अध्याय 3
भूकम्प प्रतिरोधी रूपरेखा की सामान्य अवधारणाऐं
Chapter 3
General Concepts of Earthquake Resistant Design

3.1 भूमिका
Introduction

पूर्व भूकम्पों के अनुभव से यह स्पष्ट होता है कि अधिकतर आम मकानों में और आम रूप से अपनाई जाने वाली निर्माण पद्धतियों में मूलतः भूकम्प बलों के प्रतिरोध की सामर्थ्य का अभाव होता है। अधिकतर मामलों में मकान के अच्छे निर्माण के सरल व सस्ते सिद्धान्तों को अपना कर यह प्रतिरोधक क्षमता प्राप्त की जा सकती है। इन सरल सिद्धान्तों के अनुपालन से मध्यम या तीव्र भूकम्प के दौरान क्षति से पूर्ण रूप से तो नहीं बचा जा सकता है लेकिन मकानों के ढह जाने से बचा जा सकता है, जो जीवन को संकट में डालने का कारण बनें। इस प्रकार क्षति को इतना सीमित किया जा सकता है कि मकान में शीघ्रता से सुधार कार्य कर ठीक किया जा सके। इन सिद्धान्तों को मोटे तौर से निम्नानुसार वर्गों में बाँटा जा सकता है;

अ) मकान की योजना और खाका तैयार करना (planning and layout) जिसमें शामिल होगा कमरों, दीवारों, दरवाजों और खिड़कियों का स्थान निर्धारण एवं उनकी स्थिति पर विचार, मकान कितने मंजिलों का होगा, इसका निर्धारण इत्यादि। मकान निर्माण के इस चरण में उसके स्थल, और नींव के पहलुओं पर भी विचार करना होगा।

ब) मकान को योजना के अनुसार तैयार करना और संरचनात्मक गठन की रूपरेखा (layout and general design of structural framing system) जिसमें मकान में पार्श्विक प्रतिरोध (lateral resistance) का प्रावधान करने का विशेष ध्यान रखना होगा।

स) मकान के अधिक भार वहन करने वाले और संवेदनशील भागों (critical sections) पर विशेष ध्यान, जिनमें आवश्यकतानुसार प्रबलन का प्रावधान किया जा सके।

अध्याय-2 में अच्छी तरह से संरचनात्मक प्रदर्शन, उनमें क्षति पहुँचने की क्रिया विधि (mechanism of damage) और मकानों के क्षतिग्रस्त होने की विधियों का पर्यावलोकन किया गया है। इनके अध्ययन से कुछ सामान्य सिद्धान्त सामने आते हैं :-

अ) संरचनाएं भंगुर (brittle) नहीं होनी चाहिए और न उनको एकाएक ढह जाना चाहिए। बल्कि उन्हें मजबूत होना चाहिए और उनमें यथेष्ट मात्रा में विक्षेपित और विकृत (deflect and deform) होने की सामर्थ्य होनी चाहिए।

ब) प्रतिरोधी अवयव, जैसे जोड़ पट्टियाँ या अपरूपक दीवारों (bracing or shear walls) का समान रूप से पूरे मकान मे शुरू से अन्त तक, एक तरफ से दूसरी तरफ तक और ऊपर से नीचे तक प्रावधान होना चाहिए।

स) मकान के समस्त अवयव, जैसे कि दीवारें और छत का आपस में जुड़े होना चाहिए, ताकि भूकम्प कम्पन के दौरान वे संगठित इकाई के समान क्रियाशील हो, और वे भूकम्पीय बलों को जोड़ो पर स्थानान्तरित करें और अवयवों को पृथक होने से रोक सकें।

द) मकान उचित प्रकार की नींव और जमीन से ठीक प्रकार से सम्बद्धित होना चाहिए। नम व पोली जमीन से बचना चाहिए। नीवों को आपस में ठीक से सम्बद्ध होना चाहिए और वैसे ही उनको दीवारों के साथ भी उचित प्रकार से सम्बद्ध होना चाहिए। यदि नरम जमीन से बचा जा न सके तो मकान में विशेष सुदृढ़ीकरण का प्रावधान होना चाहिए।

य) इस बात की विशेष सावधानी रखनी चाहिए कि उपयोग में लाई गई समस्त सामग्री अच्छी गुणवत्ता की हो, और उन्हें बरसात, धूप, कीड़े इत्यादि नष्ट करनेवाले तत्वों से बचाना चाहिए। ताकि वे अधिक समय तक मजबूत रह सके।

र) अप्रबलित मिट्टी अथवा ईंटों की चिनाई में तनाव के विरुद्ध विश्वसनीय मजबूती नहीं होती है और वे संपीड़न (compression) में भंगुर (brittle) होते हैं। साधारणतः उन्हें सरिया व लकड़ी द्वारा उपयुक्त प्रकार से प्रबलित करना चाहिए।

इस अध्याय में इन सिद्धान्तों पर चर्चा की जायेगी और उनके उदाहरण दिये जायेंगे।

3.2 मकानों का वर्गीकरण
Categories of Buildings

कम लागत में मकानों को भूकम्पीय प्रतिरोधी बनाने के उद्धेश्य से उनके वर्गीकरण के तीन निम्नलिखित महत्वपूर्ण तथ्य हैं :-

अ. मकान के स्थल का भूकम्पीय तीव्रता क्षेत्र,
ब. मकान कितने महत्व का है, और
स. नींव की मिट्टी कितनी दृढ़ है।

इन तथ्यों का संयोजन (combination) यह निर्धारित करेगा कि मकान के उपयुक्त भूकम्पीय सुदृढ़ीकरण (strengthening) की सीमा क्या होगी?

