एक व दो मंजिला भवनों का निर्माण कार्य पूर्णतः रीति संहिता द्वारा नियंत्रित होता है

- यह भवन सामान्यतः काफी दृढ़ (stiff) होते हैं। इनके द्वारा भवन के कुल भार के 10 से 22 प्रतिशत (क्षेत्र के भूकम्प जोन के आधार पर) तक आधार प्रतिबल (base shear) का प्रतिरोध करना होता है तथा तलों के मध्य विपथन (interstorey drift) को 0.002 तक सीमित किया जाना होता है

- कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनी दीवारों की प्रतिबल क्षमता (shear capacity) चिनाई के प्रतिबल दबाव (masonry shear stress) तथा प्रयुक्त गुरूत्वीय भार (applied gravity load) पर निर्भर होती है। विशेष रूप से चिनाई की प्रतिबल क्षमता 0.5 से 1.0 मेगा पास्कल (MPa) के मध्य होती है

- टाई कॉलम की अनुप्रस्थ काट (cross section) आयताकार होती है और कॉलम की चौड़ाई विशेष रूप से दीवार की मोटाई के बराबर (150 - 200 मिलीमीटर) होती है और उसकी गहराई 200 मिलीमीटर से कम नहीं होनी चाहिये

- टाई - कॉलम और टाई - बीम, दोनों ही में 10 मिलीमीटर व्यास के कम से कम 4 सरियो का प्रबलन (reinforcement) प्रयुक्त किया

जाना चाहिये

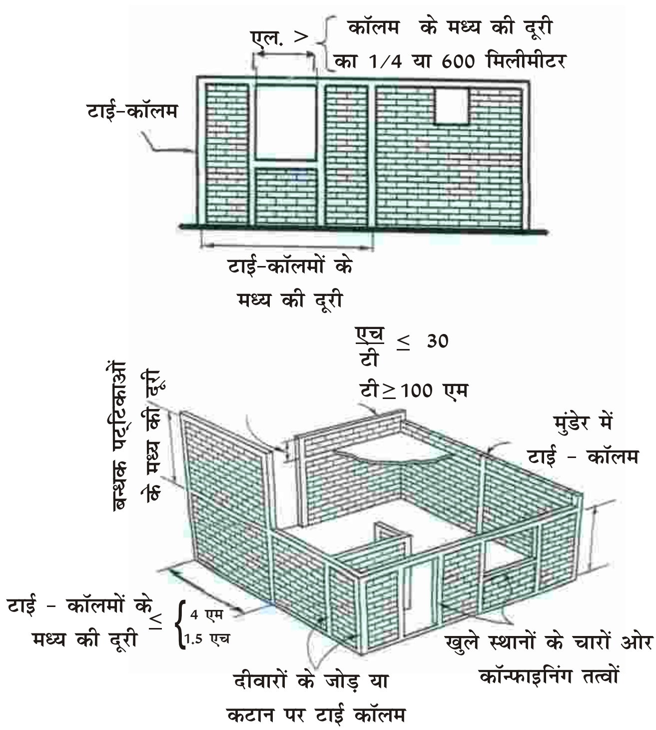
- कॉलम के दोनों छोरों पर 100 मिलीमीटर के अन्तराल पर और कॉलम के मध्य में 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर 6 मिलीमीटर व्यास के छल्लों (stirrups) का प्रयोग किया जाना चाहिये
- स्वीकार्य दबाव निरूपण विधि (allowable stress design method) निर्धारित की गयी है

मैक्सिको : मैक्सिको सिटी की भवन रीति संहिता, (अल्कोसर एवं अन्य)

Mexico : Mexico City Building Code (Alcocer et al., 2003; NTC-M 2004; NTC-S 2004)

