शोध पत्र / Research Paper

चंडीगढ़ (उत्तरी भारत) क्षेत्र में इमारतों की त्वरित दृश्य जांच और भूकंप भेद्यता आकलन

Rapid Visual Screening and Earthquake Vulnerability Assessment of Buildings in Chandigarh (Northern India) Region

पूनम[1], अनिल कुमार[1] एवं डॉ. राजेश कुमार[2]

Poonam[1], Anil Kumar[1] and Dr. Rajesh Kumar[2]

[1]Assistant Professor, [2]Professor and Head, Department of Civil Engineering
Chandigarh College of Engineering & Technology (Degree Wing), Chandigarh, India
poonam@ccet.ac.in, anilkumar@ccet.ac.in, rajeshaastha@ccet.ac.in

https://doie.org/10.10427/VP.2025357358

सारांश

भारत के उत्तरी भाग में हिमालय की भ्रंश रेखा के आसपास भारतीय और यूरेशियन प्लेटों की टक्कर के कारण भूकंप का खतरा लगातार बना रहता है। तेजी से बढ़ रहे शहरों के कारण इस क्षेत्र में बड़ी संख्या में नई इमारतों का निर्माण हुआ है । ऐसे में इन भवनों की भूकंप सुरक्षा की जांच जरूरी है, ताकि लोगों की जान बचाई जा सके और आर्थिक नुकसान को कम किया जा सके। इस अध्ययन के तहत चंडीगढ़ क्षेत्र में कुल 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC) भवनों और 120 ईंट से बने भवनों का भूकंप–संबंधी आकलन किया गया। प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों की जांच में पाया गया कि 102 भवन (57.3%) भूकंप की दृष्टि से सुरक्षित नहीं हैं। 40 भवन (22.5%) ऐसे हैं, जिन्हें थोड़े सुधार या मरम्मत के बाद उपयोग के योग्य बनाया जा सकता है । केवल 36 भवन (20.2%) ही पूरी तरह सुरक्षित पाए गए। दूसरी ओर, ईंट से बने 120 भवनों में से 91 भवन (75.8%) भूकंप सुरक्षा की दृष्टि से अनुपयुक्त हैं। 14 भवन (11.7%) ऐसे हैं जिनकी मरम्मत या अस्थायी सुधार की जरूरत है, जबकि सिर्फ 15 भवन (12.5%) पूरी तरह सुरक्षित पाए गए। इस आकलन से स्पष्ट होता है कि अधिकांश भवन भूकंप के प्रति संवेदनशील हैं। इसलिए तुरंत जरूरी कदम उठाकर इन भवनों की मरम्मत, मजबूती–करण, या पुनर्निर्माण करना आवश्यक है ताकि भविष्य में होने वाले भूकंपों से जान–माल की क्षति को रोका जा सके।

ABSTRACT

The risk of earthquakes remains persistent in the northern part of India, particularly around the Himalayan fault line, due to the collision between the Indian and Eurasian plates. The rapid growth of cities has led to the construction of a large number of new buildings in this region. In such a scenario, it is essential to assess the earthquake safety of these buildings to minimize the risk to human lives and economic losses. Under this study, a seismic assessment was conducted on a total of 179 reinforced cement concrete (RCC) buildings and 120 brick buildings in the Chandigarh region. The evaluation of RCC buildings revealed that 102 buildings (57.3%) are not safe from an earthquake perspective. Additionally, 40 buildings (22.5%) require minor improvements or repairs to be considered usable. Only 36 buildings (20.2%) were found to be completely safe. On the other hand, out of the 120 brick buildings assessed, 91 buildings (75.8%) were deemed unsuitable for earthquake safety. Fourteen buildings (11.7%) require repairs or temporary modifications, while only 15 buildings (12.5%) were found to be completely safe. This assessment clearly indicates that most buildings are vulnerable to earthquakes. Therefore, it is crucial to take immediate action by repairing, retrofitting, or reconstructing these buildings to prevent loss of life and property in the event of future earthquakes.

मुख्य शब्द : अभिसरित सीमा, भूकंपीय भेद्यता, भूकंपीय पुनरोद्धार, जोखिम शमन

Keywords: Convergent boundary, seismic vulnerability, seismic retrofitting, risk mitigation

अध्ययन की आवश्यकता

हिमालय का विकास भारतीय और यूरेशियन प्लेटों के टकराव से हुआ है, जिससे चंडीगढ़ क्षेत्र में उच्च भूकंपीय जोखिम बना हुआ है। यह क्षेत्र पहले भी 1897 का शिलांग भूकंप, 1905 का कांगड़ा भूकंप, 1934 का बिहार–नेपाल भूकंप और 1950 का असम भूकंप जैसे बड़े भूकंपों का सामना कर चुका है और भविष्य में भी विनाशकारी भूकंप की संभावना है। हाल के वर्षों में यहां 1991 का चमोली भूकंप, 1999 का उत्तरकाशी भूकंप और 2005 का गोरखा भूकंप जैसे भूकंप भी आए हैं। किसी बड़े भूकंप की स्थिति में, कमजोर भवन संरचनाएं भारी नुकसान का कारण बन सकती हैं। अधिकतर भवन बिना इंजीनियरिंग डिज़ाइन के बने हैं, और भूकंप–प्रतिरोधी निर्माण तकनीकों की जागरूकता की कमी दृष्टिगत होती है। इसलिए, इस क्षेत्र में भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता का आकलन आवश्यक है।

त्वरित दृश्य जांच का परिचय

भारत का 65% क्षेत्र मध्यम से गंभीर भूकंपीय झटकों के खतरे में है, जहां कई घर छोटे भूकंपों में भी क्षतिग्रस्त हो सकते हैं। इसका मुख्य कारण स्व–शैलीगत निर्माण दृष्टिकोण है, जिसमें संरचनात्मक मजबूती की बजाय भवन मालिक की सुविधा को प्राथमिकता दी जाती है, जिससे पिछले भूकंपों में भवनों का प्रदर्शन खराब रहा है। इसलिए, मौजूदा भवनों की भूकंप सुरक्षा और नुकसान की संभावना का आकलन जरूरी हो गया है। भूकंपीय झटकों के प्रति इमारतों की संवेदनशीलता का आकलन चार स्तरों पर किया जा सकता है (राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण, 2020):

- त्वरित दृश्य जांच (RVS) – बिना तकनीकी गणना के दृश्य अवलोकन द्वारा भूकंप जोखिम का त्वरित अनुमान।
- विस्तृत दृश्य अध्ययन – संरचनात्मक और गैर–संरचनात्मक घटकों का विस्तृत निरीक्षण।
- सरलीकृत मात्रात्मक मूल्यांकन – कुछ गणनाओं के साथ जोखिम विश्लेषण।
- विस्तृत मात्रात्मक मूल्यांकन – गहन तकनीकी मूल्यांकन।

इस अध्ययन में भूकंप–पूर्व त्वरित दृश्य जांच (RVS) को चंडीगढ़ और आसपास के क्षेत्र में लागू किया गया है, जो भवन निर्माण सामग्री, निर्माण प्रकार, वास्तुशिल्प विशेषताओं और ढांचे की समस्या के संकेतों का मूल्यांकन करता है। यह विधि भवनों को आगे के विस्तृत मूल्यांकन और पुनरुद्धार के लिए प्राथमिकता देने में मदद करती है ताकि भूकंप सहनशीलता को बढ़ाया जा सके और जोखिम कम किया जा सके।

त्वरित दृश्य जांच (RVS) निम्नलिखित निर्णयों में सहायक हो सकता है:

- भवनों की भूकंप पुनरुद्धार आवश्यकताओं का आकलन।
- आपदा शमन रणनीतियों का विकास।
- भूकंप क्षति और हानि प्रभावों का क्षेत्रीय आकलन।
- भूकंप के बाद भवन सुरक्षा मूल्यांकन की योजना।
- बीमा, संपत्ति हस्तांतरण और पुनर्निर्माण आवश्यकताओं में सहायता।

RVS विधि अपनी दक्षता के कारण महत्वपूर्ण संरचनात्मक स्थितियों की पहचान करने में सहायक होती है और भूकंप शमन में समय व संसाधनों की बचत करती है।

साहित्य समीक्षा

(i) अन्य देशों में त्वरित दृश्य जांच (RVS) का उपयोग

संघीय आपातकालीन प्रबंधन एजेंसी (Federal Emergency Management Agency (FEMA)) के दिशानिर्देश, जैसे FEMA 178 (1992), FEMA 310 (1998), और FEMA 154 (2005, 2015), भूकंपीय जोखिम मूल्यांकन और भवन पुनर्वास पर केंद्रित हैं। संशोधित FEMA 154 हैंडबुक में HAZUS पद्धति आधारित संरचनात्मक जोखिम स्कोर, भंगुरता वक्र (Fragility curve) और नया भूकंप डिजाइन मान शामिल हैं। इस्तांबुल भूकंप मास्टर प्लान, भवन आकलन के लिए तीन चरणों-त्वरित दृश्य मूल्यांकन, पहुंच आधारित मूल्यांकन और विस्तृत गणनात्मक मूल्यांकन का उपयोग करता है। 2007 में संशोधित METU पद्धति, 1999 के डुज़्स भूकंप के आंकड़ों पर आधारित है, जबकि ग्रीस ने फज़ी लॉजिक–आधारित RVS प्रक्रिया विकसित की है, जो भवनों को क्षति श्रेणियों में वर्गीकृत करती है। विभिन्न देशों ने स्थानीय भूकंपीय जोखिम और संरचनात्मक गुणों के अनुसार RVS पद्धतियों में संशोधन कर प्रभावी भूकंप जोखिम आकलन और शमन सुनिश्चित किया है।

