कंक्रीट टैक्नॉलॅजि



मार्च 2007

भारतीय रेल सिविल इंजीनियरी संस्थान
पुणे - 411 001

कंक्रीट टैक्नॉलॅजि

मार्च 2007

भारतीय रेल सिविल इंजीनियरी संस्थान

पुणे - 411 001

प्रस्तावना

कंक्रीट की लोकप्रियता सर्वविदित है। आज मानव निर्मित निर्माण सामग्रियों में कंक्रीट का स्थान अग्रणी बन चुका है। किसी भी सरंचना की अभिकल्पना करते ही कंक्रीट सबसे पहले ध्यान आकृषित करता है। इसके लोकप्रिय होने का सबसे बड़ा कारण है इसकी सरलता। बड़े ही सरल ढंग से सामान्य एवं सुलभ रूप से उपलब्ध सामग्री से इसे बनाया जा सकता है और किसी भी रंग तथा आकृति में ढ़ाला जा सकता है। रेलवे भी इसकी लोकप्रियता से अछूता नही है। पुलों, इमारतों, सड़कों एवं यात्री प्लेटफार्मों में कंक्रीट का प्रयोग एक सामान्य सी बात है। जाहिर है जब कंक्रीट का इतना अधिक उपयोग होगा तो हमें इसकी सही जानकारी होना भी आवश्यक है। यह एक ऐसा विषय है जिसमें हर दिन तरक्की होती रहती है और नए आयाम जुड़ते रहते हैं। अतः न केवल कंक्रीट के बारे में जानकारी रखना काफी है बल्कि इसमें क्या हो रहा है और आगे क्या होने वाला है इसका भी ज्ञान होना निहायत जरूरी है।

इसी दिशा में एक कदम है - यह पुस्तक 'कंक्रीट टैक्नॉलॅजि' जिसमें कंक्रीट की नई तकनीक जैसे 'रेडी मिक्स कंक्रीट', 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट', 'हाई स्ट्रेंग्थ कंक्रीट' आदि का वर्णन किया गया है। सबसे खुशी की बात है कि इस पुस्तक को राजभाषा में लिखा गया है। हिन्दी में छपने वाली यह इरिसेन की पहली तकनीकी पुस्तक है । इसे संस्थान के उपमुख्य राजभाषा अधिकारी श्री घनश्याम बंसल ने लिखा है। आशा है यह पुस्तक हमारे रेल कर्मियों के लिए लाभदायक सिद्ध होगी। इस के बारे में सुझाव एवं टिप्पणी आमंत्रित हैं जिससे इसे और बेहतर बनाने में मदद मिलेगी।

शिवकुमार
निदेशक, इरिसेन
पुणे

अभिव्यक्ति

कंक्रीट एक ऐसी निर्माण सामग्री है जिससे न केवल सिविल इंजीनियर बल्कि आम आदमी भी जुड़ा हुआ है। कंक्रीट से जुड़ी अनेकों भ्रांतियाँ खत्म होती जा रही हैं और लोगों का विश्वास इसके प्रति और अधिक प्रगाढ़ होता जा रहा है । आज हर कोई जानता है कि कंक्रीट प्रयोग करते समय किन-किन बातों का ध्यान रखना चाहिए एवं इसके लिए काम्पैक्शन एवं क्यूरिंग क्यों जरूरी है। बहुत समय नही हुआ है जब क्यूरिंग को बहुत लोग गैर जरूरी एवं पानी की बरबादी समझते थे । ऐसे ही कुछ और विषय एवं भ्रान्तियाँ हो सकती हैं जिन्हें दूर करना आवश्यक है। आज का युग तीव्र बदलाव का युग है। कंक्रीट में भी तेजी से कुछ बदलाव आए हैं । पिछले दो दशकों में ही कंक्रीट एवं इससे सम्बंधित तकनीक में बहुत बदलाव आ गया है । आज हम परम्परागत कंक्रीट को सीधे उपभोक्ता तक पहुचाते हैं, इस कंक्रीट का नाम है 'रेडी मिक्स कंक्रीट'। इसी प्रकार 'स्वत: प्रवाह करने वाला कंक्रीट' का विकास भी हो गया है जिसका नाम है 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट'। इन सभी तकनीकों की जानकारी के बिना कंक्रीट की जानकारी अधूरी है। इसके अलावा यह भी आवश्यक है कि कंक्रीट के बारे में ताजा जानकारी हो तथा भविष्य में क्या होने वाला है इसकी भी खबर रहे। इसी आशय के साथ इस पुस्तक में कंक्रीट क्षेत्र की नईं उपलब्धियों का वर्णन किया गया है।

श्री शिवकुमार, निदेशक, इरिसेन की प्रेरणा से इस पुस्तक को मूल रूप से राजभाषा में लिखने का साहस किया गया है, इसके लिए मैं उनका आभारी हूँ । श्रीमती अरुणाभा ठाकुर, हिन्दी राजभाषा अधीक्षक, श्री आर. जे. पाल, राजभाषा सहायक, श्री गणेश, वैयक्तिक सहायक, श्री पोफले, सैक्शन इंजीनियर ड्राईंग का सहयोग इस पुस्तक के लिए अत्यन्त जरुरी था।

इस पुस्तक के लिए सुझाव सादर आमंत्रित हैं ।

घनश्याम बंसल
प्राध्यापक पुल एवं
उपमुख्य राजभाषा अधिकारी
इरिसेन, पुणे

विषय - वस्तु

पृष्ठ संख्या

अध्याय - 1

परिचय

कंक्रीट का विकास 1

सामग्री 3

प्रक्रियाएँ 4

कंक्रीट के लिए प्रयुक्त होने वाली सामग्री 4

अध्याय - 2

सीमेंट

सीमेंट का इतिहास 6

सीमेंट पेस्ट की संरचना 11

हाइड्रेशन की प्रतिक्रिया का विश्लेषण 11

प्रतिक्रिया के लिए पानी की आवश्यकता 12

सीमेंट के विभिन्न प्रकार 13

सीमेंट की जांच 20

सीमेंट का भंडारण 28

प्रारंभ में ही सीमेंट में मजबूती अधिक क्यों मिलती है? 29

ब्लेंडेड सीमेंट का भविष्य 30

अध्याय - 3

एग्रीगेट

एग्रीगेट के प्रकार 32

एग्रीगेट के गुण 33

कंक्रीट के फेज 37

एग्रीगेट का छनाई विश्लेषण 38

एग्रीगेट की गुणवत्ता 39

एग्रीगेड का गैप ग्रेडिंग 40

गैप ग्रेडिंग के लाभ 41

बालू का फुलाव 41

अध्याय - 4

पानी एवं एडमिक्सचर

पानी 43
पानी में अशुद्धियों का प्रभाव 43
समुद्र के पानी का प्रभाव 44
एडमिक्सचर 44
एडमिक्सचर की श्रेणियाँ 44
विभिन्न प्रकार के सुपर-प्लास्टिसाईजर 47
एडमिक्सचर प्रतिक्रिया को प्रभावित करने वाले घटक 47
एडमिक्सचर के अच्छे कार्य-निष्पादन के लिए अनुशंसित पद्धतियां 48
सुपर-प्लास्टिसाईजर का असर 50

अध्याय - 5

कंक्रीट का विनिर्माण

समानुपातन 51
मिश्रण 52
परिवहन 55
प्लेसमैंट 58
काम्पैक्शन 58
तराई 61

अध्याय - 6

मिक्स-डिजाईन

परिभाषा 64
मिक्स-डिजाईन के प्रकार 64
नॉमिनल-मिक्स 64
डिजाईन-मिक्स 65
क्यूब परीक्षण 65
सैम्पलिंग 65
क्यूब कास्टिंग एवं परीक्षण 66
क्यूब परीक्षण का महत्व 66
क्यूब परिणाम का सांख्यिकी विश्लेषण 67
मिक्स-डिजाईन की विधि 69

अध्याय - 7

कंक्रीट का टिकाऊपन

जंग का मैकेनिज्म 79
pH वैल्यू में परिवर्तन की प्रक्रिया 80
कार्बोनेशन की प्रक्रिया 83
पारगम्यता जांच 83
टिकाऊपन बढाने के लिए अच्छी निर्माण पद्धतियाँ 85

अध्याय - 8

हाई परफारमैंस कंक्रीट

मिनरल एडमिक्सचर की भूमिका 88
रेडी मिक्स कंक्रीट 89
ट्रक पर लगे ड्रम मिक्सर 90
रेडी मिक्स कंक्रीट के प्रकार 91
कंक्रीट की पम्पिंग 92
आर एम सी के लाभ 93
सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट 94
सेल्फ काम्पैक्शन का मैकेनिज्म 95
सेल्फ काम्पेक्टिबिलिटी हासिल करते समय विभिन्न कठिनाईयाँ 96
एस सी सी के फायदे 97
एडमिक्सचर की आवश्यकता 98
एस सी सी में मिनरल एडमिक्सचर का उपयोग 99
कंक्रीट में फ्लॉय-ऐश के प्रयोग से लाभ 99
सेल्फ काम्पैंक्टिंग कंक्रीट के परीक्षण 99
परीक्षण के उद्देश्य 100
भारत में एस सी सी की लोकप्रियता 103
लागत तुलना 103
वेक्यूम कंक्रीट 104
विधि एवं उपकरण 104
वेक्यूम कंक्रीट के लाभ 105

संकेताक्षर /Abbreviations

आर एम सी	-	रेडी मिक्स कंक्रीट (Ready Mix Concrete)
एच पी सी	-	हाई परफारमैंस कंक्रीट (High Performance Concrete)
एस सी सी	-	सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट (Self Compacting Concrete)
ओ पी सी	-	आर्डिनरी पोर्टलैण्ड सीमेंट (Ordinary Portland Cement)
एस आर सी	-	सल्फेट रजिस्टैंट सीमेंट (Sulphate Resistant Cement)
पी सी सी	-	प्लेन सीमेंट कंक्रीट (Plain Cement Concrete)
पी पी सी	-	पोर्टलैंड पोजोलाना सीमेंट (Portland Pozzolana Cement)
एस जी सी	-	स्पेशल ग्रेड सीमेंट (Special Grade Cement)
आई एस टी	-	प्रारम्भिक सेटिंग समय (Initial Setting Time)
एम एस टी	-	अन्तिम सेटिंग समय (Final Setting Time)
एम एस ए	-	एग्रीगेट का अधिकतम आकार (Maximum Size of Aggregate)
एम सी सी	-	मास सीमेंट कंक्रीट (Mass Cement Concrete)
एफ एम	-	फाइननैस माड्यूलस् (Fineness Modulus)
एफ ए	-	बालू (Fine Aggregates)
सी ए	-	गिट्टी (Coarse Aggregates)
सी एफ	-	काम्पैक्शन फैक्टर (Compaction Factor)
डब्ल्यू/सी	-	पानी/सीमेंट अनुपात (Water/Cement Ratio)
एस डी	-	मानक विचलन (Standard Deviation)
टी एम एस	-	टारगेट मीन स्ट्रेंथ (Target Mean Strength)
आर सी सी	-	रिन्फोर्सड् सीमेंट कंक्रीट (Reinforced Cement Concrete)
वी एम ए	-	विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट (Viscosity Modifying Agent)
एच आर डब्ल्यू आर ए	-	हाई रेंज वॉटर रेड्यूसिंग एजेंट (High Range Water Reducing Agent)
जी जी बी एफ एस	-	ग्राऊंड ग्रेन्यूलेटेड ब्लास्ट फरनैंस स्लैग (Ground Granulated Blast Furnance Slag)

अध्याय - 1

परिचय

कंक्रीट मानव निर्मित सहज सुलभ एवं उपयोगी निर्माण सामग्री है। यह सिविल इंजीनियरों के बीच ही नहीं बल्कि सामान्य लोगों में भी बहुत लोकप्रिय है । इसकी लोकप्रियता का राज इसी वास्तविकता में है कि यह सीमेंट के अलावा गिट्टी, बालू और पानी जैसी सामान्य उपलब्ध स्थानीय सामग्रियों से ही बन जाता है । इसलिए कोई आश्चर्य नहीं कि कंक्रीट का उपयोग सामान्य फर्श से लेकर एक्सप्रेस-वे, छोटे मकान से लेकर बड़ी-बड़ी अट्टालिकाओं तथा छोटी सी पुलिया से लेकर बड़े स्पैन के पुलों को बनाने में होता है ।

कंक्रीट का विकास

कंक्रीट की लोकप्रियता की वजह से इस क्षेत्र में बहुत विकास हुआ है। पहले हम एम-20 कंक्रीट का स्वप्न देखते थे, आज हम एम-60 कंक्रीट आसानी से निर्मित कर रहे हैं । पहले हम साधारण पारंपरिक कंक्रीट के लिए संघर्ष करते थे, अब हम **एच पी सी** (उच्च निष्पादन कंक्रीट), आर एम सी (तैयार मिक्स कंक्रीट) तथा **एस सी सी** (सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट) बना रहे हैं ।

इसी प्रकार पहले हम सिर्फ सीमेंट का उपयोग करते थे, आज हम सीमेंटिंग सामग्री (Cementitious material) जैसे कि फ्लॉय-ऐश, स्लैग एवं माइक्रो सिलिका का भी प्रयोग करते हैं। पहले हम कंक्रीट के लिए केवल परम्परागत सामग्री जैसे सीमेंट, गिट्टी, बालू एवं पानी को ही जानते थे, आज हम एडमिक्सचर (Admixtures) का प्रयोग भी आम तौर पर करते हैं। कंक्रीट के क्षेत्र में इतना विकास इसी लिए सम्भव हो पाया है क्योंकि कंक्रीट को हमने एक आदर्श निर्माण सामग्री के रूप में स्वीकार कर लिया है। इसका मतलब यह बिल्कुल नहीं है कि यह स्टील का पूरक (substitute) है बल्कि इसे स्टील के साथ ही एक अन्य निर्माण सामग्री समझना चाहिए।

कंक्रीट के निर्माण की विभिन्न विधियों में लगातार सुधार हो रहा है। सामग्री के चुनाव से लेकर इनके अनुपात एवं गुणवता में हम पहले से अधिक सजग हो रहे हैं। हमने कंक्रीट में काम्पैक्शन (Compaction) एवं तराई (Curing) के महत्व को समझ लिया है एवं इसे हमारी संरचनाओं में लागू किया है। इससे कंक्रीट की गुणवत्ता में सुधार हुआ है ।

पहले हम कंक्रीट में सिर्फ कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ (Compressive Strength) को महत्व देते थे परन्तु आज हमें पता है कि न केवल कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ ही संरचना के लिए आवश्यक है, बल्कि 'टिकाऊपन' (Durability) भी उतनी ही जरूरी है। वास्तव में टिकाऊपन ही कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ की लम्बे समय तक की गारन्टी देता है। संरचना की उपयोगी आयु टिकाऊपन पर ही निर्भर होती है। टिकाऊपन जिन चीजों पर निर्भर करता है उनमें से पानी / सीमेंट का अनुपात (w/c ratio), काम्पैक्शन (Compaction) एवं तराई (Curing) सबसे ऊपर हैं। पानी / सीमेंट का अनुपात कम से कम रखना चाहिए, काम्पैक्शन एवं तराई को पूर्ण रूप से क्रियान्वित करना चाहिए। ऐसा करने से ही कंक्रीट की पारगम्यता (Permeability) कम होगी तथा टिकाऊपन अधिक होगा।

कंक्रीट की गुणवता में सुधार लाने का सबसे बड़ा काम किया कंक्रीट की एक नई तकनीक ने, जिसका नाम है - 'तैयार मिक्स कंक्रीट' (Ready Mix Concrete)। इस तकनीक में कंक्रीट का निर्माण नियंत्रित अवस्था (Controlled Conditions) में बैचिंग प्लांट (Batching Plant) में होता है जहां पर इसे कड़ी जाचं प्रक्रिया से होकर गुजरना होता है। इस तैयार मिक्स कंक्रीट को संरचना तक पहुंचाने के लिए ट्रक-मिक्सर (Truck-Mixers) का प्रयोग किया जाता है ताकि रास्ते में वर्केबिलिटि कम न होने पाए।

कंक्रीट की गुणवता की कड़ी को आगे बढ़ाते हुए हमने 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' (Self Compacting Concrete) का निर्माण भी शुरु किया है। इस कंक्रीट का विकास जापान में किया गया, जहां पर मानव शक्ति का अभाव है। इसका विकास अप्रत्यक्ष रूप से एक वरदान साबित हुआ है क्योंकि इस कंक्रीट में काम्पैक्शन प्राप्त करने के लिए कम्पन

(Vibration) देने की जरूरत नहीं है बल्कि यह अपने खुद के वजन से ही फॉर्म-वर्क (Form-work) में बहती है। पानी की तरह बहने की वजह से यह फॉर्म-वर्क के हर कोने में बड़ी आसानी के पहुंच जाती है। इस पूर्ण सघनता के कारण न केवल कंक्रीट की स्ट्रेंग्थ में बढ़ोतरी होती है बल्कि टिकाऊपन में भी आश्चर्यजनक रूप से सुधार होता है।

कंक्रीट के टिकाऊपन को बढ़ाने में उपरोक्त तरीकों के अलावा सामान्य कंक्रीट में हम सीमेंट की जगह ब्लैंडिड सीमेंट (Blended Cement) का प्रयोग भी करते हैं । 'ओ पी सी' सीमेंट में 'मिनरल एडमिक्सचर' (Mineral Admixture) जैसे कि फ्लॉय-ऐश (Fly Ash), स्लैग (Slag) और सिलिका फ्यूम (Silica Fumes) या माइक्रो सिलिका (Micro Silica) आदि को मिलाने से ब्लैंडिड सीमेंट बनता है। इस सीमेंट की वजह से कंक्रीट में हाइड्रेशन की ताप (Heat of Hydration) कम पैदा होती है और इसका टिकाऊपन बढ़ता है। उच्च निष्पादन कंक्रीट बनाने में माइक्रो सिलिका की एक बड़ी भूमिका रहती है। इसकी महीनता, ओ पी सी सीमेंट से बहुत अधिक होती है जिसकी वजह से कंक्रीट में सीमेंट डालने के बाद भी बची हुई रिक्तियों में यह समा सकता है। इससे कंक्रीट की सघनता एवं अपारगम्यता के कारण कंक्रीट की स्ट्रेंग्थ एवं टिकाऊपन दोनों में बढ़ोतरी होती है।

इस प्रकार कंक्रीट के क्षेत्र में दिनो-दिन होते विकास एवं सुधारों की वजह से हमने एक लम्बा सफर तय किया है एवं कंक्रीट को एक ऐसी निर्माण सामग्री के रूप में निखारा है जिस पर विश्वास किया जा सकता है।

वास्तव में कंक्रीट के उत्पादन में दो अलग-अलग क्रियाएं शामिल हैं । एक 'सामग्री' से जुड़ी है जब कि दूसरी उत्पादन में शामिल 'प्रक्रियाओं' से ।

सामग्री

1. चयन (Selection)
2. समानुपातन (Proportioning)

प्रक्रियाएँ

1. मिश्रण (Mixing)
2. परिवहन (Transportation)
3. प्लेसमैंट (Placement)
4. काम्पैक्शन (Compaction)
5. तराई (Curing)

प्रायः ऐसा होता है कि कंक्रीट की गुणवत्ता के लिए सामग्री के मुकाबले प्रक्रिया अधिक प्रभावी होती है । यदि प्रक्रिया पर ध्यान न दिया जाए तो सामग्री पर किया गया खर्च भी व्यर्थ हो जाता है । कंक्रीट की गुणवत्ता, लापरवाही के कारण या गुणवत्ता के महत्त्व को न जानने की वजह से प्रभावित होती है । इसलिए यदि हम प्रक्रियाओं पर नियंत्रण रखने में सक्षम हो जाते हैं तो बिना अतिरिक्त लागत के भी उत्कृष्ट गुणवत्ता वाला कंक्रीट बना सकते हैं ।

कंक्रीट के लिए प्रयुक्त होने वाली सामग्री

1. सीमेंट - कंक्रीट के लिए यह सबसे महत्वपूर्ण एवं महंगी सामग्री है। कंक्रीट का डिजाईन, सीमेंट की मात्रा एवं इसके प्रकार पर निर्भर करता है। यह संपूर्ण संरचना की लागत को प्रभावित करता है ।

2. गिट्टी (Coarse Aggregates) एवं बालू (Fine Aggregates) - यह कंक्रीट के कुल आयतन का अधिकतम स्थान घेरता है । गिट्टी की अधिकतम मात्रा को उपयोग में लाने के प्रयास किए जाने चाहिएँ क्योंकि यह वॉल्यूमेट्रिक स्थिरता (Volumetric Stability) को बढ़ाता है एवं इससे मिक्स-डिजाईन (Mix Design) भी अधिक किफायती होता है।

3. पानी (Water) - यह एक अत्यंत महत्वपूर्ण सामग्री है क्योंकि यह हाइड्रेशन की प्रतिक्रिया के लिए आवश्यक है । परन्तु इसका उपयोग सीमित होना चाहिए, क्योंकि पानी की अधिक मात्रा से कैपिलरी पोरों (Capillary Pores) का निर्माण होता है जिससे कंक्रीट की मजबूती एवं टिकाऊपन कम होता है । अतः पानी का प्रयोग आवश्यकता से अधिक नहीं करना चाहिए ।

4. एडमिक्स्चर (Admixture) - यह एक वैकल्पिक सामग्री है जो किसी विशिष्ट प्रयोजन हेतु उपयोग में लाई जाती है । यह सेटिंग टाइम को बदलने, वर्केबिलिटि को बढ़ाने या सतह को समतल करने जैसे कंक्रीट के गुणों में बदलाव के लिए उपयोग में आती है । इन्हें खराब गुणवत्ता वाले कंक्रीट के लिए प्रतिपूरक के रूप में उपयोग नही करना चाहिए बल्कि अच्छी गुणवत्ता के सहायक के रूप में इस्तेमाल करना चाहिए।

अगले अध्यायों में इन सभी सामग्रियों का विस्तृत रूप से विवरण दिया गया है।

अध्याय - 2

सीमेंट

सीमेंट का इतिहास

सीमेंट का आविष्कार हाल ही में हुआ है । इसे विलियम अस्पिडिन (William Aspidin) द्वारा सन् 1824 में आविष्कृत किया गया था तथा सन 1845 में आइजैक चार्ल्स जॉन्सन (Issac Charles Johnson) द्वारा बेहतर किया गया, जिन्होंने 1400 - 1450^0C तक के तापमान पर चॉक एवं क्ले के मिश्रण को पका कर सीमेंट बनाया था । इस तापमान पर मूल कच्ची सामग्री जैसे - चूना, चिकनी मिट्टी एवं सिलिका एक दूसरे से मिल कर 3 से 25 मि.मी. व्यास के बॉल के आकार में क्लिंकर्स (Clinkers) बनाते हैं । अधिक तापमान के कारण लगभग 20-30% सामग्री तरल बन जाती है तथा ठंडा होने पर गोलाकार बॉल का आकार ले लेती है ।

हालांकि सीमेंट हाल ही का विकास है लेकिन सीमेंटिंग मेटेरियल (Cementing Material) का उपयोग काफी पुराना है । इन सीमेंटिंग मेटेरियल की मूल सामग्री आज के सीमेंट की तरह ही थी, फर्क था केवल तापमान का, जिस तक इसे गर्म किया जाता है । आधुनिक सीमेंट से पहले, 1400-1450^0 C के तापमान का पता नहीं था। प्रारंभ में चूने एवं जिप्सम का उपयोग कैल्सीनेशन (Calcination) या भूनने के बाद किया जाता था । यह मोर्टार सबसे पहले 2560 ईस्वी पूर्व इजिप्सियों (Egyptians) द्वारा ग्रेट पिरामिड बनाने में उपयोग किया गया । उसी प्रकार ग्रीक एवं रोमनवासियों ने भी कैलसाईन्ड (Calcined) चूना पत्थर (भून कर ऑक्सीडेशन) का उपयोग किया। धीरे-धीरे उन्होंने बालू, पत्थर के टुकड़े, ईंट, टूटे टाइल्स, वल्केनिक (Volcanic) राख तथा पानी मिलाना भी सीखा । संभवतः यही मानव इतिहास का पहला कंक्रीट था।

वल्केनिक ऐश (Volcanic Ash) में उपस्थित सिलिका एवं एल्यूमिनियम चूना के साथ मिला कर इस उत्पाद को 'पोजोलैनिक सीमेंट'

(Pozzolanic Cement) के रूप में जाना गया । यह नाम पोजॉउली गांव से मिला जहां से वल्केनिक ऐश लिया गया था। आज भी पोजोलैनिक सीमेंट सामान्य तापक्रम पर प्राकृतिक सामग्रियों को महीनता से पीस कर बनाया जाता है ।

सीमेंट पानी के साथ प्रतिक्रिया करता है तथा यह पानी के अंदर भी सेट होने में सक्षम है । इसलिए इसे 'हाइड्रोलिक सीमेंट' (Hydraulic Cement) भी कहा जाता है ।