- कॉन्फाइन्ड तकनीक से बनने वाले भवनों के निरूपण हेतु सीमा आधारित निरूपन विधि (limit states design approach) का प्रयोग किया जाता है
- दीवारों में क्षैतिज प्रबलन के बिना बनने वाली कॉन्फाइन्ड संरचनाओं के लिये 0.25 प्रतिशत की पार्श्व विपथन सीमा (lateral displacement drift limit) निर्धारित की गयी है। क्षैतिज प्रबलन प्रयुक्त किये जाने की स्थिति में यह सीमा 0.35 प्रतिशत निर्धारित की गयी है। चिनाई के भवनों के लिये प्रयुक्त 0.15 प्रतिशत की विपथन सीमा से उक्त सीमायें कहीं अधिक हैं
- दो टाई–कॉलमों के मध्य की अधिकतम दूरी 4 मीटर या 1.5 H (H = दीवार की ऊँचाई) है
- भवन में खुले भागों का क्षैतिज या लम्बवत् परिमाप नजदीकी टाई–कॉलमों के मध्य की दूरी के एक चौथाई (1/4) या 600 मिलीमीटर से अधिक होने की स्थिति में खुले भाग में टाई कॉलमों को प्रयुक्त किये जाने का प्रावधान है चित्र 41 (ऊपर)
- दीवारों के कटान स्थान (intersections) पर टाई – कॉलम प्रयुक्त किये जाने का प्रावधान है
- दीवार की न्यूनतम मोटाई 100 मिलीमीटर निर्धारित है
- दीवारों की ऊँचाई व मोटाई का अनुपात 30 से कम (ऊँचाई/चौड़ाई < 30) निर्धारित किया गया है
- टाई–बीमों के मध्य की दूरी 3 मीटर से कम होनी चाहिये
- टाई–कॉलमों को छत की मुंडेर (parapets) तक विस्तारित किये जाने व मुंडेर के 500 मिलीमीटर से ऊँचा होने की स्थिति में बन्धक पट्टिका (bond beam) प्रयुक्त की जानी चाहिये चित्र 41 (नीचे)

- प्रयुक्त किये जाने की स्थिति में दीवार की पूरी लम्बाई में निरन्तरता में क्षैतिज प्रबलन की व्यवस्था होनी चाहिये। क्षैतिज सरियाओं को 90^0 के हुक (hook) के आकार में मोड़ कर टाई–कॉलम के छोर से जोड़ा जाना चाहिये और प्रयुक्त की गयी सरिया का व्यास 3.5 मिलीमीटर से अधिक व जोड़ की मोटाई (joint thickness) के तीन चौथाई (3/4) से कम रखा जाना चाहिये। चक्रीय भार (cyclic loading) की स्थिति में अवांछित रूप में भंगुर (brittle) ध्वस्तीकरण होने के कारण पहले से बने हुये सीढ़ीनुमा प्रबलन (prefabricated ladder shaped reinforcement) का प्रयोग पूर्णतः वर्जित है।



चित्र 41 मैक्सिको सिटी भवन रीति संहिता के अनुसार कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक की व्यवस्थायें (1)

(1) NTC-M, 2004

यूरोपीय रीति संहिता

(यूरोकोड 6 Eurocode 6 (1995) / (यूरोकोड 8 Eurocode 8 (1996))

- कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों के भूकम्पीय निरूपण में कॉन्फाइनिंग तत्वों (टाई–बीम व टाई–कॉलम) के प्रभाव को अनदेखा कर देना चाहिए। भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता का आधार केवल चिनाई वाले भागों के योगदान तक सीमित रहना चाहिये (धारा 4.9 (4), यूरोकोड 6 खण्ड 1–1)। इस व्यवस्था को प्राय: रूढ़िवादी माना जाता है (टॉमजेविक, Tomazevic, 1999)। जैसा कि इस प्रलेखन के पूर्व के भागों में वर्णन किया गया है प्रायोगिक शोध अध्ययनों द्वारा कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने भवनों की भूकम्प प्रतिरोध क्षमता में टाई–बीम व टाई–कॉलम (कॉन्फाइनिंग तत्वों) के योगदान को पूर्णत: सिद्ध किया गया है

- कॉन्फाइन्ड तकनीक से बनने वाले भवनों में प्रत्येक तल के फर्श के स्तर पर प्रबलित कॉंक्रीट या प्रबलित चिनाई के क्षैतिज अवयवों का प्रयोग किया जाना चाहिये और लम्बवत दिशा में प्रबलित कॉंक्रीट या प्रबलित चिनाई वाले अवयवों का प्रयोग किया जाना चाहिये (धारा 5. 2.9 (2), यूरोकोड 6 खण्ड 1–1)

- लम्बवत प्रबलन तत्वों को दीवार के प्रत्येक कटान पर एवं 1.5 वर्ग मीटर से अधिक क्षेत्रफल के खुले स्थान के दोनों ओर प्रयुक्त किया जाना चाहिये। यह सुनिश्चित करने के लिये कि प्रबलन तत्वों के मध्य की क्षैतिज या लम्बवत दूरी 4 मीटर से कम है, दीवार में अतिरिक्त प्रबलित कॉंक्रीट या प्रबलित चिनाई वाले तत्वों का समावेश किया जाना आवश्यक हो सकता है (धारा 5.2.9 (2), यूरोकोड 6 खण्ड 1–1)