(ii) भारत में RVS

भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मुंबई (2004) ने एक भूकंपीय जोखिम स्कोरिंग पद्धति विकसित की, जो FEMA 2002 के अनुसार है और भारतीय परिस्थितियों के लिए अनुकूलित है। यह IS 1893 के अनुसार मिट्टी की स्थिति, भवन प्रकार और भूकंपीय जोखिम को शामिल करता है। इसमें सामान्य भवन प्रकारों के लिए बेस स्कोर दिए गए हैं और क्षति के अनुमान के लिए अतिरिक्त घटक जोड़े गए हैं। IS 13935 (2004) ने भारत में प्रबलित सीमेंट कंक्रीट और ईंट–निर्मित भवनों के लिए एक त्वरित दृश्य जांच (RVS) पद्धति पेश की, जो भवन की सामग्री, निर्माण तकनीक और संरचनात्मक विशेषताओं पर आधारित है, लेकिन इसमें कोई स्कोर नहीं दिया गया है। केवल पहचानी गई कमजोरियों के विस्तृत मूल्यांकन की सिफारिश की गई है। भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, गांधीनगर ने प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC) भवनों के लिए एक त्वरित दृश्य जांच (RVS) पद्धति विकसित की। यह तुर्की की METU विधि और इस्तांबुल भूकंप मास्टर प्लान पर आधारित है और पिछले भूकंपों से हुए नुकसान के सांख्यिकीय विश्लेषण पर निर्भर करती है, खासकर 2001 के भुज भूकंप के बाद। इस अध्ययन के तहत अहमदाबाद और उसके आसपास 6,500 भवनों का सर्वेक्षण किया गया, जिसमें क्षति को G0 (कोई नुकसान नहीं) से G5 (पूरी तरह गिरा हुआ भवन) तक पांच श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया। निर्माण सामग्री एवं प्रौद्योगिकी संवर्धन परिषद्, आवास एवं शहरी मामलात मंत्रालय, भारत सरकार (Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC), Ministry of Housing & Urban Affairs, Government of India) (प्रो. सी. वी. आर. मूर्ति और अन्य) ने भूकंप के अधिक खतरे वाले क्षेत्र के व्यापक सर्वेक्षण के आधार पर भारतीय भवनों के लिए एक भूकंपीय सुरक्षा पद्धति विकसित की। यह भवनों का मूल्यांकन, मिट्टी और स्थल विशेषताओं, वास्तुशिल्प डिजाइन, संरचनात्मक प्रणाली, निर्माण तकनीक और रखरखाव गुणवत्ता के आधार पर करती है। यह भूकंपीय सुरक्षा सूचकांक और प्रदर्शन रेटिंग प्रदान करता है, जो डेल्फी विधि का उपयोग करके संरचनात्मक और गैर–संरचनात्मक कमजोरियों को वर्गीकृत करती है। इसकी स्पष्टता और व्यापकता के कारण इसे NDMA के RVS प्राइमर द्वारा अनुशंसित किया गया है।

नवीनतम शोध कार्य

भूकंपीय जोखिम आकलन में त्वरित दृश्य जांच (RVS) की महत्वपूर्ण भूमिका पर कई अध्ययनों ने जोर दिया है। इस विधि में भवन की बाहरी विशेषताओं, जैसे दरारें, झुकाव और कमजोर संरचनाएं देखकर तेजी से जोखिम का आकलन किया जाता है, ताकि यह पहचाना जा सके कि किन इमारतों को विस्तृत विश्लेषण की जरूरत है। करामि्पिनिस और सहयोगियों (2024) ने मशीन लर्निंग और SHAP व्याख्यात्मकता का उपयोग करके RVS की विशेषताओं का अध्ययन किया, जबकि औंग और अन्य शोधकर्ताओं ने कम ऊंचाई वाली प्रबलित सीमेंट कंक्रीट इमारतों पर तीन अलग–अलग RVS विधियों की तुलना की। पुरुषोत्तमा और सहयोगियों (2023) ने एक विशेष RVS पद्धति की तुलना विस्तृत अरेखीय विश्लेषण से की, जिससे परीक्षण परिणामों की पुष्टि हुई। FEMA (2020) की हैंडबुक में RVS की तकनीकी प्रक्रियाओं और चरण–दर–चरण कार्यविधि का विवरण दिया गया है। कुल मिलाकर, ये अध्ययन दर्शाते हैं कि RVS एक तेज़, प्रारंभिक और किफायती तरीका है, जो भूकंप सुरक्षा निर्णयों में मदद करता है, लेकिन इसके परिणामों को सटीक बनाने के लिए विस्तृत विश्लेषण और उन्नत तकनीकी एकीकरण की आवश्यकता बनी रहती है।

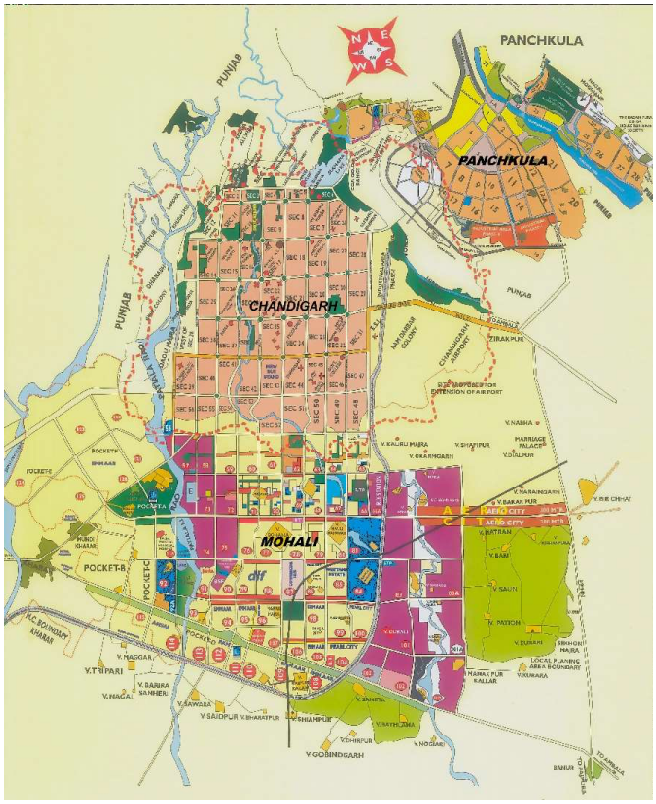
अध्ययन क्षेत्र (ट्राइसिटी चंडीगढ़, मोहाली और पंचकुला)

चंडीगढ़ भारत के प्रमुख शहरों में से एक है और अपने बुनियादी ढांचे, उद्योगों और पर्यटन के लिए प्रसिद्ध है। यह हिमालयी फ्रंटल फॉल्ट के निकट स्थित होने के कारण हमेशा भूकंप के खतरे में रहता है। हिमालय थ्रस्ट प्रणाली, जिसमें मेन सेंट्रल थ्रस्ट (MCT), मेन बाउंड्री थ्रस्ट (MBT) और हिमालय फ्रंटल थ्रस्ट (HFT) शामिल हैं, दुनिया के सबसे भूकंपीय रूप से सक्रिय टेक्टोनिक क्षेत्रों में से एक मानी जाती है। इस क्षेत्र में पहले भी कई बड़े भूकंप आ चुके हैं, जो इस खतरे को साबित करते हैं। चंडीगढ़ की भौगोलिक स्थिति, जो HFT के दक्षिण में हिमालय की तलहटी में स्थित है, इसे भूकंप से गंभीर क्षति के लिए संवेदनशील बनाती है। इसके अलावा, जलोढ़ मिट्टी की परतों के कारण तरंग प्रवर्धन (wave amplification) और मिट्टी के द्रवीकरण (soil liquefaction) जैसे खतरों की संभावना भी बढ़ जाती है। बढ़ते जनसंख्या घनत्व ने भी शहर की भूकंपीय क्षति के प्रति संवेदनशीलता को और अधिक बढ़ा दिया है। इसलिए, साइट–विशिष्ट भूकंपीय खतरे का विश्लेषण और उन इमारतों की पहचान करना आवश्यक है, जो भूकंप के दौरान अधिक नुकसान झेल सकती हैं।