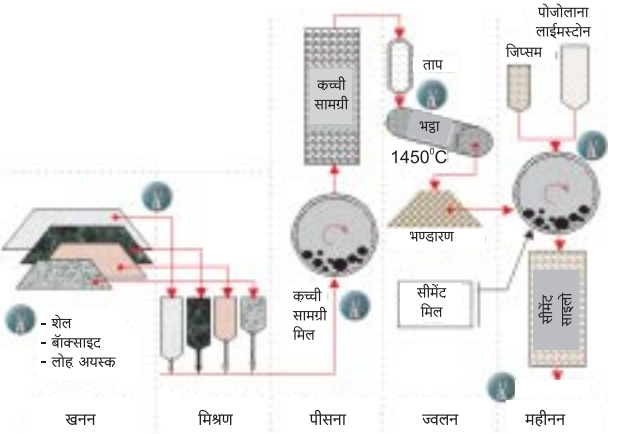
आधुनिक सीमेंट का कंपोजीशन इस प्रकार है :-

1. कलकेरियस सामग्री (Calcareous Material) : चूना पत्थर या चॉक

2. आर्गिलेसियस सामग्री (Argillaceous Material) : चिकनी मिट्टी / शैल

3. सिलिसियस सामग्री (Silicious Material) : सिलिका

सीमेंट के निर्माण की प्रक्रिया में अनिवार्यतः उपर्युक्त सामग्री शामिल रहती है। विभिन्न सामग्री को सही अनुपात में लेकर अच्छी तरह पीसना,बढ़िया से मिलाना एवं बड़े रोटरी भट्ठे (Kiln) में 1400-1450^0 C पर भूनना। सामग्री धीरे-धीरे आपस में फ्यूज होकर गोल बॉल बन जाती है जिन्हें क्लिंकर के नाम से जाना जाता है । इसके बाद जिप्सम की कुछ मात्रा मिलाकर क्लिंकर्स को जितनी जरुरत हो उतना महीन पीस कर सीमेंट तैयार किया जाता है। सीमेंट बनाने की सिलसिलेवार विधि को चित्र संख्या -1 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या -1 सीमेंट बनाने की विधि

प्रकृति में कच्ची सामग्री ऑक्साइड के रूप में होती है । सीमेंट में उपयोग की जाने वाली सामग्री में विभिन्न ऑक्साइड के प्रतिशत निम्नलिखित टेबल संख्या-1 के अनुसार होते हैं ।

टेबल संख्या - 1

ऑक्साइड	प्रतिशत
कैल्शियम ऑक्साइड (CaO)	59 - 64%
सिलिका ऑक्साइड (SiO_2)	19 - 24%
ऐल्यूमिनियम ऑक्साइड (Al_2O_3)	3 - 6%
फेरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3)	1 - 4%
मैग्निशिया (MgO)	0.5 - 4%

जब कच्ची सामग्री भट्ठे में गर्म की जाती है तो यह सिलिकेट एवं एल्यूमिनेट में बदल जाती है। इन महत्वपूर्ण कम्पाउंडों (Compounds) का प्रतिशत नीचे दिए टेबल संख्या-2 के अनुसार होता है :

टेबल संख्या - 2

कम्पाउंड	शॉर्ट फॉर्म	केमिकल फॉर्मूला	प्रतिशत
ट्राय कैल्शियम सिलिकेट (Tri Calcium Silicate)	C_3S	$3CaO.SiO_2$	39-50%
डाय कैल्शियम सिलिकेट (Di Calcium Silicate)	C_2S	$2CaO.SiO_2$	20-45%
ट्राय कैल्शियम एल्यूमिनेट (Tri Calcium Aluminate)	C_3A	$3CaO.Al_2O_3$	8-12%
टैट्रा कैल्शियम एल्यूमिनो फेराइट Tetra Calcium Alumino Ferrite	C_4AF	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	6-10%

इन सब में केवल सिलिकेट ही मजबूती के लिए जिम्मेवार होते हैं । ये पानी के साथ क्रिया कर जैल (Gel) का उत्पादन करते हैं। इस प्रक्रिया में जो रासायनिक क्रिया होती है, वह इस प्रकार है :-

$$2C_3S + 6H \rightarrow C_3S_2H_3 \text{ (61\%)} + 3CH \text{ (39\%)} + 114 \text{ KJ/mole}$$
$$2C_2S + 4H \rightarrow C_3S_2H_3 \text{ (82\%)} + CH \text{ (18\%)} + 43 \text{ KJ/mole}$$

यहां

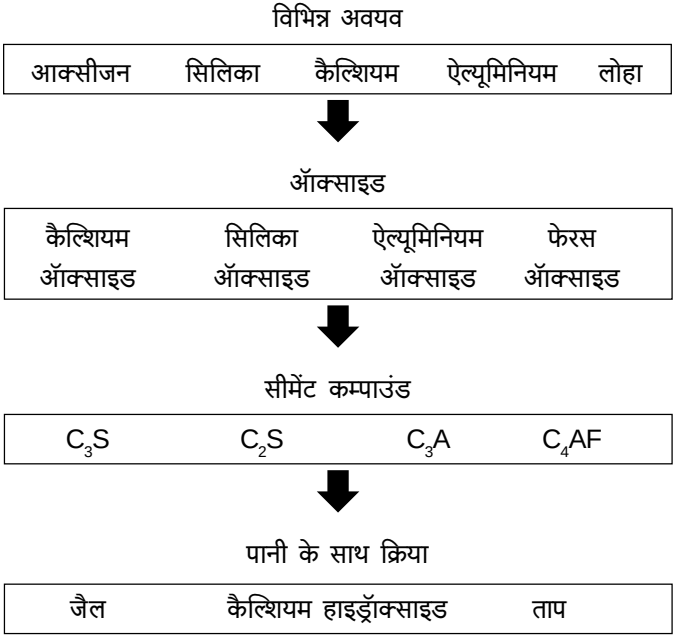
C	=	CaO	कैल्शियम ऑक्साइड
S	=	SiO_2	सिलिका
H	=	H_2O	पानी

पानी के साथ सीमेंट की इस क्रिया को हाइड्रेशन की क्रिया (Reaction of Hydration) कहते हैं तथा यह एग्जोथर्मिक क्रिया (Exothermic Reaction) होती है जिससे बहुत अधिक ताप पैदा होती है । C_3S की तुलना में C_2S को गुणवत्ता में बेहतर माना जाता है। जैसा कि ऊपर दिया गया है, C_3S कैल्शियम सिलिकेट हाइड्रेट जैल (C-S-H gel) का 61% तथा कैल्शियम हाइड्राक्साइड (CH) का 39% उत्पादन करता है जबकि C_2S जैल का 82% तथा CH का केवल 18% उत्पादन करता है । अत: C_2S की अधिक मात्रा वांछनीय होती है।

जैल पोर (Pores) पानी से भरे रहते हैं। पोर का आकार इतना छोटा होता है कि सीमेंट जैल की विशिष्ट सतह $2X10^6$ सें.मी.^{2}/ग्रा. (सीमेंट से लगभग 800 गुणा) होती है । जैल पोर को भरने के लिए 15% पानी की आवश्यकता होती है और इसे 'जैल वाटर'(Gel Water) कहा जाता है । इसके अलावा सीमेंट के वजन का 23% पानी ही वास्तविक रुप से रासायनिक क्रिया के लिए आवश्यक होता है जिसे 'बाउंड वाटर' (Bound Water) कहा जाता है । दोनों को मिलाकर वास्तव में पानी की जरुरत केवल 38% होती है । यदि इतना ही पानी सीमेंट में मिलाया जाए तो कैपिलरी फॉर्मेशन के लिए अतिरिक्त पानी उपलब्ध नहीं रहेगा तथा कंक्रीट की पारगम्यता (Permeability) न्यूनतम होगी। वास्तव में बाउंड वाटर एवं जैल वाटर एक दूसरे के पूरक होते हैं । यदि जैल पोर भरने के लिए पानी अपर्याप्त हो तो जैल का बनना ही बंद हो जाएगा तथा उसके बाद जैल पोर का प्रश्न ही नहीं रहेगा।

पानी के साथ सीमेंट की क्रिया जब तक जारी रहती है इसे डिग्री ऑफ हाइड्रेशन (Degree of hydration) के नाम से जाना जाता है । डिग्री ऑफ हाइड्रेशन का अप्रत्यक्ष रुप से क्रिया के दौरान निकले ताप को माप कर भी अन्दाजा लगाया जा सकता है । हाइड्रेशन के पहले 3 दिनों के दौरान कुल 50% तक ताप निकलती है । इस अवधि में ताप को लगातार बाहर निकालते रहना बहुत उपयोगी होता है ।

कंक्रीट की कठोरता एवं अन्य गुण हाइड्रेशन के उत्पाद अर्थात जैल की केमिकल कंपोजिशन एवं इसकी भौतिक संरचना पर निर्भर करते हैं । सीमेंट पानी के साथ प्रतिक्रिया करता है तथा जैल फॉर्मेशन होता है । सीमेंट कंपाउंड्स तथा पानी के साथ प्रतिक्रिया दर्शानेवाला योजनाबद्ध डायग्राम नीचे चित्र संख्या-2 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या - 2 सीमेंट एवं पानी की प्रतिक्रिया

सीमेंट पेस्ट की संरचना

कुल सीमेंट पेस्ट में आयतन के हिसाब से लगभग 50-60% C-S-H जैल होती है, 20-25% आयतन $Ca(OH)_2$ द्वारा घेरा जाता है तथा बचे हुए में आयतन में पानी, पोर्स इत्यादि होते हैं । सीमेंट की मजबूती में प्रमुख योगदान सिलिकेट अर्थात C_3S तथा C_2S का होता है जबकि C_3A सेटिंग के लिए उत्तरदायी है । सबसे पहले C_3A पानी के साथ प्रतिक्रिया करता है तथा सीमेंट पेस्ट की सेटिंग में मदद करता है । C_3A द्वारा मजबूती का योगदान लगभग नगण्य है तथा इसकी अनदेखी की जा सकती है । सिलिकेट की श्रेणी में C_2S की तुलना में C_3S पानी के साथ अधिक शीघ्रता से प्रतिक्रिया करता है। इसलिए 7 दिन तक की प्रारंभिक मजबूती मुख्यतः C_3S से प्राप्त होती है । 7 दिन के बाद जब अधिकतर C_3S पहले ही क्रिया कर चुके होते हैं, तो C_2S भी पानी के साथ प्रतिक्रिया करना प्रारंभ कर देता है । 7 से लेकर 28 दिन के बीच C_2S द्वारा मजबूती में काफी योगदान मिलता है ।

हाइड्रेशन की प्रतिक्रिया का विश्लेषण

C_3S एवं C_2S का हाइड्रेशन

रासायनिक क्रिया स्वरुप निकला ताप हाइड्रेशन प्रतिक्रिया की दर के समानुपाती होता है । आरम्भ में C_2S की तुलना में C_3S अधिक गर्मी पैदा करता है, जबकि प्रतिक्रिया उत्पाद दोनों ही मामलों में समान यानि : C-S-H जैल एवं $Ca(OH)_2$ होते हैं । फिर भी गुणवत्ता के आधार पर C_3S की तुलना में C_2S को बेहतर माना जाता है क्योंकि यह अधिक C-S-H, कम $Ca(OH)_2$ तथा कम ताप पैदा करता है। इसके अलावा C_2S के लिए पानी की आवश्यकता भी कम होती है ।

C_3S की प्रतिक्रिया के लिए 24% पानी (सीमेंट के वजन का प्रतिशत) की आवश्यकता होती है जबकी C_2S के लिए केवल 21% पानी चाहिए। इसके अलावा C_2S द्वारा बने कैल्शियम-सिलिकेट-हाइड्रेट-जैल (C-S-H) का घनत्व तथा गुणवत्ता C_3S द्वारा बनी जैल की तुलना में बेहतर होती है।

C_3A का हाइड्रेशन

शुद्ध C_3A पानी के साथ बहुत तेजी से प्रतिक्रिया करता है तथा C_3AH_6 बनाता है । इससे सीमेंट में फ्लैश-सेट (Flash-Set) होता है । सीमेंट

में C_3A की मात्रा कम करने के लिए क्लिंकर्स को पीसते समय सामान्यतः जिप्सम मिलाना पड़ता है। हाइड्रेटेड-कैल्शियम-एल्यूमिनेट (C_3AH_6) सीमेंट की मजबूती के लिए कोई विशेष योगदान नहीं देता ।

C_4AF का हाइड्रेशन

C_4AF पानी के साथ प्रतिक्रिया करता है तथा C_3FH_6 या हाइड्रेटेड-कैल्शियम-फेराइट बनाता है । यह तुलनात्मक रुप से स्थिर पदार्थ है, परंतु मजबूती के लिए यह भी विशेष योगदान नहीं देता ।

प्रतिक्रिया के लिए पानी की आवश्यकता

हाइड्रेशन की प्रतिक्रिया के लिए न्यूनतम पानी की जो आवश्यकता होती है वह सीमेंट के वजन का 23% है । इस पानी को बाउंड पानी (Bound Water) कहा जाता है । इसके अलावा लगभग 15% पानी की आवश्यकता जैल पोरों को भरने के लिए होती है ताकि हाइड्रेशन प्रक्रिया जारी रह सके । इस पानी को जैल पानी (Gel Water) कहते है । इसलिए हाइड्रेशन के प्रयोजन के लिए पानी की कुल आवश्यकता सीमेंट के वजन की लगभग 38% होती है । अतिरिक्त पानी वाष्प बनकर उड़ जाता है और कंक्रीट में कैपिलरी या छिद्र छोड़ जाता है । ये कैपिलरी मजबूती में कमी लाते हैं तथा टिकाऊपन को कम करते हैं ।

अत: वर्केबिलिटि की आवश्यकता को देखते हुए जहां तक हो सके पानी / सीमेंट का अनुपात न्यूनतम रखना चाहिए ।

हाइड्रेशन लगातार जारी रहता है। हालांकि कास्टिंग के बाद पहले तीन सप्ताह में कंक्रीट में मजबूती का बड़ा हिस्सा निष्पादित होता है लेकिन मजबूती निरंतर जारी रहती है । हाइड्रेशन प्रक्रिया, जैसा कि प्रयोगों से पता चलता है, कभी पूरी नहीं होती, क्योंकि पानी C_3S एवं C_2S के हरेक कोर तक नहीं पहुंच पाता है । C_3S तथा C_2S के कुछ कोर हाइड्रेटेड सिलिकेट्स की परत द्वारा ढ़के रहते हैं जिस पर पानी का असर नहीं हो पाता । इससे आगे की प्रतिक्रिया धीमी हो जाती है । यह भी बिल्कुल संभव है कि कम क्रियाशील कंपाउंड जैसे कि C_2S पहले पानी से क्रिया कर लें तथा अधिक क्रियाशील कंपाउंड जैसे कि C_3S ढ़के होने की वजह से शायद हाइड्रेट न हो ।

इसलिए सीमेंट के अंतर्निहित पूरी मजबूती का उपयोग नहीं हो पाता तथा वास्तव में 38% से कम पानी भी प्रतिक्रिया के लिए पर्याप्त हो सकता है जैसा कि उच्च निष्पादन कंक्रीट (HPC) में होता है। पानी की अधिक आवश्यकता अगर वर्केबिलिटि बढ़ाने के लिए हो तो एडमिक्सर का उपयोग कर सकते हैं ।

सीमेंट के विभिन्न प्रकार

भिन्न-भिन्न स्थितियों एवं आवश्यकताओं के लिए भिन्न-भिन्न प्रकार के सीमेंट की आवश्यकता होती है । ठंडी एवं गर्म आबो हवा के लिए केवल एक ही तरह का सीमेंट सुयोग्य नहीं होता । उसी प्रकार सल्फेट आक्रमित क्षेत्र में सामान्य सीमेंट सुयोग्य नहीं है । इसलिए अलग-अलग प्रकार की सीमेंट की आवश्यकता होती है और उन्हें इस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है।

1. ऑक्साइड कंपोजिशन बदलकर
2. महीनता बदलकर
3. एडिटिव्ज (Additives) जैसे कि स्लैग, फ्लॉय-ऐश, सिलिका फ्यूम्स इत्यादि का उपयोग करके ।

विभिन्न प्रकार के सीमेंट इस प्रकार हैं :-

1. ओ पी सी सीमेंट (OPC Cement)

ओ पी सी सीमेंट एक आम जरुरत का सीमेंट है इसलिए इसका उत्पादन बहुतायत में होता है। इसका नाम ओ पी सी या ऑर्डिनरी पोर्टलैंड सीमेंट (Ordinary Portland Cement) इस लिए रखा गया क्योंकि सेट होने के बाद इसका रंग डोरसेट (Dorset - U.K.) में पाए जाने वाले पत्थर जिसे पोर्टलैण्ड स्टोन कहा जाता है, से मिलता है ।

ओ पी सी सीमेंट की भारत में तीन श्रेणियां उपलब्ध हैं।

1. ग्रेड - 33 (Grade - 33)
2. ग्रेड - 43 (Grade - 43)
3. ग्रेड - 53 (Grade - 53)

2. रैपिड हार्डनिंग सीमेंट (Rapid Hardening Cement)

इसे शीघ्र मजबूती देने वाला सीमेंट भी कहा जाता है, क्योंकि इसकी 3 दिन की मजबूती ओ पी सी की 7 दिन की मजबूती के बराबर होती है। यह तुरंत सेट होने वाले सीमेंट (Quick Setting Cement) से भिन्न होता है जो केवल तुरंत सेट होता है, पर मजबूती नॉर्मल समय में ही मिलती है। रैपिड हार्डनिंग सीमेंट में मजबूती शीघ्र मिलती है क्योंकि -

1. सीमेंट बहुत महीन होता है। (ओ पी सी की 225 मी.^{2}/कि.ग्रा. की तुलना में 320 मी.^{2}/कि.ग्रा. महीनता)

2. C_2S की तुलना में C_3S की मात्रा अधिक होती है जिसके परिणाम स्वरुप तेजी से मजबूती मिलती है। तेजी से मजबूती मिलने की वजह से तेजी से गर्मी भी पैदा होती है। इसलिए जहां सतह/वॉल्युम (Surface/ Volume) का अनुपात कम होता है, इस सीमेंट की अनुशंसा नहीं की जानी चाहिए। ऐसी जगह पर गर्मी प्रभावी रुप से निकल नहीं पाती और तापमान दरारों (Temperature Cracks) की आशंका बनी रहती है।

इस सीमेंट की निम्नलिखित जगहों पर अनुशंसा की जा सकती है :

1. प्री-फैब्रिकेटेड निर्माण में
2. जहां शीघ्र ही फॉर्म-वर्क हटा लिया जाता है
3. सड़क मरम्मत कार्य में
4. ठंड के मौसम में जहां गर्मी पैदा होने से पानी जमने का खतरा नहीं रहता।

3. सल्फेट प्रतिरोधक सीमेंट (Sulphate Resistant Cement or SRC)

सामान्य ओ पी सी, सल्फेट के आक्रमण को नहीं सह सकता है, खासकर मैग्निशियम सल्फेट के। वास्तव में सल्फेट, सेट सीमेंट में उपलब्ध स्वतंत्र $Ca(OH)_2$ से प्रतिक्रिया करता है तथा परिणाम स्वरुप $CaSO_4$ बन जाता है। $CaSO_4$, कैल्शियम एल्यूमिनेट के हाइड्रेट्स के साथ प्रतिक्रिया करता है एवं कैल्शियम सल्फो-एल्यूमिनेट (Calcium Sulpho-aluminate) बनाता है। इसका आयतन $Ca(OH)_2$ से काफी अधिक हो सकता है जिससे कंक्रीट में

दरारें (Cracks) पैदा हो जाती हैं।

सल्फेट के आक्रमण का उपचार

सीमेंट को सल्फेट प्रतिरोधक बनाया जा सकता है यदि C_3A की मात्रा घटा दी जाए तथा सिलिकेट की मात्रा बढ़ा दी जाए।

जैसे $C_3A < 5\%$ (यह सामान्य सीमेंट में 8-12% होता है)
& $3\ C_3A + C_4AF < 25\%$

लेकिन C_3A को सीमित करने से पूर्व क्लोराइड आक्रमण के समय सावधानी बरती जानी चाहिए। जब सल्फेट के अतिरिक्त क्लोराइड का भी आक्रमण शामिल हो तो ऐसी स्थिति में C_3A की मात्रा 5-8% होनी चाहिए और जब केवल क्लोराइड का आक्रमण हो और सल्फेट का आक्रमण न हो तो सल्फेट प्रतिरोधी सीमेंट का उपयोग कदापि नहीं करना चाहिए क्योंकि एस आर सी में क्लोराइड का विस्तार (Diffusion) अधिक तेजी से होता है।

ओ पी सी को स्लैग सीमेंट में मिलाने पर भी C_3A की मात्रा पर नियन्त्रण किया जा सकता है। मजबूती के मामले में यह सीमेंट केवल ओ पी सी ग्रेड-33 के बराबर होता है क्योंकि अधिक स्ट्रेंथ एवं सल्फेट प्रतिरोधकता दोनों एक साथ नहीं हो सकते।

एस आर सी की अनुशंसा में जिप्सम की थोड़ी सी मात्रा भी मिलाई जाती है जो मंदक (Retarder) के रुप में कार्य करता है।

ओ पी सी तथा स्लैग सीमेंट की मिक्सिंग को कंक्रीटिंग प्रक्रिया के दौरान किया जा सकता है लेकिन मिक्सिंग को परंपरागत ड्रम मिक्सर में सुनिश्चित नहीं किया जा सकता क्योंकि स्लैग सीमेंट (OPC) के मुकाबले कहीं अधिक महीन होता है।

4. ब्लास्ट फर्नेस स्लैग सीमेंट (Blast Furnance Slag Cement)

ओपन हर्थ ब्लास्ट फर्नेस (Open Hearth Blast Furnance) विधि से स्टील बनाने में स्लैग एक निरुपयोगी वस्तु (Waste Product) है। पहले इन निरुपयोगी वस्तुओं को संयंत्र के बाहर फेंक दिया जाता था और स्लैग का बड़ा ढ़ेर बेकार पड़ा रहता था एवं इसे हटाने की समस्या रहती थी । बाद

में पाया गया कि स्लैग का कम्पोजिशन (Composition) काफी हद तक सीमेंट से मिलता-जुलता था और तथाकथित बेकार-उत्पाद, उप-उत्पाद (Bi-product) के रुप में अलंकृत हो गया । इसके व्यापक उपयोग के परिणाम स्वरुप ऊर्जा एवं खनिज संपदा की बहुत अधिक मात्रा की बचत होती है तथा भारी प्रदूषण से भी बचाव होता है।

स्लैग सीमेंट की मजबूती का विकास

ब्लेंडेड सीमेंट में प्रारम्भिक मजबूती ओ पी सी फ्रैक्शन (Fraction) के कारण आती है तथा बाद में स्लैग फ्रैक्शन का योगदान भी शामिल हो जाता है। इसलिए 28 दिन की मजबूती शुद्ध ओ पी सी की तुलना में थोड़ी कम होती है लेकिन कुछ समय के बाद यह लगभग समान हो जाती है या अधिक भी हो सकती है।

पहले उपभोक्ता स्लैग की गुणवत्ता के प्रति आश्वस्त नहीं था क्योंकि अच्छी गुणवत्ता वाले स्लैग उपलब्ध नहीं होते थे । वास्तव में पहले सामान्यत: एयर कूल्ड स्लैग उपलब्ध होते थे जिसमें वास्तविक तौर पर अच्छी सीमेंट के पर्याप्त लक्षण नहीं थे। यदि स्लैग को पानी डालकर ठंडा किया जाए और क्रिस्टलाइजेशन की प्रक्रिया न होने दी जाए तब यह कांच की तरह सॉलिड हो जाता है एवं अच्छा स्लैग बनाता है । वास्तव में यही स्लैग सीमेंट के लिए उपयोगी होता है। इसे ग्रेन्यूलेटिड (Granulated) स्लैग कहा जाता है।

स्लैग सीमेंट के भौतिक लक्षण जैसे कि महीनता, सेट होने का समय, विकार हीनता तथा मजबूती इत्यादि ओ पी सी के समान ही होते हैं लेकिन पानी के साथ प्रारंभिक प्रतिक्रिया यानि हाइड्रेशन क्रिया धीरे होती है जिससे ताप भी कम निकलता है । इसमें सल्फेट, अलकली, एसिड इत्यादि के प्रति बेहतर प्रतिरोधक शक्ति भी होती है। इसलिए यह समुद्री तट के नजदीक किए जाने वाले कार्यों के लिए उपयुक्त है।

स्लैग सीमेंट का अनुशंसित उपयोग

1. सिवरेज सिस्टम (Sewerage System) का निर्माण
2. जल उपचार संयंत्र
3. जहां कम ताप वाले सीमेंट की आवश्यकता हो

