चिंनाई वाले घरों का सुदृढ़ीकरण

भूकम्प के डर से भागे नहीं हम,
मज़बूतीकरण करके घर को सुरक्षित बनायें हम

आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र
(आपदा प्रबन्धन विभाग, उत्तराखण्ड शासन का स्वायत्तशासी संस्थान)
उत्तराखण्ड सचिवालय, देहरादून-248001

भूमिका

उत्तराखण्ड राज्य भूकम्प की दृष्टि से अत्यन्त संवेदनशील क्षेत्र में अवस्थित है। राज्य के 04 जनपद (पिथौरागढ़, बागेश्वर, चमोली व रूद्रप्रयाग) पूरी तरह व अन्य 05 जनपदों (उत्तरकाशी, टिहरी गढ़वाल, पौढ़ी गढ़वाल, अल्मोड़ा व चम्पावत) का कुछ भाग जोन V में व शेष पूरा प्रदेश जोन IV में अवस्थित है। विगत में उत्तरकाशी व चमोली में क्रमशः 1991 व 1999 में आये भूकम्पों से क्षेत्र में भारी विनाश हुआ था और भविष्य में इस क्षेत्र में किसी बड़े भूकम्प के आने की सम्भावना को नकारा नहीं जा सकता। लगातार आ रहे छोटे भूकम्प हमें इस खतरे के प्रति सचेत कर रहे हैं, इसलिये आवश्यक है कि भूकम्प सुरक्षा पर समुचित ध्यान दिया जाये।

अवसंरचनाओं के भूकम्प सुरक्षित होने की स्थिति में भूकम्प से होने वाली क्षति को काफी कम किया जा सकता है। इसके लिये आवश्यक है कि क्षेत्र में होने वाले सभी निर्माण कार्यों को भूकम्प सुरक्षा हेतु विकसित रीति संहिता के अनुरूप किया जाये। उक्त के साथ ही क्षेत्र में पहले से बने भवनों का मजबूतीकरण किया जाना अत्यन्त आवश्यक है ताकि वह भूकम्प के झटकों को झेल सके।

मजबूतीकरण या सुदृढ़ीकरण कार्यों के निष्पादन हेतु तैयार की गयी इस पुस्तिका में इस कार्य के विभिन्न चरणों की जानकारियाँ सरल भाषा में संकलित की गयी हैं और इस पुस्तिका की विषय-वस्तु हमारे द्वारा पूर्व में नानयांग तकनीकी विश्वविद्यालय, सिंगापुर व भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रूड़की के सहयोग से डा. गिरीश चन्द्र जोशी के दिशा-निर्देशन में किये गये सुदृढ़ीकरण कार्यों के अनुभवों पर आधारित है। आशा है कि यह प्रयास उत्तराखण्ड को भूकम्प सुरक्षित बनाने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम सिद्ध होगा।

देहरादून
05 मार्च, 2013

(पीयूष रौतेला)
अधिशासी निदेशक

आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र की लिखित अनुमति के बिना इस पुस्तिका के किसी भी भाग को छापना तथा इलेक्ट्रानिक, मशीनी, फोटो प्रतिलिपि, रिकार्डिग अथवा अन्य विधि/पुनः प्रयोग पद्धति द्वारा इसका संग्रहण अथवा प्रसारण वर्जित है।

वर्ष 2013

© सर्वाधिकार सुरक्षित : आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र

आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र
(आपदा प्रबन्धन विभाग, उत्तराखण्ड शासन का स्वायत्तशासी संस्थान)
उत्तराखण्ड सचिवालय, देहरादून- 248001

अनुक्रमणिका

भवनों का भूकम्प सुदृढ़ीकरण	01
सुदृढ़ीकरण के लाभ	03
सुदृढ़ीकरण की प्रक्रिया	04
सुधारों का स्तर	05
अप्रबलित चिनाई वाले भवनों के लिये सुदृढ़ीकरण की विधियाँ	07
चिनाई से बने घरों के सुदृढ़ीकरण की सरल विधि	10
सुदृढ़ीकरण की वैकल्पिक विधि	13

भवनों का भूकम्प सुदृढ़ीकरण

अपने पूर्व के अनुभवों के आधार पर हम प्राय: भूकम्प को एक विनाशकारी घटना के रूप में देखते हैं परन्तु भूकम्प से जुड़ा एक सच यह भी है कि भूकम्प किसी को नहीं मारता, मारते हैं तो कमजोर घर। अत: भवन निर्माण में सही तकनीक का उपयोग करके भूकम्प से होने वाली क्षति को सीमित किया जा सकता है। ऐसे में भूकम्प आने पर भवन हिलेंगे तो जरूर पर गिरेंगे नहीं और यदि गिरेंगे भी तो लोगों को सुरक्षित बाहर निकलने का पर्याप्त समय देंगे।

कई बार भूकम्प अवरोधी तकनीक या भूकम्प सुरक्षा का ज्ञान रखने वाले लोग भी यह धारणा बना लेते हैं कि नये भवनों को तो भूकम्प सुरक्षित बनाया जा सकता है परन्तु पूर्व में बने भवनों का कुछ नहीं किया जा सकता। वास्तव में यह धारणा सही नहीं है और वर्तमान में उपलब्ध जानकारी और तकनीक का उपयोग कर के पूर्व में बने भवनों को भी भूकम्प सुरक्षित बनाया जा सकता है। इस तकनीक को सुदृढ़ीकरण (retrofitting) कहा जाता है।

भूकम्प आने पर भवनों को होने वाली क्षति भूकम्प के समय उनके द्वारा किये गये उनके प्रदर्शन पर निर्भर करती है और इस क्षति को भवनों की भूकम्पीय क्षमता में सुधार कर के काफी हद तक कम किया जा सकता है। सुदृढ़ीकरण भवनों की प्रदर्शन क्षमता को सुधारने की एक तकनीक है जिसके अन्तर्गत भवन की विद्यमान संरचना में वांछित परिवर्तन किये जाते हैं ताकि भूकम्प की स्थिति में संरचनायें भूकम्पीय बलों का प्रतिरोध कर सकें। भूकम्प की स्थिति में भवनों पर लगने वाले बलों की समझ व पूर्व में आये भूकम्पों से हुयी क्षति के आधार पर विश्व भर में सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता को एकमत से स्वीकारा गया है। आधुनिक भवन निर्माण रीति संहिताओं के अस्तित्व में आने से पहले तक भवनों का विन्यास निर्धारित करते समय सरियों के सही क्रम व व दूरी (detailing) और प्रबलीकरण (reinforcement) पर पर्याप्त ध्यान नहीं दिया जाता था जिसके कारण यह भवन वर्तमान में प्रयुक्त होने वाली भवन निर्माण रीति संहिताओं की कसौटी पर खरे नहीं उतरते हैं। अत: इन्हें सुरक्षित बनाने के लिये इनका सुदृढ़ीकरण किया जाना आवश्यक हो जाता है।