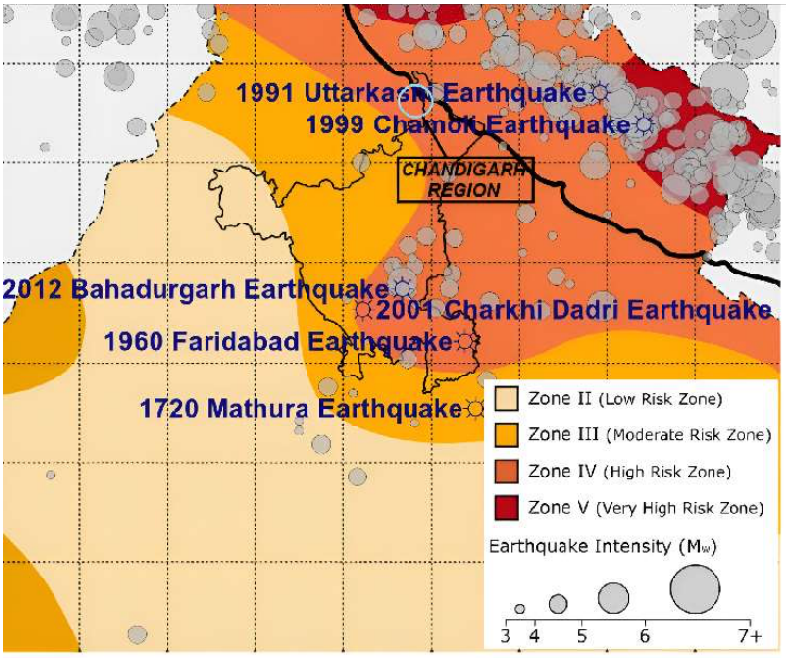
चंडीगढ़ हिमालय की तलहटी में स्थित है और 120 वर्ग किमी क्षेत्र में फैला हुआ है। इसके भौगोलिक निर्देशांक लगभग 30.7333° उत्तर अक्षांश और 76.7794° पूर्व देशांतर पर हैं। यह हरियाणा और पंजाब की सीमा के पास स्थित एक केंद्र शासित प्रदेश है और दोनों राज्यों की संयुक्त राजधानी भी है। यह पंचकुला और मोहाली से सटा हुआ है, जो पंजाब और हरियाणा के प्रमुख शहर हैं (चित्र 1)। IS 1893 भाग–1 (2016) के अनुसार, चंडीगढ़ भूकंपीय क्षेत्र–IV में आता है, जो जोन–V के बाद दूसरा सबसे गंभीर भूकंपीय क्षेत्र है। यह हिमालय थ्रस्ट प्रणाली के साथ स्थित होने के कारण अत्यधिक संवेदनशील माना जाता है। चंडीगढ़ फॉल्ट पर की गई पेलोसीस्मिक जांच से पता चला है कि 15वीं–16वीं शताब्दी के दौरान इस क्षेत्र में दो बड़े भूकंप आए थे। चंडीगढ़ और इसके आसपास के क्षेत्र का भूकंप खतरा (मानचित्र 2) यह दर्शाता है कि शहर भूकंप से होने वाली क्षति के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है।

क्षेत्रीय कार्य

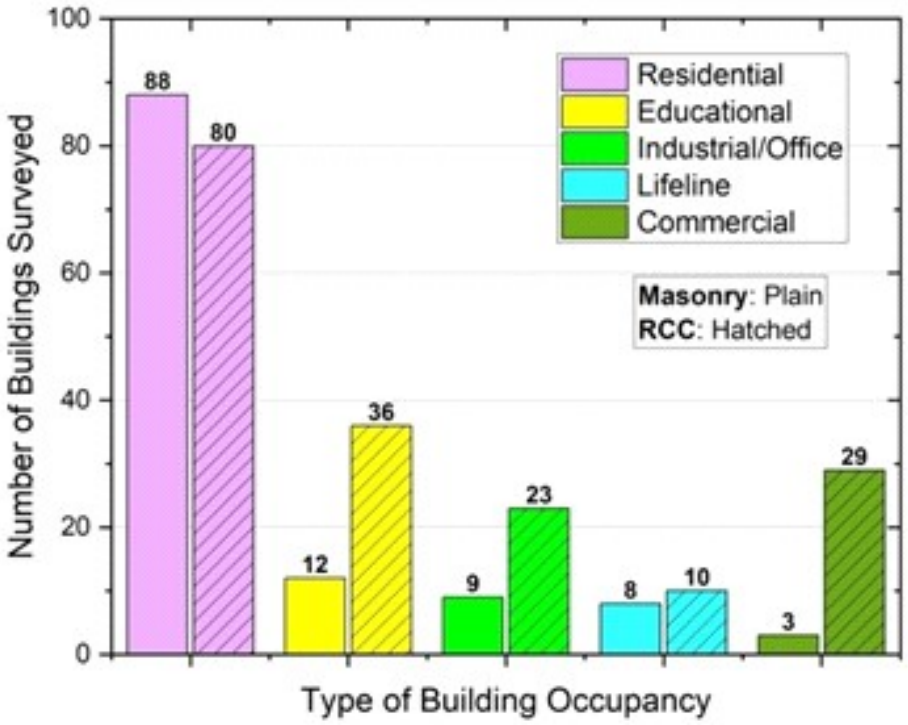
कुल 299 भवनों (179 आरसीसी और 120 ईंट–निर्मित) का छह महीने की अवधि में सर्वेक्षण किया गया। भवन उपयोग के प्रकार और उनकी संबंधित संख्या चित्र 3 में दर्शाई गई है। अधिकांश भवन आवासीय हैं, जिनके बाद शैक्षणिक और वाणिज्यिक भवनों का स्थान है। ईंट–निर्माण में औद्योगिक या वाणिज्यिक भवनों की संख्या कम है। ऐसे कुछ भवनों के चित्र परिशिष्ट–1 में इस शोध पत्र के अंत में चित्र 18 से 23 में दिए गए हैं।



चित्र 1 : ट्राइसिटी का मानचित्र (स्रोत: Pal and Pali [8])



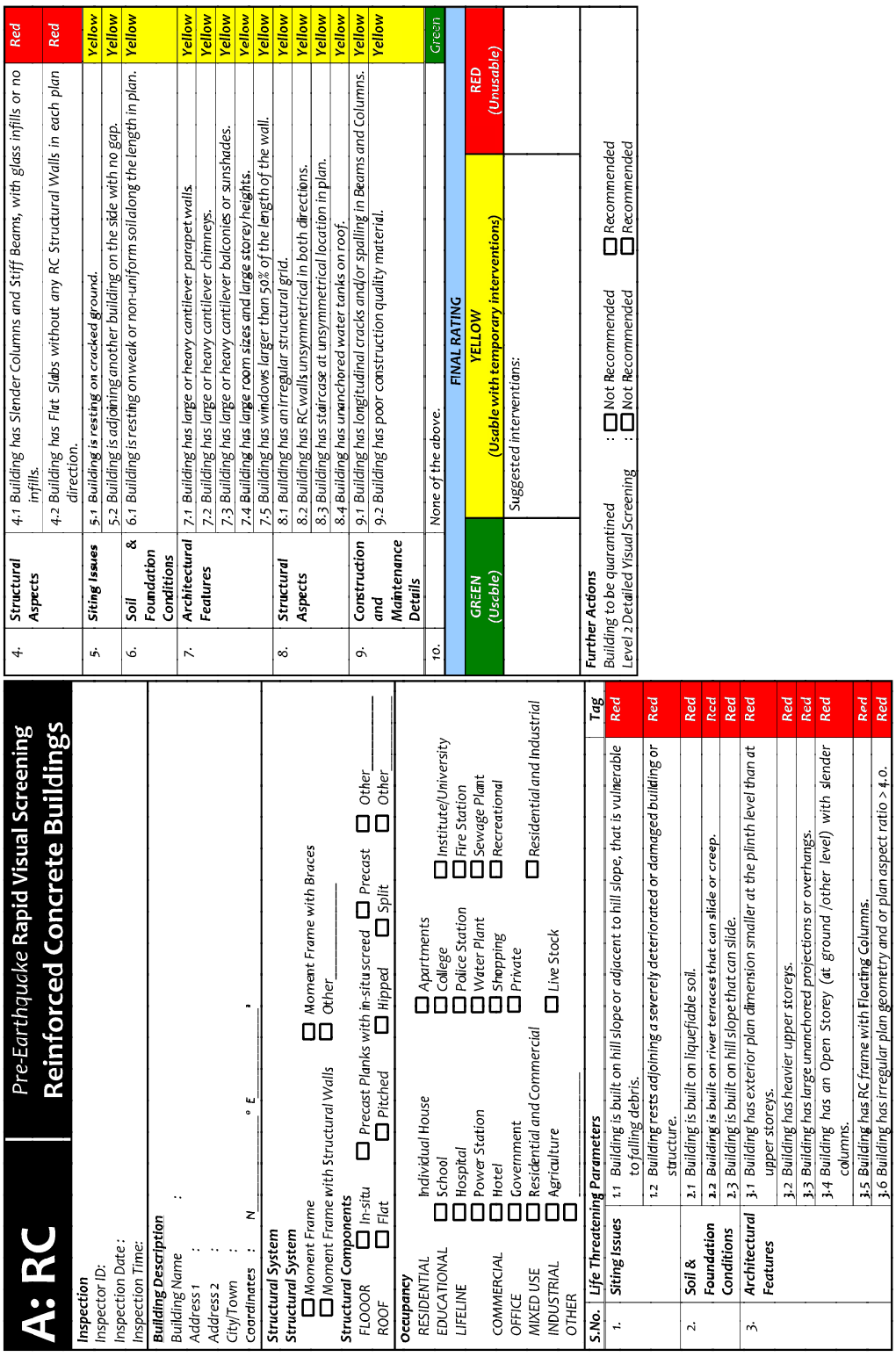
चित्र 2 : क्षेत्र का भूकंपीय खतरा क्षमता (स्रोत : Amateur Seismic Centre [9])