3.2.1. भूकम्पीय क्षेत्र
Seismic Zones

अधिकतर देशों में भूकम्पीय क्षेत्र का बृहद् (macro) स्तर पर निर्धारण, क्षेत्र की भूकम्पीय तीव्रता स्केल पर आधारित रहता है। इस मार्गदर्शिका में हम एम.एस.के. (MSK) तीव्रता स्केल के संदर्भ से भूकम्पीय क्षेत्र का उल्लेख करते हैं। (एम.एस.के. तीव्रता स्केल का विवरण परिशिष्ट-1 में दिया गया है) :

क्षेत्र A बहुव्यापी विध्वंस और नाश का खतरा (एम.एस.के. IX के स्केल का या उससे अधिक)

क्षेत्र B विध्वंस और भारी क्षति का खतरा (एम.एस.के. VIII के स्केल का सम्भावनीय)

क्षेत्र C क्षति का खतरा (अधिकतम एम.एस.के. VII के स्केल का)

क्षेत्र D मामूली क्षति का खतरा (अधिकतम एम.एस.के. VI के स्केल का)

क्षेत्र A में सबसे अधिक विशेष भूकम्पीय सुदृढ़ीकरण होना चाहिए, बचत की दृष्टि से क्षेत्र C में इसे कम किया जा सकता है, क्षेत्र D में विशेष सुदृढ़ीकरण की अपेक्षाकृत आवश्यकता कम होगी। तथापित उपरोक्त पैरा 3.1 में दिये गये सिद्धान्त न केवल भूकम्प के सन्दर्भ में बल्कि अन्यथा भी सामान्यतः उचित सिद्धान्त हैं, इसलिये इनका हमेशा अनुपालन करना चाहिए।

3.2.2. मकान का महत्व
Importance of Building

मकानों कें सुदृढ़ीकरण प्रयोजनार्थ वर्गीकरण हेतु मकान के महत्व से संबधित एक गुणांक होना चाहिए।
विशिष्ट रूप से महत्व की इमारतें आगे बताई गई हैः-

महत्वपूर्ण - अस्पताल, क्लिनिक, संचार भवन, अग्निशमन व पुलिस स्टेशन, जल प्रदाय सुविधाएं, सिनेमा थियेटर, सभागृह, स्कूल, शयनशालाएं (dormitories), सांस्कृतिक निधियाँ- जैसे म्यूजियम, स्मारक, मन्दिर इत्यादि।

सामान्य - आवास गृह, छात्रावास, कार्यालय, गोदाम, फैक्ट्री इत्यादि।

3.2.3. नींव की मिट्टी की वहन क्षमता
Bearing Capacity of Foundation Soils

यहाँ मिट्टी के तीन प्रकारों पर विचार किया गया है :-

सख्त (firm) सख्त मिट्टी में 10 टन प्रति वर्ग मीटर से अधिक भार वहन स्वीकार्य करने की क्षमता हो।

नरम (soft) जिस मिट्टी में 10 टन प्रति वर्ग मीटर या उससे कम भार वहन स्वीकार्य करने की क्षमता हो।

कमजोर (weak) जिस मिट्टी का भूकम्प के दौरान प्रचुर असमान धंसाव या द्रवीकरण (large differential settlement or liquefaction) की सम्भावना हो।

सख्त और नरम भूमि पर मकान बनाये जा सकतें हैं परन्तु उन्हें कमजोर भूमि पर बनाना खतरनाक होगा। इसलिये यह आवश्यक है कि मिट्टी की उपयुक्त जाँच की जाए ताकि यह जाना जा सके कि उसका प्रकार कैसा है और उसकी स्वीकार्य भार वहन क्षमता (allowable bearing capacity) क्या है। कमजोर मिट्टी से या तो दूर रहना चाहिए या उसे उन्नत करने के लिये सुसंहत (compacted) करना चाहिए ताकि वे सख्त या नरम मिट्टी के गुण पा सके।

3.2.4. विभिन्न तथ्यों का मेल संयोजन
Combination of Parameters

तालिका 3.1 में भूकम्पीय सुदृढ़ीकरण के उद्देश्य से मकानों के वर्गो की परिभाषा I से IV तक दी गयी है। इनमें वर्ग-I में सबसे अधिक सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता होगी और वर्ग-IV में सब से कम सुधार की। तथापि योजना रूपरेखा के सामान्य सिद्धान्त सभी वर्गों पर समान रूप से लागू होंगें।

3.3 योजना और रूपरेखा के सामान्य सिद्धान्त
General Planning and Design Aspects

3.3.1. मकान की योजना
Plan of Buildings

अ) समरूपता (Symmetry)
समग्र रूप से मकान को या उसके विभिन्न खण्डों को दोनों अक्षो (axis) पर समरूप रखना चाहिए। यदि मकान समरूप नहीं होगा तो भूकम्प के दौरान मरोड़ (torsion) आ जायेगा जो खतरनाक होगा, देखें

तालिका 3.1
सुदृढ़ीकरण प्रयोजनार्थ मकानों का वर्गीकरण
Categories of Buildings for Strengthening Purposes

वर्ग (Category)	वर्ग के लिये दशाओं का संयोजन (Combination of condition for the category)
I	क्षेत्र-A में नरम मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान
II	क्षेत्र-A में सख्त मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान क्षेत्र-B में नरम मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान क्षेत्र- A में सख्त मिट्टी पर सामान्य मकान
III	क्षेत्र- B में सख्त मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान क्षेत्र-C में नरम मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान क्षेत्र- A में सख्त मिट्टी पर सामान्य मकान क्षेत्र- B में नरम मिट्टी पर सामान्य मकान
IV	क्षेत्र- C में सख्त मिट्टी पर महत्वपूर्ण मकान क्षेत्र- B में सख्त मिट्टी पर सामान्य मकान क्षेत्र- C में सख्त मिट्टी पर सामान्य मकान क्षेत्र- C में नरम मिट्टी पर सामान्य मकान

टिप्पणी :