अत: कहा जा सकता है कि सुदृढ़ीकरण विद्यमान भवनों की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने की एक तकनीक है। इस प्रक्रिया के अन्तर्गत विशेष रूप से भवनों के कमजोर हिस्सों, जैसे कि छत व दीवार के मध्य के जोड़, निरन्तरता में पड़ने वाले जोड़ (continuity ties), प्रतिबल दीवार (shear walls) एवं छत के मध्यपट (roof diaphragm) को अतिरिक्त मजबूती दी जाती है। इस प्रकार सुदृढ़ीकरण किसी भवन की संरचनात्मक प्रणाली में तकनीकी हस्तक्षेपों का संयोजन है जिसके द्वारा विद्यमान भवन की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाया जाता है ताकि भविष्य में सम्भावित भूकम्प के झटकों में यह भवन सुरक्षित खड़ा रह सके। अत: स्पष्ट है कि सुदृढ़ीकरण की प्रक्रिया का उद्देश्य भवन की क्षमता, लचीलेपन तथा उस पर लगने वाले भूकम्पीय बल के मध्य ईष्टतम संयोजन कर भवन की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाना है।

यहाँ यह भी ध्यान में रखा जाना उपयुक्त होगा कि भवन की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता उसके संरचनात्मक आयामों (structural dimensions), प्रयुक्त साम्रगी, आकार एवं अन्य सम्बन्धित संरचनात्मक अवयवों से उत्पन्न होती है तथा सुदृढ़ीकरण द्वारा भवन के इन पक्षों में नियोजित संरचनात्मक

हस्तक्षेप कर के भवन की भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाया जाता है।

भवनों में वांछित लचीलापन सरियाओं के सही क्रम व दूरी (विन्यास) के साथ ही निर्माण सामग्री की गुणवत्ता व प्रकार के द्वारा प्राप्त किया जाता है, जबकि भूकम्पीय बलों का परिमाण मुख्य रूप से भूमि की प्रतिक्रिया, भवन के भार व उसकी भूकम्प प्रतिरोधक क्षमता पर निर्भर करता है। इन तथ्यों के प्रकाश में सुदृढ़ीकरण, भूकम्प की स्थिति में भवनों को बेहतर प्रदर्शन हेतु सक्षम बनाने व उनमें उचित उपायों को सम्मिलित करने की एक सरल विधि है।

सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता : भवन की संरचनात्मक क्षमता सम्भावित भूकम्पीय बलों की तीव्रता को झेलने में अपर्याप्त होने तथा सम्भावित क्षति के स्वीकार्य सीमा से अधिक होने की स्थिति में सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता होती है। यहाँ यह ध्यान में रखा जाना आवश्यक है कि सामग्री की निम्न गुणवत्ता व संरचनात्मक अवयवों की क्षति ही सुदृढ़ीकरण का एकमात्र कारण नहीं है। भवनों के उपयोग, पर्यावरणीय परिस्थितियों एवं भवन निर्माण रीति संहिताओं में परिवर्तन होने पर भी सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता पड़ सकती है।

सुदृढ़ीकरण कार्य का निष्पादन : सुदृढ़ीकरण एक तकनीकी कार्य है और सुदृढ़ीकरण से सम्बन्धित ज्यादातर कार्यों में संरचनात्मक अभियन्ता (structural engineer) की अत्यन्त महत्वपूर्ण भूमिका होती है। अत: इसे प्रशिक्षित व अनुभवी व्यक्ति की देख-रेख में ही किया जाना चाहिये। सुदृढ़ीकरण के कार्य में सर्वप्रथम भवन की संरचनात्मक क्षमता का आंकलन व विश्लेषण किया जाता है और उक्त के आधार पर भवन की संरचनात्मक कमियों को दूर करने के लिये उपयुक्त सुदृढ़ीकरण योजना बनायी जाती है।

किसी भी भवन का सुदृढ़ीकरण करने से पहले इस कार्य के औचित्य का सही आंकलन करना अत्यन्त आवश्यक है। इस सम्बन्ध में नीचे कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु दिये गये हैं जिन पर ध्यान दिया जाना आवश्यक है।

(क) तकनीकी पक्ष : इसके अन्तर्गत भवन निर्माण में प्रयुक्त सामग्री का परीक्षण एवं संरचनात्मक विश्लेषण किया जाता है। इससे वर्तमान में प्रयुक्त भवन निर्माण रीति संहिता के सन्दर्भ में संरचना की सही स्थिति को समझने में सहायता मिलती है

(ख) लागत आंकलन : भवन के सुदृढ़ीकरण से सम्बन्धित अन्तिम निर्णय लेने से पहले इस कार्य का लागत - लाभ विश्लेषण किया जाना आवश्यक है। अत: सुदृढ़ीकरण कार्य में आने वाली सम्भावित लागत की तुलना पुनर्निर्माण की लागत से की जानी चाहिये और तद्‌पोरान्त ही इस सम्बन्ध में अन्तिम निर्णय लिया जाना चाहिये।

(ग) भवन का महत्व : प्रत्येक भवन को एक विशेष प्रयोजन के लिये बनाया जाता है। कुछ पुराने भवनों के साथ सांस्कृतिक, ऐतिहासिक, धार्मिक व

पुरातत्वीय पक्षों के जुड़े होने के कारण इनका महत्व अपेक्षाकृत अधिक हो सकता है। अत: सुदृढ़ीकरण के सम्बन्ध में कोई भी निर्णय लेने से पूर्व भवन के महत्व व उसके संरक्षण की आवश्यकता को ध्यान में रखा जाना चाहिये।

(घ) पर्याप्त तकनीकी उपलब्धता : कुछ सुदृढ़ीकरण कार्यों के लिये अत्याधुनिक तकनीकों की आवश्यकता होती है। अत: सुदृढ़ीकरण कार्य आरम्भ करने से पहले वांछित तकनीकी उपलब्धता को अवश्य ध्यान में रखा जाना चाहिये।

(ड) कुशल कारीगरों की उपलब्धता : सुदृढ़ीकरण कार्यों की सफलता के लिये कुशल कारीगरों की उपलब्धता एक बड़ी बाध्यता है। अत: सुदृढ़ीकरण कार्य आरम्भ करने से पहले इस पक्ष पर भी ध्यान दिया जाना अत्यन्त आवश्यक है।