चित्र 3 : सर्वेक्षण किए गए भवनों के प्रकार और संख्या

परिणाम और चर्चा

चित्र 6, 7 और 8 में 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों पर चित्र 4 में वर्णित जीवन के लिए खतरनाक मापदंडों के आधार पर विस्तृत निष्कर्ष प्रस्तुत किए गए हैं। चित्र 6 में 14 भवन सर्पिल नदी के तल (meandering river bed) पर स्थित हैं, 30 में ऊपरी मंजिलें भारी हैं, 20 में बड़े और असुरक्षित प्रक्षेप (unanchored projections) हैं, और 21 में पतले स्तंभों के साथ खुले तल हैं। चित्र 7 में, 12 भवनों में फ्लोटिंग कॉलम, 28 में मजबूत बीम के साथ पतले स्तंभ, 24 फ्लैट स्लैब वाली इमारतें (जिनमें संरचनात्मक दीवारें नहीं हैं और जिन्हें उच्च जोखिम मानकर लाल टैग दिया गया है), 48 भवनों में पास की इमारतों से पर्याप्त अंतर की कमी देखी गयी, और 19 भवनों में भारी पैरापेट दीवारें पाई गई हैं। चित्र 8 में, 30 भवनों में भारी बालकनियां, 63 भवनों में मंजिल की बड़ी ऊंचाई या विशाल कमरे, 69 भवनों में बड़ी खिड़की का खुला हिस्सा (जो दीवार क्षेत्र का 50% से अधिक आच्छादन करते हैं), और 45 भवनों में असुरक्षित पानी की टंकियां हैं। ये सभी संरचनाएं NDMA के दिशानिर्देशों के अनुसार पीले टैग की श्रेणी में आती हैं, और इन भवनों में भूकंपीय सुरक्षा बढ़ाने हेतु संरचनात्मक हस्तक्षेप की आवश्यकता है।



A: RC | *Pre-Earthquake* **Rapid Visual Screening Reinforced Concrete Buildings**

Inspection
Inspector ID:
Inspection Date :
Inspection Time:

Building Description
Building Name :
Address 1 :
Address 2 :
City/Town :
Coordinates : N _____° E _____'

Structural System
Structural System
☐ Moment Frame ☐ Moment Frame with Braces
☐ Moment Frame with Structural Walls ☐ Other_____
Structural Components
FLOOR ☐ In-situ ☐ Precast Planks with in-situ screed ☐ Precast ☐ Other_____
ROOF ☐ Flat ☐ Pitched ☐ Hipped ☐ Split ☐ Other_____

Occupancy

RESIDENTIAL	☐ Individual House	☐ Apartments	
EDUCATIONAL	☐ School	☐ College	☐ Institute/University
LIFELINE	☐ Hospital	☐ Police Station	☐ Fire Station
	☐ Power Station	☐ Water Plant	☐ Sewage Plant
COMMERCIAL	☐ Hotel	☐ Shopping	☐ Recreational
OFFICE	☐ Government	☐ Private	
MIXED USE	☐ Residential and Commercial		☐ Residential and Industrial
INDUSTRIAL	☐ Agriculture	☐ Live Stock	
OTHER	_____		

S.No.	Life Threatening Parameters		Tag
1.	**Siting Issues**	1.1 Building is built on hill slope or adjacent to hill slope, that is vulnerable to falling debris.	Red
		1.2 Building rests adjoining a severely deteriorated or damaged building or structure.	Red
2.	**Soil & Foundation Conditions**	2.1 Building is built on liquefiable soil.	Red
		2.2 Building is built on river terraces that can slide or creep.	Red
		2.3 Building is built on hill slope that can slide.	Red
3.	**Architectural Features**	3.1 Building has exterior plan dimension smaller at the plinth level than at upper storeys.	Red
		3.2 Building has heavier upper storeys.	Red
		3.3 Building has large unanchored projections or overhangs.	Red
		3.4 Building has an Open Storey (at ground /other level) with slender columns.	Red
		3.5 Building has RC frame with Floating Columns.	Red
		3.6 Building has irregular plan geometry and or plan aspect ratio > 4.0.	Red
4.	**Structural Aspects**	4.1 Building has Slender Columns and Stiff Beams, with glass infills or no infills.	Red
		4.2 Building has Flat Slabs without any RC Structural Walls in each plan direction.	Red
5.	**Siting Issues**	5.1 Building is resting on cracked ground.	Yellow
		5.2 Building is adjoining another building on the side with no gap.	Yellow
6.	**Soil & Foundation Conditions**	6.1 Building is resting on weak or non-uniform soil along the length in plan.	Yellow
7.	**Architectural Features**	7.1 Building has large or heavy cantilever parapet walls.	Yellow
		7.2 Building has large or heavy cantilever chimneys.	Yellow
		7.3 Building has large or heavy cantilever balconies or sunshades.	Yellow
		7.4 Building has large room sizes and large storey heights.	Yellow
		7.5 Building has windows larger than 50% of the length of the wall.	Yellow
8.	**Structural Aspects**	8.1 Building has an irregular structural grid.	Yellow
		8.2 Building has RC walls unsymmetrical in both directions.	Yellow
		8.3 Building has staircase at unsymmetrical location in plan.	Yellow
		8.4 Building has unanchored water tanks on roof.	Yellow
9.	**Construction and Maintenance Details**	9.1 Building has longitudinal cracks and/or spalling in Beams and Columns.	Yellow
		9.2 Building has poor construction quality material.	Yellow
10.		None of the above.	Green

FINAL RATING

GREEN (Usable)	YELLOW (Usable with temporary interventions)	RED (Unusable)
	Suggested interventions:	

Further Actions
Building to be quarantined : ☐ Not Recommended ☐ Recommended
Level 2 Detailed Visual Screening : ☐ Not Recommended ☐ Recommended

चित्र 4 : आरसीसी भवनों के लिए RVS **सर्वेक्षण प्रश्नावली[2] (स्रोत: NDMA, 2020 [2])**

A : BCBM *Pre-Earthquake* **Rapid Visual Screening**
Burnt Clay Brick Masonry Buildings

Inspection
Inspector ID:
Inspection Date :
Inspection Time:

Building Description
Building Name :
Address 1 :
Address 2 :
City/Town :
Coordinates : N _____ ° E _____ °

Structural Components
STRUCTURAL SYSTEM ☐ *Load Bearing Masonry Structure* ☐ *Other*_____
FLOOR ☐ *RC Slab* ☐ *Precast Planks with In-situ screed* ☐ *Other*_____
ROOF GEOMETRY ☐ *Pitched* ☐ *Hipped* ☐ *Split* ☐ *Other*_____
ROOF MATERIAL ☐ *RC Slab* ☐ *Wood with Clay tiles* ☐ *Wood truss with Corrugated sheets*
☐ *Wood with Wooden Planks* ☐ *Other*_____
MORTAR ☐ *Cement* ☐ *Mud* ☐ *Lime* ☐ *No mortar* ☐ *Other*_____

Occupancy
RESIDENTIAL ☐ *Individual House* ☐ *Apartments*
EDUCATIONAL ☐ *School* ☐ *College* ☐ *Institute/University*
LIFELINE ☐ *Hospital* ☐ *Police Station* ☐ *Fire Station*
☐ *Power Station* ☐ *Water Plant* ☐ *Sewage Plant*
COMMERCIAL ☐ *Hotel* ☐ *Shopping* ☐ *Recreational*
OFFICE ☐ *Government* ☐ *Private*
MIXED USE ☐ *Residential and Commercial* ☐ *Residential and Industrial*
INDUSTRIAL ☐ *Agriculture* ☐ *Live Stock*
OTHER ☐ _____