1. भूकम्पीय क्षेत्र- A, B और C और महत्वपूर्ण मकान की परिभाषा पैरा 3.2 में दी गयी है।
2. सख्त मिट्टी से तात्पर्य है जिसमें 10 टन प्रतिवर्ग मीटर से अधिक भार वहन करने की सामर्थ्य हो और नरम मिट्टी वह है जो 10 टन प्रति वर्ग मीटर से कम भार में सुरक्षित रहे।
3. कमजोर मिट्टी वह है जिसका भूकम्प के दौरान कम्पन से सुसंहत (compaction) या द्रवीकरण (lique-faction) हो सकती है, जिसका विवरण यहाँ नहीं दिया गया है।

चित्र-3.1। जहाँ तक संभव हो दरवाजों और खिड़कियों का स्थान और माप निर्धारित करते समय समरूपता का ध्यान रखना वांछनीय होगा।

ब) निरन्तरता (Regularity)

भूकम्प के दौरान सरल आयताकार आकार चित्र-3.2(अ) के मकान का आचरण ऐसे मकान से बेहतर होता है जिसमें कई बाहर निकले हुए भाग (projections) हो, देखें चित्र-3.2.(ब)। धरती की गति के मरोड़ प्रभाव (torsion effects) लम्बे और सकरे आयताकार खण्डों में अधिक घातक होते हैं। इसलिये यह आवश्यक है कि एक खण्ड की लम्बाई उसकी चौड़ाई से तीन गुना तक सीमित रखी जाए। यदि अधिक लम्बाई के मकान की जरूरत हो तो दो पृथक खण्ड बनाने चाहिए जिनके बीच पर्याप्त दूरी का प्रावधान हो, देखें चित्र-3.2(स)।

स) खण्डों के बीच की दूरी (Separation of Blocks)

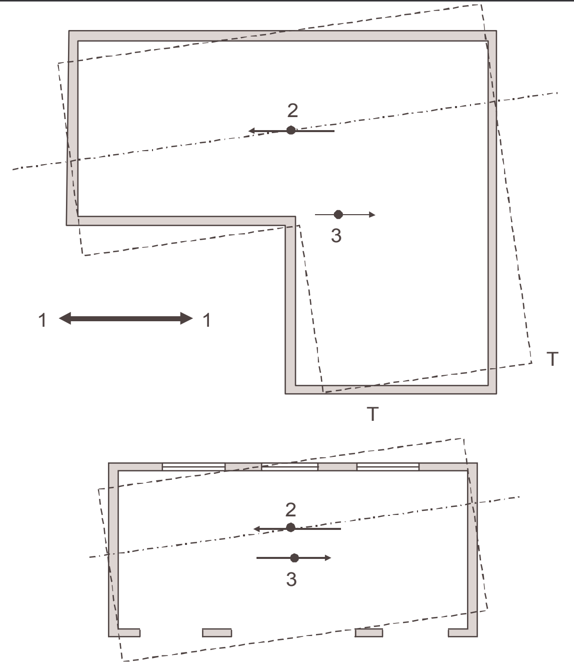
मकान यदि बड़ा हो तो उसे कई खण्डों में विभाजित करना आवश्यक होगा ताकि प्रत्येक खण्ड में समरूपता और निरन्तरता रखी जा सके। प्रहार और टक्कर (hammering and pounding) की क्षति से बचने के लिये मकान को कुर्सी स्तर से ऊपर खण्डों के बीच निरन्तर 3 या 4 से.मी. की दूरी, तीन मंजिल तक की ऊँचाई के मकानों के लिये पर्याप्त और व्यवहारिक होगा, देखें चित्र-3.2(स)।

विभाजन खण्डों को (separation section) प्रसार जोड़ (expansion joints) के समान ही बनाया जा सकता है या फिर इसे कमजोर सामग्री से भरा या ढका जा सकता है जो भूकम्प के दौरान आसानी से दल सके और टुकड़े - टुकड़े हो (crush and crumbled) सके। ऐसे खण्डों में विभाजन का विचार केवल बड़े मकानों में ही किया जा सकता है, क्योंकि छोटे मकानों में यह सुविधाजनक नहीं होगा।

द) - सादगी (Simplicity)