(च) समय सीमा : सुदृढ़ीकरण से सम्बन्धित कुछ कार्य कम अवधि में भी समाप्त हो सकते हैं, जबकि अन्य में अपेक्षाकृत अधिक समय लग सकता है। अत: कार्यों की समय-सीमा को ध्यान में रखा जाना अत्यन्त आवश्यक है।

सुदृढ़ीकरण के लाभ

पुरानी संरचनाओं / भवनों के पुनर्निर्माण की अपेक्षा उनका सुदृढ़ीकरण करने का विकल्प चुनने से होने वाले लाभों का विवरण नीचे दिया गया है।

(क) परिचालन सुविधा (Operational convenience): सुदृढ़ीकरण के लिये भवन को पूर्णत: खाली करना आवश्यक नहीं है और सुदृढ़ीकरण की अवधि में भी भवन को उपयोग में लाया जा सकता है। इससे भवन में चलने वाले सामान्य कार्य बाधित नहीं होते हैं। अत: सुदृढ़ीकरण का विकल्प चुन कर भवन में चलने वाले कार्यों को बन्द करने या उन्हें अन्यत्र स्थानान्तरित करने से बचा जा सकता है।

(ख) मितव्ययता (Economy): सामान्यत: पुनर्निर्माण की तुलना में सुदृढ़ीकरण पर होने वाले व्यय के अपेक्षाकृत काफी कम होने पर ही इस विकल्प की संस्तुति की जाती है। हाँलाकि सांस्कृतिक, ऐतिहासिक, धार्मिक या पुरातत्वीय धरोहरों के लिये सुदृढ़ीकरण पर होने वाले व्यय से सम्बन्धित पक्ष को नजरअंदाज किया जा सकता है।

(ग) संसाधन सम्बन्धित बाध्यतायें (Resource

constraints) : पुनर्निर्माण की अपेक्षा सुदृढ़ीकरण सम्बन्धित कार्यों में बहुत अधिक संसाधनों की आवश्यकता नहीं होती है।

(घ) समय (Time) : पुनर्निर्माण की अपेक्षा सुदृढ़ीकरण में कम समय लगता है।

(ड) भवन के मौलिक विन्यास का अनुरक्षण (Maintenance of original building configuration) : सुदृढ़ीकरण में भवन के विन्यास और आकार में परिवर्तन नहीं होता है। सुदृढ़ीकरण हेतु प्रस्तावित भवन के सांस्कृतिक, ऐतिहासिक एवं वास्तुकला सम्बन्धित महत्व का होने की स्थिति में यह बिन्दु अत्यन्त महत्वपूर्ण हो जाता है।

(च) प्रदूषण (Pollution) : पुनर्निर्माण की अपेक्षा सुदृढ़ीकरण की प्रक्रिया में उत्पन्न होने वाले मलबे की मात्रा नगण्य होती है। अतः सुदृढ़ीकरण पर्यावरणीय दृष्टिकोण से भवनों को भूकम्प सुरक्षित बनाने का एक प्रभावी विकल्प है।

सुदृढ़ीकरण की प्रक्रिया

भूकम्पीय दृष्टि से सुदृढ़ीकृत किये जाने वाले भवन का तीन चरणों में परीक्षण किया जाता है; जाँच; मूल्यांकन एवं सुदृढ़ीकरण।

(क) जाँच (Screening) : यहाँ जाँच का तात्पर्य भवन पर आसन्न भूकम्प जोखिम के स्तर के आंकलन से है। इस कार्य हेतु एक सरल एवं अपेक्षाकृत गैर-तकनीकी प्रक्रिया को अपनाया जाता है जिसका मुख्य उद्देश्य भवन की विस्तृत जाँच-पड़ताल की आवश्यकता का निर्धारण करना होता है। इस प्रक्रिया के अन्तर्गत सामान्यतः i) भवन की स्थिति (building location), ii) मृदा की स्थिति (soil condition), iii) संरचना का प्रकार एवं उपयोग, iv) भवन में प्रत्यक्ष अनियमिततायें (obvious building irregularities), v) गैर-संरचनात्मक खतरों की उपस्थिति व अनुपस्थिति, vi) भवन की उम्र vii) भवन के महत्व व viii) अधिभोग सम्बन्धित विशेषताओं (occupancy characteristics) को संज्ञान में लिया जाता है।

(ख) मूल्यांकन (Evaluation) : मूल्यांकन की प्रक्रिया के अन्तर्गत प्रारम्भिक जाँच में उच्च घातकता दर्शाने वाले भवनों का विस्तृत अन्वेषण किया जाता है। इसका उद्देश्य सम्भावित भूकम्प की स्थिति में भवन के प्रदर्शन का

मूल्यांकन एवं भूकम्पीय बलों के सापेक्ष संरचनात्मक एवं गैर-संरचनात्मक अवयवों का घातकता आंकलन करना होता है।

(ग) सुदृढ़ीकरण : भूकम्प की स्थिति में भवन के प्रदर्शन के निर्धारण हेतु किये गये मूल्यांकन द्वारा यह इंगित किये जाने पर कि भवन वर्तमान में प्रयुक्त भवन निर्माण रीति संहिताओं द्वारा निर्धारित आवश्यकताओं की पूर्ति नहीं करता है और भूकम्प की स्थिति में उसे भारी नुकसान पहुच सकता है, भवन का सुदृढ़ीकरण किया जाना अत्यन्त आवश्यक हो जाता है।

भवन के सुदृढ़ीकरण की प्रक्रिया में तकनीकी, आर्थिक एवं सामाजिक पक्षों को भी ध्यान में रखा जाना आवश्यक है। निर्माण तकनीकों में हुये परिवर्तन एवं सुदृढ़ीकरण तकनीकों में आयी नवीनता के कारण कई बार संरचनात्मक अभियंताओं के सामने तकनीकी, आर्थिक एवं सामाजिक रूप से स्वीकार्य सुदृढ़ीकरण समाधानों का चयन करना अत्यन्त चुनौतीपूर्ण हो जाता है।

सुधारों का स्तर

सुदृढ़ीकरण द्वारा विद्यमान भवनों में समावेशित किये जाने वाले भूकम्प सुरक्षा के स्तर का सीधा सम्बन्ध इस हेतु प्रयुक्त होने वाले संसाधनों की आवश्यकता से होता है। अत: मानव जीवन की सुरक्षा को सर्वाधिक प्राथमिकता देते हुये भूकम्प सुरक्षा के स्तर का निर्धारण भवन के उपयोग व महत्व के आधार पर किया जाता है। सुदृढ़ीकरण के स्तर के निर्धारण हेतु प्रयुक्त होने वाले कुछ पक्षों का विवरण नीचे दिया गया है।