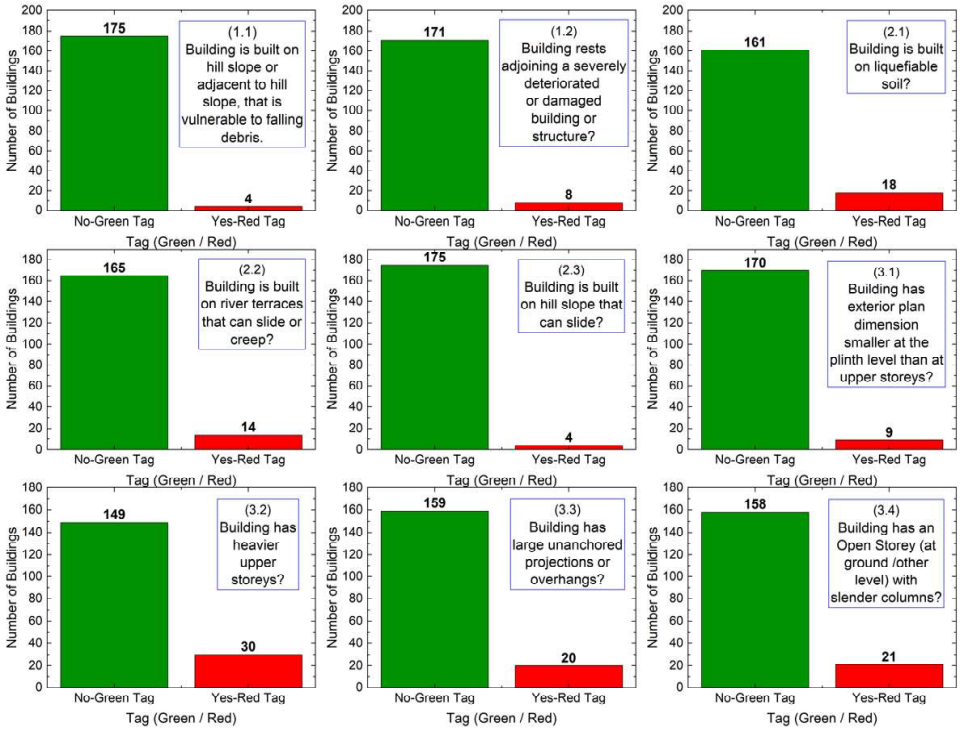
S.No.	Life Threatening Parameters			Tag
1.	**Siting Issues**	1.1	*Building is built on hill slope or adjacent to hill slope, that is vulnerable to falling debris.*	Red
		1.2	*Building rests adjoining a severely deteriorated or damaged building or structure.*	Red
2.	**Soil and foundation conditions**	2.1	*Building is built on liquefiable soil.*	Red
		2.2	*Building is built on river terraces that can slide or creep.*	Red
		2.3	*Building is built on hill slope that can slide.*	Red
3.	**Architecture Features**	3.1	*Building has exterior plan dimension smaller at the plinth level than at upper storeys.*	Red
		3.2	*Building has heavier upper storeys.*	Red
		3.3	*Building has large unanchored projections or overhangs.*	Red
		3.4	*Building has irregular plan geometry and/or plan aspect (length-to-width ratio) >4.0.*	Red
		3.5	*Building has storey height more than about 25 times wall thickness.*	Red
		3.6	*Building has unsupported height more than 2.5m.*	Red
		3.7	*Building has stiff upper storeys.*	Red
4.		4.1	*Building has no continuous lintel band, roof band and gable band.*	Red
		4.2	*Building has door/window openings in walls close to corners.*	Red
		4.3	*Building has masonry walls not integrated into each other at corners.*	Red
		4.4	*Building has walls made without lime / cement mortar or mud mortar exposed to vagaries.*	Red
		4.5	*Building has roof not anchored into the walls.*	Red
		4.6	*Building has thick walls made of two wythes and no through stones.*	Red
		4.7	*Building has out-of-plumb walls.*	Red
		4.8	*Building has separation between walls and between walls and floor/roof.*	Red
		4.9	*Building has cracks in walls.*	Red
5.	**Construction and Material details**	5.1	*Buildings have walls made with mud mortar and deteriorated significantly owing to vagaries of the outside weather (especially rainwater beating).*	Red
6.	**Siting Issues**	6.1	*Building is resting on cracked ground.*	Yellow
		6.2	*Building is adjoining another building on the side with no gap.*	Yellow
		6.3	*Building is resting on sloped ground with access to house at two/three levels, i.e., ground, middle floor and roof.*	Yellow
		6.4	*Building is connected to the sloped ground and there is no gap between the building and the natural slope of the ground.*	Yellow
7.	**Soil and foundation conditions**	7.1	*Building is resting on weak or non-uniform soil along the length in plan.*	Yellow
8.	**Architectural Features**	8.1	*Building has large or heavy cantilever parapet walls.*	Yellow
		8.2	*Building has large or heavy cantilever chimneys.*	Yellow
		8.3	*Building has large or heavy cantilever balconies or sunshades.*	Yellow
		8.4	*Building has large room sizes and large storey heights.*	Yellow
		8.5	*Building has windows larger than 50% of the length of the wall.*	Yellow
		8.6	*Building has unanchored water tanks on roof.*	Yellow
9.	**Structural Aspects**	9.1	*Building has an irregular grid of masonry walls in plan.*	Yellow
		9.2	*Building has staircase at unsymmetrical location in plan.*	Yellow
		9.3	*Building has loosely placed country tiles on the roof.*	Yellow
10	**Construction and Material details**	10.1	*Building has vertical cracks in masonry walls.*	Yellow
		10.2	*Building has poor construction quality material.*	Yellow
11			*None of the above.*	Green

FINAL RATING

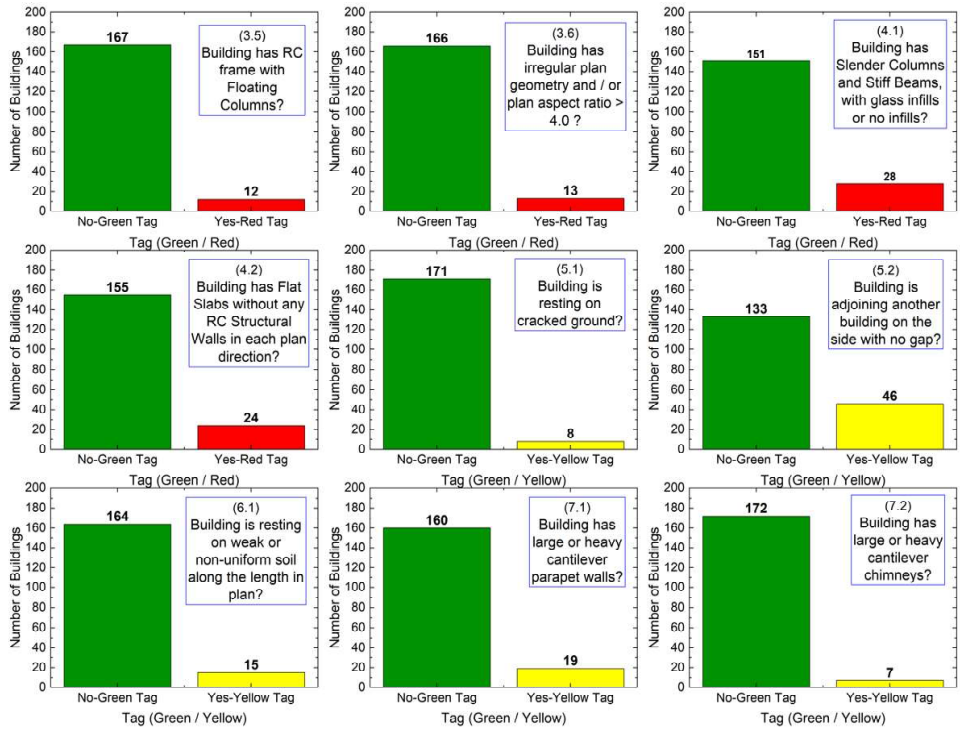
GREEN (Usable)	YELLOW (Usable with temporary interventions)	RED (Unusable)
	Suggested interventions:	

Further Actions
Building to be quarantined : ☐ *Not Recommended* ☐ *Recommended*
Level 2 Detailed Visual Screening : ☐ *Not Recommended* ☐ *Recommended*

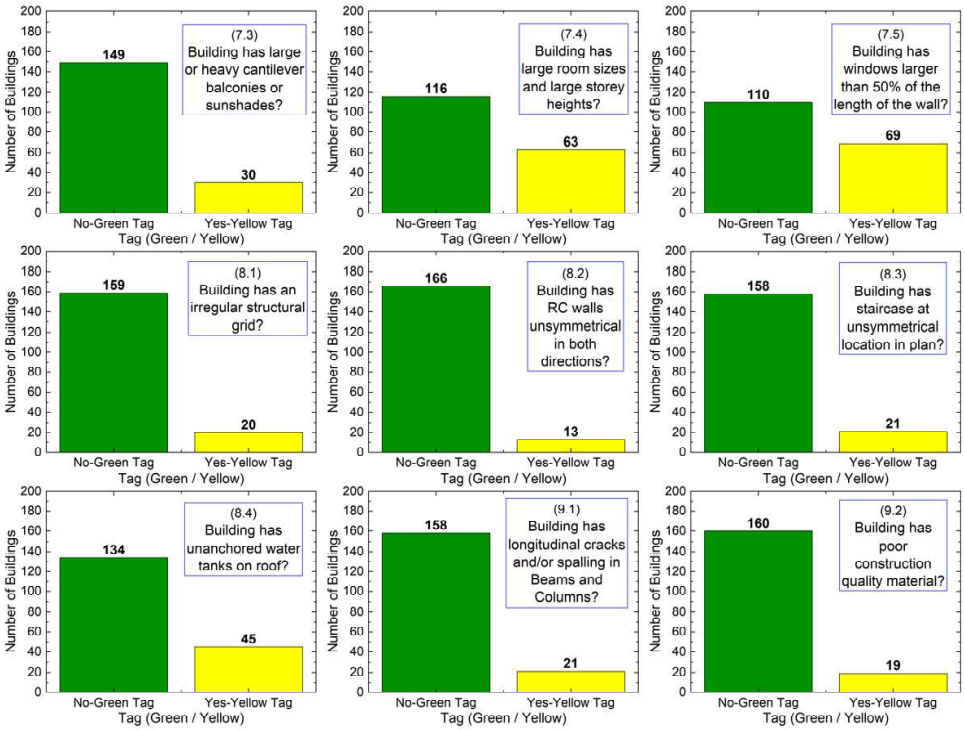
चित्र 5 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए RVS सर्वेक्षण प्रश्नावली[2] (स्रोत: NDMA, 2020 [2])



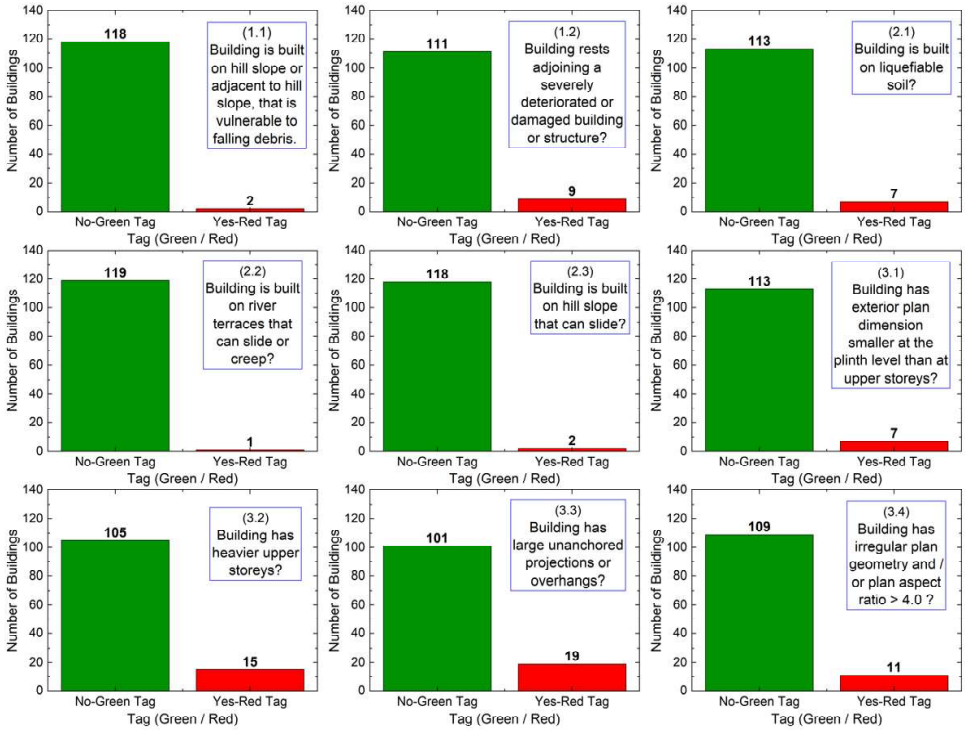
चित्र 6 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 1.1 से 3.4 के परिणाम