- चिनाई की दीवारों और कॉन्फाइनिंग तत्वों के मध्य प्रभावी जोड़ सुनिश्चित करने के लिये चिनाई की दीवार के निर्माण के उपरान्त ही

कॉन्फाइनिंग तत्वों के काँक्रीट की ढलाई की जानी चाहिये (धारा 5.5.3 (2) यूरोकोड 8 खण्ड 1–3)

- क्षैतिज व लम्बवत कॉन्फाइनिंग तत्वों की अनुप्रस्थ काट 150x150 मिलीमीटर से कम नही होनी चाहिये (धारा 5.5.3 (3), यूरोकोड 8 खण्ड 1–3)
- निम्नलिखित में लम्बवत् कॉन्फाइनिंग तत्वों को प्रयुक्त किया जायेगा (धारा 5.5.3 (4), यूरोकोड 8 खण्ड (1–3):

  1. 1.5 वर्ग मीटर से अधिक क्षेत्रफल वाले खुले स्थान के दोनों ओर,
  2. दीवारों की प्रत्येक कटान (intersection) पर,
  3. कॉन्फाइनिंग तत्वों के मध्य 4 मीटर से कम की दूरी सुनिश्चित करने के दृष्टिगत आवश्यकतानुसार दीवारों में

क्षैतिज कॉन्फाइनिंग तत्वों को दीवार की सतह में प्रत्येक तल में फर्श के स्तर पर प्रयुक्त किया जायेगा और किसी भी स्थिति में इनके बीच की दूरी 4 मीटर से अधिक नहीं होगी (धारा 5.5.3 (5), यूरोकोड 8 खण्ड 1–3)। प्रत्येक लम्बवत और क्षैतिज कॉन्फाइनिंग तत्व में प्रबलन का क्षेत्रफल 240 वर्ग मिलीमीटर से कम नहीं होगा। प्रबलन में समान अन्तराल पर छल्लों (stirrups) को डाला जाना चाहिये (चित्र 42) (धारा 5.5.3 (6), यूरोकोड 8 खण्ड 1–3)।

- भूमि की सतह से ऊपर निर्मित तलों की संख्या निम्नलिखित से अधिक नहीं होनी चाहिये (धारा 5.7.2 (1), यूरोकोड 8 खण्ड 1–3):

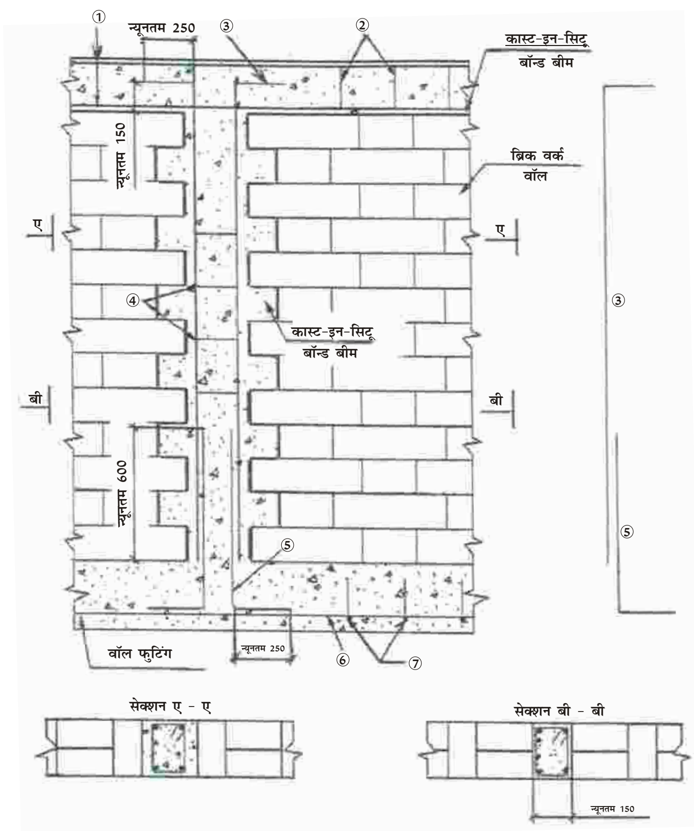
  1. चार मंजिला (निरूपन भूमि त्वरण $< 0.2g$)
  2. तीन मंजिला (निरूपन भूमि त्वरण $< 0.3g$)
  3. दो मंजिला (निरूपन भूमि त्वरण $> 0.3g$)