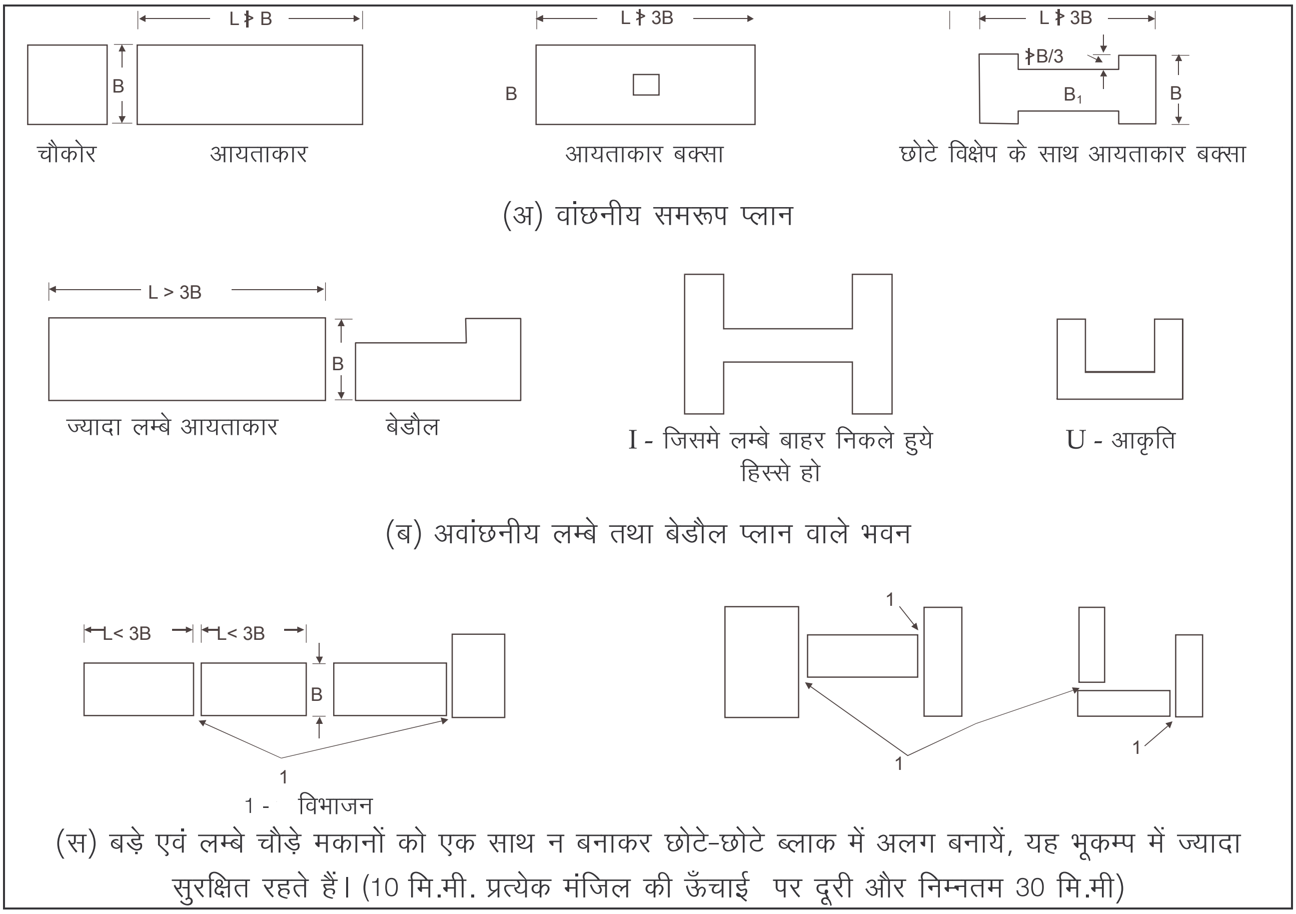
मकान को अलंकृत करना जिसमें बड़े कोर्निसें, ऊर्ध्वाधर या क्षैतिज केंटिलीवर से बाहर निकले हुए भाग, अग्रभाग के पत्थर (facia stones) इत्यादि शामिल होंगे, भूकम्पीय सन्दर्भ में खतरनाक और अवांछनीय हैं। सादगी सर्वोत्तम तरीका है।

यदि अंलकरण जरूरी हो तो उन भागों को सरियें से प्रबलित करना चाहिए और उन्हे यथोचित रूप से



1. भूकम्पीय बल 2. दृढ़ता (stiffness) का केन्द्र बिन्दु अथवा अवरोधक बल 3. गुरूत्व केन्द्र अथवा लगने वाला जड़त्व बल T - मुड़ा हुआ मकान

चित्र - 3.1 - बैडोल प्लान वाले मकान में मरोड़ (torsion)



चित्र - 3.2 - विभिन्न प्रकार के मकानों की प्लानिंग (योजना)

मकान की मूल संरचना में अन्तः स्थापित (embeded) करना चाहिए या सम्बद्ध करना चाहिए।

टिप्पणी - यदि अलंकृत किया जाय तो मूल संरचना में उपयोग में लाए गये भूकम्पीय गुणांक (coefficient) से 5 गुणा भूकम्पीय गुणांक केन्टिलीवर या अलंकरण रूपरेखा में उपयोग में लाना चाहिए।

य) - घिरा हुआ क्षेत्र (Enclosed Area)

दीवारें आपस में यथोचित रूप से सम्बद्ध हों तो एक छोटा इमारती अहाता एक दृढ़ सन्दूक (rigid box) के समान आचरण करेगा, क्योंकि जैसे दीवारों की लम्बाई कम होती है, लम्बी दीवारों की अनुप्रस्थ दीवारों से प्राप्त भूकम्पीय शक्ति बढ़ती जाती है।

इसलिये संरचनात्मक दृष्टि से यह उचित होगा कि एक लम्बे कमरे की अपेक्षा अलग-अलग छोटे परिबद्ध कमरे हों, (देखें चित्र-3.3)। 1:6 अनुपात या उससे बेहतर सीमेण्ट और रेत के मसाले के लिये, बिना चौखट की दीवार जिसकी चौड़ाई 't' और अन्तराल (spacing) 'a' हो $a/t = 40$ का अधिकतम अनुपात होना चाहिए। इससे कमजोर मसाले के लिये यह अनुपात इससे कम होना चाहिए। यदि पैनल बड़ी हो या दीवारें पतली हो तो दीवारों को चौखट (frame) में जड़ना चाहिए, जैसा चित्र-3.3(स) में बताया गया है।

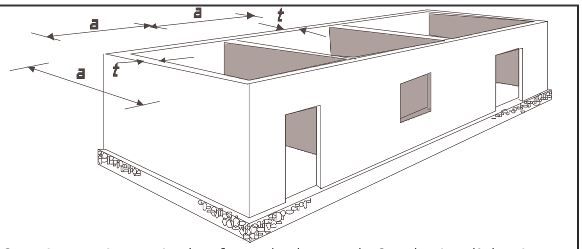
र)- भिन्न भिन्न प्रयोजन के लिये अलग-अलग मकान (separate buildings for different functions) अस्पताल, स्कूल, सभागृह, आवास गृह, संचार भवन, सुरक्षा भवन इत्यादि के महत्व के अन्तर को देखते हुए सुदृढ़ीकरण कार्य में बचत हो सके इसलिये भिन्न-भिन्न प्रयोजनों के लिए पृथक कमरे होने चाहिए।

3.3.2. स्थल का चयन
Choice of Site

भूकम्पीय दृष्टि से मकान के स्थल का चयन मुख्यतः स्थानीय जमीन की स्थिरता (stability) से सम्बन्धित है। निम्न बिन्दु महत्वपूर्ण हैः-