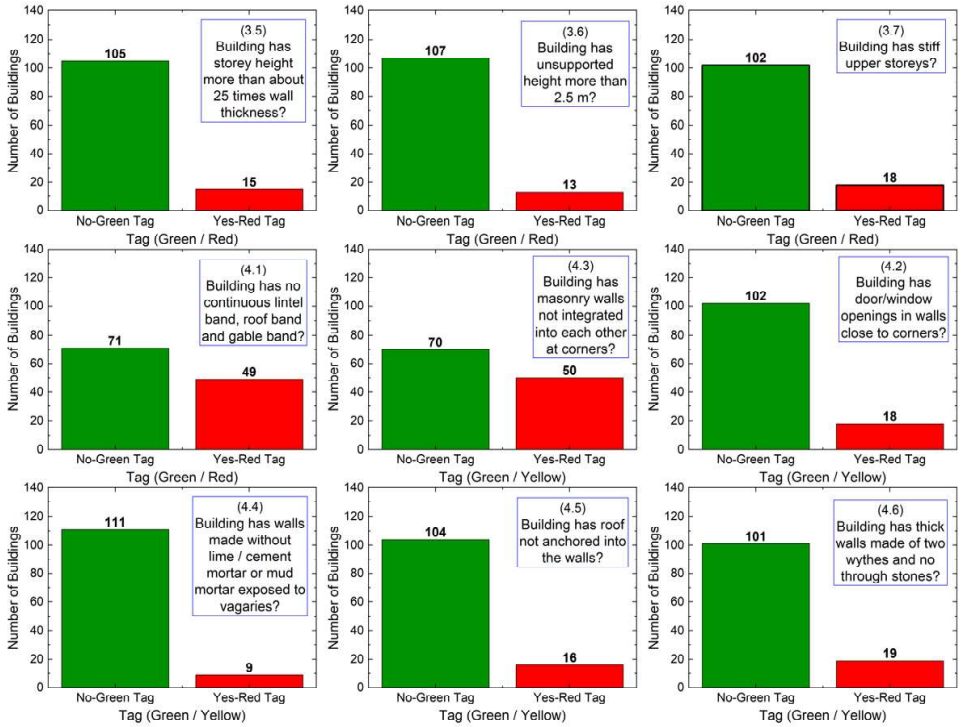
चित्र 7 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 3.5 से 7.2 के परिणाम



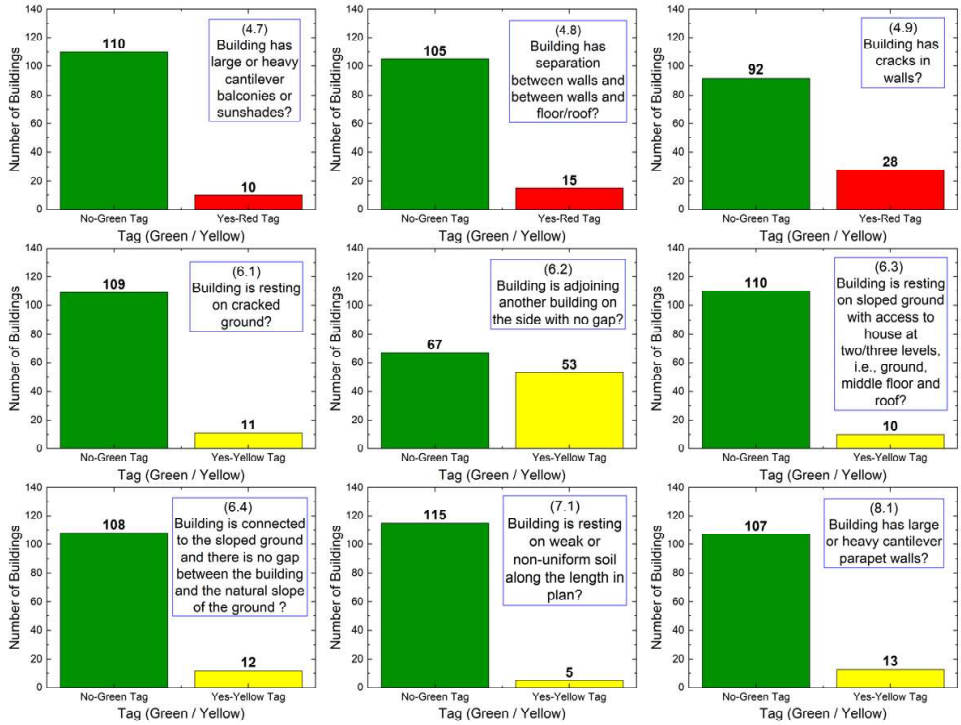
चित्र 8 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 7.3 से 9.2 के परिणाम



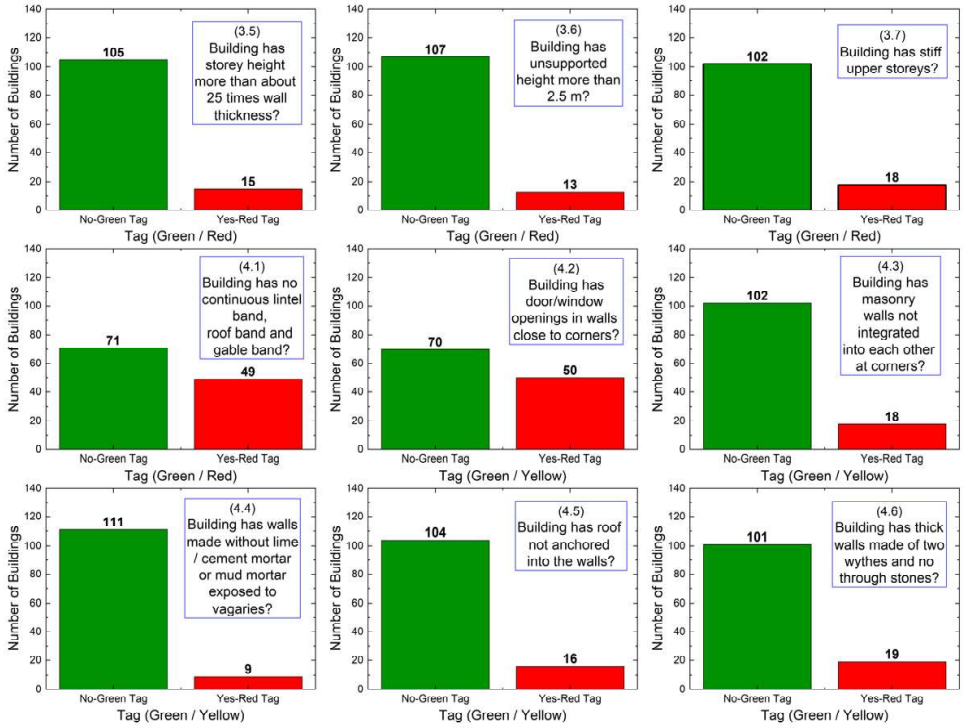
चित्र 9 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 2.1 से 3.4 के परिणाम



चित्र 10 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 3.5 से 4.6 के परिणाम



चित्र 11 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 4.7 से 8.1 के परिणाम



चित्र 12 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 8.3 से 10.2 के परिणाम

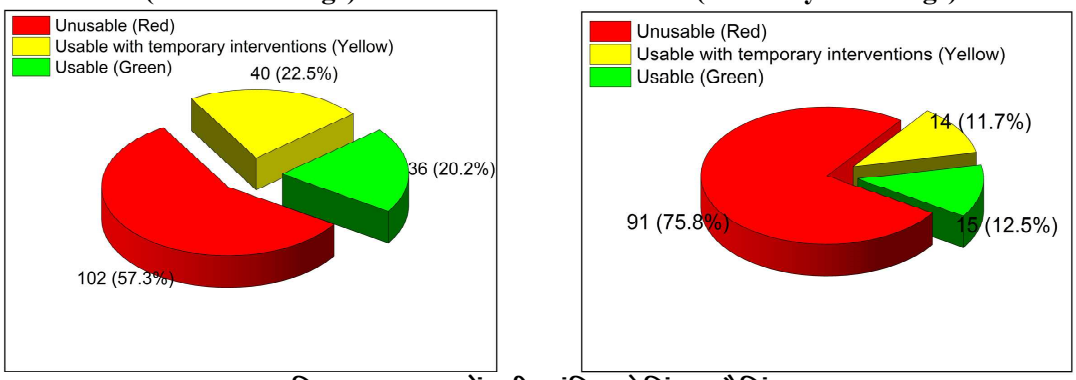
चित्र 9 से 12 तक, सभी 120 ईंट–निर्मित भवनों के लिए चित्र 5 में उल्लेखित जीवन के लिए खतरनाक मापदंडों पर विस्तृत जानकारी दी गई है। चित्र 9 में दिखाया गया है कि 9 भवन खराब स्थिति में मौजूद अन्य भवनों के पास स्थित हैं, 15 भवनों में ऊपरी मंजिलें भारी हैं, 19 में असुरक्षित ओवरहैंग (unanchored overhangs) हैं और 11 भवनों का योजना अनुपात (aspect ratio) 4.0 से अधिक है। चित्र 10 के अनुसार, 49 भवनों में सतत लिंटल बैंड नहीं हैं, 50 में दरवाजे और खिड़कियां दीवार के कोनों के पास हैं, 19 में मोटी दीवारें या पत्थर की संरचनाएं हैं और 18 भवनों में ऊपरी मंजिलें नीचे वाली मंजिलों से ज्यादा मजबूत हैं।