- प्रत्येक तल में उस तल के ऊपर के सभी तलों के फर्श के क्षेत्रफल (total floor area) के प्रतिशत के रूप में, उस तल की क्षैतिज दीवारों की अनुप्रस्थकाट को निम्नलिखित से कम नहीं होना चाहिये (धारा 5.7.2 (7), यूरोकोड 8 खण्ड 1-3):

क. 2 प्रतिशत (निरूपण भूमि त्वरण < 0.2g)

ख. 4 प्रतिशत (निरूपण भूमि त्वरण < 0.3g)

ग. 5 प्रतिशत (निरूपण भूमि त्वरण > 0.3g)



1. 10 मिलीमीटर व्यास की, 4 नरम इस्पात की छड़ें (ø 10, 4 Nos.)
2. 6 मिलीमीटर व्यास के छल्ले, 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर (ø 6 @ 200 O/C)
3. टाई-कॉलम की सरिया को बन्धक पट्टिका से जोड़ने के लिये 12 मिलीमीटर व्यास की 4 नरम इस्पात की छड़े (ø 12, 4 Nos)
4. 6 मिलीमीटर व्यास के छल्ले, 200 मिलीमीटर के अन्तराल पर (ø 6 @ 200 O/C)
5. टाई-कॉलम की सरिया में चढ़ाव (overlap) व नींव तक विस्तार के लिये 12 मिलीमीटर व्यास की 4 छड़ें (ø 12, 4 Nos)
6. दीवार की नींव में लम्बवत् प्रबलन
7. दीवार की नींव में क्षैतिज प्रबलन

नोट - सारी मॉप मिलीमीटर में हैं।

चित्र 42 - यूरोपीय रीति संहिता (Eurocode 8) की भूकम्पीय व्यवस्था के अनुसार कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के लिये प्रबलन की व्याख्या। ध्यान दें कि टाई-कॉलम के नीचे और ऊपरी भाग के विवरण में छल्लों को नहीं दर्शाया गया है (2)

(2) City University of London, 2005

ईरान : भूकम्परोधी भवनों के निरूपण के लिये ईरान की रीति संहिता – (मानक 2800); Standard, 2800 (नेशली, Nesheli, 2004)

- भूकम्परोधी भवनों के निरूपण प्रक्रिया के लिये ईरान की रीति संहिता (code) द्वारा 1987 से कॉन्फाइन्ड भारवाही भवन निर्माण तकनीक से सम्बन्धित पक्षों को सम्बोधित किया जाता है (मानक 2800)। इस नियमावली का नवीनतम संस्करण 1999 में प्रकाशित हुआ
- भवन निर्माण ब्लॉक, ईट या पत्थर जिससे भी हो चिनाई के भवनों (एक या दो मंजिला) की संरचनात्मक दीवारों में कॉन्फाइनिंग तत्वों का निर्माण किया जाना चाहिये
- सभी कटानों पर टाई–बीमों के साथ टाई–कॉलमों को ठीक से जोड़ा जाना चाहिये
- टाई–कॉलमों को मध्य की दूरी 5 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये

अल्जीरिया : अल्जीरिया का भूकम्प प्रतिरोधी अधिनियम, RPA 99/2003, DTR B.C.2.48 (राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी केन्द्र)

- 1981 से अल्जीरिया में कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से होने वाले निर्माण कार्य अल्जीरिया की भूकम्पीय रीति संहिता (RPA) द्वारा नियंत्रित होते हैं
- कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनने वाले भवनों के विन्यास में लम्बाई और चौड़ाई का अनुपात 3.5 से अधिक नहीं हो सकता
- भवन की अधिकतम ऊँचाई और भवन में तलों की संख्या क्षेत्र की भूकम्पीयता पर निर्भर है, जैसा कि निम्नलिखित सारिणी में दर्शाया गया है:

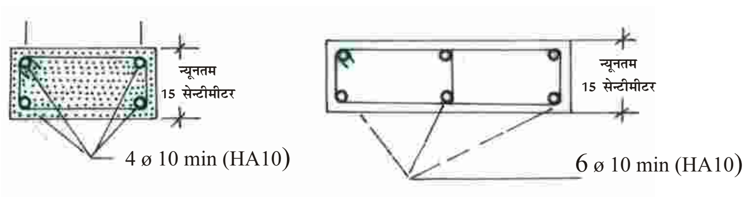
		भूकम्पयी जोन		
		जोन I	जोन II a	जोन IIb तथा III
अधिकतम ऊँचाई (मीटर में)	एच	17	14	11
अधिकतम तलों की संख्या	एन	5	4	3

- किसी भी दिशा में दीवारों का घनत्व विचाराधीन तल के फर्श के क्षेत्रफल (floor area) के 4 प्रतिशत से कम नहीं होना चाहिये
- दीवारों की न्यूनतम मोटाई (thickness) 200 मिलीमीटर होनी चाहिये
- समीपवर्ती चिनाई की दीवारों के बीच की अधिकतम दूरी निम्नवत् होनी चाहिये:

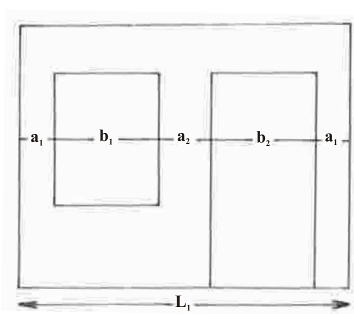
		भूकम्पयी जोन		
		जोन I	जोन II a	जोन IIb तथा III
दूरी (मीटर में)	एच	10	8	6

- क्षैतिज टाई–बीम की न्यूनतम मोटाई 150 मिलीमीटर और लम्बवत टाई–कॉलम की अनुप्रस्थ काट का न्यूनतम परिमाण 150 मिलीमीटर X 150 मिलीमीटर होना चाहिये

- क्षैतिज और लम्बवत कॉन्फाइनिंग तत्वों (टाई–बीम व टाई–कॉलम) में 10 मिलीमीटर व्यास के कम से कम चार सरियों का प्रबलन दिया जाना चाहिये और लम्बवत् छड़ों के मध्य की दूरी 200 मिलीमीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये (देखिये नीचे चित्र)



- दरवाजे और खिड़कियों के आकार और अन्तराल से सम्बन्धित प्रतिबन्ध / सीमाओं का संक्षिप्त वर्णन नीचे दिया गया है:



$\Sigma b_i \leq 0.5 L_i$

$a_1 \geq 1.0$ m

$a_2 \geq 1.0$ m भूकम्पीय जोन IIb व III के लिये

$a_2 \geq (b1+b2)/3$ भूकम्पीय जोन I व IIa के लिये

- कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक में भार का प्रतिरोध करने वाले तत्वों (load resisting elements) के निरूपण की विधि रीति संहिता द्वारा प्रख्यापित की गयी है

सारांश

पुस्तक के इस भाग में वर्णित भवनों के निरूपण हेतु प्रयुक्त होने वाली रीति संहिताओं में टाई – कॉलम व टाई – बीम से सम्बन्धित आवश्यकताओं का संक्षिप्त वर्णन नीचे तालिका में दिया गया है :

तालिका 2 – विभिन्न भवन निर्माण रीति संहिताओं के अनुसार टाई – बीम व टाई – कॉलम की आवश्यकतायें

देश /कोड		अनुप्रस्थ काट परिमाप	लम्बवत प्रबलन	विकर्णीय (transverse) प्रबलन
टाई-कॉलम	चिली	चौड़ाई : 150 से 200 मिलीमीटर गहराई : 200 मिलीमीटर	4-10 मिलीमीटर का सरिया	6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर (मध्य भाग) 6 मिलीमीटर @ 100 मिलीमीटर (कालम के छोरों पर)
	मैक्सिको	दीवारों की मोटाई से अधिक (न्यूनतम 100 मिलीमीटर)	एक समीकरण के आधार पर न्यूनतम प्रबलन क्षेत्रफल का निर्धारण	समीकरण के आधार पर प्रबलन क्षेत्रफल का निर्धारण 200 मिलीमीटर के कम अन्तराल या दीवार की मोटाई का 1.5 गुना
	यूरोकोड - 8	150 मिलीमीटर x 150 मिलीमीटर	4-8 मिलीमीटर से 4-12 मिलीमीटर तक (भूकम्पीयता तथा भवन के तलों के आधार पर)	6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर
	ईरान	उपलब्ध नहीं	उपलब्ध नहीं	उपलब्ध नहीं
	चिली	चौड़ाई : 150 से 200 मिलीमीटर तथा गहराई : 200 मिलीमीटर	4-10 मिलीमीटर का सरिया	6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर (मध्य भाग) 6 मिलीमीटर @ 100 मिलीमीटर (कालम के सिरे पर)