(क) मात्र सार्वजनिक सुरक्षा के लिये (Public safety only) : यह सुनिश्चित करना कि सम्भावित भूकम्प की स्थिति में भवन उसमें रह रहे व्यक्तियों एवं राहगीरों के ऊपर न गिरे और भवन में रह रहे लोगों को सुरक्षित बाहर निकलने के लिये पर्याप्त समय मिल जाये। इसका मुख्य उद्देश्य मानव जीवन बचाना है। अत्यधिक तीव्रता के भूकम्पीय कम्पनों की स्थिति में इस प्रकार की संरचना बेकार हो सकती है और उसे गिराने व पुन: बनाये जाने की आवश्यकता हो सकती है।

(ख) संरचना की उत्तरजीविता (Structure survivability) : इसका प्रमुख उद्देश्य सम्भावित भूकम्प की स्थिति में संरचना से सुरक्षित निकासी सुनिश्चित करना व व्यापक मरम्मत के पश्चात उसे पुन: उपयोग में लाये जाने योग्य बनाये रखना है। इसके द्वारा पुनर्निर्माण के विकल्प को नकार कर मरम्मत उपरान्त भवन को उपयोग में लाये जाने को प्राथमिकता दी जाती है। यह विशिष्ट रूप से पुलों में प्रयुक्त होने वाले

सुदृढ़ीकरण का निम्नतम् स्तर है।

(ग) संरचना की उपयोगिता (Structure usability) : इसका प्रमुख लक्ष्य यह सुनिश्चित करना है कि किसी भी भूकम्पीय घटना द्वारा भवन के क्रियात्मक पक्ष बाधित न हो। हाँलाकि यह सुनिश्चित करने के लिये कि अगले भूकम्प में संरचना संतोषजनक प्रदर्शन करें, संरचना में विस्तृत सुधार के साथ ही कुछ अवयवों को बदलने की आवश्यकता हो सकती है। जीवन रेखा / महत्वपूर्ण संरचनाओं के लिये सुदृढ़ीकरण का यह न्यूनतम स्तर है। प्राय: परिवहन अवसंरचनाओं; यथा रेल, राजमार्ग, पुल एवं सुरंगों के लिये यह सुदृढ़ीकरण का सर्वाधिक मितव्ययी विकल्प होता है। सुदृढ़ीकरण का यह स्तर जल आपूर्ति एवं अग्निशमन अवसंरचनाओं के लिये भी वांछित है क्योंकि भूकम्प के पश्चात इनकी सर्वाधिक आवश्यकता होती है।

प्राथमिक ढाँचे को क्षति से बचाने एवं भूकम्प के पश्चात् इनके क्रियात्मक पक्षों को बनाये रखने के लिये उच्च स्तरीय सुदृढ़ीकरण की आवश्यकता होती है। सुदृढ़ीकरण का यह स्तर सुनिश्चित करता है कि भूकम्प के पश्चात मरम्मत से सम्बन्धित आवश्यकतायें मुख्यत: भवन के सौन्दर्यीकरण सम्बन्धित पक्षों से जुड़ी हो, जैसे कि दीवारों पर आयी छोटी दरारें व उखड़ गया प्लास्टर। अत: यह चिकित्सालयों के लिये सुदृढ़ीकरण का न्यूनतम स्वीकार्य स्तर है।

(घ) संरचना अप्रभावित (Structure unaffected) : इस प्रकार के सुदृढ़ीकरण को उच्च सांस्कृतिक महत्व की ऐतिहासिक अवसंरचनाओं के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

अप्रबलित चिनाई वाले भवनों के लिये सुदृढ़ीकरण की विधियाँ (Methods of retrofitting in unreinforced masonry; URM buildings)

अवसंरचनाओं के भूकम्पीय सुदृढ़ीकरण हेतु अनेकों विधियाँ उपलब्ध हैं। सुदृढ़ीकरण के उद्देश्य, जैसे कि भार में वृद्धि, विकृति एवं / या अवसरंचना की ऊर्जा क्षय क्षमता के साथ ही संसाधनों एवं तकनीकी विशेषज्ञता की उपलब्धता के आधार पर उपयुक्त सुदृढ़ीकरण पद्धति को चुना जा सकता है। अप्रबलित चिनाई वाले भवनों में प्रयुक्त होने वाली सुदृढ़ीकरण की विभिन्न विधियों का विवरण नीचे दिया गया है।

(क) सतही उपचार (Surface treatment): सतही उपचार एक सरल विधि है और इसे लम्बे अनुभव के आधार पर विकसित किया गया है। i) फैरोसीमेन्ट (ferrocement), ii) प्रबलित प्लॉस्टर (reinforced plaster) तथा iii) शाटक्रीट (shotcrete) इसके अन्तर्गत प्रयुक्त की जाने वाली मुख्य विधियाँ है। इस प्रकार के उपचार से वाह्य चिनाई का कार्य ढक जाता है जिसके कारण संरचना के वास्तुविदीय या ऐतिहासिक पक्षों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

फैरोसीमेन्ट (Ferrocement): प्रबलित फैरोसीमेन्ट बनाने के लिये 5-8 प्रतिशत प्रबलन अनुपात वाली पतली सरियों के जाल (hardware mesh) को पूर्ण रूप से 15-60 मि.मी. मोटाई के उच्च शक्ति (15-30 मे. पा.) के सीमेन्ट के गारे से आच्छादित किया जाता है। इस प्रक्रिया में गारे की 1-5 मी.मी. मोटी परत को जाल की सतह पर फैलाया जाता है। फैरोसीमेन्ट के यांत्रिक गुण सरिया के जाल के गुणों पर निर्भर करते हैं। गारे के आदर्श मिश्रण में 01 भाग सीमेन्ट व 1.5-3 भाग रेत होना चाहिये और उसमें पानी-सीमेन्ट का अनुपात 0.4 होना चाहिये। कम लागत के फाईबर जैसे कि पॉलीप्रोपाईलीन (polypropylene) को मिला कर गारे की प्रकृति में गुणात्मक सुधार किया जा सकता है। फैरोसीमेन्ट कम लागत के कार्यों हेतु सर्वाधिक उपयुक्त विधि है और अकुशल कार्मिकों द्वारा भी तद्सम्बन्धित कार्यों का सम्पादन किया जा सकता है। यह प्रक्रिया दीवार के समानान्तर (in-plane) और दीवार के लम्बवत् (out-of-plane) लगने वाले बलों की स्थिति में दीवार के व्यवहार को सुदृढ़ बनाती है। चटकने के बाद भी सरिये का जाल चिनाई वाली इकाईयों को एकदम से ढहने नहीं देता और इस प्रकार यह दीवार की दिशा (in-plane) में लचीली विकृति क्षमता को बढ़ाता है।