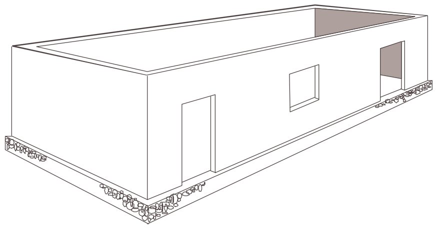
अ)- ढाल की स्थिरता (Stability of Slope)

पहाड़ियों के किनारों की ढाल के फिसलने की सम्भावना रहती है, इसलिये इन से बचना चाहिए, केवल स्थिर (stability) ढाल को ही मकान के लिये चयन करना चाहिए। भिन्न-भिन्न ऊँचाई पर अर्थात असमतल स्थानों पर नींव आधार (footing) बनाकर

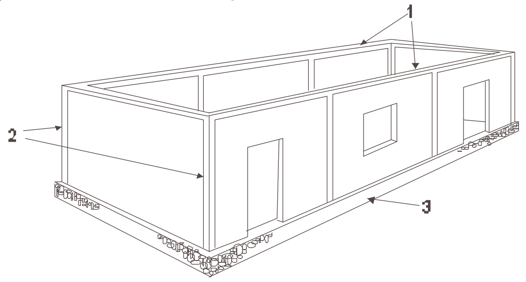


टिप्पणी - दीवार की मोटाई 't' हो तो 'a' जो कि दो दीवारों के बीच की दूरी है, तब a/t का अनुपात 40 से ज्यादा नहीं होना चाहिए, अन्यथा नीचे 'स' चित्र में दिये अनुसार चौखट पर निर्माण किया जाए।

(अ) कई आड़ी दीवारें छोटे-छोटे बक्से जैसे कमरे भूकम्प में ज्यादा सुरक्षित एवं मजबूत।



(ब) कोई अनुप्रस्थ दीवार नहीं, बड़ा बक्सा जैसा कमरा, भूकम्प में कमजोर और असुरक्षित।



(स) चौखटें अवयवों वाली दीवारें (प्रायः प्रबलित कंक्रीट से निर्मित)

1 कॉलर बीम (Collar beam)

2 स्तंभ या पुस्ते (Column or buttress)

3 नींव (Foundation)

चित्र - 3.3 - चारों ओर से दीवारों से बन्द क्षेत्र जिससे एक बाक्स जैसी चौकोर इकाई बनती हों।

एक बहुत बड़ा ब्लाक (इमारत खण्ड) बनाने की अपेक्षा यह बेहतर होगा कि सीढ़ीदार एवं समतल जगहों पर छोटे-छोटे, अलग-अलग ब्लाक (इमारत ब्लाक) बनाये जाए। वह स्थान जहाँ पत्थर गिरने की संभावना हो उससे दूर रहना चाहिए।

ब) - बहुत ढीली पोली रेती या संवेदनशील मिट्टी (Very Loose Sands or Sensitive Clays)

इन दो प्रकार की मिट्टियों में भूकम्प के कारण इतना क्षय हो सकता है कि वे अपनी मूल संरचना (structure) को छोड़ संहत (compaction) हो सकती हैं। इसके फलस्वरूप उनमें असमान धंसान होगी (unequal setlements) और मकान को क्षति पहुंचेगी। यदि ढीली और बिना चिकनाई वाली (रेतीली) मिट्टी पानी से संतृप्त हो जाए तो वह हिलाये जाने पर अपना अपरूपण प्रतिरोध (shear resistance) पूर्ण रूप से खो सकती है और द्रवीकरण (liquefaction) हो सकता है।

यद्यपि ऐसी मिट्टी को सुसंहत (compacted) किया जा सकता है, किन्तु छोटे मकानों के लिये ऐसा करना बहुत महंगा होगा और इसलिये ऐसी मिट्टी से बचना चाहिए। बड़ी जटिल इमारतें जैसे आवासीय विकास योजनाएं, नये नगरों, इत्यादि में इस पहलू की पूर्णतः जाँच कर उपयुक्त कार्यवाही करनी चाहिए।

इसलिये ऐसे स्थल का चयन करना चाहिए जिसमें पर्याप्त वहन क्षमता (bearing capacity) हो और उपरोक्त दोषों से मुक्त हो। उसकी जल निष्कासन स्थिति का सुधार करना चाहिए ताकि पानी एकत्र न हो और नींव के स्तर पर जमीन को संतृप्त न करे।

3.3.3. संरचनात्मक रूप रेखा
Structural Design

तन्यता (ductility) (जिसकी व्याख्या खण्ड 3.6 में की गई है) अच्छे भूकम्पीय प्रदर्शन के लिये अति वांछनीय गुण है। अन्यथा जैसा कि अध्याय-4 और 5 में बताया गया है, मकान के अति संवेदनशील खण्डों (critical sections) में लोहे के प्रबलित सरिये लगाकर भंगुर चिनाई में कुछ सीमा तक तन्यता का समावेश किया जा सकता है।

3.3.4. अग्नि प्रतिरोध
Fire Resistance

भूकम्प के दौरान यह असमान्य नहीं है कि बिजली के फिटिंग के एकाएक टूटने से शार्ट सर्किटिंग हो जाता है, या गैस पाइप से गैस रिसने लगती है, जिससे आग भी लग सकती है। आग मिट्टी के तेल के दीये से और रसोई की आग से भी लग सकती है। कभी कभी तो आग का खतरा भूकम्प की क्षति से भी अधिक गंभीर हो जाता है। इसलिये यह बेहतर होगा कि मकान अग्नि प्रतिरोधी सामग्री से बनाये जाए।

3.4 संरचनात्मक चौखटें
Structural Framing

मूलतः दो प्रकार के संरचनात्मक चौखटें, गुरुत्व भार व भूकम्पीय भार का सामना कर सकने मे सक्षम हैं, ये हैं भारवाही दीवार का निर्माण और चौखट निर्माण। चौखट निर्माण में निम्न प्रकार हो सकते हैं।