4. जहां क्लोराइड एवं सल्फेट का अधिक आक्रमण हो।

5. पोर्टलैंड पोजोलाना सीमेंट (Portland Pozzolana Cement or PPC)

पोजोलाना अनिर्वायत: अपने आप में सीमेंट के लक्षण न रखने वाला एक सिलिसियस मेटेरियल (Silicious Material) है । परंतु यह सामान्य तापमान पर पानी की उपस्थिति में सीमेंट में मौजूद $Ca(OH)_2$ के साथ प्रतिक्रिया करता है तथा सीमेंट के लक्षण के कम्पाउंड बनाता है। इस प्रक्रिया में $Ca(OH)_2$ भी उपयोग में आ जाता है जो की अन्यथा कंक्रीट में से लीच (Leach) होकर कंक्रीट को पारगम्य और कमजोर बना सकता है।

रासायनिक प्रतिक्रिया निम्नानुसार है :-

$$2C_3S + 6H \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2$$

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + Al_2O_3 \rightarrow C_3S_2H_3 + \text{अन्य कम्पाऊंड}$$

पोजोलाना सामान्यत: उड़न राख, शेल, ज्वालामुखी की राख इत्यादि से बनाया जाता है। पोजोलाना के साथ ओ पी सी क्लिंकर को मिलाकर पीसना बेहतर होता है क्योंकि पोजोलाना ओ पी सी के मुकाबले बहुत महीन होता है एवं बाद में दोनों को मिक्स करना काफी कठिन होता है।

पी पी सी की प्रारम्भिक स्ट्रेंथ सामान्यत: ओ पी सी फ्रैक्शन के योगदान से होती है, उसके बाद पोजोलाना क्रियाशील होता है । इसकी मजबूती सामान्यत: 7 दिन में 22 मैगा पासकल तथा 28 दिन में 31 मैगा पासकल (MPa) से कम नहीं होनी चाहिए। पी पी सी के अन्य गुण जैसे सेटिंग समय, साउंडनेस आदि ओ पी सी के समान ही होते हैं।

पोजोलाना सीमेंट के फायदे :

1. हाइड्रेशन का कम ताप पैदा होता है ।
2. $Ca(OH)_2$ की पोजोलाना के साथ प्रतिक्रिया होने से $Ca(OH)_2$ की लीचिंग (Leaching) कम हो जाती है।
3. जहां शीघ्र ताकत की जरुरत न हो वहां गुणवत्ता कंक्रीट के रूप में इसे उपयोग में लाया जा सकता है।

पी पी सी में उपयोग में लाई जाने वाली उड़न राख (Fly-Ash) की गुणवत्ता के प्रति आश्वस्त होना चाहिए । वास्तव में उड़न राख एक बेकार उत्पाद है जिसे कोल-फायर्ड (Coal-Fired) पावर स्टेशन के एक्जॉस्ट फ्यूम्स से या निरुपयोगी कणों को इलेक्ट्रो-स्टैटिकली अलग करके निकाला जाता है। यह इको-फ्रेंडली (Eco-friendly) उत्पाद है तथा इसे संग्रहित करके प्रदूषण कम किया जाता है। इसके कण गोलाकार होते हैं परंतु सीमेंट से अधिक महीन होते हैं जिससे इनकी प्रतिक्रिया तेजी से होती है। उड़न राख की गुणवत्ता आई एस : 3812-1981 के अनुसार जांची जाती है। इसमें कोड के अनुसार सिलिका एवं एल्यूमिना का विनिर्दिष्ट प्रतिशत लगभग 70 होता है तथा जलने के बाद अधिकतम कमी 12% होती है। सामान्यत: कोड में दी गई विशिष्टताओं की तुलना में पावर प्लांट्स से उपलब्ध फ्लॉय-ऐश अधिक बेहतर गुणवत्ता वाली होती है । ओ पी सी के साथ उड़न राख को मिलाने से अधिक अपारगम्य तथा घनत्व वाला कंक्रीट बनता है।

6. **वायु समाविष्ट सीमेंट कंक्रीट (Air-entrained Concrete)**

वायु समाविष्ट होने पर फ्रेश कंक्रीट के लक्षण बदल जाते हैं जैसे: वर्केबिलिटि, पृथक्करण तथा ब्लीडिंग। यह ठोस कंक्रीट के लक्षण भी बदल देता है जैसे फ्रॉस्ट-ऐक्शन (Frost-action) तथा पारगम्यता के प्रति अवरोध । वायु लचीले बॉल बियरिंग्स के रुप में कार्य करता है जिससे कंक्रीट की विभिन्न सामग्रियों के बीच घर्षण में कमी आती है तथा बिना अतिरिक्त पानी के वर्केबिलिटि बढ़ जाती है। वांछनीय वायु का प्रतिशत 3 से 6 होता है। वायु समाविष्ट करने वाले विभिन्न एजेंट जो सामान्यत: उपयोग में लाए जाते हैं वे इस प्रकार हैं :-

क) वुड रेसिन का अलकली साल्ट

ख) सिंथेटिक डिटर्जेंटस

ग) कैल्शियम लिग्नोसल्फेट

घ) एल्यूमिनियम पाउडर, जानवर की चर्बी इत्यादि ।

ये व्यवसायिक नामों से भी उपलब्ध हैं जैसे विंसोल रेसिन, एरॉलोन, डेरेक्स इत्यादि । वायु समाविष्टि (Air-entrainment), पाशित वायु

(Entrapped-air) से भिन्न होता है जैसा कि टेबल संख्या-3 में दिया गया है। हालांकि दोनों प्रकार की वायु कंक्रीट की प्रबलता को कम करती हैं। सामान्यत: 1% वायु कंक्रीट में कंप्रेसिव प्रबलता को लगभग 5-6% कम करती है ।

टेबल संख्या-3

समाविष्ट एवं पाशित वायु में अन्तर

समाविष्ट वायु	पाशित वायु
1) समाविष्ट वायु समान रुप से फैला होता है।	1) पाशित वायु कहीं-कहीं एवं छितरा हुआ होता है। यह अपर्याप्त काम्पैक्शन के कारण होता है ।
2) समाविष्ट वायु में बुलबुलों का आकार सामान्यत: 5μ से 80μ तक गोलाकार बॉल्स के रुप में होता है।	2) पाशित वायु के पैकेट्स का आकार 10μ से 100μ या इससे अधिक होता है।
3) इसे जानबूझ कर कंक्रीट में डाला जाता है।	3) यह खराब गुणवत्ता की वजह से कंक्रीट में प्रवेश करता है।
4) यह वर्केबिलिटि को बढ़ाता है।	4) यह वर्केबिलिटि को नहीं बढ़ाता ।

भारत में वायु समाविष्ट सीमेंट अधिक चर्चित नहीं है तथा इसका आई एस कोड भी नहीं है। लेकिन इसका उपयोग भारत में 1950 में हीराकुड बांध, कोयना बांध, रिहंद बांध जैसे बड़े कामों में उपयोग में लाया जा चुका है। इन कामों के लिए अमेरिका से विंसोल तथा डेरेक्स इत्यादि एडमिक्सचर आयात किए गए थे ।

7) शीघ्र सेट होने वाला सीमेंट (Quick Setting Cement)

सामान्य सीमेंट में यदि क्लिंकरिंग स्टेज पर जिप्सम न मिलाया जाए तो इसे सेट होने में बहुत कम समय लगता है। इसलिए जब शीघ्र सेट होने वाले सीमेंट की आवश्यकता हो तो जिप्सम को जानबूझ कर इसमें नहीं डाला जाता है। इस प्रकार का सीमेंट बहते हुए पानी के अंदर निर्माण या पारंपरिक ग्राउटिंग ऑप्रेशन में उपयोगी होता है।

४) एक्सपेंसिव सीमेंट (Expansive Cement)

सामान्यत: सूखने पर कंक्रीट में सिकुड़न (Shrinkage) होती है जिससे कंक्रीट के वॉल्युम में कमी हो जाती है। यदि सीमेंट में सल्फो-एल्यूमिनेट मिलाया जाता है तो इसके कारण हुए फुलाव से कंक्रीट की सामान्य सिकुड़न की क्षतिपूर्ति हो जाती है और नेट वॉल्युम वही रहता है। इस सीमेंट का उपयोग मरम्मत आदि के कार्यों में होता है जहां वॉल्युम में बदलाव न हो ताकि दरारों (Cracks) से बचा जा सके।

9) हाई एल्यूमिना सीमेंट (High Alumina Cement)

इस सीमेंट से मजबूती ढ़ाई से तीन गुना तेजी से मिलती है। इसमें कच्ची सामग्री के लिए चूना और बॉक्साइट उपयोग में लाया जाता है। बॉक्साइट के कारण सीमेंट को 'हाई एल्यूमिना सीमेंट' कहा जाता है। इसके ताप निकलने का दर भी उच्च होता है। फॉर्म-वर्क जितनी जल्दी संभव हो, हटा देना चाहिए ताकि उच्च तापमान को कम किया जा सके।

सीमेंट की जांच

सामान्यत: सीमेंट की दो प्रकार से जांच की जाती है।

1) फील्ड जांच

2) प्रयोगशाला जांच

१) फील्ड जांच (Field Tests)

कुछ ऐसी फील्ड जांच हैं जिससे प्रयोगशाला की सुविधा के बिना फील्ड में भी सीमेंट की गुणवत्ता के बारे में कुछ अनुमान लग सकता है। ये जांच निम्नानुसार है:-

क) निर्माण की तारीख बहुत महत्वपूर्ण होती है क्योंकि समय के साथ सीमेंट की मजबूती में कमी आती है जैसा कि टेबल संख्या-4 में दिखाया गया है।

टेबल संख्या-4

भंडारण की अवधि	28 दिन की मजबूती का प्रतिशत
ताजा	100
3 माह	80
6 माह	70
12 माह	60
24 माह	50

ख) बैग खोलें और देखें कि बैग में ढेले तो नहीं हैं अन्यथा सीमेंट सेट हो रहा है।

ग) सीमेंट बैग के अंदर अपना हाथ घुसाएं, आपको ठंडा महसूस होगा। यह संकेत करता है कि बैग में हाइड्रेशन की क्रिया शुरु नहीं हुई है।

घ) सीमेंट को चुटकी में लेकर मसलें, यह चिकना महसूस होना चाहिए।

ड़) एक मुट्ठी सीमेंट लेकर पानी में फेकें। प्रारंभ में यह तैरेगा और उसके बाद डूब जाएगा। सीमेंट अगर पुराना हो गया हो तो यह तुरन्त डूब जाएगा।

च) 100 ग्रा. सीमेंट लेकर उसको गूंथें। नुकीले किनारे बनाते हुए उसको केक की शकल में बनाएं और कांच की प्लेट पर रखें। इस प्लेट को पानी पर रख कर छोड दें । आप पाएंगे कि पानी में डूबते वक्त इसकी आकृति खराब नहीं हुई है। यह पानी के अन्दर सेट हो जाएगा तथा मजबूती भी देगा। सीमेंट पानी के अंदर भी सेट होनें में सक्षम होता है इसलिए इसे 'हाइड्रॉलिक सीमेंट' भी कहा जाता है।

2) प्रयोगशाला जांच (Laboratory Tests)

यद्यपि अधिकतर निर्माता अपनी यूनिट में प्रयोगशाला जांच करते हैं तथा उपभोक्ता को सीमेंट के साथ जांच का प्रमाणपत्र भी दिया जाता है । फिर भी पुष्टि के लिए प्रयोगशाला में उपभोक्ता द्वारा कुछ जांच की जाती हैं ताकि समय के साथ सीमेंट की मजबूती में हुई गिरावट का अनुमान लगाया जा सके। सामान्यत: निम्नलिखित विभिन्न प्रयोगशाला जांच की जाती है।

क) सीमेंट की महीनता (आई एस : 4031-1968)

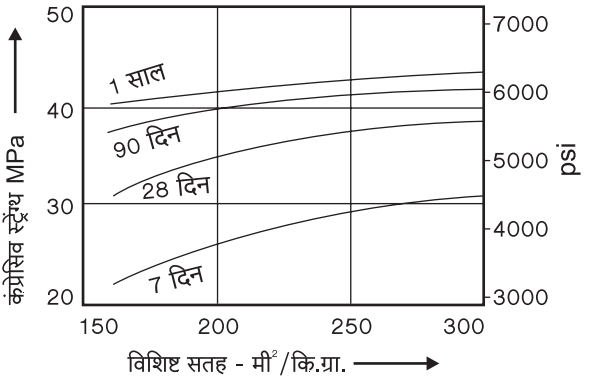
सीमेंट में हाइड्रेशन प्रतिक्रिया की दर महीनता पर निर्भर करती है। अधिक बारीक सीमेंट पानी से बहुत तेजी से प्रतिक्रिया करता है। मजबूती बढ़ने की दर एवं 'हीट ऑफ हाइड्रेशन' इसी के अनुरुप काफी अधिक रहती है। आई एस कोड द्वारा निर्धारित न्यूनतम महीनता विभिन्न प्रकार के सीमेंट के लिए अलग-अलग होती है।

महीनता को प्राय: विशिष्ट-सतह (Specific-Surface) द्वारा निर्धारित किया जा सकता है। इसके अलावा इसे छानकर भी निर्धारित किया जाता है। पर्याप्त महीनता सुनिश्चित करने के लिए 100 ग्रा. सीमेंट को 90μ आइ एस छलनी पर 15 मिनटों तक छानें। छलनी पर शेष पदार्थ की सीमा से महीनता का अनुमान लगता है। यह शेष पदार्थ निम्नानुसार होना चाहिए :-

ओ पी सी के लिए < 10%

पी पी सी, एच पी सी तथा एस जी सी < 5%

आइ एस कोड के अनुसार ओ पी सी के लिए विशिष्ट सतह न्यूनतम 225 मी.^{2}/ कि.ग्रा. तथा पी पी सी, एच पी सी तथा एस जी सी के लिए न्यूनतम 320 मी.^{2}/ कि.ग्रा. होनी चाहिए। यहां पर स्पष्ट कर दिया जाए कि महीनता बढ़ाकर कुल मजबूती में बदलाव नहीं किया जा सकता बल्कि केवल प्रारंभिक मजबूती को बढ़ाया जा सकता है। विशिष्ट-सतह एवं मजबूती के बीच ग्राफ के द्वारा यह और अधिक स्पष्ट होगा जैसा कि चित्र संख्या-3 में दिखाया गया है।

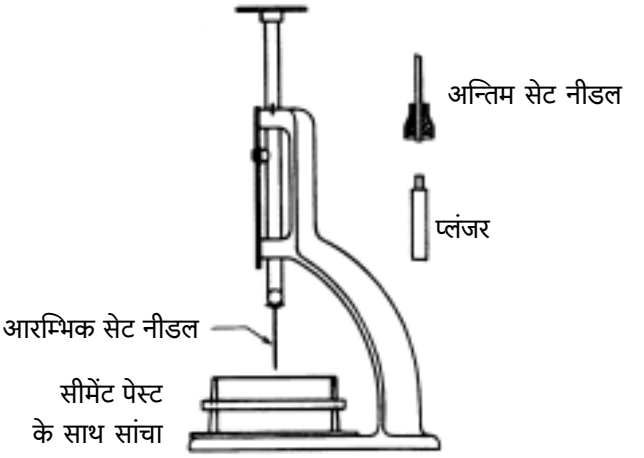


चित्र संख्या-3

चित्र संख्या-3 से यह स्पष्ट है कि यद्यपि 7 दिन या 28 दिन की मजबूती बहुत महीन सीमेंट के लिए अधिक हो सकती है फिर भी भिन्न-भिन्न महीनता वाले सीमेंट के लिए कुल मजबूती समान ही रहती है।

ख) स्टैंडर्ड कन्सिसटैंसी टेस्ट (Standard Consistency Test)

इस जांच से सीमेंट की गुणवत्ता का सीधे तौर पर माप नहीं किया जा सकता, बल्कि यह प्रारंभिक सेटिंग समय, अंतिम सेटिंग समय, साऊंडनेस तथा मजबूती जांच इत्यादि अन्य प्रयोगों के लिए मिलाने जाने वाले पानी के अनुपात के बारे में जानकारी देता है । इस जांच के लिए जो उपस्कर उपयोग में लाया जाता है वह चित्र संख्या-4 में दिखाया गया है ।



चित्र संख्या - 4 विकाट्स उपस्कर

प्रक्रिया

लगभग 500 ग्रा. सीमेंट लेकर उसमें सीमेंट के वजन का लगभग 24% पानी मिलाकर पेस्ट बनाएं । पेस्ट को 80 मि.मी. व्यास तथा 40 मि.मी. ऊंचाई वाले सांचे में भरें । सांचे को सही स्थान पर रखने के बाद 10 मि.मी. गोलाई एवं 50 मि.मी. ऊंचाई का एक विकाट्स प्लंजर (Vicat's Plunger) उपस्कर में फिट करें तथा सांचे में रखें पेस्ट के ऊपरी सतह से स्पर्श करता

हुआ रखें । प्लंजर को तेजी से छोड़ें और सीमेंट पेस्ट में प्लंजर का छेदन नोट करें । सीमेंट में पानी की अपेक्षित मात्रा मिलाने पर यह छेदन 33-35 मि.मी. होगा और सीमेंट के वजन के प्रतिशत के रुप में पानी की इसी अपेक्षित मात्रा को सीमेंट की 'स्टैंडर्ड कन्सिसटैंसी' कहते हैं तथा इसे 'पी' (P) से चिन्हित करते हैं। यह वैल्यू सीमेंट की अन्य जांचों के मानकीकरण (Standardisation) में भी प्रयुक्त होती है जैसे:-

1. प्रारम्भिक सेटिंग टाईम (IST) एवं अंतिम सेटिंग टाईम (FST) । इनमें 'पी' के 85% के बराबर पानी मिलाना होगा।
2. स्थिरता जांच (Soundness Test) में यह 'पी' का 78% के बराबर होगा।
3. मजबूती की जांच में यह (पी/4)+3% होगा।

ग) सेटिंग समय की जांच :

सीमेंट पेस्ट की स्टिफनिंग (Stiffening) के लिए समय के माप की जो दो महत्वपूर्ण सीमाएं जरुरी हैं वे इस प्रकार हैं:-

i) प्रारंभिक सेटिंग समय (Initial Setting Time)

परिभाषा के अनुसार पानी मिलाने के बाद जब पेस्ट की प्लास्टिसिटि (Plasticity) खत्म होने लगती तो उस समय को 'प्रारंभिक सेटिंग' समय कहते हैं । विकाट्स उपस्कर उपयोग में लाकर यह जांच आयोजित की जाती है। छेदन करने के लिए 1 मि.मी.^{2} आकार की सूई का उपयोग किया जाता है। इसके लिए 500 ग्रा. सीमेंट तथा 'पी' के 85% के बराबर पानी मिला कर पेस्ट बनाया जाता है। जांच 27+2^{O} C पर आयोजित की जाती है। सूई को इतना नीचे करके टाइट किया जाता है जिससे वह सांचे में रखे पेस्ट को छू सके । सूई को झटके से छोड़ा जाता है तथा छेदन नोट किया जाता है। प्रारंभ में सूई पेंदे को छू लेती है, परन्तु समय बीतने के साथ-साथ पेस्ट स्टिफ होने लगता है। यदि थोड़े समय के बाद इस क्रिया को दोहराया जाए तो सूई उतना छेद नहीं कर पाती है। जांच तब तक दोहराई जाती है जब तक कि सूई सांचे के पेंदे से 5 मि.मी. (+0.5) ऊपर तक न रहनी शुरू हो जाए । सीमेंट में पानी मिलाने से लेकर इस अवस्था तक के समय को 'प्रारंभिक सेटिंग समय' कहा जाता है।

ii) अंतिम सेटिंग समय (Final Setting Time)

यह पानी मिलाने के बाद से वह समय है जब पेस्ट अपनी पूरी

प्लास्टिसिटि खो देता है । यहाँ जांच प्रकिया वैसी ही रहती है, केवल छेदन करने वाली सूई की जगह एक नीडल (Needle) का विशेष अटैचमैन्ट प्रयोग में लाया जाता है जैसा कि चित्र संख्यां - 4 में दिखाया गया है।

सूई के निचले छोर पर एक रिंग लगा रहता है जो नीचे से 0.5 मि.मी. ऊपर होता है । अत: यदि छेदन 0.5 मि.मी. से अधिक हो तब सीमेंट पेस्ट पर दो चिन्ह बनते हैं, एक मुख्य सूई का तथा दूसरा गोल रिंग का। जब छेदन 0.5 मि.मी. से कम हो तो मुख्य सूई का केवल एक चिन्ह ही बनेगा।

इसलिए अंतिम सेटिंग समय वह समय है जब छेदन 0.5 मि.मी. से कम हो या जब गोलाकार रिंग कोई चिन्ह न बना पाए।

घ) स्थिरता जांच (Soundness Test)

यह जांच सीमेंट में मुक्त चूने की उपस्थिति को जानने के लिए की जाती है। मुक्त चूने (Free Lime) के कारण सीमेंट में सेटिंग के बाद दरारें पड़ने की संभावना अधिक रहती है। कच्ची सामग्री में जब चूना अधिक मात्रा में हो तो ऐसी संभावना बनती है। चूना अधिक होने की वजह से संपूर्ण चूना एसिडिक ऑक्साइड के साथ क्रिया नहीं कर पाता है एवं कुछ मुक्त चूना सीमेंट में रह जाता है। वास्तव में सीमेंट में इस अतिरिक्त मुक्त चूने के तीन मुख्य कारण हो सकते हैं जो निम्नानुसार हैं।

(i) कच्ची सामग्री को अपर्याप्त भूनना ।

(ii) कच्ची सामग्री को यथेष्ट न पीसना ।

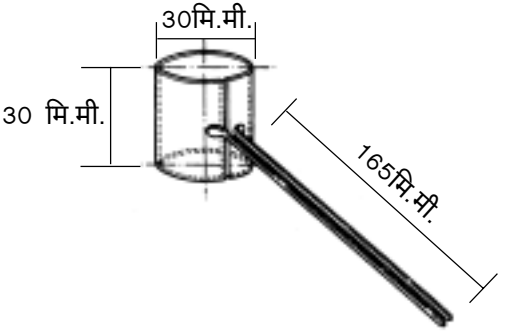
(iii) कच्ची सामग्री में अधिक चूने का होना ।

मुक्त चूना या कठोर भुना चूना बहुत धीमी गति से हाइड्रेट होता है तथा इसमें से कुछ तब हाइड्रेट होता है जब सीमेंट सेट हो चुका होता है। चूने में विलंब से हाइड्रेशन के कारण सेट सीमेंट में फैलाव होने लगता है । दरअसल बुझा हुआ चूना या $Ca(OH)_2$ अनहाइड्रेटिड या क्विक लाइम (CaO) की तुलना में अधिक आयतन घेरता है। परंतु सीमेंट के सेट होने के उपरांत स्थान उपलब्ध नहीं होने से यह फैलाव सेट सीमेंट में दरार पैदा करता है जिसे सीमेंट का अस्थिरपन (Unsoundness) कहते हैं। स्वतंत्र चूने के कारण फैलाव के बारे में पता लगाने तथा फैलाव की सीमा तय करने के लिए ही इस जांच को किया जाता है।

सीमेंट को स्थिर (Sound) मान लिया जाता है यदि फैलाव परिमेय सीमा के अंदर हो, अन्यथा यह 'अस्थिरता' का संकेत देगा। फैलाव मापने के लिए 'ली-चैटेलियर ऐपरेटस' (Le-chatellier Apparatus) का उपयोग किया जाता है । फैलाव सभी प्रकार के सीमेंट में अधिक से अधिक 10 मि.मी. होना चाहिए। केवल एस जी सी (Special Grade Cement) में इसकी सीमा 5 मि.मी. होती है।

स्थिरता जांच के लिए प्रक्रिया :

चरण 1 : पानी के साथ सीमेंट पेस्ट बनाया जाता है तथा सांचे में भरा जाता है। सांचा व्यास में 30 मि.मी. एवं लम्बाई में 30 मि.मी. होता है। यह लम्बाई में विभाजित (Split) होता है । इसमें फैलाव को बड़ा दिखाने के लिए 165 मि.मी. लम्बाई का संकेतक होता है। इसे 'स्पलिट ब्रास सिलेंडर' (Split Brass Cylinder) कहा जाता है। यह चित्र संख्या-5 में दिखाया गया है ।



चित्र संख्या-5 स्प्लिट ब्रास सिलेंडर

सांचे में सीमेंट पेस्ट भरने के बाद पेंदे में और उसके ऊपर ग्लास प्लेट रखी जाती हैं । इसके बाद इस एसेंबली को 27-32^{0}C के तापमान पर पानी में रखा जाता है । 24 घंटों के बाद इसे निकाला जाता है और संकेतक के अन्तिम छोर की रीडिंग रेकॉर्ड की जाती है। इसे 'x' माना जाए। अभी तक सीमेंट में उपस्थित स्वतंत्र चूने द्वारा फैलाव नही हुआ है ।