प्रबलित प्लॉस्टर (Reinforced plaster) : इस प्रकार की विधि में उच्च क्षमता के स्टील प्रबलन के ऊपर सीमेन्ट के गारे की एक पतली परत चढ़ाई जाती है। स्टील को विकर्णीय या लम्बवत् एवं समानान्तर विन्यास के साथ जाल के रूप में व्यवस्थित किया जा सकता है। इस विधि में क्षमता में होने वाली वृद्धि i) उपयोग में लायी जा रही परत की मोटाई, ii) सीमेन्ट के गारे की मजबूती, iii) प्रबलन की गुणवत्ता, iv) सुदृढ़ की जा रही दीवार के साथ प्रबलन सन्धि विधि तथा v) चिनाई की दीवार को हुयी क्षति के परिमाण पर निर्भर करती है।

शॉटक्रीट : इस विधि में चिनाई की दीवार की सतह पर लगाये गये प्रबलन छड़ों के जाल पर शॉटक्रीट की परतों का छिड़काव किया जाता है। आमतौर पर शॉटक्रीट-परतें दरार नियंत्रण हेतु न्यूनतम इस्पात अनुपात में तैयार किये गये जाल के साथ प्रबलित की जाती है। शॉटक्रीट की मोटाई को वांछित भूकम्प अवरोधक क्षमता के अनुसार कम या ज्यादा किया जा सकता है। कर्तन दबाव (shear stress) को शॉटक्रीट व चिनाई की सतहों के संगम के आर-पार हस्तान्तरित करने के लिये चिनाई वाली दीवारों में छेद करके सीमेन्ट या जोड़ने वाले रसायन (epoxy) की सहायता से कर्तन छड़ों (shear dowel) को लगाया जाता है। शॉटक्रीट द्वारा किये गये सुदृढ़ीकरण से दीवारों का भार काफी बढ़ जाता है। बार-बार लगने वाले तनाव एवं तनाव की स्थिति में प्रबलन में वृद्धि के कारण यह सुदृढ़ीकरण तकनीक उच्च-ऊर्जा का ह्रास करती है। शॉटक्रीट अपेक्षाकृत सुविधाजनक एवं लागत प्रभावी सुदृढ़ीकरण प्रक्रिया है।

(ख) ग्राऊट एवं एपोक्सी अन्तःक्षेपण (Grout and epoxy injection) :

ग्राऊट अन्त:क्षेपण मजबूतीकरण की एक लोकप्रिय तकनीक है क्योंकि इससे मौजूदा भवन के सौंदर्य एवं स्थापत्य सम्बन्धित विशेषताओं में परिवर्तन नहीं होता है। अत:क्षेपण का मुख्य उद्देश्य सुदृढ़ीकृत दीवार के मूल तत्वों को बनाये रखना तथा भौतिक एवं रासायनिक क्षरण या घर्षण के कारण दीवार पर प्राय: हो जाने वाले गड्ढों व दरारों को भरना होता है। विभिन्न परतों वाली चिनाई की दीवार में खाली पड़ी कण्ठ-संधियों (collar joints) पर सीमेन्ट ग्राउट का अन्त:क्षेपण करने से आस-पास की परतों के आपसी जुड़ाव मजबूत हो जाते है। अन्त:क्षेपण की सफलता उपयोग में लाये गये मिश्रण की अन्त:क्षेपण क्षमता व अन्त:क्षेपण विधि पर

निर्भर करती है। अन्त:क्षेपण क्षमता मिश्रण के यांत्रिक गुणों के साथ ही सुदृढ़ीकृत की जा रही चिनाई की दीवार के साथ इसकी भौतिक व रासायनिक अनुकूलता पर निर्भर करती है। अन्त:क्षेपण की प्रक्रिया में छोटी दरारों के लिये आमतौर पर एपोक्सी रेजिन का प्रयोग किया जाता है जबकि बड़ी दरारों, रिक्त स्थानों व खाली कण्ठ-संन्धियों के लिये सीमेन्ट आधारित मिश्रण का उपयोग किया जाता है। इस प्रकार का सुदृढ़ीकरण अप्रबलित चिनाई से निर्मित अवसंरचनाओं के समग्र व्यवहार को सुधारता है।

(ग) वाह्य प्रबलीकरण : इस विधि के अन्तर्गत मौजूदा अप्रबलित चिनाई से बने भवनों में इस्पात की प्लेटों या ट्यूबों को वाह्य प्रबलीकरण के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। इस्पात प्रणाली को विद्यमान मध्यपट (diaphragm) और दीवार के साथ भी जोड़ा जा सकता है। तद्सम्बन्धित एक विधि में क्षैतिज अवयवों को मौजूदा दीवार के पास में रखे दो लम्बवत् अवयवों से जोड़ा जाता है जिससे मध्य में भरा हुआ ढाँचा (in-fill panel) बन जाता है।

मूल संरचना के सुदृढ़ीकरण उपाय के रूप में उपयोग में लाये जा रहे इस्पात के ढाँचे एवं मूल संरचना की सापेक्षिक कठोरता (relative rigidity) पर ध्यान दिया जाना अत्यन्त महत्वपूर्ण है क्योंकि भूकम्प के समय मूल संरचना में दरारें पड़ना स्वाभाविक है और एक स्तर से अधिक दरारें पड़ जाने के उपरान्त उपयोग में लाये गये इस्पात के सुदृढ़ीकरण की कठोरता समतुल्य होने पर वह प्रभावी होगा।

(छ) प्रबलित कांक्रीट के टाई-कालमों द्वारा कॉन्फाईनिंग : एशिया एवं लैटिन अमेरिका में प्रबलित कांक्रीट के ढाँचे व चिनाई की दीवारों से बनने वाले कॉनफाइन्ड भवन निर्माण तकनीक का व्यापक प्रयोग होता है। कॉन्फाइन्ड भवन निर्माण तकनीक से बनने वाली संरचनाओं की मुख्य विशेषता उनमें प्रयुक्त लम्बवत् प्रबलित कांक्रीट या प्रबलित टाई-कॉलम है जो भवन की दीवारों के सभी कोनों एवं दीवारों के कटान के स्थानों के साथ ही दरवाजे एवं खिड़कियों के लम्बवत् भागों में प्रयुक्त होता है। टाई-कॉलमों को प्रभावी बनाने के लिये उन्हें दीवारों के साथ फर्श के स्तर पर अवस्थित टाई-बीम के साथ जोड़ा जाना चाहिये। इस प्रकार से यह विघटन को रोकता है तथा अप्रबलित चिनाई वाली अवसंरचनाओं की तन्यता व ऊर्जा क्षय की क्षमता में सुधार लाता है