चित्र 11 में बताया गया है कि 10 भवनों में भारी कैंटिलीवर बालकनियां हैं, 15 में दीवारों और छतों के बीच अलगाव है, 28 में दरारें हैं, 58 में आस–पास के भवनों से कोई गैप नहीं है, 13 में भारी पैरापेट दीवारें हैं, 11 भवन ढलान वाले भूभाग पर स्थित हैं, जबकि 12 का ढलान वाले भूभाग से कोई जुड़ाव नहीं है। चित्र 12 दर्शाता है कि 50 भवनों की छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां हैं, 27 में दीवारों में ऊर्ध्वाधर दरारें हैं, 29 में निम्न गुणवत्ता की निर्माण सामग्री का उपयोग किया गया है और 23 भवनों में बड़े कमरे और विशाल खिड़की हैं जो दीवार क्षेत्र के 50% से अधिक का आच्छादन करते हैं।

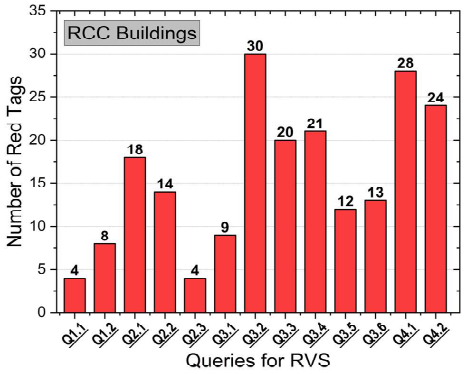
इन निष्कर्षों से इन भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता और संरचनात्मक कमजोरियां उजागर होती हैं, जिससे स्पष्ट होता है कि संरचनात्मक सुधार आवश्यक हैं। 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में से 102 (57. 3%) को लाल टैग दिया गया है और भूकंप संवेदनशीलता के कारण अनुपयोगी माना गया है, 40 (22.5%) को पीला टैग दिया गया है, जिन्हें अस्थायी उपायों या भूकंपीय पुनरुद्धार तकनीकों से सुरक्षित बनाया जा सकता है और 36 (20.2%) को हरा टैग दिया गया है, जिन्हें सुरक्षित माना गया है। इसी तरह, 120 ईंट–निर्मित भवनों में से 91 (75.8%) को लाल टैग दिया गया है, 14 (11.7%) को अस्थायी सुधार की आवश्यकता है, और 15 (12.5%) को सुरक्षित पाया गया है। इन निष्कर्षों को चित्र 13 में दर्शाया गया है।

(क) प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC buildings)

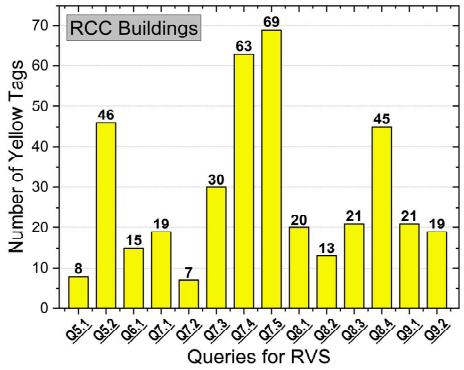
(ख) ईंट–निर्मित भवन (Masonry buildings)



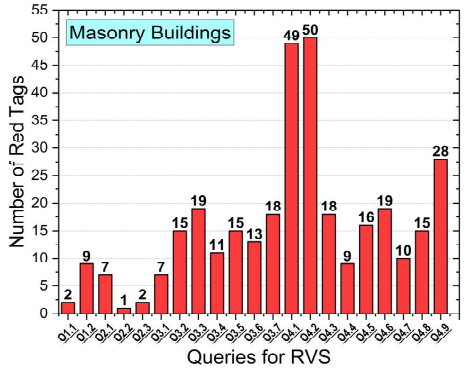
चित्र 13 : भवनों की अंतिम रेटिंग/टैगिंग



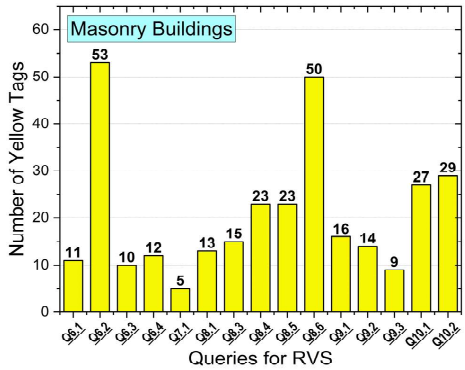
चित्र 14 : RCC भवनों के लिए लाल टैग मापदंड



चित्र 15 : RCC भवनों के लिए पीला टैग मापदंड



चित्र 16 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए लाल टैग मापदंड



चित्र 17 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए पीला टैग मापदंड

चित्र 4 और 14 के विश्लेषण से पता चलता है कि लाल टैग के प्रमुख कारण भारी ऊपरी मंजिलें हैं, जो द्रव्यमान की अनियमितता से जुड़ी होती हैं, पतले कॉलम और मजबूत बीम हैं, जो कमजोर मंजिल (soft storey) का संकेत देते हैं और संरचनात्मक दीवारों की कमी वाली फ्लैट स्लैब हैं, जिससे मंजिल कमजोर हो जाती है। पिछले भूकंपों में ये कारक भवनों की विफलता के मुख्य कारण रहे हैं [11] | चित्र 4 और 15 के अनुसार, पीले टैग के प्रमुख कारण बड़े कमरे और ऐसी खिड़कियां हैं, जिनका क्षेत्रफल दीवारों के क्षेत्रफल का 50% या अधिक होता है, आस–पास की इमारतों के बीच अपर्याप्त अंतर है, और छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां हैं। ये कारक भूकंप के दौरान संरचनात्मक क्षति के मुख्य कारण रहे हैं [10,11]।

चित्र 5 और 16 के अनुसार, ईंट–निर्मित भवनों में लाल टैग के कारण सतत लिंटल बैंड की अनुपस्थिति है और दरवाजे व खिड़कियों का दीवार के कोनों के पास होना है। वर्ष 2001 के भुज में आये भूकंप में ये कारण व्यापक क्षति के लिए जिम्मेदार थे। चित्र 5 और 17 के अनुसार, ईंट–निर्मित भवनों में पीले टैग के कारण भवनों के बीच अपर्याप्त अंतर, छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां, दीवारों में ऊर्ध्वाधर दरारें और कम गुणवत्ता वाली निर्माण सामग्री हैं। नेपाल और भुज भूकंप में इसी तरह की निर्माण की कमियां क्षति का कारण बनी थीं।

निष्कर्ष

इस अध्ययन से निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले गए हैं:

1. त्वरित दृश्य जांच (RVS) भूकंप संभावित क्षेत्रों में भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता को तेजी और प्रभावी रूप से आंकने की विधि है।

2. 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में से 102 (57.3%) को लाल टैग दिया गया है, यानी ये भूकंप सुरक्षा के लिए अनुपयोगी हैं। 40 (22.5%) को पीला टैग दिया गया है, यानी इन्हें अस्थायी उपायों या मरम्मत से सुरक्षित बनाया जा सकता है। 36 (20.2%) को हरा टैग दिया गया है, यानी ये सुरक्षित और उपयोग योग्य हैं।

3. 120 ईंट–निर्मित भवनों में से 91 (75.8%) को लाल टैग, यानी ये अनुपयोगी और असुरक्षित हैं। 14 (11.7%) को पीला टैग, यानी इन्हें मरम्मत की जरूरत है। 15 (12.5%) को हरा टैग, यानी ये भूकंप सुरक्षा के दृष्टिकोण से उपयोग योग्य हैं।

4. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में 17% में भारी ऊपरी मंजिलें (अनियमितता) और 15% में कमजोर कॉलम–मजबूत बीम की समस्या पाई गई।

5. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में 35% में बड़े कमरे (संभावित फ्लोटिंग कॉलम) और 38% में बड़े दरवाजे व खिड़की के बड़े खुले स्थान पाए गए।

6. ईंट–निर्मित भवनों में 41% में निरंतर लिंटल बैंड्स की कमी थी, जिससे दीवारें कमजोर हो गईं, और 42% में दरवाजे व खिड़कियां दीवार के कोनों के पास थीं, जिससे भूकंप के दौरान दरारें आ सकती हैं।

7. ईंट–निर्मित भवनों में 44% में छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां थीं और 40% में आस–पास की संरचनाओं के बीच पर्याप्त अंतर नहीं था, जिससे भूकंप में टकराव का खतरा बढ़ जाता है।