अ) - हल्के चौखटों के घटक जिनमें तिरछी पट्टी (diagonal bracing) हो जैसे लकड़ी की चौखट (देखें अध्याय-६) या भराव की दीवारें (infill walls) जो पार्श्विक (lateral) भार प्रतिरोधी हों, देखें चित्र-3.3(स), या

ब) - पर्याप्त दृढ़ जुड़ी बीम (beams) और स्तंभ (column) जिनमें स्वयं पार्श्विक भार (lateral load) वहन करने का सामर्थ्य हो।

उपरोक्त (ब) पर उल्लेखित चौखट की विस्तृत स्तंभ रहित जगह जैसे सभागृह इत्यादि में आवश्यकता होगी।

भारवाही दीवारों की तुलना में चौखट निर्माण का उपयोग अधिकतर बहुमंजली मकानों में किया जा सकता है। उपयुक्त रूपरेखा का चयन कर चौखट निर्माण द्वारा मजबूती और तन्यता का बेहतर नियंत्रण किया जा सकता है। खुले हिस्से (जैसे दरवाजे, खिड़की इत्यादि) की संख्या और विस्तार का चौखट निर्माण की मजबूती पर प्रभाव नहीं होता है। इस प्रकार के चौखट निर्माण इंजीनियरी निर्माण (engineering constructions) की श्रेणी में आते हैं जो इस पुस्तक के क्षेत्र के बाहर हैं।

3.5 संरचनात्मक सुरक्षा की आवश्यकताएं
Requirements of Structural Safety

अध्याय 2 में संरचनात्मक व्यवहार और क्षतिग्रस्त होने की प्रक्रिया (structural action and mechanism failure) पर चर्चा के परिणाम स्वरूप मकानों की संरचनात्मक सुरक्षा की निम्न आवश्यकताएं हैंः-

अ) - मुक्त (बिना किसी सहारे) (free) खड़ी दीवार की ऐसी रूपरेखा करनी चाहिए कि वह एक खड़े केंटिलीवर के रूप में सुरक्षित हो। सुदृढ़ीकृत चिनाई किये बिना क्षेत्र A में इस आवश्यकता को पूरा करना कठिन होगा। इसलिये मकान के भीतर की समस्त विभाजनों का दीवारों के किनारे में और शीर्ष पर कसकर पकड़ होनी चाहिए। श्रेणी-1 और 2 के मकानों में मुँडेर (parapet) को सुदृढ़ीकृत किया जाना चाहिए और उनका मूल संरचनात्मक स्लैब व चौखट से कस कर सम्बद्ध होना चाहिए।

ब) - दीवारों में क्षैतिज (horizontal) प्रबलन आवश्यक है ताकि वे अपने तल के बाहर (out of plane) स्वयं का जड़त्व बल (Inertia load) क्षैतिज दिशा में अपरूपक दीवारों (shear walls) को स्थानान्तरित कर सकें।

स) - दीवारों को प्रभावी ढंग से आपस में सम्बद्ध करना चाहिए ताकि धरती के हिलने पर उनके ऊर्ध्वाधर जोड़ (vertical joints) से अलग न हो सके।

द) - मकान की दोनों अक्षों (या दिशाओं) पर अपरूपण दीवारें (shear walls) होनी चाहिए।

य) - अपरूपण दीवार (shear wall) में अपने स्वयं के और उसको अन्तरित किये गये द्रव्यमान (mass) के कारण क्षैतिज बलों (horizontal forces) का प्रतिरोध करने की क्षमता होनी चाहिए।

र)- छत और फर्श आपस में इस प्रकार सम्बद्ध किये जाए कि वे एक डायफ्राम के समान कार्यशील होने चाहिए।

ल) - कैचियाँ (truss) आधार देने वाली दीवारों पर स्थिर रूप से जुड़ी होनी चाहिए कि वे अपना जड़त्व बल छोर की दीवारों को स्थानान्तरित कर सकें।

विभिन्न प्रकार के मकानों के लिये ऐसे सुरक्षात्मक अपेक्षाओं को प्राप्त करने के लिये जिन बल प्रदाय उपायों की आवश्यकता होगी उनका विवरण अगले अध्यायों में दिया गया है। क्योंकि क्षेत्र D में बहुत कम भूकम्पीय गतिविधियाँ होती हैं और वहाँ भूकम्पीय दृष्टि से विशेष बल प्रदायी उपायों की आवश्यकता नहीं है अतः केवल अच्छी गुणवत्ता की निर्माण प्रणाली पर ध्यान देना होगा। इसलिये आगे दी गयी संस्तुतियाँ क्षेत्र A, B और C के लिये अभिप्रेरित है। इस उद्देश्य से तालिका 3.1 में विभिन्न स्थितियों में निर्माण पद्धतियों के वर्गीकरण (categories) को परिभाषित किया है।

3.6 तन्यता, विकृति एवं क्षति सहने की क्षमता की अवधारणा
Concept of Ductility, Deformability and Damageability

भूकम्प प्रतिरोधी रूपरेखा के वांछनीय गुण में शामिल हैं तन्यता, विकृत होना एवं क्षति सहने की क्षमता। तन्यता और विकृति की क्षमता आपस में सम्बन्धित धारणाएं हैं जो संरचना के ढहे बिना भारी विकृति सहन करने की क्षमता की सूचक है। क्षति सहने की क्षमता से तात्पर्य है संरचना का आंशिक या पूर्णतः ढहे बिना भारी क्षति सहने की क्षमता। यह वांछनीय है, क्योंकि इसका अर्थ है संरचनाएं और अधिक क्षति सहन कर सकती है और इससे विकृति (deformation) का निरीक्षण करने का अवसर मिलता है और मकान के ढहने के पूर्व मरम्मत कर सकते हैं या मकान खाली कर सकते हैं। इस प्रकार पहले ही चेतावनी मिल जाती है और जनहानि से बचा जा सकता है।