चरण-2 : एसेंबली को पानी में पुनः डुबाया जाता है तथा पानी को गर्म करके लगभग 30 मिनट में उबलने के तापमान तक लाया जाता है। उसे 3

घंटे उबलते पानी में रखा जाता है फिर संकेतक के अन्तिम छोर पर प्वाइंटर (Pointers) के बीच दूरी दुबारा रेकॉर्ड की जाती है। अब इसे 'y' माना जाए जो वास्तव में 'x' से अधिक होगी क्योंकि स्वतंत्र चूने के कारण फैलाव हो गया है । स्वतंत्र चूना उबलते हुए पानी के कारण जल्दी हाइड्रेट हो गया है ।

इसलिए, शुद्ध फैलाव = y - x

वास्तव में अस्थिरपन, स्वतंत्र चूने के साथ-साथ मॅग्नेशिया (Magnesia) के कारण भी होता है। लेकिन उपरोक्त जांच, स्वतंत्र चूने के कारण हुए फैलाव के लिए ही उपयुक्त है। जब स्वतंत्र चूना तथा मॅग्नेशिया दोनों उपस्थित हों, तब उसे निम्नलिखित 'ऑटोक्लेव-जांच' (Autoclave-Test) प्रक्रिया द्वारा टेस्ट किया जाता है।

ऑटोक्लेव जांच (Autoclave-Test)

एक 25 x 25 मि.मी.^{2} का वर्गाकार 'बार' जिसकी लंबाई 250 मि.मी. हो, बनाया जाए । उसे 24 घंटों के लिए आर्द्र हवा में रखें और उसके बाद ऑटोक्लेव में रखें जो उच्च दबाव का स्टीम बॉयलर (Steam Boiler) होता है । तापमान 216^0 C तक बढ़ाया जाता है तथा भाप का दबाव लगभग 60 $\pm$ 15 मिनट में 2 $\pm$ 0.07 MPa तक बढ़ाया जाता है । ऑटोक्लेव ठंडा होने के बाद 'बार' की लम्बाई का माप दुबारा लिया जाए। बार का फैलाव 0.5% से कम होना चाहिए।

ड़) मजबूती जांच (Strength Test)

यह जांच सीमेंट और रेत के 1:3 अनुपात में बने पेस्ट से आयोजित की जाती है। अधिक सिकुड़न रोकने के लिए रेत का उपयोग किया जाता है। सीमेंट 200 ग्रा., रेत 600 ग्रा. तथा सीमेंट के वजन के (P/4+3.0)% के बराबर पानी लिया जाता है । 3 से 4 मिनट में उसे मिलाया जाता है और तब 7.06 सें.मी. लम्बाई के क्यूब सांचे में इसे भरा जाता है। इसे मानक कम्पन टेबल पर रख कर कम्पन दी जाती है और 27 ± 2^0 C पर 24 घंटों के लिए रखा जाता है। उसके बाद क्यूब को सांचे से निकाला जाता है तथा 90% सापेक्ष आर्द्रता पर रखा जाता है। विभिन्न प्रकार के सीमेंट के लिए 1, 3, 7, 28 दिन होने पर क्यूब स्ट्रेंग्थ टेस्ट द्वारा मजबूती की जांच की जाती है। 3 क्यूब के औसत को कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ (Compressive Strength) के रूप में लिया जाता है। 3 क्यूब के प्रत्येक सेट के लिए अलग से मिक्स बनाया जाता है।

छ) प्रज्वलन के कारण वजन में कमी (Loss on Ignition)

एक ग्राम सीमेंट को प्लैटिनम क्रुसिबल (Platinum Crucible) पर लें तथा 15 मिनट के लिए 900-1000^0 C तक गर्म करें। नमी के वाष्पीकरण तथा CO_2 के उड़ने के कारण वजन में कमी होती है जो सभी प्रकार के सीमेंट के लिए 5% से अधिक नही होनी चाहिए।

सीमेंट का भंडारण (Storage of Cement)

सीमेंट प्राकृतिक रुप से आर्द्रग्राही होता है, समय के साथ-साथ नमी से मिलकर यह अपनी मजबूती कम करता रहता है। सीमेंट को गोदाम में रखते समय निम्नलिखित सावधानियाँ बरतनी चाहिए ।

(1) गोदाम एयर-टाइट (Air-Tight) एवं मॉयस्चर-प्रूफ (Moisture-Proof) होना चाहिए।

(2) सीमेंट बैग के चट्टे थोड़े ऊंचे प्लेटफार्म पर लगाएं, जैसा कि चित्र संख्या-6 में दिखाया गया है।



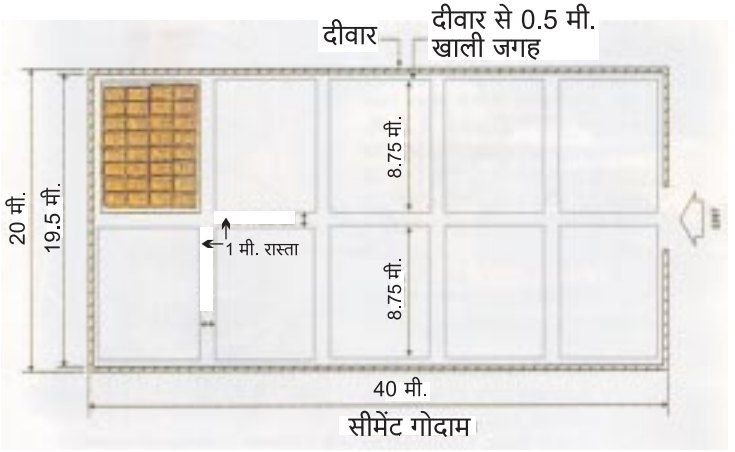
चित्र संख्या-6

(3) भिन्न-भिन्न कंपनी, सीमेंट के प्रकार, निर्माण की तिथि एवं सीमेंट की श्रेणी के अलग-अलग चट्टे लगाए जाएं। इन सभी विवरणों को दिखाने वाले टैग प्रत्येक चट्टे पर प्रदर्शित हों।

(4) सामान्यत: 7-8 बैग से अधिक एक के ऊपर एक न रखे जाएं। अस्थाई रूप से 15 बैग तक रखने की अनुमति दी जा सकती है, परन्तु जहां

तक संभव हो इन अतिरिक्त बैग को शीघ्र हटा लेना चाहिए ।

(5) अगल-बगल के चट्टे के साथ तथा दीवार से लगभग 0.5 मी. की दूरी भी अवश्य रखी जाए जैसा कि चित्र संख्या-7 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-7 सीमेंट भंडारण

(6) बरसात के दिनों में 700 गेज के पॉलिथिन (Polythene) से चट्टे को ढक कर रखें।

(7) सामान्य प्रयोजन के लिए पहले आया-पहले गया (First in-First out) की नीति उपयोग में लाएं।

प्रारंभ में ही सीमेंट में मजबूती अधिक क्यों मिलती है ?

प्रारंभ में सीमेंट में मजबूती ग्रहण करने की क्षमता बहुत अधिक होती है जो कि बाद में समय के साथ-साथ कम होती जाती है परंतु मजबूती अर्जन की प्रक्रिया निरंतर जारी रहती है। प्रारंभ में सीमेंट में अधिक मजबूती ग्रहण करने की क्षमता निम्नलिखित कारणों से होती है :-

1) अधिक क्रियाशील घटकों का तुरंत क्रिया करना ।

2) सीमेंट के बारीक कणों का तुरन्त हाइड्रेशन होना ।

3) आरंभ में बहुत सा पानी सुलभ होना ।

जब बाहर की परत सेट करना प्रारंभ करती है तो अंदर की परतों के लिए पानी की उपलब्धता कम होने लगती है तथा मजबूती अर्जन करने की दर भी कम हो जाती है।

ब्लेंडेड सीमेंट का भविष्य

ब्लेंडेड सीमेंट सामान्य ओ पी सी सीमेंट से ज्यादा बेहतर माना जाने लगा है । ब्लेंडेड सीमेंट को उपयोग में लाने के बहुत से लाभ हैं जिन्हें दो खण्डों मे बांटा जा सकता है जैसे :-

(1) तकनीकी लाभ (Technical Advantages)

(क) यह पानी की मांग कम करता है इसलिए w/c अनुपात कम किया जा सकता है।

(ख) उतने ही पानी से वर्केबिलिटि में सुधार होता है ।

(ग) ब्लेंडेड सीमेंट ओ पी सी सीमेंट की तुलना में महीन होता है इस लिए कंक्रीट की पारगम्यता कम होती है और परिणाम स्वरूप 'टिकाऊपन' में सुधार होता है ।

(2) पर्यावरण सम्बंधी लाभ (Ecological Advantages)

(क) ऊर्जा बचत : ओ पी सी के साथ मिनरल एडमिक्स्चर मिलाकर ब्लेंडेड सीमेंट तैयार किया जाता है जिससे ओ पी सी सीमेंट के उत्पादन में खर्च होने वाली ऊर्जा में बचत होती है। यह बचत 0.8 से 1.2 MWH प्रति टन तक हो सकती है।

(ख) प्राकृतिक खनिजो का संरक्षण : मिनरल एडमिक्सचर और कुछ नहीं बल्कि थर्मल एवं स्टील संयत्रों के निरुपयोगी उत्पाद हैं । इन उत्पादों को उपयोग में लाकर हम मूल्यवान खनिज जैसे कि चूना, क्ले तथा सिलिका आदि का संरक्षण करते है।

(ग) प्रदूषण नियंत्रण : सीमेंट का निर्माण कम करके हम प्रदूषण भी नियंत्रित करते हैं। ऐसे अनुमान लगाया गया है कि वर्तमान मे कुल प्रदूषण का 7% केवल सीमेंट उत्पादन से होता है। यदि अधिक ब्लेंडेड सीमेंट उपयोग में लाया जाए तो प्रदूषण को समानुपातिक रूप से कम किया जा सकता है।

टिप्पणी : अभी भारत में कुल उत्पाद का लगभग 30% ब्लेंडेड सीमेंट उपयोग होता है। यह आंकड़ा ब्लेंडेड सीमेंट के उपयोग की जानकारी में वृद्धि करके तीव्रता से बढ़ाया जा सकता है। ब्रिटेन एवं अमेरीका में ब्लेंडेड सीमेंट का उपयोग कुल उत्पाद के 90% तक होता है। टिकाऊपन की समस्या का ब्लेंडेड सीमेंट द्वारा प्रभावी रूप से सामना किया जा सकता है। 'सिलिका फ्यूम' सीमेंट से लगभग सौ गुना अधिक बारीक होता है। स्लैग सीमेंट की बारीकी लगभग 400 मी.^{2} / कि.ग्रा. होती है जबकि सामान्य ओ पी सी की 225 मी.^{2} / कि.ग्रा. एवं उड़न राख की 300 मी.^{2} / कि.ग्रा. होती है। बारीकी या महीनता जितनी अधिक होगी, कंक्रीट उतना ही अपारगम्य बनाया जा सकेगा तथा इसके टिकाऊपन में वृद्धि होगी।

अध्याय - 3

एग्रीगेट

एग्रीगेट कंक्रीट को आकार देता है, सिकुड़न कम करता है तथा व्यय को घटाता है । क्योंकि एग्रीगेट सीमेंट से सस्ता होता है, इसे जितना संभव हो उतना डालने से कंक्रीट किफायती बनता है। कंक्रीट में अधिक आयतन के कारण यह न केवल किफायती होता है बल्कि स्थिरता को भी प्रभावित करता है जिससे इसका टिकाऊपन बेहतर होता है । सामान्यत: यह कंक्रीट के कुल आयतन का 60-70% घेरता है। लेकिन एक बात तय है कि कमजोर एग्रीगेट मजबूत कंक्रीट नही बना सकता बल्कि वह कंक्रीट की मजबूती को सीमित कर सकता है। एग्रीगेट का चयन बहुत कठिन परन्तु जरुरी कार्य होता है।

पहले एग्रीगेट को कंक्रीट मे एक निष्क्रिय सामग्री के रूप में देखा जाता था परंतु अब इसकी महत्ता को समझा जाने लगा है तथा इसे सक्रीय सामग्री मान लिया गया है। इसके भौतिक, रासायनिक और तापीय गुण कंक्रीट के गुणों पर प्रभाव डालते हैं ।

एग्रीगेट के प्रकार :

1. बारीक एग्रीगेट या बालू (Fine Aggregate) - जो 4.75 मि.मी छलनी से पास हो जाता है ।

2. बड़े एग्रीगेट या गिट्टी (Coarse Aggregate) - जो 4.75 मि.मी छलनी से पास नहीं हो सकता ।

एग्रीगेट का ग्रेडेशन इस मान्यता पर आधारित होता है कि बड़े एवं मोटे एग्रीगेट द्वारा बनी रिक्तता में उससे कुछ छोटे आकार के एग्रीगेट समा सकते हैं। इस छोटे आकार के एग्रीगेट द्वारा बनी रिक्तता में उससें भी छोटे आकार के एग्रीगेट समा सकते हैं। इस प्रकार अन्त में जो रिक्तता रह जाती है उसमें सीमेंट-पानी का घोल समा कर एक काम्पैक्ट क्रंकीट बनाता है। एग्रीगेटस की इस ग्रेडिंग को 'वैल ग्रेडिंग' (Well Grading) कहते हैं क्योंकि इसमें एग्रीगेट के हर मानक घटक का प्रतिनिधित्व रहता है।

एग्रीगेट के गुण :

एग्रीगेट से सम्बंधित गुणों को निम्नानुसार श्रेणीबद्ध किया जा सकता है।

1. वंशानुगत गुण (Inherited Properties)

ये गुण एग्रीगेट को मूल चट्टान से मिलते हैं जैसे :

(i) रासायनिक एवं खनिज कंम्पोजीशन (Chemical and Mineral Composition)

(ii) विशिष्ट घनत्व (specific Gravity)

(iii) कठोरता (Hardness)

(iv) मजबूती (Strength)

(v) रंग (Colour)

2. उपार्जित गुण (Acquired Properties)

ये गुण एग्रीगेट में चट्टान से परिवर्तन की प्रक्रिया के फलस्वरुप उपार्जित होते हैं । ये गुण निम्नलिखित होते हैं :-

(i) आकृति (Shape)

(ii) आकार (Size)

(iii) सतह की चिकनाहट (Texture)

(iv) पानी अवशोषण (Water-Absorption)

यदि हम गुणों की दोनों श्रेणियों का बारीकी से परीक्षण करें तो पाएंगे कि न केवल स्त्रोत चट्टान एग्रीगेट के गुणों को प्रभावित करती है, बल्कि एग्रीगेट के उपार्जित गुण भी समान रूप से महत्वपूर्ण होते हैं। वास्तव में, एग्रीगेट के उपार्जित गुण ताजा एवं कठोर दोनों तरह की कंक्रीट के गुणों को प्रभावित करते हैं। इसलिए इनका बारीकी से अध्ययन करने की आवश्यकता होती है।

(i) आकृति (Shape)

एग्रीगेट की आकृति को किसी नियमित ज्यामितीय आकृति द्वारा परिभाषित नहीं किया जा सकता। एग्रीगेट की आकृति को परिभाषित करने के लिए निम्नलिखित शब्दों का उपयोग किया जाता है।

(क) गोलाकार (Rounded)

(ख) कोणीय (Angular)

(ग) लम्बित (Elongated)

(घ) पार्श्व (Flaky)

(ड़) असमाकृति (Irregular)

आकृति को 'कोणियता संख्या' (Angularity Number) नामक गणितीय फैक्टर द्वारा भी अप्रत्यक्ष रूप से परिभाषित किया जा सकता है।

सबसे अधिक गोलाकार एग्रीगेट मे जितनी रिक्तता (सामान्यत: 33%) होती है, उससे अधिक रिक्तता का माप 'कोणियता संख्या' होती है। अत: कोणियता संख्या एग्रीगेट के गोलाकार और कोणीय के बीच की स्थिति को इन्गित करती है। इसे इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है।

कोणियता संख्या = 67- (आयतन घनत्व/विशिष्ट घनत्व) x 100

यहां 67 बिल्कुल गोल कणों के कुल आयतन में ठोस का प्रतिशत बताता है । यदि कण अधिक कोणीय हो तो कुल आयतन में ठोस का प्रतिशत कम होगा और रिक्तता अधिक होगी । कोणियता के अनुसार ठोस का प्रतिशत 56% तक हो सकता है । इसलिए गोलाई के आधार पर कोणियता अधिकतम 11 (67-56) तक हो सकती है । उच्च कोणियता संख्या अधिक कोणीय एग्रीगेट को दर्शाता है।

इसी प्रकार पार्श्व एग्रीगेट की मोटाई 0.6 x औसत छलनी आकार से भी कम होती है एवं लम्बित एग्रीगेट की लंबाई 1.8 x औसत छलनी आकार से अधिक होती है। क्रशर से निकली गिट्टी की आकृति क्रशर के प्रकार के साथ साथ इसके 'रिडक्शन अनुपात' (Reduction Ratio) पर भी निर्भर करती है। आम तौर पर गोलाई वाले एग्रीगेट को अधिमान दिया जाता है परंतु कोणीय एग्रीगेट 'फ्लैग्जर मजबूती' (Flexure Strength) एवं बेहतर इंटरलॉकिंग (Interlocking) के लिए अच्छा होता है।

(ii) आकार (Size)

एग्रीगेट का बड़ा आकार कंक्रीट के लिए अधिक अच्छा माना जाता है क्योंकि इसके निम्नलिखित लाभ होते हैं :-

(i) सीमेंट की जरूरत कम करता है

(ii) पानी की मांग कम करता है

(iii) कंक्रीट में सिकुड़न कम करता है

परंतु व्यवहारिक रूप से बहुत से ऐसे कारण हैं जो एग्रीगेट के अधिकतम आकार (Maximum Size of Aggregate or MSA) को सीमित करते हैं। ये कारण निम्नलिखित हैं ।

(क) MSA सेक्शन की मोटाई से एक चौथाई या कम होना चाहिए।

(ख) MSA छड़ों की स्पेसिंग से कम से कम 5 मि.मी. कम होना चाहिए ।

(ग) MSA क्लियर कवर से भी कम से कम 5 मि.मी. कम होना चाहिए ।

पी सी सी (Plain Cement Concrete) के लिए गिट्टी का आकार लगभग 160 मि.मी. तक उपयोग में लाया जाता है । इसे 'प्लम कंक्रीट' (Plum Concrete) कहा जाता है । परन्तु आर सी सी कार्य के लिए सामान्यत: 20 मि.मी. आकार का एग्रीगेट ही उपयोग में लाया जाता है।

(iii) सतह की चिकनाहट (Texture)

एग्रीगेट की सतह दो प्रकार की हो सकती हैं।

(क) चिकनी (Smooth)

(ख) खुरदरी (Rough)

एग्रीगेट्स की चिकनाहट उसकी कठोरता, ग्रेन का आकार, पोर की संरचना तथा हवा एवं पानी द्वारा की गई पॉलिश पर निर्भर करती है । इनका कंक्रीट पर निम्नलिखित असर पड़ता है।

(क) चिकनी सतह :

सामान्यत: कठोर, घने एवं बारीक ग्रेन वाले एग्रीगेट्स चिकनी सतह वाले होते हैं। कम विषमता के कारण सतह का क्षेत्र कम होता है इसलिए लुब्रिकेट करने के लिए पानी की केवल पतली परत की आवश्यकता होती है। परंतु चिकनी सतह के कारण संपर्क क्षेत्र कम होता है तथा सीमेंट मेट्रिक्स के साथ कम बाउंड्री एरिया उपलब्ध होता है। इसलिए हालांकि चिकने एग्रीगेट प्रयोग करके कम पानी उपयोग में लाकर अधिक वर्केबिलिटि प्राप्त की जा सकती है, फिर भी कम बोंडिंग एवं इंटरलॉकिंग के कारण फ्लेग्जरल स्ट्रेंग्थ में कमी आती है।

(ख) खुरदरी सतह :

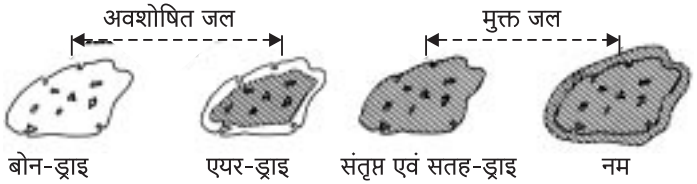
चिकने एग्रीगेट्स की तुलना में खुरदरे एग्रीगेट्स तनाव में अधिक मजबूती प्रदान करते हैं एवं कंप्रेसिव मजबूती को कम करते हैं, क्योंकि उसी वर्केबिलिटि के लिए अधिक w/c रखना पड़ता है । एग्रीगेट की सतह का चुनाव करने के लिए एक सामान्य सिद्धांत यह माना जाता है कि कंक्रीट के लिए उपयोग में आने वाला w/c अनुपात अगर 0.4 से नीचे हो तो क्रशड, कोणीय या खुरदरे एग्रीगेट का प्रयोग करना चाहिए । इसी प्रकार अगर कंक्रीट के उपयोग के लिए w/c अनुपात 0.4 से अधिक हो तो दोनों में से किसी भी प्रकार का एग्रीगेट उपयोग में लाया जा सकता है। निम्नलिखित टेबल संख्या - 1 मे एग्रीगेट की चिकनाहट के प्रभाव को दर्शाया गया है।

टेबल संख्या - 1

कणों का प्रतिशत		पानी/सीमेंट का अनुपात	28 दिन की फ्लैग्जरल स्ट्रेंग्थ	28 दिन की कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ
चिकना	खुरदरा	w/c Ratio	(MPa)	(MPa)
100	0	0.54	4.3	34.8
50	50	0.57	4.6	32.1
0	100	0.64	4.8	29.5

(iv) पानी अवशोषण :

मिक्स-डिजाईन की सगंणना मे हम एग्रीगेट को संतृप्त एवं सतह से सूखा (Saturated and Surface Dry or SSD) मानते हैं लेकिन वास्तव में यह न तो पूरा सूखा होता है और न ही संतृप्त । बल्कि यह सूखेपन की विभिन्न अवस्थाओं में होता है जैसा कि चित्र संख्या - 1 में दिखाया गया है :-



चित्र संख्या - 1 पानी अवशोषण

(i) बोन-ड्राइ (Bone-Dry)

(ii) एयर-ड्राइ (Air-Dry)

(iii) संतृप्त एवं सतह-ड्राइ (SSD)

(iv) नम (Moist)

यदि एग्रीगेट बोन-ड्राइ या एयर-ड्राइ है तो कंक्रीट से पानी सोखता है तथा वर्केबिलिटि को कम करता है। लेकिन दूसरी तरफ यदि यह नम हो तो यह कंक्रीट में पानी बढ़ाकर w/c अनुपात को बढ़ा देता है और कंक्रीट की मजबूती को कम करने का कारण बनता है ।

कंक्रीट के फेज (Phases of Concrete)

कंक्रीट के दो महत्वपूर्ण फेज होते हैं ।

(i) पेस्ट फेज (Paste Phase)

(ii) एग्रीगेट फेज (Aggregate Phase)

अधिकतर मामलों में पेस्ट ही निम्नलिखित कारणों से कमजोर लिंक होता है ।

(i) यह एग्रीगेट से कमजोर होता है ।

(ii) कंक्रीट पर बुरे प्रभावों का पहला शिकार बनता है ।

(iii) एग्रीगेट से अधिक परिमेय होता है ।

(iv) एग्रेसिव केमिकल्स (Aggressive Chemicals) के प्रति अति संवेदनशील होता है ।

इसलिए पेस्ट का न्यूनतम सम्भव आयतन ही कंक्रीट में उपयोग में लाना चाहिए ताकि यह बस एग्रीगेट्स द्वारा निर्मित रिक्तता को भरने के लिए पर्याप्त हो, इनका लुब्रिकेसन कर सके और बोंडिंग सुनिश्चित कर सके।

एग्रीगेट्स का छनाई विश्लेषण (Sieve-Analysis)

यह एक वह प्रक्रिया है जिसमें एग्रीगेट के एक सैम्पल को विभिन्न घटकों (Fractions) में बांटा जाता है। इस 'पार्टिकल साइज डिस्ट्रीब्युशन' को ग्रेडेशन भी कहा जाता है। छलनी के मानक आकार इस प्रकार होते हैं ।

80 मि.मी., 40 मि.मी., 20 मि.मी., 10 मि.मी., 4.75 मि.मी., 2.36 मि.मी., 1.18 मि.मी., 600 μ, 300 μ, 150 μ