परन्तु भवन की भार प्रतिरोधक क्षमता पर इसका सीमित प्रभाव पड़ता है। इस विधि में प्रबलीकरण की मात्रा व कॉक्रीट का परिमाण अनुभव के आधार पर निर्धारित किया जा सकता है और यह अवसरंचना की ऊँचाई एवं आकार पर निर्भर करता है। इस तकनीक को चिनाई से बनने वाले नये भवनों में प्रयुक्त किया जा सकता है परन्तु पूर्व में बने भवनों में इस प्रकार के कॉन्फाइनमेन्ट को बनाना सरल नहीं होगा।

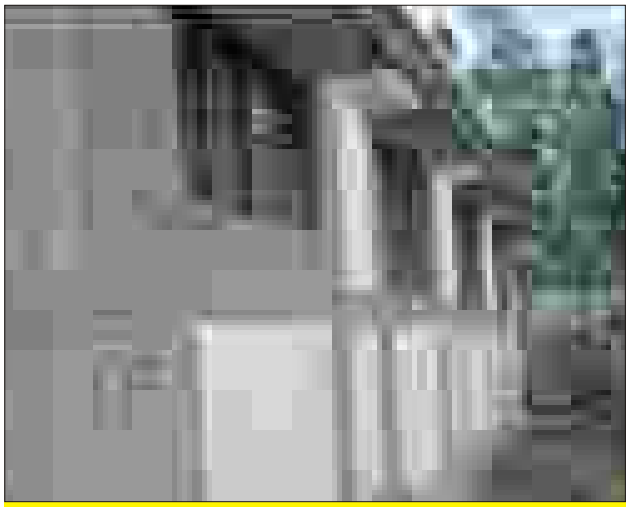
चिनाई से बने घरों के सुदृढ़ीकरण की सरल विधि

सर्वप्रथम सुदृढ़ीकरण के लिये चयनित भवन में अवस्थित कमजोर पक्षों का आंकलन करने के उपरान्त अनुभवी विशेषज्ञों से परामर्श कर भवन के सुदृढ़ीकरण हेतु योजना का एक प्रारूप तैयार किया जाना चाहिये। इस प्रारूप में भवन के विभिन्न भागों में भूकम्प सुरक्षा हेतु प्रयुक्त होने वाले अवयवों का विवरण रहता है। भवन को भूकम्प सुरक्षित बनाने के लिये प्राय: दीवारों में भूकम्पीय पट्टिकायें लगायी जाती है। इन पट्टिकाओं को लगाने की सरल विधि नीचे दी गयी है।

भूकम्पीय पट्टिकाओं के स्थान का अंकन (Marking of seismic bands): सर्वप्रथम सुदृढ़ीकरण योजना के अनुरूप दीवारों पर भूकम्पीय पट्टिकाओं के स्थान का अंकन किया जाना चाहिये। यह अंकन दीवार की सतह पर धागे से किया जा सकता है। इस प्रकार अंकन करने से वांछित स्थान से प्लास्टर को काट कर उसे छीलने में सहजता होती है। इसके लिये धागे को नीले या किसी और रंग में डुबो कर निशान लगाये जाने हेतु निर्धारित स्थान पर तान कर दीवार की सतह से बाहर की ओर खींच कर छोड़ दिया जाना चाहिये। इससे दीवार पर वांछित रंग की रेखा बन जायेगी। इस प्रकार दो रेखायें बना कर भूकम्पीय पट्टिकाओं के स्थान को चिन्हित किया जाना चाहिये।

प्लास्टर की परत को छीलना (Chipping the plaster): दीवार पर रंग की सहायता से भूकम्पीय पट्टिका के स्थान का अंकन करने के पश्चात बनायी गयी रेखाओं के ऊपर से प्लास्टर की परत को काटने के लिये पत्थर काटने की मशीन (rotary stone cutter) की मदद

ली जा सकती है। तद्पश्चात हथौड़े एवं छैनी से काटे गये प्लास्टर के बीच के प्लास्टर को छीला जाना चाहिये। इस प्रकार दीवार के ऊपर से भूकम्पीय पट्टिका के स्थान का पूरा प्लॉस्टर निकाल दिया जाता है (चित्र 1)।



चित्र 1 : हथौड़े एवं छैनी की सहायता से छीली गयी वाह्य दीवार

जाली का कटान (Cutting of wire mesh): सुदृढ़ीकरण योजना के अनुसार छीली गयी दीवार के ऊपर लगाये जाने के लिये निर्धारित माप की जाली काटी जानी चाहिये (सामान्यत: 1x6 फीट)। जाल को काटने के लिये पृथक से उपकरण उपलब्ध न होने की स्थिति में जाली को हथौड़ी व छैनी की सहायता से भी काटा जा सकता है।

काटी गयी जाली का उपचार (Treatment of wire mesh):

जाली को काटने के बाद इस पर एपोक्सी जिंक प्राईमर (epoxy zinc primer) लगाया जाना चाहिये। इससे प्रबलन इस्पात या इस्पात की सतह पर जंकरोधक परत बन जाती है। एपोक्सी जिंक प्राईमर लगाने के लिये स्प्रे मशीन (sprayer) उपलब्ध न होने पर जाली पर ब्रुश की सहायता से भी एपोक्सी जिंक प्राईमर लगाया जा सकता है।

दीवार पर सीमेन्ट के घोल का लेपन : छीली गयी दीवार को पानी से धोने के बाद उस पर सीमेन्ट का घोल लगाया जाना चाहिये ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि गारा (motar) विद्यमान ईंटों की चिनाई को अच्छी तरह से पकड़ ले।

माईक्रो कॉक्रीट का उपयोग : 1 भाग सीमेन्ट व 3 भाग कंकड़ (6 मि.मी. से छोटे) को पर्याप्त मात्रा में मिलाकर माइक्रो कॉक्रीट का मसाला तैयार किया जाना चाहिये। साथ ही इसमें उपयुक्त मात्रा में एक्रलिक बॉन्डिंग एजेन्ट (acrylic bonding agent) एवं जल रोधक मिश्रण (liquid integral waterproofing compound) भी मिलाया जाना चाहिये। एक्रलिक बॉन्डिंग एजेन्ट पुरानी एवं नयी सतहों को मजबूती से जोड़ता है और सीमेन्ट के गारे की प्रवृति में वांछित परिवर्तन कर के जोड़ को मजबूत बनाता है। साथ ही इससे भवन की तन्यता व लचीलेपन (tensile and flexural strength) में भी वृद्धि होती है और भवन अधिक टिकाऊ बनता है। जलरोधक मिश्रण को मिलाने से गारे में लचीलेपन के साथ ही एकसारता भी आती है व थक्के नहीं बनते हैं। उपयुक्त समय तक पानी से सींचने से कांक्रीट एवं प्लास्टर की जलरोधक क्षमता में वृद्धि होती है।