3.6.1 तन्यता
Ductility

चरम विस्थापन (ultimate displacement) या ढह जाने के ठीक पूर्व का विस्थापन और प्रारम्भिक प्रथम क्षति या झुकाव के विस्थापन का अनुपात औपचारिक रूप से 'तन्यता' का सूचक है। कुछ पदार्थ स्वभावतः तन्य होते हैं, जैसे स्टील, राट आयरन, लकड़ी इत्यादि। जो पदार्थ तन्य नहीं होते हैं, उन्हें भंगुर कहते हैं, जैसे कास्ट आयरन, सादी चिनाई, कच्ची ईंट या कंक्रीट। ये बिना पूर्व सूचना के एकाएक टूट जाते हैं। सामान्यतः भंगुर पदार्थों में थोड़ा तन्य पदार्थों का संयोजन कर उन्हें भी तन्य बनाया जा सकता है जैसे कच्ची ईंट के निर्माण में लकड़ी के अवयव लगा कर, सादी चिनाई या कंक्रीट निर्माण को प्रबलित करके।

ये तन्य पदार्थ मकान के किसी अवयव (component) के समग्र आचरण में तन्यता ला सके इसलिये इन्हें सन्तुलित ढंग से ऐसे स्थान पर रखना चाहिए कि उनमें तनाव की स्थिति (tension) पैदा हो सके और वे झुकने की स्थिति में (subject to yielding) हो। अतः उचित भूकम्प प्रतिरोधी रूपरेखा हेतु यह आवश्यक है कि तनाव प्रतिबल (tensile stress) के स्थानों पर पर्याप्त तन्य पदार्थ हों।

3.6.2 विकृत होने की क्षमता
Deformability

'विकृत' होने की क्षमता (deformability) इतना औपचारिक परिभाषिक शब्द नहीं हैं। इसका अर्थ है किसी संरचना में ढहे बिना काफी विस्थापन या विकृत (displace and deform) होने की क्षमता। विकृत होने की क्षमता अर्जित करने के लिये आवश्यक है कि स्वभावतः तन्य पदार्थों और घटकों के उपयोग के अतिरिक्त उन्हें सन्तुलित, नियमित और उपयुक्त प्रकार से सम्बद्ध किया जाए ताकि प्रतिबल (stress) के अतिशय केन्द्रीकरण (excessive concentration) से बचा जा सके और बल के एक अवयव से दूसरे अवयव पर भेजने (सन्चारित करने) की सामर्थ्य भारी विकृत के बावजूद भी बनी रहे।

'तन्यता' शब्द का उपयोग पदार्थ और संरचनाओं दोनों के लिये किया जाता हैं, जबकि शब्द 'विकृति' की क्षमता केवल संरचनाओं को लागू होते हैं।

संरचनात्मक अवयव जैसे बीम और दीवार में तन्य सामग्री पर्याप्त मात्रा में होने पर भी संरचनात्मक विकृति की क्षमता प्राप्त करने के लिये यह आवश्यक है कि ज्यामितिय (geometrical) व भौतिकीय (material) अस्थिरता (instability) से बचा जाए। अर्थात मकानों के विभिन्न का आकार अनुपात (aspect ratios) उचित होना चाहिए। इसका अर्थ है उनकी ऊँचाई बहुत ज्यादा नहीं होनी चाहिए और वे प्रतिरोधी अवयवों से उपयुक्त ढंग से सम्बधित होने चाहिए। उदाहरणार्थ, चिनाई की दीवार, फर्श, छत और अपरूपण दीवारों (shear walls) से उपयुक्त ढंग से जुड़ी होनी चाहिए। आपस में उनका ठीक से सम्बद्ध होना चाहिए। जैसे बीम का अपनी सीट से सकारात्मक रूप से सम्बद्ध हो ताकि मामूली विकृति होने पर वह स्तंभों से नीचे न गिर जाए। इससे यह सुनिश्चित किया जा सकेगा कि भारी विरूपण और गतिकीय गति (dynamic motion) के बावजूद भी मकान ढहे नहीं।

3.6.3 क्षति सहन करने की क्षमता
Damageability

क्षति सहन करने की क्षमता भी निर्माण कार्य में एक वांछनीय गुण है और इसका अर्थ है कि संरचना आंशिक रूप से या पूर्णतः ढहे बिना काफी क्षति सह सके।

क्षति सहने की उत्तम क्षमता की कुंजी है - अतिरिक्तता (अधिक होना) (redundancy) या मुख्य संरचनात्मक घटकों जैसे रिज बीम (ridge beam) हेतु अनेक आधारों का प्रावधान और मकान के अत्यधिक विशाल भागों में केन्द्रीय स्तंभों से या दीवारों से बचना। उत्तम क्षति सहन करने की क्षमता की दृष्टि से यह प्रश्न पूछना सार्थक है, यदि यह बीम, स्तंभ, दीवार, संयोजन, नींव इत्यादि विफल होतें हैं तो इसका नतीजा क्या होगा? नतीजा संरचना का पूर्णतः ढह जाना है तो, अतिरिक्त आधार स्तम्भ का प्रावधान करना होगा या वैकल्पिक संरचनात्मक नक्शे का परीक्षण करना होगा या फिर महत्वपूर्ण घटकों या जोड़ के लिये अन्य सुरक्षात्मक उपाय करने होगें।

3.7 विविक्ति की अवधारणा
Concept of Isolation

भूकम्प प्रतिरोधी रूपरेखा की पूर्ववर्ती (foregoing) चर्चा में संरचना में भूकम्प जनित बलों के प्रतिरोध की पारम्परिक प्रणाली को महत्व दिया गया था क्योंकि धरती की गति से ही संरचना पर दबाव आता है। संरचना को धरती की गति से विलग रखने की एक वैकल्पिक प्रणाली वर्तमान में उभर रही है।