एग्रीगेट की ग्रेडिंग कंक्रीट की मजबूती के साथ-साथ वर्केबिलिटि के लिए भी बहुत महत्वपूर्ण है। वास्तव में बारीक एग्रीगेट (Fine Aggregate) की ग्रेडिंग कंक्रीट की गुणवत्ता पर बहुत ज्यादा प्रभाव डालती है। यह अधिक मोटा नही होना चाहिए वरना कंक्रीट में 'सेग्रिगेशन' (Segregation) या ब्लीडिंग (Bleeding) होने की सम्भावना रहती है। इसके अलावा इसे अधिक बारीक भी नहीं होना चाहिए वरना इसमें अधिक पानी लगता है।

बारीक एग्रीगेट का ग्रेडेशन छलनी विश्लेषण पर आधारित एक गणितीय संख्या के आधार पर किया जाता है। इस इंडेक्स को 'फाइननेस मॉड्युलस' (Fineness Modulus) कहा जाता है। इससे मेटेरियल के मोटे या बारीकपन के बारे में पता चलता है।

गणितीय तरीके से अगर लिखा जाए

FM = छलनी के प्रत्येक मानक आकार पर एग्रीगेटस के रिटेन (Retain) होने का सामूहिक प्रतिशत

FM का अधिक मान मोटापन प्रदर्शित करता है। इनकी विभिन्न सीमाएं आगे दी गई टेबल संख्या-2 के अनुसार हैं ।

टेबल संख्या-2

बालू	FM
बारीक बालू	2.2 - 2.6
मध्यम बालू	2.6 - 2.9
मोटा बालू	2.9 - 3.2

FM का 3.2 से अधिक मान सामान्यत: कंक्रीट के लिए अनुपयुक्त होता है।

आई एस : 383-1970 के अनुसार FM की ग्रेडिंग को जोन (Zones) में बांट कर भी किया जा सकता है जैसे कि जोन-I, जोन-II, जोन-IIII, जोन-IV

इन सभी जोनों में, जोन- IV अधिक बारीक तथा जोन-I अधिक मोटे बालू को प्रदर्शित करता है । सामान्यत: FA के जोन-IV का बालू 'आर सी सी' के उपयोग में नही लाया जाता।

एग्रीगेट्स की गुणवत्ता :

एग्रीगेट हानिकारक मेटेरियल, नमक दूषीकरण तथा अलकली प्रतिक्रिया से मुक्त होने चाहिएं।

(क) हानिकारक मेटेरियल (Deleterious Materials)

दूषित एवं हानिकारक मेटेरियल जैसे चिकनी मिट्टी, सिल्ट, कोयला, अभ्रक इत्यादि हाइड्रेशन की प्रक्रिया में दखल अंदाजी करते हैं तथा सीमेंट मैट्रिक्स के साथ एग्रीगेट की बोंडिंग को प्रभावित करते हैं ।

(ख) नमक दूषीकरण (Salt Contamination)

नमक दूषीकरण की समस्या समुद्री मिट्टी से निकले एग्रीगेट के साथ

अधिक होती है। पी एस सी (PSC) वर्क्स के लिए सामान्यत: इन एग्रीगेट को उपयोग में नही लाया जाता है। यदि पी एस सी कार्य में इसकी अनुमति दी भी जाती है तो 'कंक्रीट ब्रिज कोड' के अनुसार जो सीमाएं निर्धारित की गई हैं उनका पालन करना चाहिए । ये नीचे दी गई हैं :-

क्लोराइड की सीमा -

FA के भार का 0.04% या CA के भार का 0.02%

सल्फेट के लिए सीमा -

कुल एग्रीगेट के भार का 0.4%

(ग) अलकली की प्रतिक्रिया (Alkali Reaction)

कुछ एग्रीगेट में क्रियाशील सिलिका विद्यमान रहती है जो सीमेंट में सोडियम ऑक्साइड, पोटाशियम ऑक्साइड इत्यादि में उपस्थित अलकली के साथ प्रतिक्रिया कर सकती है। सीमेंट में उपस्थित अलकली से बने अलकलाइन हाइड्रॉक्साइड एक असामान्य रुप में फूलने वाली जैल (Gel) का निर्माण करते हैं तथा क्रैकिंग के रुप में परिणाम सामने आता है। इस कठिनांई को इस प्रकार सुलझा सकते हैं।

1. कम अलकली वाले सीमेंट के उपयोग से (सीमेंट में अलकली कंटेट 0.6% से कम रखें)।

2. सीमेंट में पोजोलाना मिलाएं जो अलकली को एग्रीगेट पर आक्रमण करने से पहले ही उसके साथ प्रतिक्रिया कर लेता है।

एग्रीगेट का गैप ग्रेडिंग (Gap Grading of Aggregate)

यह एग्रीगेट के ग्रेडेशन की नई संकल्पना है। यह सामान्य ग्रेडेशन से भिन्न है। एक 'वैल ग्रेडिंग' या 'लगातार ग्रेडिंग' (Well Grading or Continuous Grading) का अर्थ है निश्चित अनुपात में सभी मानक कणों का प्रतिनिधित्व । इसमें भार सहने की क्षमता अधिक होती है क्योंकि बड़े आकार के एग्रीगेट द्वारा बने रिक्त स्थान को छोटे आकार के एग्रीगेट भर देते हैं। उनसे फिर बनी रिक्तता को उससे छोटे आकार के एग्रीगेट भर देते हैं।

परन्तु ऐसा करने की अपेक्षा कहना बहुत आसान है । असल में यह

पाया जाता है कि एक निश्चित आकार के एग्रीगेट से बने छोटे रिक्त स्थान में बहुत छोटे आकार के एग्रीगेट को ही समाया जा सकता है और बीच के कुछ मानक आकारों को छोड़ देना पड़ता है। इसी को 'गैप ग्रेडिंग' (Gap Grading) कहते हैं ।

सामान्यत: एग्रीगेट के एक विशिष्ट आकार द्वारा बनी रिक्ति दूसरे या तीसरे छोटे मानक आकार के एग्रीगेट के बराबर बनती है जैसे 40 मि.मी. द्वारा निर्मित रिक्ति को भरने के लिए 10 मि.मी. या 4.75 मि.मी. के आकार का एग्रीगेट ही उसमें समा सकता है परन्तु 20 मि.मी. का नही । इसे गैप ग्रेडिंग कहते हैं ।

गैप ग्रेडिंग के लाभ -

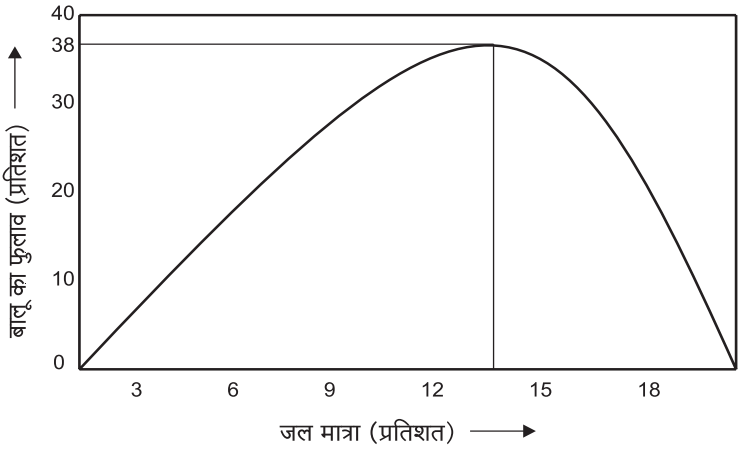
1. बालू की मांग 26 से 40% तक कम हो जाती है।
2. बालू के कम होने से कुल एग्रीगेट का सतही क्षेत्र (Surface Area) कम हो जाता है और पाने की मांग भी कम हो जाती है।
3. समान आकार के एग्रीगेट के बीच प्वाइंट-टू-प्वाइंट कान्टैक्ट (Point-to-Point Contact) बना रहता है जिससे सिकुड़न कम हो जाती है।
4. इसमें कम सीमेंट की आवश्यकता होती है क्योंकि रिक्तियों का सकल आयतन बहुत कम हो जाता है।

गैप ग्रेडिंग के प्रयोग के समय सावधानी की भी आवश्यकता होती है क्योंकि कभी-कभी इससे एग्रीगेट व्यवधान (Aggregate Interference) होने की सम्भावना रहती है । कभी-कभी यह पूर्वानुमानित वर्केबिलिटि को भी बदल सकता है । इसलिए इस ग्रेडेशन को अपनाने के पहले परीक्षण द्वारा जांच कर ली जाए ताकि बाद में किसी परेशानी का सामना न करना पड़े।

बालू का फुलाव (Bulking of Sand)

बालू की यह प्रकृति होती है कि जब इसमें थोड़ा पानी मिलाया जाता है तो इसके प्रत्यक्ष आयतन में वृद्धि होती है। यह सर्फेस टैंशन (Surface Tension) के कारण होता है । आयतन में बढ़ोतरी 38% तक हो सकती है । लेकिन यह तब नहीं होता जब या तो बालू पूरी तरह से सूखा हो या फिर पूरी

तरह संतृप्त हो । यह फुलाव नमी एवं कणों के आकार दोनों पर निर्भर करता है। बारीक रेत के कणों में फुलाव अधिक होता है। यह चित्र संख्या-2 में दर्शाया गया है।



चित्र संख्या-2 बालू का फुलाव

अध्याय - 4

पानी एवं एडमिक्सचर

पानी

कंक्रीट बनाने के लिए उपयोग में लाया जाने वाला पानी बहुत महत्वपूर्ण होता है। पानी की गुणवत्ता कंक्रीट की स्ट्रेंग्थ बनाने के साथ-साथ उसके टिकाऊपन को भी प्रभावित करती है। एक लोकप्रिय मापदंड यह है कि सामान्यत: जो पानी पीने के काम आता है वह कंक्रीट के उपयोग के लिए भी उचित होता है। लेकिन तकनीकी रूप से कहा जा सकता है कि पानी में घुले रसायनों की सीमाएं निम्नानुसार होनी चाहिए।

क) पानी की 'पी एच' (pH) वैल्यू 6 से कम नहीं होनी चाहिए। इससे कम वैल्यू होने पर यह अम्लीय होगा जिससे यह रीइन्फोर्समेंट (Reinforcement) के जंग का कारण हो सकता है।

ख) यह कार्बोनिक पदार्थों एवं अन्य 'अशुद्वियों' से मुक्त होना चाहिए।

पानी में अशुद्धियों का प्रभाव

1. कार्बोनेट एवं बाईकार्बोनेट सीमेंट के सेटिंग समय को प्रभावित करते हैं। सोडियम कार्बोनेट के कारण सेटिंग शीघ्र होती है।

2. यदि बाईकार्बोनेट 1000 ppm से अधिक हो तो सेटिंग टाइम एवं स्ट्रेंग्थ के लिए परीक्षण किया जाना चाहिए ।

3. खारे पानी में क्लोराइड तथा सल्फेट होते हैं। क्लोराइड 10000 ppm से अधिक नहीं होना चाहिए तथा सल्फेट 3000 ppm से अधिक नही होना चाहिए।

4. गदलापन (Turbidity) 2000 ppm तक सीमित होनी चाहिए। गदलापन, सिल्ट एवं अन्य सस्पेंडेड मेटेरिएल के कारण होता है जिससे न केवल सेटिंग में ही बाधा होती है बल्कि कठोरता एवं बोंडिगं पर भी प्रभाव पड़ता है ।

5. पानी में एलगाई (Algae) नहीं होनी चाहिए इससे कंक्रीट की मजबूती पर बुरा असर पड़ता है ।

सामान्यत: पानी का स्रोत विश्वसनीय होना चाहिए । संशययुक्त स्रोत जैसे कि तटवर्ती क्षेत्र, कच्छ क्षेत्र तथा अन्य स्थानों पर जहां गंदला पानी ही उपलब्ध हो, वहां का पानी प्रयोग करने से पहले परीक्षण करना चाहिए । इसके लिए हम उपलब्ध पानी एवं 'आसुत जल' (Distilled Water) के साथ बने कंक्रीट क्यूबों की 7 तथा 28 दिन की मजबूती की तुलना कर सकते हैं । यह उपलब्ध स्रोत के पानी के संपूर्ण प्रभाव को प्रकट कर देगा । यदि स्त्रोत के पानी द्वारा प्राप्त मजबूती डिस्टिलड वाटर द्वारा प्राप्त मजबूती से 90% या इससे अधिक है तो पानी के स्रोत को स्वीकारा जा सकता है।

समुद्र के पानी का प्रभाव

समुद्री पानी का खारापन लगभग 3.5% होता है। यदि समुद्र का पानी उपयोग में लाया जाए तो इसका असर कंक्रीट में प्रयुक्त लोहे पर मुख्य रुप से होगा और जंग लगने की सम्भावना बढ़ जाएगी। यह मजबूती को भी 10-15% तक कम कर सकता है। इसके अलावा यह सीमेंट के सेटिंग समय को भी बढ़ाता है तथा इसके फूलने तथा सीलन का कारण भी बनता है। इसलिए समुद्री पानी के प्रयोग से जंहा तक सम्भव हो बचना चाहिए।

एडमिक्सचर

ये कंक्रीट के ओपशनल अवयव हैं, जिन्हें ताजा एवं सख्त कंक्रीट के गुणों को संशोधित करने हेतु मिलाते हैं । एडमिक्सचर के मिलाने पर ताजा कंक्रीट में वर्केबिलिटि, पंपिंग क्वालिटी, शक्ति वर्धन एवं सख्त कंक्रीट में अपारगम्यता, मजबूती एवं टिकाऊपन बढ़ता है।

उच्च ग्रेड के सीमेंट बनाने के लिए रासायनिक एडमिक्सचर का उपयोग लगभग आवश्यक है।

एडमिक्सचर की श्रेणियॉ

1. पानी की मांग कम करने वाले एडमिक्सचर (Water Reducing Admixture)

2. आरम्भिक सेटिंग टाईम को बढ़ाने वाले एडमिक्सचर (Retarding Admixture)

3. हवा के बुलबुले मिलाने वाले एडमिक्सचर (Air-entraining Admixture)

4. आरम्भिक सेटिंग टाईम को कम करने वाले एडमिक्सचर (Accelerating admixture)

1. **पानी की मांग कम करने वाले एडमिक्सचर**

ये एक निश्चित वर्केबिलिटि के लिए पानी की आवश्यकता को कम करते हैं। हाइड्रेशन के लिए 0.23 का w/c अनुपात पर्याप्त होता है परंतु सामान्यत: वर्केबिलिटि की आवश्यकता की वजह से इसे बहुत अधिक रखा जाता है। मजबूती के साथ-साथ वर्केबिलिटि भी एक महत्वपूर्ण डिजाईन पैरामीटर है। अपर्याप्त वर्केबिलिटि भी उसी तरह मजबूती को कम करती है जैसे कि w/c अनुपात की अधिकता। हाइड्रेशन प्रक्रिया की जरुरत से अधिक पानी प्राय: ठोस कणों के बीच के घर्षण को कम करने के लिए डाला जाता है । इससे मिश्रण, परिवहन, प्लेसमैंट एवं काम्पैक्शन करने में सुविधा होती है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि एडमिक्सचर वर्केबिलिटि बढ़ाने के काम आता है ।

पानी की मांग को कम करने वाले एडमिक्सचर की दो श्रेणियां है।

1. प्लास्टिसाईजर (Plasticizer)

2. सुपर-प्लास्टिसाईजर (Super-plasticizer)

सुपर-प्लास्टिसाईजर, प्लास्टिसाईजर का संशोधित रूप है। ये पानी की आवश्यकता को और अधिक कम करते हैं । इसलिए इन्हें हाई रेंज वॉटर रिड्यूसर (High Range Water Reducer) भी कहा जाता है। जहां प्लास्टिसाईजर पानी की आवश्यकता को 15% कम करता है वहीं सुपर-प्लास्टिसाईजर इसे 30% तक घटा देता है ।

पानी कम करने का मैकेनिज्म (Mechanism)

पानी कम करने वाले एडमिक्सचर सतह पर सक्रीय रहने वाले रसायन हैं। इसलिए इन्हें सरफेक्टैंट्स (Surfactants) भी कहते हैं । ये सीमेंट के कणों में नकारात्मक (Negative) चार्ज उत्पन्न करते हैं । वॉटर रेड्यूसर की अनुपस्थिति में सीमेंट कण पानी मिलाने पर अपनी महीनता के कारण संगठित

हो जाते हैं और फ्लॉक (Flocks) बना लेते हैं । संगठित होने के कारण बहुत सारा पानी अवरोधित होकर सीमेंट कणों के बीच फंस जाता है एवं आवश्यक वर्केबिलिटि के लिए उपलब्ध नहीं हो पाता । जब वॉटर रेड्यूसर को इसमें डाला जाता है तो संगठित हुए सीमेंट कण इसके द्वारा उत्पन्न नकारात्मक चार्ज की वजह से फैल जाते हैं और अवरोधित पानी अब आजाद हो कर वर्केबिलिटि के लिए उपलब्ध हो जाता है।

उपरोक्त क्रिया पूर्णतया भौतिक क्रिया है हांलाकि इसमें कुछ हद तक रासायनिक क्रिया भी शामिल रहती है जो कि स्लंप रिटेशंन (Slump Retention) से सम्बंधित है। एडमिक्सचर हाइड्रेटिड फेज से उत्पन्न सिलिकेट एवं एल्यूमिनेट के ऊपर जम जाता है एवं जैल-फार्मेशन (Gel-formation) में विलंब करता है तथा इस प्रकार स्लंप को बनाए रखने में सहायता मिलती है।

नोट - एडमिक्सचर का कंक्रीट की निम्न स्तर की गुणवत्ता एवं निर्माण विधियों के पर्याय के रुप में उपयोग नहीं करना चाहिए बल्कि इसे उच्च स्तर की निर्माण विधि के सहायक के रूप में स्वीकारा जाना चाहिए।

2. **आरम्भिक सेटिंग टाईम को बढ़ाने वाले एडमिक्सचर**

इनका उपयोग वहां किया जाता है जहां पर कंक्रीट के आरंभिक सेटिंग समय में देरी करना जरूरी हो। रिटार्डर हाइड्रेशन प्रक्रिया को केवल धीमा करता है परंतु प्रक्रिया को प्रभावित नहीं करता। आरम्भिक सेटिंग समय को तीन घंटे तक बढ़ाया जा सकता है। रिटार्डिंग एडमिक्सचर का मुख्य कार्य कोल्ड-ज्वाइंट्स (Cold-Joints) को कम करना एवं कंक्रीट के सेटिंग टाईम को नियंत्रित करना है।

3. **हवा के बुलबुले मिलाने वाले एडमिक्सचर**

ये भी सतह पर सक्रीय रहने वाले एडमिक्सचर हैं जो कि 5μ से 80μ तक के छोटे आकार के हवा के स्थाई बुलबुले बनाते हैं । हवा के बुलबुलों का मुख्य कार्य कंक्रीट में कैपिलरी संरचना को तोड़ना एवं रोलर बॉल बेयरिंगस की तरह कार्य करना है जिससे कि मिश्रण के कण आसानी से कम घर्षण के साथ विचरण कर सकते हैं और वर्केबिलिटि में सुधार होता है ।

4. **आरम्भिक सेटिंग टाईम कम करने वाले एडमिक्सचर**

कंक्रीट में सीमेंट की मजबूती ग्रहण करने की प्रक्रिया तीव्र करने एवं सेटिंग समय को कम करने के लिए इन एडमिक्सचर का उपयोग किया जाता

है । इनका प्रयोग रोड़ मरम्मत कार्य एवं प्रवाहित पानी के अंदर कंक्रीट करने में किया जाता है।

विभिन्न प्रकार के सुपर - प्लास्टिसाईजर

कंक्रीट को अधिक मजबूती प्रदान करने के लिए सामान्यत: सुपर-प्लास्टिसाईजर या पानी कम करने वाले एडमिक्सचर का ही अधिकतर उपयोग किया जाता है। इनका विस्तृत विवरण नीचे दिया गया है।

सुपर-प्लास्टिसाईजर चार प्रकार के होते है जिन्हे प्राय: कंक्रीट के लिए उपयोग किया जाता है।

1. सल्फोनेटेड-मेलॉमाईन (Sulphonated-Melamine)

यह कम तापमान वाले क्षेत्र में उपयुक्त रहता है।

2. सल्फोनेटेड-नेप्थालेन (Sulphonated-Naphthalene)

यह अधिक तापमान वाले क्षेत्र में उपयोगी है।

3. लिगनो-सल्फेट्स (Ligno-Sulphates)

यह भारतीय स्थिति के लिए उपयुक्त है जहां तापमान में अधिक बदलाव आता है।

4. कार्बोक्सीलेटेड (Carboxylated)

यह लंबे समय तक वर्केबिलिटि बनाए रखने के लिए उपयुक्त है।

एडमिक्सचर प्रतिक्रिया को प्रभावित करने वाले घटक

1. सुपर-प्लास्टिसाईजर के प्रकार :- यदि सुपर-प्लास्टिसाईजर का आणविक भार अधिक होगा तो एडमिक्सचर की कार्यक्षमता अधिक होगी।

2. मात्रा - एडमिक्सचर की मात्रा इष्टतम होनी चाहिए। अधिक मात्रा से पृथक्करण (Segregation) एवं ब्लीडिंग (Bleeding) हो सकती है। इस लिए स्लपं टेस्ट (Slump Test) के द्वारा इष्टतम मात्रा का आंकलन करना चाहिए ।

3. सीमेंट के साथ सगंतता - किसी भी एडमिक्सचर का उपयोग करने से पहले, परीक्षण द्वारा सीमेंट के साथ उसकी संगतता का अध्ययन कर

लेना आवश्यक है । विभिन्न प्रकार के सीमेंट के साथ सभी एडमिक्सचर एक जैसा परिणाम नही दे सकते हैं। सीमेंट के गुण जैसे महीनता, केमिकल कंपोजिशन, C_3A घटक एवं जिप्सम की मात्रा आदि एडमिक्सचर के साथ इसके निष्पादन (Performance) को प्रभावित करते हैं।

4. मिक्स-डिजाईन - पानी कम करने वाले एडमिक्सचर सहित मिक्स के सभी अवयवों/घटकों का मिश्रित प्रभाव नीचे दिया गया है।

क) पानी - मिक्स में पानी की अधिक मात्रा से एडमिक्सचर के फैलाव (Dispersion) में सुधार होता है।

ख) गिट्टी - गिट्टी की मात्रा एवं ग्रेडिंग (Grading) एडमिक्सचर के निष्पादन को प्रभावित करते हैं।

ग) बालू - बालू का अनुपात एवं सिल्ट (Silt) की मात्रा भी एडमिक्सचर के निष्पादन को प्रभावित करते हैं।

घ) सीमेंट - जैसा कि पहले लिखा जा चुका है सीमेंट की महीनता, C_3A एवं जिप्सम की मात्रा आदि का एडमिक्सचर के निष्पादन पर प्रभाव पड़ता है। C_3A की अधिक मात्रा एडमिक्सचर की कार्यक्षमता को कम करती है।

ड़) अन्य एडमिक्सचर - अन्य एडमिक्सचर की उपस्थिति भी सुपर प्लास्टिसाईजर की क्षमता को प्रभावित कर सकती है।

च) अन्य कारण - इनके अलावा कुछ अन्य कारण भी हैं जो सुपर प्लास्टिसाईजर के निष्पादन पर प्रभाव डालते हैं जैसे कि कंक्रीटिंग के समय का तापमान एवं आर्द्रता । तापमान की अधिकता एवं आर्द्रता की कमी दोनों ही एडमिक्सचर की कार्यक्षमता को कम करते हैं । इसी प्रकार मिक्सिंग की प्रक्रिया भी बहुत महत्वपूर्ण है। वास्तव में ड्रम मिक्सर का उपयोग एडमिक्सचर के लिए बहुत बेहतर नहीं है । इष्टतम कार्य निष्पादन को हासिल करने के लिए पैन या कम्पलसिव शॉफ्ट मिक्सर (Compulsive Shaft Mixer) का उपयोग करना चाहिए।

एडमिक्सचर के अच्छे कार्य निष्पादन के लिए अनुशंसित पद्धतियां

क) सबसे पहले समूची गिट्टी, समूची सीमेंट एवं समूचे पानी से लगभग 2 लीटर कम पानी को मिक्सर में डालें एवं दो मिनट तक मिक्स करें।

ख) एडमिक्सचर को शेष 2 लीटर पानी में अच्छी तरह से घोल लें एवं मिक्सर में मिलाएँ। एक और मिनट तक मिश्रण करना जारी रखें।

ग) आर एम सी के परिवहन के लिए जब ट्रांजिट मिक्सर का उपयोग हो तब उसमें कंक्रीट लोड करने से केवल कुछ मिनट पहले ही प्लास्टिसाईजर की कुछ मात्रा मिलाएं।

घ) कुछ-कुछ अंतराल के पश्चात प्लास्टिसाईजर को थोड़ी मात्रा में मिलाते रहें। इससे एडमिक्सचर का असर और अधिक बेहतर होता है।

ड़) प्रारंभिक हाई वर्केबिलिटि के लिए शुरु में ही प्लास्टिसाईजर की बड़ी मात्रा की आवश्यकता होती है तथा शेष मात्रा को प्लेसमैंट (Placement) से कुछ समय पहले ही डालें।