पूर्व में भूकम्परोधी पट्टिकाओं के लिये निर्धारित स्थान पर लगाये गये सीमेन्ट के घोल के ऊपर माइक्रों कॉंक्रीट की परत लगायी जानी चाहये।

दीवार में छेद करना : माइक्रो काँक्रीट लगाये गये दीवार के भागों में छेद करने वाली मशीन की सहायता से 8 मिलीमीटर व्यास के छेद बनाये जाने चाहिये और दो क्रमागत छेदों के बीच 45 सेन्टीमीटर की दूरी रखी जानी चाहिये। तद्पश्चात 6 मिलीमीटर व्यास की इस्पात की छड़ को इन छिद्रों के आर-पार डाला जाना चाहिये।

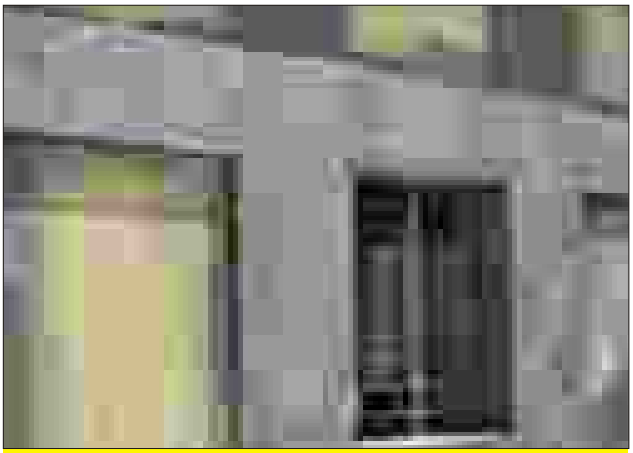
जाल का उपयोग : दीवार पर निर्धारित स्थानों पर किये गये छेदों के आर-पार इस्पात की छड़ लगाने के बाद भवन की सुदृढ़ीकरण योजना के अनुसार पूर्व में काटी गयी जाली को दीवार पर लगाने के बाद उसे दीवार के आर-पार डाली गयी छड़ों की सहायता से दीवार पर बाँध दिया जाना चाहिये (चित्र 2 व 3)।

चित्र 2 : दीवार पर 6 मिलीमीटर व्यास की इस्पात छड़ की सहायता से लगायी गयी जाली

चित्र 3 : दीवार में जाली एवं प्रबलन छड़ों का विन्यास

माइक्रो कांक्रीट की मदद से जाल को ढका जाना : दीवारों में जाली लगा देने के बाद मॉइक्रो कांक्रीट की दूसरी परत चढ़ा कर जाली को पूरी तरह ढक दिया जाना चाहिये।

अन्तिम रूप : दीवारों पर मॉइक्रो-कांक्रीट की दूसरी परत चढ़ाने के बाद दीवार को अन्तिम रूप देने के लिये मॉइक्रो -कांक्रीट की तीसरी परत चढ़ाई जानी चाहिये। पहले चरण में कांक्रीट की परत खुरदरी एवं असमतल होती है, अत: दीवारों की सतह को सपाट बनाने के लिये सीमेन्ट के गारे का प्रयोग करके दीवारों को अन्तिम रूप दिया जाना चाहिये (चित्र 4)।



चित्र 4 : प्लास्टर किये जाने के पश्चात वाह्य दीवारों का स्वरूप

सुदृढ़ीकरण की वैकल्पिक विधि

सुदृढ़ीकरण की अनेकों विधियाँ उपलब्ध हैं और पूर्व में उल्लेखित विधि ही इस कार्य को करने की एकमात्र विधि नहीं है। यंत्र, मानव शक्ति या सामग्री की अनुपलब्धता के कारण कई स्थितियों में किसी विशेष विधि को उपयोग में लाना कठिन व अव्यवहारिक हो सकता है अत: सुदृढ़ीकरण की अन्य विधियों का ज्ञान होना भी अत्यन्त आवश्यक है।

पूर्व में बतायी गयी सुदृढ़ीकरण की विधि में दीवार पर तीन चरणों में प्लास्टर चढ़ाया गया था; i) दीवार पर 1:3 अनुपात के सीमेन्ट के गारे या माइक्रो-कांक्रीट लगाने के बाद इसके ऊपर इस्पात की जाली लगायी गयी थी, ii) तद्पश्चात माइक्रो-कांक्रीट की सहायता से जाली को ढका गया था और iii) अन्त में दीवार को अन्तिम रूप दिये जाने के लिये माइक्रो-कांक्रीट के गारे से प्लॉस्टर किया गया था।

गनिटिंग मशीन (guniting machine) का उपयोग करके एक बार में ही दीवार पर प्लास्टर की दो परतें चढ़ाई जा सकती हैं। इस्पात की जाली पर एपोक्सी जिंक प्राईमर (epoxy zinc primer) लगाने तक पूर्व में बतायी गयी विधि ही अपनायी जाती है और तद्पश्चात किये जाने वाले कार्यों का विवरण नीचे दिया गया है।

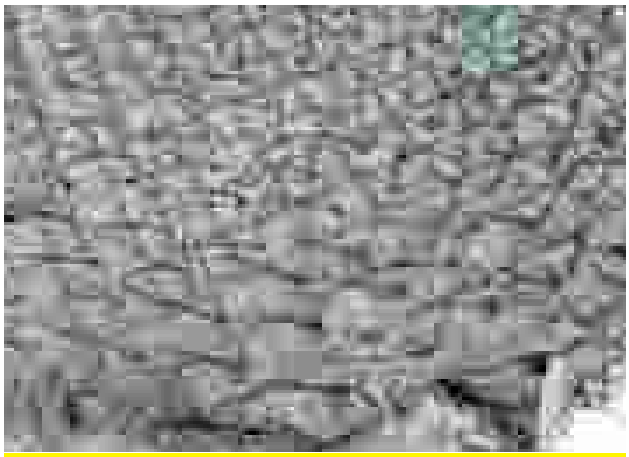
जाल को लगाना : दीवारों पर भूकम्पीय पट्टिकाओं के लिये निर्धारित स्थान से प्लास्टर को छीलने के बाद दीवारों के आर-पार 08 मिलीमीटर व्यास के छेद बनाये जाते हैं और दो क्रमागत छेदों के मध्य 45 सेन्टीमीटर की दूरी रखी जाती है। तद्पश्चात जाली व दीवार के मध्य निश्चित दूरी बनाये रखने के लिये स्पेसरों (spacers) का उपयोग करते हुये जाली को दीवार पर लगाया जाता है।