इसको कहते हैं 'आधार की विविक्ति' (base isolation)। सामान्य मकानों में 'आधार की विविक्ति', मकान और उसकी नींव के बीच घर्षण गुणांक (coefficient of friction) को कम कर या मकान और नींव के मध्य में लचीला (flexible) संयोजक रख कर अर्जित की जा सकती है।

मकान और उसकी नींव के बीच घर्षण गुणांक कम करने की सुझाई गयी एक तकनीक है कि मकान और नींव के बीच अच्छी गुणवत्ता के लिए प्लास्टिक की दो परतें रख दी जाए ताकि प्लास्टिक की परतें एक-दूसरे के ऊपर फिसल सकें।

मकान और उसकी नींव के बीच लचीला संयोजन स्थायी रूप से रखना कठिन है। कई पीढ़ियों से उपयोग में लाई जा रही एक तकनीक है, मकान को छोटे स्तंभों के ऊपर बनाना जो स्वयं बड़े पत्थरों पर टिके हों। इससे भूकम्पीय गति के अधीन भी स्तंभ शीर्ष पर और नीचे प्रभावी ढंग से पिन नुमा (pin connected) जुड़े होते है और संरचना थोड़ी बहुत इधर-उधर झूल सकती हैं। इसका एक लाभ यह है कि पार्श्विक बल (lateral forces) काफी मात्रा में कम हो जाते हैं और मकान को प्रभावी रूप से गति के उच्च विस्तार और आवृत्ति की उच्च गति (high amplitude and high frequency motion) से विलग रखा जा सकता है। दुर्भाग्यवश इस पिन-संयोजन तकनीक का पारम्परिक उपयोग कभी -कभी होने वाले अत्यधिक विस्थापन के लिये उपयुक्त नहीं होता है। ऐसा बहुत अधिक तीव्रता के विरले (rare) भूकम्प के समय या असाधारण रूप से अत्यधिक कम आवृति की धरती की गति (large low frequency ground motion) के कारण होता है, जब पार्श्विक विस्थापन ऐसी अधिक सीमा पर पहुँच जाता है कि मकान ढहता ही है। इस समस्या का एक समाधान यह है कि स्तंभों के शीर्ष के थोड़े नीचे स्तर पर मकान की कुर्सी का प्रावधान किया जाए, जिससे स्तम्भों के बहुत दूर झूलने पर भी संरचना केवल एक से.मी. के लगभग नीचे गिरेगी।

3.8 नींवें
Foundations

वास्तविक रूप से भूकम्प प्रतिरोधी मकान बनाने के लिये यह आवश्यक है कि हम उपयुक्त प्रकार की नींव का चयन करें। कम ऊँचाई के सामान्य मकानों का भार कम होगा इसलिये अपेक्षित भारवाही क्षेत्रफल का प्रावधान करने में सामान्यतः कोई कठिनाई नहीं होगी। ठण्डे क्षेत्र में नींव के पाये की गहराई अति ठण्डे हिमीकरण क्षेत्र से नीचे होनी चाहिए और भूमि यदि मिट्टी की है तो इनकी गहराई संकुचन दरारों (shrinkage cracks) के स्तर के नीचे होनी चाहिए। भूकम्पीय दृष्टि से नींव का आधार चयन करने हेतु हमें मिट्टी के सख्त और नरम वर्गों पर विचार करना चाहिए, (देखिये पैरा 3.2.3)। जब तक कमजोर मिट्टी संहनन (compaction) कर सख्त या नरम स्थिति में न लाई गई हो, उसका बहिष्कार करना चाहिए।

3.8.1 सख्त मिट्टी
Firm Soil

मिट्टी सख्त होने पर किसी भी प्रकार की नींव का आधार (individual or strip type) उपयोग में लाया जा सकता है। इसका चूने अथवा सीमेण्ट कंक्रीट का मजबूत तल होना चाहिए जिसकी चौड़ाई आवश्यकतानुसार हो। इसके ऊपर नींव के पाये (footings) का निर्माण किया जा सकता है। यह वांछनीय होगा कि क्षेत्र A में सुदृढ़ीकृत कंक्रीट के प्रत्येक नींव पायों के स्तंभों (column footing) को जोड़ा जाए जो समकोण पर प्रतिच्छेद (intersect) करें।

3.8.2 नरम मिट्टी
Soft Soil

नरम मिट्टी के क्षेत्र में यह वांछनीय होगा कि समस्त दीवारों में कुर्सी तल पर पट्टिका (plinth band) का उपयोग किया जाए और जैसा कि पूर्ववर्ती पैरा में बताया गया है। जहाँ आवश्यक हो स्तंभों के आधार नींव (column footing) को कुर्सी बीम (plinth beam) द्वारा जोड़ा जाए। यहाँ यह उल्लेख किया जा सकता है कि भूकम्पीय दृष्टि से अनवरत प्रबलित कंक्रीट नींवों के पाये (continous reinforced concrete footings) बहुत प्रभावी होते हैं, साथ ही सामान्य ऊर्ध्वाधर भार (vertical loads) से उत्पन्न असमान धंसाव (differential settlement) से भी इस नींव के द्वारा बचा जा सकता हैं। कुर्सी तल पर पट्टिका (plinth band) व अनवरत प्रबलित कंक्रीट नीवों के पायों का विवरण क्रमशः अध्याय-4 और 9 में दिया गया है।

सामान्यतः समस्त दीवारों के नीचे इनका अनवरत प्रावधान किया जाना चाहिए। अनवरत आधार नींव के पायों (continuous footing) का शीर्ष और नीचे के अग्रभाग पर सुदृढ़ीकरण किया जाना चाहिए। आधार नींव की चौड़ाई इतनी हो कि सम्पर्क दबाव (contact pressure) एक समान हो। आधार नींव को इतना गहरा होना चाहिए कि वे मौसम के प्रभाव (अपक्षयण) (weathering) के निम्नतम् स्तर से नीचे हो।

■■■