प्लास्टिसाईजर के प्रभाव को निम्न लिखित टेबल संख्या-1 के विश्लेषण द्वारा अच्छी तरह समझा जा सकता है।

टेबल संख्या-1

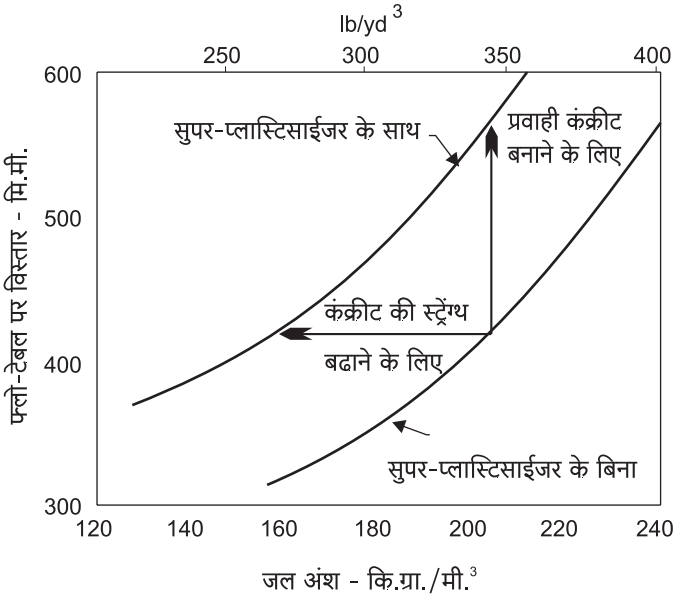
(क) - वर्केबिलिटि पर प्रभाव (जब w/c अनुपात वही हो)					
मिक्स	सीमेंट कि.ग्रा./मी.^{3}	w/c अनुपात	स्लम्प (मि.मी.)	क्यूब स्ट्रेंथ 7 दिन	28 दिन
केवल सीमेंट के साथ मिक्स	440	0.37	25	39	39
सीमेंट + 0.4% एडमिक्सचर	440	0.37	100	41.1	54.1
(ख)- स्ट्रेंथ पर प्रभाव (जब वर्केबिलिटि वही हो)					
केवल सीमेंट के साथ मिक्स	315	0.60	95	21.8	29.1
सीमेंट + 0.4% एडमिक्सचर	315	0.53	95	28.5	37.5

नोट- एडमिक्सचर का प्रतिशत सीमेंट के भार के अनुसार है।

सुपर-प्लास्टिसाईजर का असर

1) जैसा कि टेबल संख्या-1 से साफ होता है कि सुपर-प्लास्टिसाईजर के प्रयोग करने से पानी / सीमेंट अनुपात एवं पानी की मात्रा वही रखने से भी वर्केबिलिटि में बढ़ोतरी होती है।

2) अगर वर्केबिलिटि अधिक नही चाहिए तो इसका उपयोग पानी/ सीमेंट अनुपात को कम करने में किया जा सकता है जिससे कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ में बढ़ोतरी हो जाएगी जैसा कि चित्र संख्या-1 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-1 सुपर-प्लास्टिसाईजर का असर

अध्याय - 5

कंक्रीट का विनिर्माण

कंक्रीट के विनिर्माण में दो भिन्न-भिन्न क्रियाएं शामिल हैं। एक सामग्री से सम्बंधित है तथा दूसरा प्रक्रियाओं से। इसमें कोई संशय नहीं कि कंक्रीट के लिए सामग्री बहुत महत्वपूर्ण होती है परन्तु प्रक्रिया भी उतनी ही महत्वपूर्ण होती है । आम तौर पर यह देखा गया है कि कंक्रीट उत्पादन में प्रयुक्त 'प्रक्रियाएं' ही अच्छी या खराब गुणवत्ता वाली कंक्रीट के लिए उत्तरदायी होती हैं। सामग्री के चुनने में सामान्यत: हर आदमी सावधानी बरतता है, परंतु कंक्रीट के विनिर्माण में शामिल कुछ प्रक्रियाओं की अनदेखी की जाती है जिसके परिणाम स्वरूप पूरा खर्च करने के बाद भी मजबूत और टिकाऊ कंक्रीट नहीं मिल पाती है । समानुपातन सहित विभिन्न प्रक्रियाएँ जो कंक्रीट की गुणवत्ता पर असर डालती हैं वे इस प्रकार हैं।

1. सामग्री का समानुपातन (Proportioning)
2. मिश्रण (Mixing)
3. परिवहन (Transportation)
4. प्लेसमैंट (Placement)
5. काम्पैक्शन (Compaction)
6. तराई (Curing)

यदि हम प्रक्रियाओं पर सावधानी बरतें तो कंक्रीट की गुणवत्ता को बिना अतिरिक्त व्यय के भी सुनिश्चित कर सकते हैं क्योंकि लागत का एक बड़ा हिस्सा पहले से ही सामग्री की खरीद पर व्यय किया जा चुका होता है । वास्तव में अच्छी प्रक्रियाओं द्वारा गुणवत्ता को हमें एक आदत (Habit) बना लेना चाहिए ।

इन सभी प्रक्रियाओं को आगे के पृष्ठों में विस्तृत रुप से समझाया गया है :-

1. **समानुपातन (Proportioning)**

सामग्री के अनुपात का डिजाईन-मिक्स के परिणाम पर सीधा असर

पड़ता है। सामग्री का अनुपात इस प्रकार होना चाहिए कि सारा पदार्थ मिल कर सघन एवं मजबूत कंक्रीट बनाए । विभिन्न ट्रायलज (Trials) से पदार्थों के सही अनुपात का पता लगाया जा सकता है।

2. **मिश्रण (Mixing)**

सही मिश्रण का मुख्य प्रयोजन यह सुनिश्चित करना होता है कि सारा कंक्रीट एक समान हो, समरूप हो, रंग में एक जैसा हो तथा एक जैसा गाढ़ापन हो ।

मोटे तौर पर मिश्रण दो प्रकार से किया जा सकता है जैसे :-

(क) मानव द्वारा मिश्रण (ख) मशीन द्वारा मिश्रण

(क) मानव द्वारा मिश्रण (Manual Mixing)

इसे कर्मियों द्वारा मिलाया जाता है तथा यह मशीन के मिश्रण से निम्न स्तर का होता है क्योंकि मिश्रण एक समान नहीं हो पाता।

(ख) मशीन द्वारा मिश्रण (Machine Mixing)

यह उच्च स्तर का एक समान, किफायती एवं प्रभावी होता है । मशीन का मिश्रण भी दो प्रकार का हो सकता है।

(i) बैच-मिश्रण (Batch-Mixing)

इसमें एक-एक करके बैच में मिश्रण किया जाता है। एक बैच में कंक्रीट की मात्रा मिक्सर के आकार पर निर्भर करती है।

(ii) अनवरत-मिश्रण (Continuous-Mixing)

जब तक संयत्र में काम चल रहा हो, मिश्रण प्रक्रिया अनवरत जारी रहती है । विभिन्न सामग्री स्क्रू-फीडर (Screw-Feeder) के द्वारा डाली जाती है। इसे प्राय: बड़े कामों के लिए उपयोग में लाया जाता है जैसे कि बांध, पुल आदि का निर्माण।

बैच मिश्रण में प्रयुक्त मिक्सर (Mixer) के प्रकार

1. पैन-टाइप मिक्सर (Pan-Type Mixer)

2. ड्रम-टाइप मिक्सर (Drum-Type Mixer)

1. पैन टाइप मिक्सर :-

यह एक गोलाकार पैन होता है जो एक निश्चित अक्ष पर घूमता रहता है एवं स्टार की तरह के स्क्रैपर ब्लेड एक अन्य अक्ष पर घूमते रहते हैं । स्क्रैपर ब्लेड पैन के किनारों पर मोर्टार (Mortar) को चिपकने से बचाते हैं।

ये मिक्सर वहां प्रयोग के लाए जाते हैं जहा ज्यादा कंक्रीट का प्रयोग हो रहा हो या जहां प्री-कास्ट मैन्युफैक्चरिंग युनिट (Manufacturing Unit) हो। इसका छोटा रूप प्रयोगशालाओं में भी उपलब्ध रहता है। यह विशेष रूप से कम पानी वाले एवं गाढ़े मिक्स के लिए उपयोगी होता है।

2. ड्रम-टाइप मिक्सर :

ड्रम मिक्सर तीन प्रकार के होते है :-

(क) झुकने वाला (Tilting) : यह घूमने वाला ड्रम एक ओर झुकने में सक्षम होता है तथा अन्य मिक्सर्स से अधिक प्रभावी होता है । सामान्यत: फील्ड में इसी प्रकार के मिक्सर का उपयोग होता है।

(ख) न झुकने वाला (Non-Tilting) : इसमें घूमने वाला ड्रम झुक नहीं सकता इसलिए सामग्री डालने और कंक्रीट निकालने के लिए अलग-अलग ओर से प्रावधान होता है। कंक्रीट निकालने के लिए एक श्यूट को ड्रम के अंदर प्रविष्ट कराया जाता है ।

(ग) रिवर्सिंग या फोर्सड एक्शन (Reversing or Forced Action) - यह न झुकने वाले ड्रम जैसा ही होता है, परंतु सामग्री अंदर डालने तथा कंक्रीट बाहर निकालने के लिए एक ही तरफ से प्रावधान होता है।

इन तीनों मिक्सर्स को चित्र संख्या - 1 में दिखाया गया है।



झुकनेवाला न झुकनेवाला रिवर्सिंग

चित्र संख्या - 1 ड्रम मिक्सर

आई एस :1791 - 1963 के अनुसार, मिक्सर का डैजिगनेशन इस प्रकार होता है :-

झुकने वाला : 85 टी, 100 टी, 140 टी, 200 टी

न झुकनेवाला : 200 एन टी, 280 एन टी, 340 एन टी, 400 एन टी,

800 एन टी

रिवर्सिंग : 200 आर, 280 आर, 340 आर, 400 आर

टिप्पणी :

आंकड़ा : लीटर में क्षमता एवं

शब्द : टी से टिल्टिंग, एन टी से नॉन टिल्टिंग तथा आर से रिवर्सिंग

मिक्सर में विभिन्न सामग्री डालने (Charging) के लिए सुझावित अनुक्रम

यह अनुक्रम फील्ड के अनुभव पर आधारित है । समरूप एवं एकाकार मिश्रण के लिए चार्जिंग का निम्नलिखित अनुक्रम उपयोगी पाया गया है।

(i) गिट्टी की आधी मात्रा

(ii) बालू की आधी मात्रा

(iii) सीमेंट की पूरी मात्रा

(iv) गिट्टी की शेष मात्रा

(v) बालू की शेष मात्रा

(vi) कुल पानी का 25% ड्रम में डाली जाने वाली सामग्री से पहले डाल दिया जाता है जो कि सीमेंट को ब्लेड और ड्रम के पेंदे में चिपकने से बचाता है । शेष 75% पानी ड्रम में डाली गई सामग्री के बाद डाला जाता है ।

मिश्रण का समय

यह आवश्यक सामग्री को समरूप करने तथा एक समान गाढ़ापन लाने के लिए अच्छी तरह से मिश्रित करने हेतु लगने वाला समय है । समय की गणना तब से की जाती है जब सभी आवश्यक सामग्री के साथ पानी की पूरी मात्रा उसमें मिला दी जाती है । सामान्यतः सही मिश्रण के लिए ड्रम के 25 से

30 चक्कर आवश्यक हैं । 15-20 चक्कर/मिनट (RPM) की दर से सही मिश्रण के लिए लगभग 2 मिनट का समय लगता है ।

मिश्रण का समय कंक्रीट के ग्रेड पर भी निर्भर करता है । अधिक मजबूती वाले मिक्स के मिश्रण में अधिक समय की आवश्यकता होती है उसी प्रकार चिकने, गोल एवं प्राकृतिक एग्रीगेट के मुकाबले खुरदरे एग्रीगेट के मिश्रण में अधिक समय लगता है । अगर असमंजस की स्थिति हो तो कम मिश्रण की अपेक्षा अधिक मिश्रण करना बेहतर होगा । अधिक मिश्रण से उच्चतर मजबूती हो सकती है जो संभवतः निम्नलिखित कारणों से होती है :-

(i) वाष्पीकरण एंव एग्रीगेट द्वारा पानी के अवशोषण के कारण पानी/सीमेंट अनुपात में कमी

(ii) अपघर्षण होने के कारण वर्केबिलिटि में वृद्धि

(iii) खुरदरे एग्रीगेट का गोलाकार बनना

3. परिवहन (Transportation)

कंक्रीट का परिवहन कंक्रीट विनिर्माण में एक बहुत महत्वपूर्ण क्रिया है । परिवहन में लगने वाला समय एक डिजाईन पैरामीटर (Design Parameter) है क्योंकि यह आरंभिक सेटिंग समय तथा वर्केबिलिटि को प्रभावित करता है । अपनाई जाने वाली परिवहन की पद्धती का निर्णय पहले ही ले लिया जाना चाहिए ताकि उसी के अनुसार उपयुक्त एडमिक्सचर इत्यादि का चुनाव किया जा सके। परिवहन की विभिन्न प्रचलित पद्धतियाँ निम्नानुसार हैं :-

(क) मोर्टार-पैन (Mortar-Pan)

यह कामगारों से जुड़ी पद्धति है तथा सामान्यतः छोटे कार्यों में उपयोग में लाई जाती है । इसमें कंक्रीट के पृथक्करण (Segregation) की संभावना बिल्कुल नहीं रहती । गर्मी के दिनों में कंक्रीट के अधिक खुले में रहने के कारण लगातार वाष्पीकरण से पानी एवं वर्केबिलिटि कम होते रहने की संभावना बनी रहती है ।

(ख) एक पहिया हाथ गाड़ी (Wheel Barrow)

इसका उपयोग सामान्यतः जमीनी कार्यों के लिए किया जाता है जैसेः सड़क निर्माण या अन्य संरचना । इसमें पृथक्करण (Segregation) की संभावना बनी रहती है, विशेष तौर पर यदि परिवहन के लिए रास्ता खराब हो ।

लेकिन इस समस्या को न्युमैटिक-टायर (Pneumatic-Tyre) लगाकर कम किया जा सकता है ।

(ग) बाल्टी एवं रस्सियों द्वारा (Bucket and Rope Way)

यह घाटी, लम्बे खंभों एवं बांधों के स्थल पर कार्य के लिए अधिक उपयुक्त होता है । पृथक्करण (Segregation) से बचाव के लिए कंक्रीट को अत्याधिक ऊंचाई से नहीं गिराना चाहिए ।

(घ) ट्रक मिक्सर एवं डंपर (Truck Mixer and Dumper)

लंबी दूरी तक ले जाने के लिए यह एक बेहतर पद्धति है क्योंकि कंक्रीट तार्पोलीन से ढका होता है । यदि लंबी दूरी शामिल हो तो एजिटेटर (Agitator) का उपयोग भी किया जाना चाहिए ।

(ड़) बेल्ट कन्वेयर (Belt Conveyor)

खड़ी ढलान, रोलर प्वाइंट्स एवं बेल्ट की दिशा में बदलाव होने पर पृथक्करण की संभावना होने के कारण इसका सीमित प्रयोग होता है । इसमें कंक्रीट का वाष्पीकरण भी अधिक होता है क्योंकि इसमें कंक्रीट अधिक देर तक खुले वायुमण्डल में रहती है ।

(च) श्यूट (Chute)

इसका उपयोग सामान्यतः गर्त या गहराई में कंक्रीटिंग के लिए होता है । इसमें यह सावधानी बरतनी चाहिए कि ढलान 1V : 2.5H से सपाट न हो, अन्यथा कंक्रीट नीचे ही नही खिसकेगी । श्यूट द्वारा डिलीवरी सम्भव बनाने के लिए वर्केबिलिटि को नही बढ़ाना चाहिए । तकनीकी रूप से यह बहुत अच्छी पद्धति नहीं हैं परंतु फील्ड में व्यापक रूप से उपयोग में लाई जाती है ।

(छ) टोकरी वं उत्तोलन (Skip and Hoist)

इसे अधिकतर मल्टी स्टोरी बिल्डिंग तथा अन्य ऊंची संरचनाओं में प्रयोग किया जाता है । कंक्रीट को टोकरी में रखा जाता है जिसे रेल लिफ्ट पर उर्ध्वाकार चलाया जाता है । अधिक तेजी से ऊपर ले जाने से पृथक्करण होने की सम्भावना हो सकती है ।

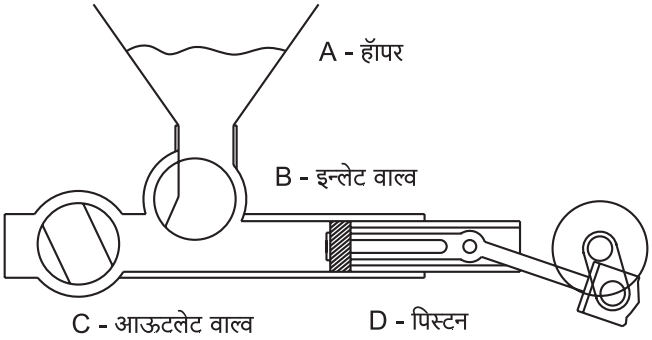
(ज) पंप एवं पाइप लाइन पद्धति (Pump and Pipe Line)

यह बहुत उन्नत पद्धति है और विशेष रूप से तब उपयुक्त होती है

जब संकरी जगह में कंक्रीट डालनी हो । कंक्रीट की पंपिंग 300 मी. की दूरी तथा 90 मी. की ऊंचाई तक 8 से 70 क्यूबिक मीटर प्रति घंटे की दर से की जा सकती है। पाइप का व्यास सामान्यतः 8-20 सें.मी. होता है तथा यह स्टील, प्लास्टिक या एल्यूमिनियम का बना होता है । पंप की जाने वाली कंक्रीट की वर्केबिलिटि 40-100 मि.मी. स्लपं या 0.90-0.95 काम्पैक्शन फैक्टर (CF) होना चाहिए । डिलीवरी प्वाइंट पर काम्पैक्शन के कारण स्लंप 25% तक कम हो सकता है । जब मिक्स - डिजाईन कर रहे हों तो इस बात का ध्यान रखना चाहिए ।

काम समाप्त होने पर पाइप को एक विशेष बॉल (Ball) जिसे 'गो-डेविल' 'Go-Devil' कहा जाता है, को हवा का दबाव डालकर पार करके साफ करना चाहिए ।

प्रणाली के विभिन्न भागों को चित्र संख्या-2 में दिखाया गया है ।



चित्र संख्या -2 कंक्रीट पम्प

इस चित्र में निम्नलिखित विभिन्न पार्टस् होते हैं ।

A - हॉपर
B - इन्लेट वाल्व
C - आउटलेट वाल्व
D - पिस्टन

4. प्लेसमैंट (Placement)

यह कंक्रीट को फॅार्म-वर्क में डालने की प्रक्रिया है। पंप एवं पाइप लाइन पद्धति में यह प्रक्रिया परिवहन के साथ ही सम्पन्न हो जाती है।

5. काम्पैक्शन (Compaction)

कंक्रीट में फंसी हुई वायु को बाहर निकालने की प्रक्रिया का नाम काम्पैक्शन है। अगर हम इस वायु को बाहर नहीं निकालेगें तो इससे 'हनी-कंबिगं' (Honey-Combing) होने का खतरा बढ़ जाएगा और इससे कंक्रीट की शक्ति भी कम होगी। परीक्षणों से यह पता लगा है कि कंक्रीट में अगर 1% वायु रह जाए तो इससे कंक्रीट की शक्ति लगभग 6% कम हो जाती है।

काम्पैक्शन प्राप्त करने के दो तरीके हैं ।

क) मैन्युअल काम्पैक्शन (Manual Compaction)

ख) यांत्रिक काम्पैक्शन (Mechanical Compaction)

क) मैन्युअल काम्पैक्शन

इसे कम महत्वपूर्ण संरचनाओं के लिए या जहां पर यांत्रिक काम्पैक्शन संभव न हो, प्रयोग किया जाता है जैसे कि बहुत अधिक लोहा प्रयुक्त करने वाली कंक्रीट की संरचना या कम मोटाई वाले स्लैब इत्यादि। अतः कंक्रीट की वर्केबिलिटि ऐसी रखनी चाहिए जिससे 'हनी-कंबिंग' की संभावना कम से कम हो। मैनुअल काम्पैक्शन कई तरीकों से किया जा सकता है जैसे कि :

i) रोडिंग (Rodding) - इस तरीके में, दो मीटर लंबी, 16 मि.मी. व्यास की एक छड़ लेकर तीक्ष्ण किनारों आदि में कंक्रीट को घोंपा जाता है। यह 15 से 20 सें.मी. तक की मोटाई की सतह के लिए ही उपयोगी है।

ii) दुरमुस करना (Ramming) - इसे प्लेन कंक्रीट में या फिर जमीन पर कंक्रीट की सतह पर इस्तेमाल किया जाता है। इसे आर सी सी में या ऊपर की मंजिलों पर प्रयोग नहीं कर सकते हैं।

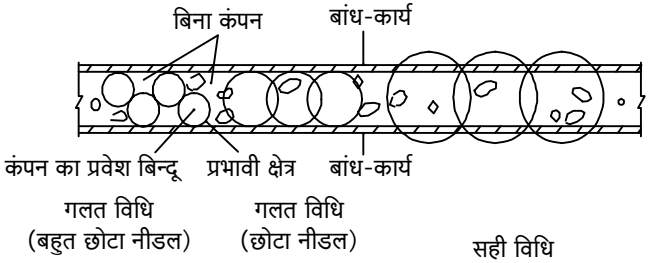
iii) टैम्पिंग (Tamping) - इस विधि में कंक्रीट की ऊपरी सतह को एक 10 सें.मी. x 10 सें.मी. सेक्शन की लकड़ी की थापी से सघन किया जाता है। इसमें सघनता के साथ-साथ कंक्रीट को समतल भी बनाया जा सकता है। इसे छत की स्लैब, कंक्रीट की सड़क आदि के लिए प्रयोग किया जाता है।

ख) यांत्रिक काम्पैक्शन

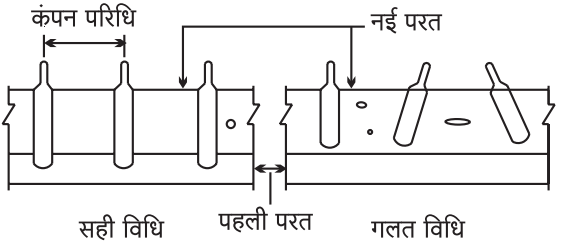
इसमें यांत्रिक तरीके से कंक्रीट में कंपन पैदा की जाती है। इससे कंक्रीट का अस्थायी रूप से द्रवीकरण हो जाता है और इसमें से वायु के बुलबुले ऊपरी सतह पर आ जाते हैं। यांत्रिक कंपन निम्नलिखित तरीकों से पैदा की जा सकती है।

i) आंतरिक कंपन (Internal Vibration) -

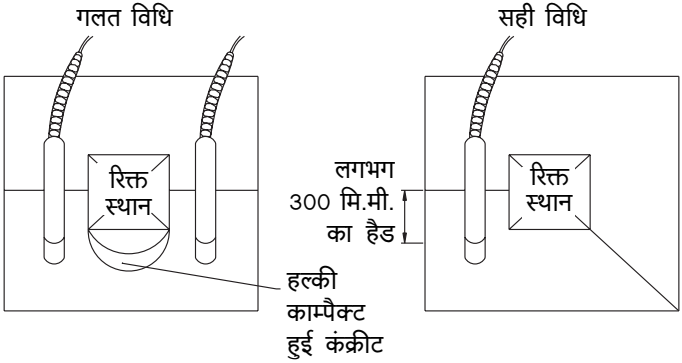
यह कंक्रीट में कंपन पैदा करने की सबसे अधिक प्रयोग में आने वाली विधि है। उतकेन्द्रित भारों को एक शॉफ्ट के साथ लगाकर कंपन पैदा की जाती है । इसमें नीडल वाइब्रेटर (Needle Vibrator) का व्यास 20 मि.मी. से 75 मि.मी. और इसकी लंबाई 25 सें.मी. से 90 सें.मी. होती है। इसकी फ्रिक्वेंसी (Frequency) रेंज प्रायः 3500 से 5000 आर पी एम (RPM) होती है। नीडल वाइब्रेटर का प्रभावी क्षेत्र नीडल के व्यास से आठ गुना होता है। प्रभावी रूप से कंपन देने के लिए चित्र संख्या-3 (क) से (ग) के अनुसार नीडल का प्रयोग करना चाहिए ।



चित्र संख्या-3 (क)



चित्र संख्या-3 (ख)



चित्र संख्या-3 (ग)

ii) बाह्य कंपन (External Vibration)