टाई-बीम	**मैक्सिको**	दीवारों की मोटाई से अधिक (कम से कम 100 मिलीमीटर)	एक समीकरण द्वारा न्यूनतम प्रबलन क्षेत्रफल का निर्धारण	समीकरण के आधार पर प्रबलन क्षेत्रफल का निर्धारण 200 मिलीमीटर या दीवार की मोटाई के 1.5 गुने से कम अन्तराल
	यूरोकोड - 8	100 मिलीमीटर x 150 मिलीमीटर	4-10 मिलीमीटर का सरिया	6 मिलीमीटर @ 200 मिलीमीटर
	ईरान	उपलब्ध नहीं	उपलब्ध नहीं	उपलब्ध नहीं

परिशिष्ट – ब

दीवारों के घनत्व निर्धारण का उदाहरण

दीवारों के घनत्व को एक दिशा में निर्मित सभी दीवारों के अनुप्रस्थ काटीय क्षेत्रफल (cross sectional area) के योग व फर्श के कुल क्षेत्रफल के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जैसे कि

दीवारों का घनत्व = दीवार का क्षेत्रफल / फर्श का कुल क्षेत्रफल

जहाँ

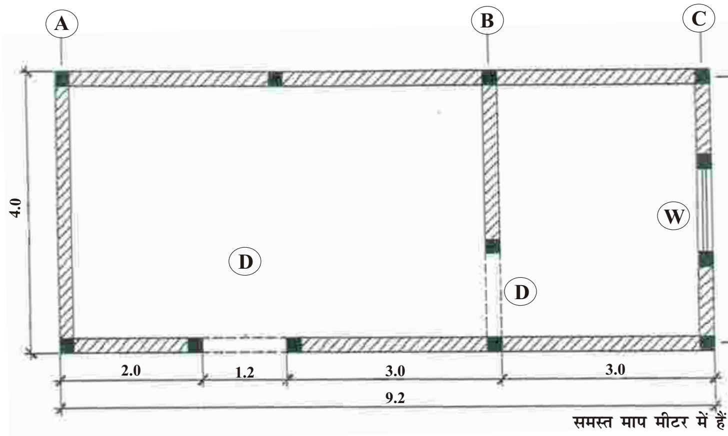
दीवारों का क्षेत्रफल = एक दिशा की सभी दीवारों की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल अर्थात दीवारों की लम्बाई और मोटाई का गुणनफल (यहाँ टाई – कॉलमों के क्षेत्रफल को घटाया जाना आवश्यक नहीं है)

फर्श का कुल क्षेत्रफल   भवन के सभी तलो के फर्श के क्षेत्रफल का योग

उदाहरण

भारत के भूकम्पीय जोखिम जोन III में अवस्थित कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बने किसी दो मँजिला भवन पर विचार करें। इस भवन की दीवारों की चिनाई, भट्टे की ईटों से हुई है और दीवारों की मोटाई 110 मिलीमीटर है (आधी ईट जितनी मोटी दीवारें)। इस भवन में प्रयुक्त टाई – कॉलमों का आकार भी दीवार के बराबर ही है अर्थात टाई – कॉलम की अनुप्रस्थ काट का परिमाण 110 X 110 मिलीमीटर है। इस भवन का विन्यास चित्र 43 में दर्शाया गया है।

सुनिश्चित करें कि दीवारों का घनत्व भूकम्पीय जोन–III के लिये निर्दिष्ट मार्गनिर्देशों के अनुरूप पर्याप्त है।



चित्र 43 – कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण का प्रतीकात्मक विन्यास

हल:

1. सर्वप्रथम फर्श का क्षेत्रफल निकालें

   प्रत्येक तल के फर्श का क्षेत्रफल   4.0 X 9.2 = 36.8 वर्ग मीटर 2 तलों के फर्श का कुल क्षेत्रफल (यह दो मँजिला भवन है)

फर्श का कुल क्षेत्रफल   =   2 X 36.8 = 73.6 वर्ग मीटर

2. पूर्व – पश्चिम दिशा में दीवारों का घनत्व

   दीवारों का क्षेत्रफल (केवल दीवार नं. 1 व 2)