स्पेसरों के निर्माण के लिये सीमेन्ट, गारे व बाँधने वाले तारों का उपयोग किया जाता है। इनका प्रयोग दीवार व जाल के मध्य एक निश्चित दूरी बनाये रखने के लिये किया जाता है। स्पेसरों की मोटाई 15 मिलीमीटर रखी जा सकती है। स्पेसरों को तैयार करने की विधि को चित्रों की सहायता से समझाया गया है (चित्र 5, 6, 7, 8 एवं 9)।

चित्र 5 : स्पेसर बनाने के लिये 15 मिलीमीटर मोटाई का आधार (base) बनायें

चित्र 6 : आधार को 2" x 2" के घन (cube) बनाने के हिसाब से काटें

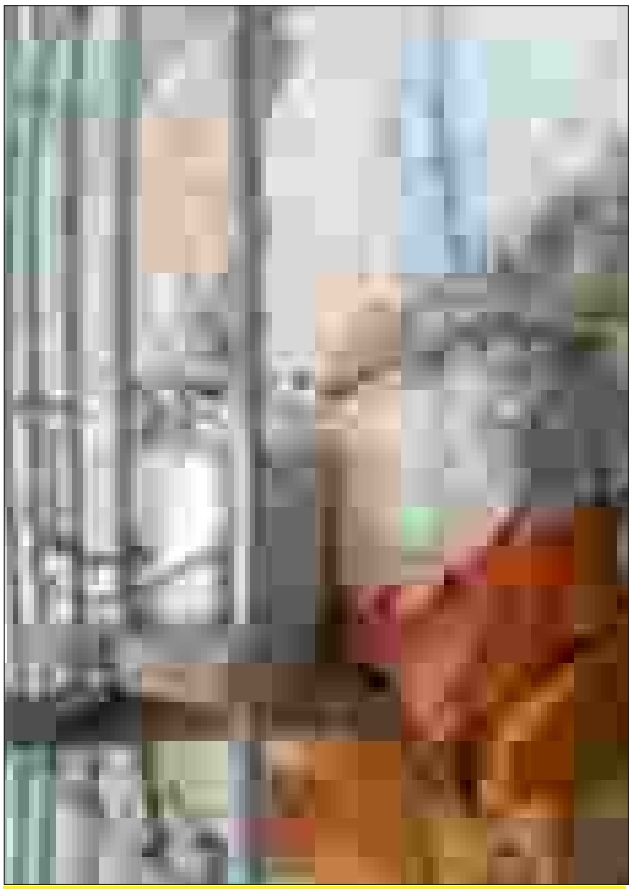
चित्र 7 : प्रत्येक घन में इस्पात का बाधने वाला तार लगायें



चित्र 8 : उपयोग के लिये तैयार स्पेसर

चित्र 9 : प्रत्येक स्पेसर इस तरह दिखना चाहिये

स्पेसर को लगाना : स्पेसर को इस्पात की जाली व दीवार के मध्य लगाया जाता है और उसमें लगे इस्पात के बाँधने वाले तार की सहायता से उसे जाली या प्रबलन छड़ों के साथ कस दिया जाता है ताकि गनिटिंग (guniting) करते समय वह अपनी जगह पर बना रहे और सुदृढ़ीकरण के लिये प्रयुक्त की जा रही इस्पात की जाली दीवार से निश्चित दूरी पर बनी रहे (चित्र 10)



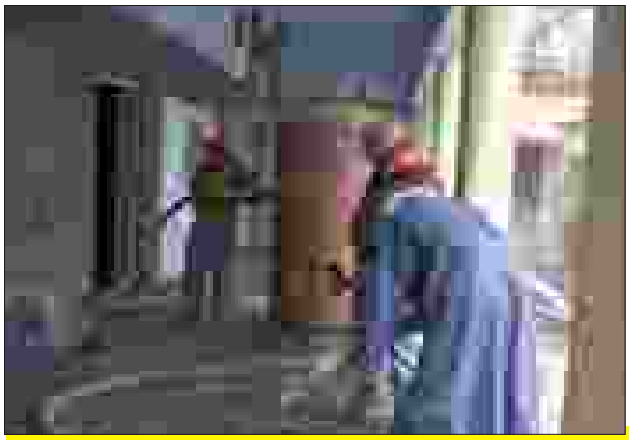
चित्र 10 : दीवार व जाल के मध्य बँधा स्पेसर

कांक्रीटिंग : इसके बाद इस्पात की जाली को माइक्रो कांक्रीट से ढकने के लिये माइक्रो-कांक्रीट गनिटिंग प्रक्रिया

का उपयोग किया जाता है। गनिटिंग सूखे सीमेन्ट, रेत व रोड़े के मिश्रण को पर्याप्त नमी प्रदान करते हुये उच्च वायु दबाव के साथ तेज गति से दीवार तक स्थानान्तरित करने की एक मशीनी प्रक्रिया है। गनिटिंग मशीन दो कक्षों वाली यथा; गन एवं दो पानी की टंकियों से मिल कर बनी होती है और इसे एक शक्तिशाली वायु मोटर द्वारा चलाया जाता है (चित्र 11)।

चित्र 11 : ड्राई मिक्स होल्डर (बाँयें) व कम्प्रेसन चैम्बर (दाँये)

गनिटिंग मशीन के उपयोग से जहाँ एक ओर श्रम एवं समय की बचत होती है वहीं दूसरी ओर इससे माइक्रो-कांक्रीट सघन हो जाता है और दीवार पर दब कर जमता है (चित्र 12 एवं 13)।



चित्र 12 : गनिटिंग मशीन का नोजल को थामे निर्माण कर्मी

चित्र 13: उच्च वेग के साथ माइक्रो-काक्रीट को दीवार पर लगाता निर्माण कर्मी

गनिटिंग मशीन की अनुपलब्धता की स्थिति में हस्त चालित वाईब्रेटर से भी माइक्रो-कांक्रीट का संघनन व लेपन सम्बन्धित कार्य को किया जा सकता है।

चित्र 14 : सुदृढ़ीकृत किये गये विद्यालय का दृश्य

(अधिक जानकारी के लिये मिलें या लिखें)

आपदा न्यूनीकरण एवं प्रबन्धन केन्द्र

(आपदा प्रबन्धन विभाग, उत्तराखण्ड शासन का स्वायत्तशासी संस्थान)

उत्तराखण्ड सचिवालय, देहरादून–248001

दूरभाष – 91+135 – 2710 232, 91+135 – 2710 233 फैक्स – 91+135 – 2710 199 वैब साईट – http://dmmc.uk.gov.in

Face book address : http://www.facebook.com/pages/Disaster-Mitigation-and-Management-Centre--DMMC/220760361309448DMMC/220760361309448