इस विधि को वहां अपनाया जाता है जहां आंतरिक कंपन प्रयोग में न लाई जा सके जैसे कि कम मोटाई वाले स्लैब, अधिक लोहे वाली संरचनाएँ और पतले स्तंभ इत्यादि। बाह्य कंपन कम योग्य प्रणाली है तथा इसमें ऊर्जा की खपत भी अधिक होती है। इस के लिए बांध-कार्य (Form-Work) भी अधिक मजबूत होना चाहिए।

iii) टेबल कंपन (Table Vibration)

यह प्राय: प्रयोगशाला में इस्तेमाल किया जाता है। इसमें पूरी टेबल को कंपन दी जाती है एवं सैम्पल को टेबल के ऊपर रखा जाता है।

iv) प्लेटफार्म द्वारा कंपन

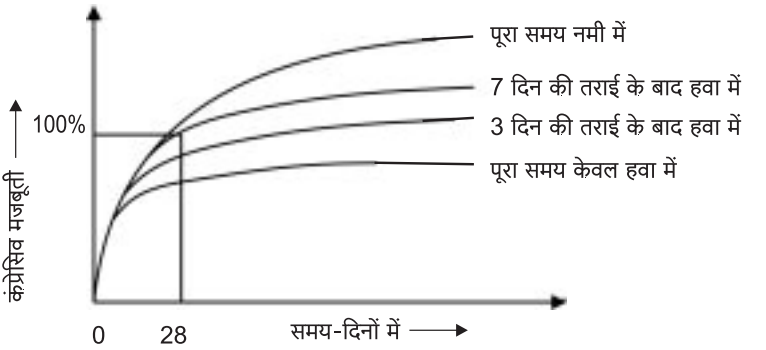
पह मेज कंपन के समान ही है परंतु मेज कंपन से काफी बड़े स्तर पर होता है।

v) सतही कंपन (Surface Vibration)

इसे स्क्रीड बोर्ड वाइब्रेटर (Screed Board Vibrator) भी कहा जाता है। यह विधि टैम्पिंग की तरह ही है। वाइब्रेटर को स्क्रीड बोर्ड की सतह पर सटा कर कंपन दी जाती है। इसे स्लैब, सड़कों आदि की सतह पर प्रयोग किया जाता है। यह 15 सें.मी. से अधिक मोटाई वाली कंक्रीट सतह के लिए प्रभावी नहीं है। इसलिए हर 15 सें.मी. की सतह के बाद इसे दोहराना चाहिए।

6. तराई (Curing)

कंक्रीट की मजबूती को बढ़ाने एवं कंक्रीट के तापमान पर नियंत्रण के अलावा सीमेंट की हाइड्रेशन क्रिया बढ़ाने के उद्देश्य से पानी की आपूर्ती की प्रक्रिया को 'तराई' कहा जाता है। तराई के परिणाम स्वरूप हम अधिक मजबूती एवं कम पारगम्यता प्राप्त करते हैं । ये दोनों ही टिकाऊपन (Durability) के लिए अति अनिवार्य हैं । तराई का मजबूती पर असर देखने के लिए चित्र संख्या-4 का अवलोकन करें ।



चित्र संख्या - 4 तराई का असर

जैसे-2 सीमेंट का हाइड्रेशन बढ़ता है, w/c अनुपात के अनुसार हाइड्रेशन की एक विशेष डिग्री पर कैपिलरी पोर्स (Pores) विभाजित (Segmented) हो जाते हैं। इस अवस्था में कैपिलरी पोर सिर्फ जैल पोर द्वारा ही एक दूसरे से जुड़े रहते हैं जो कि अपारगम्य होते हैं । कंक्रीट की पूरी शक्ति के विकास के लिए तराई जरूरी होती है क्योंकि प्रारंभ में हाइड्रेशन के लिए कंक्रीट में पानी की पर्याप्त मात्रा उपलब्ध होती है। परंतु समय बीतने के साथ-साथ वाष्पीकरण एवं हाइड्रेशन प्रक्रिया की वजह से सापेक्ष आर्द्रता 80% से कम हो जाती है। इस स्थिति में हाइड्रेशन प्रक्रिया को विराम लग जाता है एवं आगे का शक्ति विकास भी रूक जाता है । इसलिए 'तराई' को सुनिश्चित करना बेहद जरुरी होता है ।

तराई की विधियॉ -

क) पानी की क्षतिपूर्ति करना (Replenishing of Water)

1) पानी में डुबो कर रखना (Submergence)

2) तालाब नुमा बनाना (Ponding)

3) छिड़कना (Sprinkling)

4) नम ज्यूट बैग से ढ़कना (Saturated Jute Bag Covering)

ख) नमी की क्षति को रोकना (Prevention of Water Loss)

1. क्यूरिंग कंपाऊंड का उपयोग (Curing Compound)

2. अपारगम्य झिल्ली का आवरण (Impermeable Membrain)

उपरोक्त विधियों में से पानी में डुबो कर रखना एक आदर्श विधि हो सकती है परंतु हर जगह इसे अपनाना सम्भव नहीं है। यह विधि केवल प्रयोगशाला में प्रयोग की जा सकती है। इसी तरह तालाब बनाना केवल समतल सतह के लिए उपयुक्त होता है परंतु खड़ी या तिरछी सतहों के लिए नहीं।

फील्ड मे छिड़काव करने की विधि का उपयोग ही सामान्य रुप से किया जाता है परंतु इसमें पानी की अधिक मात्रा की आवश्यकता होती है । ज्यूट बैग से ढ़कने की विधि छिड़काव से बेहतर है क्योंकि यह पानी की आवश्यकता को काफी हद तक कम कर देता है। क्यूरिंग कम्पाऊंड केवल अधिक w/c अनुपात वाली कंक्रीट के लिए प्रभावी है । अपारगम्य झिल्ली का प्रभाव भी क्यूरिग कंपाउंड के समान ही है ।

तराई सम्बंधित महत्वपूर्ण मुद्दे

1. तराई यथासंभव शीघ्र प्रारंभ करनी चाहिए ।

2. फॉर्म-वर्क से आच्छादित भाग के लिए जैसे ही फॉर्म-वर्क हटाया जाता है इसे प्रारंभ करना चाहिए।

3. खुली सतह पर यह तब प्रारंभ किया जाए जब कंक्रीट पर्याप्त रूप से सख्त हो जाए ताकि सतह डिस्टर्ब न होने पाए।

4 अबाधित तराई को सुनिश्चित किया जाए क्योंकि यदि यह बीच में रोकी जाती है तो हाइड्रेशन की प्रतिक्रिया बीच में ही रूक जाएगी एवं तराई पुनः प्रारंभ

करने पर भी उसे पुनः प्रारंभ नहीं किया जा सकेगा । वास्तव में आधी-अधूरी हाइड्रेशन से कैपिलरी पोर्स विभाजित हो जाते हैं एवं कंक्रीट में पानी प्रवेश नही कर सकता।

5. उच्च शक्ति वाली कंक्रीट में अति शीघ्र तराई शुरु करनी चाहिए ।

6. यह आम धारणा है कि आर्द्र वातावरण एवं वर्षा ऋतु में तराई की आवश्यकता नहीं है परन्तु ये सत्य नही है ।

7. तराई के लिए सामान्यतः जो व्यक्ति उत्तरदायी होता है वह अधिकतर अशिक्षित होता है । उसे तराई के महत्व की जानकारी नहीं होती। वह तराई को केवल पानी का अपव्यय की समझता है।

8. ठेके में यह परिमय मद नहीं होता है । इसलिए ठीक प्रकार की तराई को सुनिश्चित करने का केवल व्यवहारिक तरीका उस आदमी को शिक्षित करना है जो तराई के लिए तैनात किया गया है । शिक्षा के अभाव में वह हमेशा इसे पानी की अपव्यय ही समझेगा। एक बार यदि वह तराई के महत्व को समझ जाता है फिर वह इसे अबाधित रूप से अवश्य करेगा।

अध्याय - 6

मिक्स-डिजाईन

परिभाषा

यह कंक्रीट के उपयुक्त घटकों के चुनाव की एक प्रक्रिया है जिसमें निश्चित न्यूनतम मजबूती तथा टिकाऊपन के साथ, जहां तक संभव हो, किफायती कंक्रीट उत्पादन के उद्देश्य से विभिन्न घटकों का समानुपात निर्धारित किया जाता है ।

मिक्स-डिजाईन के लिए न केवल ताजा कंक्रीट के गुणधर्म की जानकारी होनी चाहिए बल्कि कंक्रीट उत्पादन के बारे में भी विस्तृत ज्ञान एवं अनुभव की आवश्यकता है। बिना अनुभव कंक्रीट मिक्स-डिजाईन कुछ ऐसा ही है जैसे बिना अनुभव रैसपी (Recipe) देख कर खाना बनाना ।

मिक्स-डिजाईन के प्रकार

1. नॉमिनल-मिक्स (Nominal-Mix)
2. डिजाईन-मिक्स (Design-Mix)

1. नॉमिनल-मिक्स (Nominal-Mix)

इसे मामूली एवं अति साधारण कंक्रीट कार्यों के लिए उपयोग में लाया जाता है। इस प्रकार के मिक्स में लगने वाली सामग्री पहले से ही तय रहती है तथा उनकी मात्राएं भी स्पेसिफाईड (Specified) होती हैं । ये नीचे टेबल संख्या-1 में दी गई हैं :-

टेबल संख्या - 1

कंक्रीट ग्रेड	प्रति 50 कि. ग्रा. सीमेंट में अधिकतम शुष्क एग्रीगेट	बालू : गिट्टी FA : CA	अधिकतम पानी (लीटर)
M-5	800 कि. ग्रा.		60
M-7.5	625 कि. ग्रा.	1:2	45
M-10	480 कि. ग्रा.	(1:1.5 से	34
M-15	350 कि. ग्रा.	1:2.5)	32
M-20	250 कि. ग्रा.		30

2. डिजाईन-मिक्स (Design-Mix)

यह परफारमैंस (Performance) पर आधारित मिक्स है जहां सामग्री और उनकी मात्रा के पसंद के बारे में निर्णय उत्पादक पर छोड़ दिया जाता है । केवल ताजे एवं कठोर कंक्रीट की आवश्यकताओं को स्पेसिफाई कर दिया जाता है । ताजा कंक्रीट में आवश्यकताएं वर्केबिलिटि एवं फिनिशिंग विशिष्टताएं तथा कठोर कंक्रीट कंप्रेसिव मजबूती, टेंसाइल मजबूती एवं टिकाऊपन की आवश्यकता होती है ।

कंक्रीट सामान्यत: 'कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ' (Compressive Strength) द्वारा विश्लेषित होता है तथा 'कंक्रीट के ग्रेड' द्वारा परिभाषित किया जाता है। IS : 456 : 2000 के अनुसार, कंक्रीट का ग्रेड वह कंप्रेसिव मजबूती है जो 15 सें.मी. आकार के कंक्रीट क्यूब में 28 दिनों में प्राप्त होती है । इसे कैरेक्टरिस्टिक स्ट्रेंग्थ (Characteristic Strength) से जाना जाता है एवं न्यूटन/मि.मी.^{2} में व्यक्त किया जाता है।

क्यूब परीक्षण (Cube Test)

क्यूब उसी कंक्रीट को सांचे में ढालकर बनाया जाता है जिसे संरचना में प्रयोग करते हैं । वास्तव में, 3 क्यूब मिल कर एक नमूना (Sample) बनाते हैं। एक नमूने में अकेले क्यूब की मजबूती और नमूने के तीन क्यूबों की औसत मजबूती में $\pm$15% से अधिक का अंतर नहीं होना चाहिए अन्यथा नमूने को 'अयोग्य' माना जाता है।

सैम्पलिंग (Sampling)

1. नमूनों की संख्या उस दिन प्रयोग की गई कंक्रीट की मात्रा पर निर्भर करती है जैसा कि टेबल संख्या-2 में दिखाया गया है :-

टेबल संख्या-2

कंक्रीट की मात्रा (मी.^{3})	नमूनों की संख्या
1-5	1
6-15	2
16-30	3
31-50	4
51 एवं उससे उपर	4+ प्रत्येक 50 मी.^{3} या भाग के लिए एक

किसी दिन या शिफ्ट में अगर प्रयुक्त कंक्रीट की मात्रा एक मी.^{3} से भी कम है फिर भी कम से कम एक नमूना तो लिया ही जाएगा ।

2. नमूना ऐसे लेना चाहिए कि वह उपयोग में लाए जाने वाले वास्तविक कंक्रीट का प्रतिनिधित्व करे ।

3. नमूना रैंडम (Random) तरीके से लेना चाहिए।

क्यूब कास्टिंग एवं परीक्षण

क्यूब के सांचे में कंक्रीट को तीन समान सतहों में भरा जाता है तथा प्रत्येक सतह को 16 मि.मी. व्यास एवं 60 मि.मी. लंबाई के बुलेट हेडेड टैंपिंग रॉड (Bullet Headed Tamping Rod) की सहायता से 35 बार स्ट्रोक देते हुए टैपं किया जाना चाहिए। नीडल वाइब्रेटर को उपयोग में लाकर भी काम्पैक्शन किया जा सकता है परंतु वाइब्रेटर की नीडल को सांचे की कंक्रीट में नहीं डाला जाना चाहिए। क्यूब के ऊपर एक लकड़ी के टुकड़े द्वारा परोक्ष रुप से कंपन दी जा सकती है । नीडल को लकड़ी के टुकड़े के मध्य भाग से स्पर्श करना चाहिए ।

ताजा कंक्रीट पर दिनांक तथा संख्या आदि की हल्की मार्किंग की जाती है। सांचे में क्यूब को गीले कपड़े से ढक दिया जाता है तथा इसे केवल 16-24 घंटे के बाद ही अनावरित किया जाता है । तदुपरांत साफ पानी के तालाब में इसे तब तक डुबाकर रखा जाता है जब तक मजबूती परीक्षण का समय पूरा नहीं हो जाता।

परीक्षण के समय क्यूब का चिकना भाग मशीन पर रखना चाहिए । लोडिंग की दर सामान्यतयाः प्रति मिनट 14 न्यूटन/मि.मी.^{2} होनी चाहिए । लोडिंग की अधिक गति से परिणाम गलत आने की सम्भावना रहती है ।

क्यूब परीक्षण का महत्व

सरंचना में कंक्रीट की वास्तविक मजबूती क्यूब के परीक्षण से निश्चित तौर पर नहीं बताई जा सकती है। तथापि क्यूब परीक्षण के महत्व को कम करके नहीं आकंना चाहिए क्योंकि,

1. यह मिक्स की संभावित मजबूती को दर्शाता है।

2. साईट पर गुणवत्ता नियन्त्रण (Quality Control) के उतार चढ़ाव को दिखाता है ।

3. कंक्रीट की मजबूती प्राप्त करने की दर को निर्धारित करता है।

4. बांध-कार्य (Form-Work) को हटाने के समय का निर्धारण करने में सहायता करता है।

फिर भी क्यूब की मजबूती से संरचना में भी वही मजबूती होने की गारन्टी नही मिलती क्योंकि,

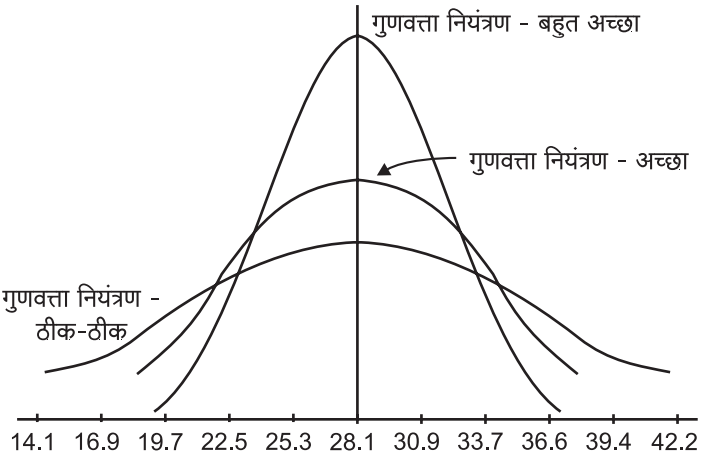
1. क्यूब में प्रयुक्त कंक्रीट में परिवहन, प्लेसमैंट, काम्पैक्शन एवं तराई जैसी प्रक्रियाएं संरचना की कंक्रीट से भिन्न होती हैं । ये सभी प्रक्रियाएं संरचना की तुलना में क्यूब में बहुत ही उत्तम होती हैं ।

2. वास्तविक संरचना का आकार क्यूब से बहुत ही भिन्न होता है। इसलिए मजबूती में संरचना का शेप-फैक्टर (Shape-Factor) भी एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है।

क्यूब परिणाम का सांख्यिकी विश्लेषण (Statistical Interpretation of Cube Results) -

बहुत से घटक क्यूब परीक्षण के परिणाम को बदल सकते हैं। सामग्री से लेकर उनकी मात्रा, कंक्रीट क्यूरिंग से लेकर क्यूब परीक्षण तक - सभी क्यूब स्ट्रेंथ के परिणाम पर अपना प्रभाव छोड़ते हैं । यहां तक कि उसी कंक्रीट से एंव उसी समय बनाए दो क्यूब जिनकी एक-साथ तराई की गई हो एवं जिनका एक समान टेस्ट किया हो, के परिणाम भी अलग-अलग हो सकते हैं ।

इसलिए परीक्षण परिणाम के मूल्यांकन हेतु सांख्यिकी अप्रोच (Statistical Approach) की आवश्यकता होती है। जब काफी अधिक संख्या में एक जैसी स्थिति में बनाए एवं टेस्ट किए गए क्यूब्स के परीक्षण परिणामों को ग्राफ द्वारा आलेखित किया जाता है तो परिणाम एक घण्टी के आकार की रेखा (Bell Shaped Curve) जिसे 'नार्मल डिस्ट्रीब्यूशन कर्व' (Normal Distribution Curve) से भी जानते हैं, का अनुसरण (Follow) करते हैं जैसा कि चित्र संख्या-1 में दिखाया गया है ।



चित्र संख्या - 1 क्यूब परिणाम का सांख्यिकी विश्लेषण

जब बहुत से परिणामों को ग्राफ पर आलेखित (Plot) किया जाता है तो कुछ परिणाम औसत मान के समीप एवं कुछ परिणाम औसत के दाएं या बाएं छितरे होते हैं । औसत मान से दूरी के अनुसार क्यूब परिणामों की संख्या कम होती जाती है। यह मजबूती के विचलन (Deviation) को प्रदर्शित करता है । इस विचलन को सांख्यिकी भाषा में 'मानक विचलन'(Standard Deviation) कहते हैं । इसे निम्नलिखित फार्मूला से निकाला जाता है।

$$\text{मानक विचलन (S.D.)} = \frac{\sum\sqrt{(X-x)^2}}{n}$$

जहां: x = किसी एक क्यूब के लिए परीक्षण परिणाम

X = सभी क्यूब्स के परिणामों का औसत मान

n = क्यूब्स की कुल संख्या

यदि कंक्रीट का उत्पादन साईट पर बेहतर 'गुणवत्ता नियंत्रण' में किया गया हो तो मानक विचलन कम होगा। दूसरी ओर यदि गुणवत्ता नियंत्रण खराब हो, तो अधिक संख्या में क्यूबों के परीक्षण परिणाम औसत वैल्यू से परे होंगे, एवं मानक विचलन का मान अधिक होगा ।

मिक्स डिजाईन की विधि :
(आई एस : 12062 के अनुसार)

दिया हुआ आंकड़ा :

ए) कंक्रीट के बारे में :

कंक्रीट का ग्रेड (fck) = एम-20 (आर सी सी के लिए)

वर्केबिलिटि = 0.8 काम्पैक्शन फैक्टर (CF)

एक्सपोजर स्थिति = सख्त (Severe)

बी) कंक्रीट सामग्री के बारे में :

सीमेंट का ग्रेड = 43

गिट्टी का अधिकतम आकार (MSA) = 20 मि.मी.

बालू = जोन-I (आई एस : 383-1970 के अनुसार)

गिट्टी का प्रकार : कोणीय (Angular)

विशिष्ट घनत्व (Specific Gravity)

सीमेंट = 3.15

गिट्टी = 2.5

बालू = 2.7

(सी) गुणवत्ता नियंत्रण (Quality control) = अच्छा (Good)

हल :

स्टैप 1 : टारगेट मीन स्ट्रेंग्थ (Target Mean Strength)

TMS = कंक्रीट का ग्रेड + t x स्टैण्डर्ड डेविएशन (S.D.)

'S.D' का मान आई एस : 10262-1982 की टेबल संख्या-1 दिया गया है। इसे संक्षिप्त रूप में यहां टेबल संख्या-3 में दर्शाया गया है। यह 'कंक्रीट ग्रेड' एवं 'गुणवत्ता नियंत्रण' पर निर्भर करता है।

टेबल संख्या-3

कंक्रीट का ग्रेड	गुणवत्ता नियन्त्रण		
	बहुत अच्छा Very good	अच्छा Good	ठीक-ठीक Fair
एम-10	2.0	2.3	3.3
एम-20	3.6	4.6	5.6
एम-60	6.8	7.8	8.8

यहां कंक्रीट ग्रेड एम-20, तथा गुणवत्ता नियंत्रण 'अच्छा' है । अत: S.D. का मान 4.6 होगा ।

' t ' का मान यहाँ संक्षिप्त रूप से टेबल संख्या-4 में दिया गया है। पूरे मान आई एस : 10262-1982 की टेबल संख्या-2 में उपलब्ध हैं । यह इस बात पर निर्भर करता है कि कितने क्यूबों की स्ट्रेंग्थ कंक्रीट ग्रेड से कम होने पर भी मान्य होगी।

टेबल संख्या-4

कम वैल्यू का मान्य समानुपात	t
5 में 1	0.84
20 में 1	1.65
100 में 1	2.33

आई एस : 456-2000 के अनुसार 20 में 1 क्यूब की ताकत कंक्रीट के ग्रेड से कम हो सकती है। इसलिए हमारे मिक्स-डिजाईन में 't' का मान 1.65 होगा।

$\therefore$ TMS = 20 + 1.65 x 4.6

= 27.59 न्यूटन/मि.मी.^{2} या 28 न्यूटन/मि.मी.^{2}

स्टैप-2 : पानी/सीमेंट का अनुपात (w/c ratio)

इसे आई एस:12062-1982 के फिगर नं. 2 से लेते हैं जिसमें w/c ratio एवं टारगेट मीन स्ट्रेंग्थ के बीच ग्राफ होता है । सीमेंट की 28 दिन की ताकत के अनुसार, ग्राफ में A से लेकर F तक रेखाएं होती हैं । 'A' लाईन

सबसे नीचे एवं 'F' लाईन सबसे ऊपर होती है। अत: 'A' लाईन कम ताकत वाली सीमेंट एवं 'F' लाईन अधिक शक्तिशाली सीमेंट को निर्दिष्ट करती है। अत: इस ग्राफ को प्रयोग करने से पहले हमें उस सीमेंट की जिसे 'मिक्स-डिजाईन' में प्रयोग करना है, की 28 दिन की, क्यूब स्ट्रेंग्थ के बारे में पता होना चाहिए।

हमारे इस सवाल में सीमेंट का ग्रेड-43 दिया हुआ है अत: हम समझाने के उद्देश्य से लाईन 'C' को ले सकते हैं। अब टारगेट मीन स्ट्रेंग्थ 28 न्यूटन/मि.मी.^{2} एवं 'C' लाइन के लिए w/c का मान 0.47 आता है । इस w/c को हमें 'मिक्स-डिजाईन' में अपनाने से पहले कंक्रीट के 'टिकाऊपन' को ध्यान में रखते हुए 'कंक्रीट ब्रिज कोड' के पैरा नं. 5.4.3. के टेबल संख्या-4(ए) में दिए 'अधिकतम पानी / सीमेंट अनुपात' (Maximum w/c Ratio) से तुलना करनी होगी तथा दोनों में से कम मान को अपनाना होगा।

दिए गए डाटा यानि कि RCC कंक्रीट एवं सख्त एक्सपोजर कन्डीशन के लिए Max w/c Ratio = 0.45 आता है जो 0.47 से कम है।

अत: अपनाया गया w/c अनुपात = 0.45

स्टैप : 3 कंक्रीट में वायु की मात्रा का अनुमान

इसे टेबल संख्या-5 में दिया गया है। कंक्रीट में फंसी वायु की मात्रा एवं गिट्टी के नॉमिनल आकार पर निर्भर करती है जिसे कंक्रीट में प्रयोग किया गया है। छोटे आकार की गिट्टी में वायु की ज्यादा मात्रा फंसी रहती है।

टेबल संख्या-5

गिट्टी का नॉमिनल अधिकतम आकार	फंसी वायु (कंक्रीट के आयतन का %)
10 मि.मी.	3%
20 मि.मी.	2%
40 मि.मी.	1%

क्योंकि यहां गिट्टी का आकार 20 मि.मी. दिया गया है, फंसी हुई वायु की मात्रा 2% होगी।