   दीवारों का क्षेत्रफल   = [9.2+(9.2–1.2)] (0.11) = 1.9 वर्ग मीटर

   दीवारों का घनत्व   = दीवार का क्षेत्रफल / फर्श का कुल क्षेत्रफल

   = 1.9 / 73.6   0.026 = 2.6 %

इस प्रकार क्षैतिज दिशा में दीवारों का घनत्व 2.6 प्रतिशत है जो कि भारत के भूकम्पीय जोन III में स्थित भवनों के लिये आवश्यक न्यूनतम घनत्व (2 प्रतिशत) से अधिक है।

3. लम्बवत् दिशा में दीवार का घनत्व

   दीवार का क्षेत्रफल (दीवारें A, B और C)

   दीवार का क्षेत्रफल   [4.0+(4.0–1.2)+(4.0–1.2)] (0.11)

   1.1 वर्ग मीटर

दीवारों का घनत्व = दीवार का क्षेत्रफल / फर्श का कुल क्षेत्रफल

= 1.1/73.6 = 0.015 = 1.5 प्रतिशत

इस प्रकार लम्बवत् दिशा में दीवार का घनत्व 1.5 प्रतिशत है जो कि भारत में भूकम्पीय जोन III में स्थित भवनों के लिये आवश्यक न्यूनतम घनत्व (2 प्रतिशत) से कम है। दीवारों के घनत्व की आवश्यकता की संतोषजनक स्थिति के लिये दीवारों की मोटाई को केवल लम्बवत् दिशा में बढ़ाया जा सकता है। दीवारों की चिनाई आधी ईट के स्थान पर पूरी एक ईट से की जा सकती है। परिणाम स्वरूप दीवारों की मोटाई 110 मिलीमीटर से बढ़कर 220 मिलीमीटर हो जायेगी अर्थात इसमें शत प्रतिशत वृद्धि होगी। दीवार का घनत्व दीवारों की मोटाई का समानुपाती है और इस प्रकार इसका परिमाण 3.0 प्रतिशत हो जायेगा। इस प्रकार दीवार का संशोधित घनत्व दिशा–निर्देशों द्वारा सुझाई गयी सीमा न्यूनतम (2 प्रतिशत) से अधिक हो जायेगा।

राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र

(National Information Centre of Earthquake Engineering, NICEE)

लक्ष्य

भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर स्थित राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र, अभियांत्रिकी सम्बन्धित संसाधनों के संग्रहण व प्रचार-प्रसार के प्रति कृतसंकल्प है। यह भूकम्प के प्रभावों के न्यूनीकरण हेतु जन जागरूकता सम्बन्धित कार्य भी करता है। राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र का मुख्य उद्देश्य उन सभी उद्यमियों, शिक्षाविदों तथा इस विषय में रूचि रखने वाले व भूकम्प सुरक्षा के प्रति सचेत अन्य सभी की विषय से सम्बन्धित विभिन्न आवश्यकताओं की पूर्ति करना है।

प्रायोजक

राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र को किसी भी स्त्रोत से कोई नियमित वित्तीय सहायता नहीं प्राप्त होती है। इसके समस्त कार्यो का संचालन दान, प्रायोजन, प्रकाशनों की ब्रिकी और प्राप्त अनुग्रह राशि या सहायता राशि पर अर्जित ब्याज से होता है।

आरम्भ में निम्नलिखित संस्थानों से मिले एकमुश्त अनुदान के कारण ही राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र की स्थापना व संचालन सम्भव हो पाया है।

भवन एवं शहरी विकास निगम, नई दिल्ली
डिपार्टमेन्ट ऑफ टैलीकॉम, नई दिल्ली
रेलवे बोर्ड, नई दिल्ली
कृषि मंत्रालय, भारत सरकार, नई दिल्ली
नाभिकीय ऊर्जा विभाग, मुम्बई

सहायता प्रदान करने वालों की सूची www.nicee.org पर देखी जा सकती है।

अधिक जानकारी के लिये कृपया निम्नलिखित पते पर सम्पर्क करें–

समन्वयक
राष्ट्रीय भूकम्प अभियांत्रिकी सूचना केन्द्र
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर – 208016 (भारत)
दूरभाष – 91–512–2597866 फैक्स – 91–512–2597794
ई–मेल– nicee@iitk.ac.in; Web: www.nicee.org

मु त इलैक्ट्रॉनिक मासिक समाचार प्रपत्र प्राप्त करने के लिये अपना नाम www.nicee.org पर रजिस्टर करें।

आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र

उत्तराखण्ड की आपदाओं के प्रति संवेदनशीलता के दृष्टिगत राज्य के गठन के साथ आपदा प्रबन्धन विभाग व इसे तकनीकी सहयोग दिये जाने के उद्देश्य से स्वायत्तशासी आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र की स्थापना की गयी। आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र उत्तराखण्ड में आपदाओं की रोकथाम, घटित होने वाली आपदाओं के प्रभावों को न्यून करने व आपदाओं के प्रभावों से बाहर निकलने हेतु आवश्यक शोध, अध्ययन, प्रचार–प्रसार, क्षमता विकास, नियोजन व नियमन के प्रति कृत संकल्प है। इस संस्थान के समस्त कार्यो का संचालन पूर्णतः राज्य सरकार द्वारा नियमित रूप से दिये जाने वाले अनुदान द्वारा होता है।

अधिक जानकारी के लिये सम्पर्क करेः

अधिशासी निदेशक
आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र
उत्तराखण्ड सचिवालय
देहरादून, उत्तराखण्ड (भारत)।

केन्द्र द्वारा नियमित रूप से प्रकाशित होने वाली समाचार पत्रिका की प्रति पाने व केन्द्र के अन्य प्रकाशनों के लिये उपरोक्त पते पर सम्पर्क किया जा सकता है।

With Best Compliments from
nicee
National Information Centre of Earthquake Engineering

पुस्तक के सम्बन्ध में:

यह पुस्तक भवन निर्माण कार्य से सम्बन्धित उन पेशेवर लोगों को ध्यान में रखते हुये लिखी गयी है जो कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण के विषय में अधिक सीखने की इच्छा रखने के साथ ही उनसे सम्बन्धित क्षेत्र की उच्च भूकम्प संवेदनशीलता के दृष्टिगत इस प्रकार की निर्माण विधा को बढ़ावा देने में रूचि रखते हैं। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का विकास विगत में इस प्रकार के भवनों द्वारा किये गये संतोषजनक प्रदर्शन के आधार पर विगत 100 वर्षो के अनुभवनों के आधार पर हुआ है। इस तकनीक का उपयोग गैर-अभियांत्रिकी एवं अभियांत्रिकी निर्माण के साथ ही एकल या दो मंजिल आवासीय भवनों से लेकर छः मंजिला तक के आवासीय भवनों के निर्माण के लिए किया जा सकता है।

लेखिका

20 से अधिक वर्षों का शोध एवं परामर्श का अनुभव रखने वाली डा. स्वेतलाना ब्रजेव वैंकोवर, कनाडा स्थित ब्रिटिश कोलंबिया प्रौद्योगिकी संस्थान में संरचनात्मक अभियांत्रिकी की प्राध्यापिका हैं। उन्होंने सिविल / संरचनात्मक अभियांत्रिकी में स्नातक व परा-स्नातक उपाधियाँ सर्बिया के बेलग्रेड विश्वविद्यालय से प्राप्त की एवं भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रूड़की के भूकम्प अभियांत्रिकी विभाग से डाक्टरेट की उपाधि प्राप्त की। डा. ब्रजेव द्वारा 1993 के लातूर भूकम्प के उपरान्त महाराष्ट्र सरकार को तकनीकी सहायता प्रदान की गयी और पुनर्वास सम्बन्धित परियोजनाओं में महत्वपूर्ण योगदान दिया गया।

निष्क्रिय भूकम्प नियंत्रण उपकरणों सहित उन्नत जोखिम न्यूनीकरण तकनीकों के विकास व निरूपण में डा. ब्रजेव की रूचि रही है। इसके साथ ही उन्होंने चिनाई व प्रबलित कॉंक्रीट की संरचनाओं के मजबूतीकरण में महत्वपूर्ण कार्य किया है।

डा. ब्रजेव अनेक शोध प्रपत्रों व पुस्तकों की सह-लेखिका हैं। पूर्व में वह भूकम्प अभियांत्रिकी शोध संस्थान की निदेशक एवं उपाध्यक्ष रह चुकी हैं। साथ ही वह विश्व भवन विश्वकोष की संस्थापक मुख्य सम्पादक हैं।

A NICEE PUBLICATION

9 789380 903026

भूकम्प प्रतिरोधी
कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण

मुद्रक : सोलर प्रेस, कानपुर