यह निष्कर्ष बताता है कि मध्यम या बड़े भूकंप के दौरान अधिकांश भवन कमजोर साबित हो सकते हैं। भवनों की खराब डिज़ाइन और निर्माण में वास्तुकारों, संरचनात्मक इंजीनियरों और निर्माताओं के बीच समन्वय की कमी साफ दिखाई देती है। नेपाल (2005) और भुज (2001) के भूकंपों में भी इसी तरह की संरचनात्मक कमजोरियां देखी गई थीं, जिससे भारी नुकसान हुआ था। इसलिए, संरचनात्मक सुरक्षा सुनिश्चित करने और आर्थिक नुकसान को रोकने के लिए तत्काल सुधार की बहुत आवश्यकता है।

भूकंपीय सुरक्षा सुधार के लिए उपाय (Remedial Measures)

भूकंपीय सुरक्षा सुधार के लिए, प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में कमजोर कॉलम–बीम जोड़ को मजबूत

किया जा सकता है और संरचनात्मक अनियमितताओं को दूर किया जा सकता है या उनमें सुधार किया जा सकता है। ईंट–मिट्टी के भवनों में टूटे लिंटल बैंड की मरम्मत और पानी की टंकियों को छत पर सुरक्षित रूप से जकड़ा जा सकता है। नए और मौजूदा भवनों के लिए भूकंपीय डिज़ाइन कोड्स को लागू किया जा सकता है, साथ ही संरचनात्मक सुधारों के जरिए कमजोर डिज़ाइन समस्याओं को दूर किया जा सकता है। वास्तुकारों, इंजीनियरों और निर्माताओं के बीच समन्वय के लिए स्पष्ट दिशा–निर्देश बनाए जा सकते हैं। विशेष रूप से पीले या लाल टैग वाले भवनों के लिए।

भविष्य के लिए संभावनाएं (Possibilities for future)

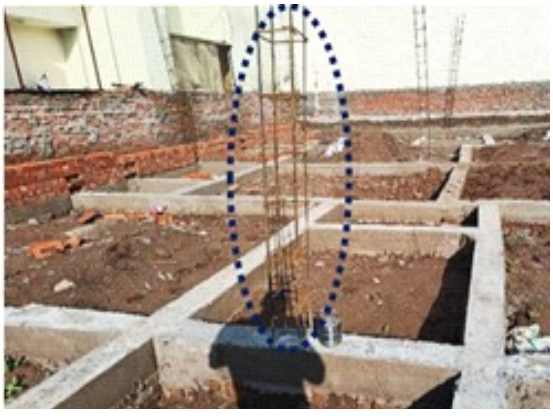
उभरती तकनीकों के तहत, RVS को स्वचालित करने हेतु UPV–आधारित रिमोट सेंसिंग और गैर–विनाशकारी मूल्यांकन विधियों (इन्फ्रारेड, अल्ट्रासोनिक) का उपयोग किया जा सकता है। डेटा–आधारित पद्धति में मशीन लर्निंग मॉडल द्वारा कमजोरियों का पूर्वानुमान लगाया जा सकता है। एक केंद्रीकृत RVS व पुनर्संरचना डेटाबेस बनाया जा सकता है। पुर्नसंरचना रणनीतियों में लागत–लाभ विश्लेषण किया जा सकता है। नई सामग्रियों व तकनीकों की जांच की जा सकती है। नीति व सामुदायिक सहभागिता के अंतर्गत, शोध निष्कर्षों को शहरी योजना व भवन संहिता में शामिल किया जा सकता है।

परिशिष्ट (Appendix)

संरचनात्मक अनियमितताओं वाली कुछ इमारतों की तस्वीरें

इस परिशिष्ट में कुछ भवनों के चित्र दिए गए हैं, जिनमें संरचनात्मक कमजोरियां दिखाई गई हैं। चित्र 18 और 19 अपर्याप्त स्टील सुदृढीकरण (खासतौर पर शीयर स्टिर्रप्स) दिखाते हैं, जिनमें IS 13920: 2016 के अनुसार भूकंपरोधी डिटेलिंग नहीं है। चित्र 20 में चंडीगढ़ के कुछ भवनों को दिखाया गया है, जिनमें कमजोर कॉलम और भारी स्लैब व बीम प्रणाली पाई गई। इनमें से एक भवन हाल ही में गिर चुका था। चित्र 21 में बहुत लंबी बीम स्पैन और अपर्याप्त गहराई वाली बीमें देखी गईं। चित्र 22 में ईंट से बना एक भवन दिखाया गया है, जिसमें आरसीसी बैंड नहीं है और चित्र 23 में फ्लोटिंग कॉलम दिखाए गए हैं, जो संरचनात्मक रूप से कमजोर होते हैं और भूकंप के दौरान खतरा पैदा कर सकते हैं।

चित्र 18 : पंचकुला में निर्माणाधीन भवन (बीम में डक्टाइल डिटेलिंग नहीं है और कॉलम का आकार आवश्यक से कम है)



चित्र 19 : मोहाली में निर्माणाधीन इमारत में कॉलम की उपयुक्त नींव नहीं है और इसमें पर्याप्त स्टील रिइनफोर्समेंट की कमी है।

चित्र 20 : सेक्टर 17, चंडीगढ़ का भवन मजबूत बीम (स्लैब) और कमजोर कॉलम के कारण ढह गया।

चित्र 21 : चंडीगढ़ में एक बहुमंजिला इमारत में सुरक्षित सीमा से अधिक लंबी बीम। इतनी लंबी बीम (लगभग 10 मीटर) के लिए इसकी गहराई बहुत कम है।

चित्र 22 : मोहाली में एक चिनाई भवन में सिल्ल स्तर के नीचे आरसीसी (RCC) बैंड नहीं दिया गया है।

चित्र 23 : पंचकुला में एक आरसीसी बहुमंजिला इमारत में फ़्लोटिंग कॉलम।

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	**वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली**
Cascading disasters	श्रृंखलाबद्ध आपदाएं
Convergent boundary	अभिसरित परिसीमा
Earthquake disaster mitigation	भूकंप आपदा शमन
Earthquake risk	भूकंप जोखिम
Fault line	भ्रंश रेखा
Fragility Curves	भंगुरता वक्र
Mass Irregularity	भार अनियमितता
Meandering riverbeds	घुमावदार नदी–तल
Performance modification	प्रदर्शन संशोधन
Rapid Visual Screening	त्वरित भूकंपीय आकलन
Seismic resilience	भूकंपीय लचीलापन
Self-developed approach	स्व–निर्मित दृष्टिकोण
Structural Crisis	संरचनात्मक संकट

संदर्भ

1. Malik, N., Philip, G., Suresh, N. and Virdi, N.S. (2008). Active fault and paleo seismic investigation: Evidence of a historic earthquake along Chandigarh Fault in the Frontal Himalayan zone. Himalayan Geology, 29(2): 109-117.

2. National Disaster Management Agency (NDMA) (2020). A primer on rapid visual screening (RVS) consolidating earthquake safety assessment efforts in India.

3. Joshi, G., Kumar, R. (2010). Preliminary seismic vulnerability assessment of Mussoorie Town, Uttarakhand (India). Journal of Building Appraisal, 5: 357–368.

4. Puri, N., Jain, A. (2018). Possible seismic hazards in Chandigarh city of North-western India due to its proximity to Himalayan frontal thrust. Journal of Geophysics Union, 22(5): 485-506.

5. Bureau of Indian Standards. (2016). IS 1893, Part 1: 2016 Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures - General Provisions and Buildings.

6. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2022). FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook, 2nd ed., CA, USA.

7. Applied Technology Council (ATC). (1988). ATC-21: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Washington DC, USA.

8. Pal, P. and Pali, L. (2018). Congestion free analysis for emergency vehicles response in tri-city (Panchkula-Chandigarh-Mohali) using LTE-A. Modelling. Measurement and Control, 91(2): 66-72.

9. Amateur Seismic Centre. (2006). Global Seismic Hazard Assessment Program. https://asc-india.org/maps/hazard/haz-cdh.htm. Accessed on 31.10.2024.

10. Karasin, I.B., Bakir, D., Ulker, M., Ali, E.U. (2017). The structural damages after Nepal earthquakes. IOSR Journal of Engineering, 7(6): 45-54.

11. Agarwal, P., Thakkar, S. K. and Dubey, R. N. (2002). Seismic performance of reinforced concrete buildings during Bhuj earthquake of January 26, 2001. ISET Journal of Earthquake Technology, 39(3): 195-217.

12. Bureau of Indian Standards. (2009). IS 13935: 2009 Seismic Evaluation, Repair and Strengthening of Masonry Buildings– Guidelines.

13. Murty, C.V.R., Rai, D., Kumar, H., Mitra, K., Bose,A., Kaushik, H., Jaiswal, A., Ramancharla, P. (2012). Methodology for documenting housing typologies in the moderate-severe seismic zones of India, Report of the Pilot Study. Building Materials and Technology Promotion Council, Ministry of Urban Development and Poverty Alleviation, New Delhi.

14. Karampinis, I., Iliadis, L., & Karabinis, A. (2024). Rapid Visual Screening Feature Importance for Seismic Vulnerability Ranking via Machine Learning and SHAP Values. *Applied Sciences*, *14*(6), 2609. https://doi.org/10.3390/app14062609.

15. Aung, M. M. A. and Aye, M. N. (2021). Seismic Safety Assessment of Existing Low-rise RC Buildings with Rapid Visual Screenings and Preliminary Evaluation Methods. ASEAN Journal of Science & Technology for Development, Vol. 38, No. 1, 29 – 36.

16. Purushothama, C., Mucedero, G., Perrone, D. and Monteiro, R. (2023). Evaluation of Rapid Visual Screening Assessment of Existing Buildings Using Nonlinear Numerical Analysis. Journal of Building Engineering, Vol. 76, 1 October, 107110.

17. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2020, Third Edition).