स्टैप : 4 कंक्रीट में प्रयुक्त होने वाले पानी एवं बालू का अनुमान

अनुभव पर आधारित पानी एवं बालू के मान टेबल संख्या-6 में दिए गए हैं जिसमे कंक्रीट के ग्रेड एवं गिट्टी के आकार पर आधारित पानी एवं बालू की मात्रा दी गई है। यह आई एस : 10262-1982 की टेबल संख्या 4 एवं 5 में दिया गया है ।

टेबल संख्या-6

गिट्टी का अधिकतम नॉमिनल आकार (मि.मी.)	हर एक मी.^{3} कंक्रीट के आयतन पानी की मात्रा (कि.ग्रा.)	कुल एग्रीगेट में आयतन के अनुसार बालू का प्रतिशत (p)
कंक्रीट ग्रेड एम-35 तक के लिए		
10 20 40	208 186 165	40 35 30
कंक्रीट ग्रेड एम-35 से ऊपर		
10 20	200 180	28 25

इस टेबल से, MSA = 20 मि.मी. एवं कंक्रीट ग्रेड एम-20 के लिए

हर 1मी.^{3} कंक्रीट के लिए पानी का मात्रा =186 कि.ग्रा एवं

$$p = \frac{\text{बालू का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}} = 35\%$$

लेकिन इस टेबल में दिए गए मान निम्नलिखित चार अवधारणाओं पर आधारित हैं।

1) प्रयुक्त बालू जोन-II के अनुसार होगी ।
2) वर्केबिलिटि - 0.80 CF होगी ।
3) w/c अनुपात कंक्रीट ग्रेड M-35 तक के लिए 0.60 तथा उसके ऊपर के कंक्रीट ग्रेड के लिए 0.35 होगा ।
4) प्रयुक्त गिट्टी कोणीय (Angular) होगी ।

अगर हमारे मिक्स-डिजाईन में उपरोक्त अवधारणाएं सही नही हैं तो हमें टेबल संख्या-6 में दी गई पानी एवं बालू की मात्रा को टेबल संख्या-7 के अनुसार समायोजित करना होगा।

टेबल संख्या-7

अवधारणा से अलग मान की सामग्री	समायोजन (Adjustments)	
	पानी में (w)	बालू में (p)
बालू जोन I, III, IV	शून्य	+1.5 जोन - I के लिए -1.5 जोन - III के लिए -3.0 जोन - IV के लिए
वर्केबिलिटि हर 0.1 CF अधिक/कम के लिए	$\pm$3%	शून्य
w/c हर 0.05 अधिक/कम के लिए	शून्य	$\pm$1
गिट्टी गोलाकार (Rounded)	-15 कि.ग्रा/मी.^{3}	-7%

हमारे मिक्स-डिजाईन में भी कुछ अवधारणाएँ सही नही हैं। इसलिए आगे दिए गए टेबल संख्या-8 के अनुसार समायोजन करना होगा।

टेबल संख्या-8

घटक	समायोजन (Adjustments)		टिप्पणी
	पानी में	बालू में	
बालू (जोन-I)	शून्य	+1.5%	जोन-I की बालू मोटी होती है अत: इसकी अधिक मात्रा का प्रयोग किया जा सकता है।
वर्केबिलिटि CF=0.8	शून्य	शून्य	क्योंकि CF मान अवधारणा के अनुसार है इसलिए समायोजन शून्य होगा।
w/c = 0.6-0.45, = 0.15 कम	शून्य	-3%	हमारे कंक्रीट ग्रेड एम-20 के लिए मानक w/c 0.45 है इसलिए हर 0.05 की दर से 0.15 के लिए 3% कम बालू प्रयोग करना होगा।
गिट्टी कोणीय (Angular)	शून्य	शून्य	हमारी गिट्टी अवधारणा के अनुसार ही है।
कुल समायोजन	शून्य	-1.5%	

टेबल संख्या-8 के अनुसार समायोजन करने के बाद

पानी की मात्रा = 186 कि. ग्रा./मी.^{3} (क्योंकि पानी का समायोजन शून्य है)

बालू के आयतन का प्रतिशत p = 35 - 1.5 = 33.5% = 0.335

(क्योंकि बालू के आयतन का समायोजन -1.5% है)

स्टैप - 5 कंक्रीट में सीमेंट की मात्रा

$$\text{सीमेंट का भार} = \frac{\text{पानी की मात्रा}}{\text{w/c अनुपात}}$$

$$= \frac{186}{0.45} = 413 \text{ कि. ग्रा.}$$

सीमेंट की यह मात्रा कंक्रीट के टिकाऊपन को ध्यान में रखते हुए 'कंक्रीट ब्रिज कोड' के पैरा 5.45 की टेबल संख्या-4(सी) में दिए निम्नतम सीमेंट से अधिक होनी चाहिए । इस टेबल के अनुसार निम्नतम सीमेंट 350 कि. ग्रा./मी.^{3} है।

अत: हम सीमेंट की संगणित मात्रा 413 कि.ग्रा. को अपना सकते हैं।

स्टैप - 6 बालू एवं गिट्टी के भार की संगणना

इसके लिए निम्नलिखित इक्वेशन (Equation) का प्रयोग कर सकते हैं ।

कंक्रीट का कुल आयतन - वायु का आयतन = पानी का आयतन + सीमेंट का आयतन + कुल एग्रीगेट का आयतन

वायु का आयतन 2% है (टेबल संख्या-5 से)

\ एक मी.^{3} कंक्रीट के लिए

0.98 X 1000 लीटर =

$$\frac{\text{पानी का भार}}{\text{पानी का घनत्व}} + \frac{\text{सीमेंट का भार}}{\text{सीमेंट का घनत्व}} + \frac{\text{बालू का आयतन}}{p} \quad ....(1)$$

$$0.98 \times 1000 = \frac{186}{1.0} + \frac{413}{3.15} + \frac{\text{बालू का भार}}{2.7 \times 0.335} \quad ....(2)$$

क्योंकि

$$p = \frac{\text{बालू का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}} = 0.335$$

$$\text{\ कुल एग्रीगेट का आयतन} = \frac{\text{बालू का आयतन}}{p}$$

इक्वेशन - 2 से

$$\text{\ बालू का भार} = \left(\frac{0.98 \times 1000}{1.0} - \frac{186}{1.0} - \frac{413}{3.15}\right) 2.7 \times 0.335$$

= 600 कि. ग्रा.

गिट्टी का भार :

कुल ऐग्रीगेट का आयतन - गिट्टी का आयतन = बालू का आयतन

या

$$\frac{\text{कुल ऐग्रीगेट का आयतन - गिट्टी का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}} = \frac{\text{बालू का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}}$$

$$1 - \frac{\text{गिट्टी का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}} = p$$

$$\frac{\text{गिट्टी का आयतन}}{\text{कुल एग्रीगेट का आयतन}} = 1 - p$$

$$\frac{\text{गिट्टी का आयतन}}{\text{बालू का आयतन} \;/\; p} = 1 - p$$

$$\frac{\text{गिट्टी का आयतन}}{\text{बालू का आयतन}} = \frac{1 - p}{p}$$

$$\text{गिट्टी का आयतन} = \frac{(1 - p)}{p} \text{ बालू का आयतन}$$

$$= \frac{(1 - p)}{p} \frac{\text{बालू का भार}}{2.7}$$

$$\frac{\text{गिट्टी का भार}}{2.5} = \frac{(1 - p)}{p} \quad \frac{\text{बालू का भार}}{2.7}$$

$$\text{गिट्टी का भार} = \frac{(1 - p)\ 2.5}{p \quad 2.7} \text{ बालू का भार}$$

$$= \frac{(1 - 0.335)\ 2.5}{0.335 \quad 2.7} \times 600$$

= 1102 कि.ग्रा.

अब हमें एक मी.^{3} कंक्रीट बनाने के लिए सब सामग्रियों का भार मालूम है जैसे कि

∴ सीमेंट = 413 कि. ग्रा. बालू = 600 कि. ग्रा.

पानी = 186 कि. ग्रा. गिट्टी = 1102 कि. ग्रा.

ट्रॉयल मिक्स :

ऊपर प्राप्त सामग्रियों का अनुपात, कोड में दिए गए अनेक टेबल एवं ग्राफ पर आधारित है, इसलिए सही डिजाईन-मिक्स प्राप्त करने के लिए विभिन्न ट्रॉयल करने पड़ेंगे ताकि न केवल स्ट्रेंग्थ वही हो, बल्कि वर्केबिलिटि भी समान होनी चाहिए ।

इस अनुपात में सामग्री लेकर 3 क्यूब बनाएँ एवं वर्केबिलिटि की जाचं करें जो कि 0.8 CF होनी चाहिए । कम या ज्यादा होने पर टेबल संख्या-7 के अनुसार फिर से पानी एवं बालू की मात्रा में समायोजन किया जाएगा। यह तब तक दोहराया जाएगा जब तक वर्केबिलिटि सही न हो जाए । इस दौरान पानी का मात्रा कम ज्यादा हो सकती है, परन्तु w/c अनुपात वही रखना होगा।

क्योंकि सीमेंट एवं पानी की मात्रा बदल जाएगी, इक्वेशन-1 का प्रयोग कर गिट्टी एवं बालू की मात्रा की भी दुबारा संगणना करनी पड़ेगी।

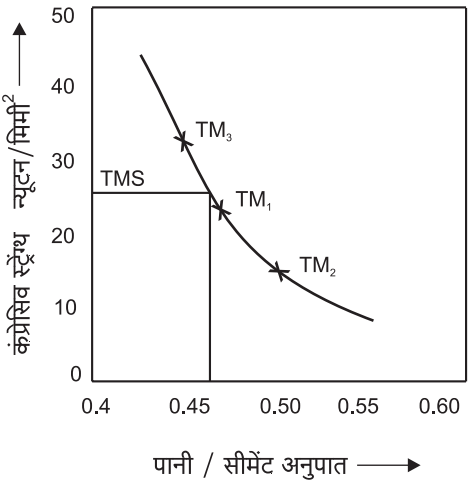
अब इच्छित वर्केबिलिटि को प्राप्त करते हुए हमारे पास सभी सामग्रियों की मात्रा उपलब्ध है। इसे हम ट्रॉयल मिक्स TM_1 कहेगें ।

अब हम पानी की मात्रा को समान रखते हुए w/c अनुपात को 10% कम एवं 10% ज्यादा करके TM_2 & TM_3 दो अन्य ट्रॉयल मिक्स बनाएंगे।

	पानी	सीमेंट	बालू	गिट्टी	पानी/सीमेंट अनुपात
TM_1	w	c	FA	CA	w/c
TM_2	w	c_1	FA_1	CA_1	1.1 x w/c
TM_3	w	c_2	FA_2	CA_2	0.9 x w/c

अब हमारे पास 3 ट्रॉयल मिक्स तैयार हो चुके हैं जिनमें पानी की मात्रा समान है परन्तु w/c अनुपात अलग-अलग हैं तथा बाकी सामग्री उपरोक्त सगंणना के अनुसार की गई है। इन ट्रॉयल मिक्स से कंक्रीट के सैम्पल तैयार करके क्यूब स्ट्रेंग्थ निकाली जाएगी तथा ग्राफ पर w/c अनुपात के साथ प्लॉट (Plot) की जाएगी। अब हमारे पास अपना खुद का एक ग्राफ तैयार हो चुका होगा जो w/c अनुपात के अनुसार कंक्रीट की स्ट्रेंग्थ को दर्शाएगा । हमारा उद्देश्य अपना एक ग्राफ बनाना ही था जो हमारी फील्ड कंडीशन, हमारे द्वारा प्रयोग की गई सामग्री, हमारे गुणवत्ता नियंत्रण आदि का मिश्रित प्रभाव दिखाते

हुए w/c के अनुसार स्ट्रेंग्थ के परिवर्तन को प्रदर्शित करे । इन 3 ट्रॉयल मिक्स से क्यूब सैम्पल बना कर 28 दिन की स्ट्रेंग्थ निकाली जा सकती है जिसे w/c अनुपात के साथ प्लॉट किया जाएगा । दोनों के बीच ग्राफ चित्र संख्या-2 के अनुसार होगा ।



चित्र संख्या - 2

अब TMS के सापेक्ष जो w/c आता है वही w/c अनुपात हमारे डिजाईन-मिक्स के लिए निश्चित किया जाएगा । इस w/c अनुपात के हिसाब से पानी की मात्रा को वही रखते हुए बाकी सामग्री की संगणना की जाएगी । इन सभी सामग्रियों का अनुपात ही वास्तव में डिजाईन-मिक्स है ।

अध्याय - 7

कंक्रीट का टिकाऊपन
(Durability of Concrete)

आज कंक्रीट का टिकाऊपन सिविल इंजीनियरों के लिए सबसे अधिक चिन्ता का विषय है । हाल ही में कुछ पुलों के ढ़हने के मामले सामने आए हैं एवं शक की सूई टिकाऊपन पर जाकर अटकती है । वर्ष 1986 में गोवा का 'मांडवी पुल' तथा 1997 में मुंबई का 'पूनम चैंबर्स पुल' ढ़ह गया । उसी प्रकार बहुत से अन्य पुल जैसे - ठाणे खाड़ी का सड़क पुल, वसई खाड़ी का सड़क पुल तथा गोवा का जुआरी पुल, सब टिकाऊपन की समस्या के शिकार हैं । इनमें से अधिकतर पुल तटवर्ती क्षेत्रों में स्थित हैं इसलिए शंका होती है कि समस्या कहीं न कहीं कंक्रीट के अन्दर डाले गए लोहे के जंग लगने से सम्बंधित है । यह देखा गया है कि अधिकतर ऐसे मामलों में क्षति का प्राथमिक कारण निर्माण की गुणवत्ता नहीं बल्कि 'टिकाऊपन' के बारे में जागरूकता की कमी होती है ।

अब तक हमारे ध्यान का केन्द्र क्यूब परीक्षण द्वारा प्राप्त कंक्रीट का स्ट्रेंग्थ था । लेकिन अब हमें विश्वास हो गया है कि क्यूब स्ट्रेंग्थ के अलावा संरचना का टिकाऊपन भी उतना ही महत्वपूर्ण है । वास्तव में क्यूब स्ट्रेंग्थ केवल निर्माण के समय संरचना की मजबूती बताता है जबकि टिकाऊपन उसी मजबूती की लंबे समय तक की गारंटी देता है । कंक्रीट में मौजूद स्टील का जंग तथा कंक्रीट का कार्बोनेशन दो मुख्य कारण हैं जिसके कारण टिकाऊपन में कमी आती है ।

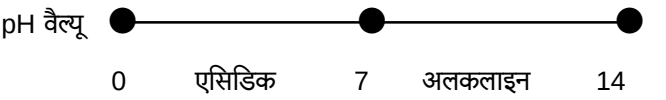
जंग का मैकेनिज्म (Mechanism of Corrosion)

कंक्रीट में क्षारता या अलकलिनिटि (Alkalinity) का होना इसमें मौजूद स्टील के लिए जंग रोधक वातावरण बनाता है । आरम्भ में ताजा कंक्रीट में बहुत सी अलकलिनिटि के कारण स्टील के ऊपर फेरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3) की एकदम पतली फिल्म अपने आप बन जाती है जो स्टील को आगे और जंग से बचाती है । परंतु संयोगवश यह परत तभी तक असरदार रहती है जब तक अलकलाइन माध्यम बना रहता है । इसलिए, सैद्धांतिक रूप से यदि

हम कंक्रीट मे अलकलाइन वातावरण को बनाए रख सकें तो बिना किसी कठिनाई के स्टील को जंग लगने से बचाया जा सकता है । कंक्रीट को अपारगम्य बनाकर टिकाऊपन को लंबी अवधि के लिए सुनिश्चित किया जा सकता है । इसलिए जरूरी है कि अलकलिनिटि कम करने के लिए उत्तरदायी एजेंटस को स्टील तक पहुंचने से रोका जाए ।

जंग लगना एक इलेक्ट्रो-मेकेनिकल (Electro-Mechanical) प्रक्रिया है जिसमें स्टील का एक भाग एनोड (Anode) तथा दूसरा कैथोड (Cathode) बन जाता है । लेकिन संयोगवश, एनोड प्रक्रिया तब तक प्रारंभ नहीं होती जब तक पैसिव फेरिक ऑक्साइड निर्मित फिल्म, एसिडिक मीडियम द्वारा तहस नहस न हो जाए या क्लोराइड आयन की क्रिया द्वारा परिमेय न बन जाए। उसी प्रकार कैथोड प्रक्रिया तब तक प्रारंभ नहीं होती जब तक कि स्टील की सतह पर ऑक्सीजन एवं पानी की आपूर्ति पर्याप्त उपलब्ध न हो । इसलिए यह निचोड़ निकाला जा सकता है कि यदि कंक्रीट पर्याप्त रूप से अपारगम्य (Impermeable) हो और हवा, पानी सहित अन्य एजेंट इसमें से पार करके स्टील तक न पहुंच पाएं तो स्टील का जंग लगना रोका जा सकता है ।

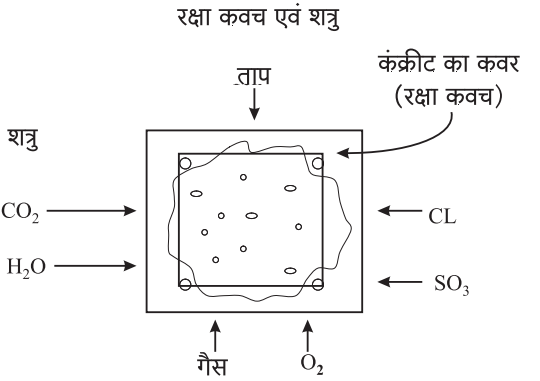
अलकलिनिटि या एसिडिटि को pH स्केल पर मापा जा सकता है जो नीचे दिया गया है ।



pH वैल्यू में परिवर्तन की प्रक्रियाः

आरंभ में सीमेंट प्राकृतिक रूप से बहुत अलकलाइन होता है क्योंकि हाइड्रेशन क्रिया से बहुत अधिक कैल्शियम हाइड्रोक्साईड $Ca(OH)_2$ का उत्पादन होता है । सामान्यतः जब OPC हाइड्रेटेड फॉर्म में होता है तो अलकली का वजन पोर फ्ल्युड (Pore Fluid) के कुल वजन का लगभग 20% होता है जिससे वातावरण अलकलाईन बन जाता है और pH वैल्यू 12 से ऊपर रहती है । लेकिन कंक्रीट की पारगम्यता के कारण यह अलकलिनिटि या तो कार्बोनेशन (Carbonation) क्रिया द्वारा या विभिन्न एजेंटों के कारण निर्मित एसिडिक मीडियम द्वारा निष्क्रिय हो जाती है तथा कंक्रीट की pH वैल्यू कम होने लगती है। जब pH वैल्यू 11.5 तक गिर जाती है तो जंग लगने की

प्रक्रिया आरंभ हो जाती है । pH वैल्यू कम करने के लिए उत्तरदायी एजेंट हैं - पानी, आक्सीजन, CO_2, क्लोराईड, सल्फेट आदि जैसा कि चित्र संख्या-1 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-1 जंग की प्रक्रिया

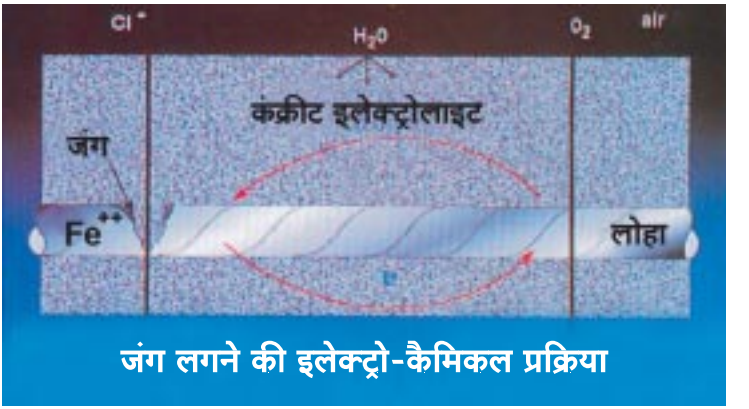
वातावरण में बहुत सी CO_2 उपस्थित रहती है जो कि ग्रामीण क्षेत्र में 0.04% तथा शहरी क्षेत्र में 0.4% तक हो सकती है । वातावरण की यह CO_2 हाइड्रेटेड कंक्रीट पर आक्रमण करती है तथा अलकलाइन मीडियम को धीरे-धीरे निष्क्रिय कर देती है और pH वैल्यू नीचे गिरने लगती है। जब कार्बोनेशन की गहराई बढ़ती है तथा स्टील को दिए गए कवर (Cover) के बराबर होने लगती है तो फेरिक ऑक्साइड का पैसिव फिल्म टूट जाता है तथा स्टील की सतह ऐक्टिव हो जाती है व एनोड के रूप में कार्य करती है। दूसरी तरफ जिस भाग पर आक्रमण नहीं होता वह कैथोड बन जाता है तथा इलैक्ट्रो मेकेनिकल प्रतिक्रिया निम्नानुसार प्रारंभ हो जाती है जैसा कि चित्र संख्या-2 में दिखाया गया है।

एनोड पर

$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{2-}$

कैथोड पर

$2e^{2-} + H_2O + 1/2\ O_2 \rightarrow 2(OH)^-$



जंग लगने की इलेक्ट्रो-कैमिकल प्रक्रिया

चित्र संख्या-2

एनोड पर

$Fe^{2+} + 2(OH)^{-} \rightarrow FeO.H_2O$ (जंग)

लेकिन यह तभी होता है जब कंक्रीट पारगम्य (Permeable) होता है और CO_2, SO_3 तथा Cl, ऑक्सीजन एवं आर्द्रता बे रोक-टोक स्टील तक पहुच सकते हैं।

जंग का ऑक्सीडेशन (oxidation) आगे भी चलता रहता है एवं ऑक्सीडेशन के प्रत्येक स्तर के साथ इसका आयतन भी धीरे धीरे बढ़ने लगता है और यह जंग के आरंम्भिक आयतन से 6 गुना तक हो सकता है जैसा कि टेबल संख्या -1 में दिखाया गया है । कंक्रीट को क्रैक किए बिना या कंक्रीट को तोड़े बिना कठोर कंक्रीट में इस बढ़े हुए आयतन का समाना असम्भव होता है इस लिए कंक्रीट में क्रैक्स आ जाते हैं।

टेबल संख्या - 1

Fe	FeO	Fe_3O_4	Fe_2O_3	$Fe(OH)_2$	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_3.3H_2O$
आयतन	1	2	3	4	5	6

उपरोक्त विवेचन से यह अनुमान लगाया जा सकता है कि यदि कंक्रीट अपारगम्य हो तो कैथोड की सतह पर हवा एवं पानी की आपूर्ति बंद हो जाएगी और इनके अभाव में एनोड से कैथोड तक इलेक्ट्रॉन के बहाव को बनाए नही रखा जा सकेगा । इस प्रकार जंग लगने की प्रक्रिया स्वतः बंद हो जाएगी।

कार्बोनेशन की प्रक्रिया

हाइड्रेटेड कंक्रीट के साथ CO_2 की प्रतिक्रिया को कार्बोनेशन कहा जाता है इसके कारण कंक्रीट की अलकलाइन प्रकृति निष्क्रिय हो जाती है । यह क्रिया कंक्रीट के सतह पर प्रारंभ होती है तथा कंक्रीट के अंदर तक बढ़ती जाती है। इसके बढ़ने की दर, कंक्रीट की अपारगम्यता पर निर्भर करती है । कार्बोनेशन के लिए लोहे (Reinforcement) के स्तर तक पहुंचने के लिए लगा समय पारगम्यता के साथ-साथ कंक्रीट के कवर की गहराई पर भी निर्भर करता है।

$D = K \sqrt{t}$ या

$t \alpha D^2$ जहां t = कार्बोनेशन टाईम

D = कवर की गहराई

यदि कवर अधिक हो तो कार्बोनेशन समय भी अधिक होगा। फैक्टर 't' कंक्रीट की पारगम्यता पर निर्भर करता है। अब कंक्रीट की पारगम्यता का महत्व समझा जा चुका है तथा 'कंक्रीट ब्रिज कोड' के शुद्धिपत्र सं.-1 द्वारा पारगम्यता टेस्ट (Permeability Test) को संपूर्ण बड़े पुलों के लिए, सभी एक्सपोजर स्थिति में, अनिवार्य कर दिया है तथा अन्य आर सी सी/पी एस सी पुलों के लिए भी अनिवार्य है यदि एक्सपोजर स्थिति सख्त (Severe), अति सख्त (Very Severe) या अत्यंत सख्त (Extreme) हो । इसमें यह भी लिखा गया है कि हल्के (Mild) या मॉडरेट (Moderate) एक्सपोजर स्थिति में भी यह टेस्ट वांछित है।

पारगम्यता जांच (Permeability Test)

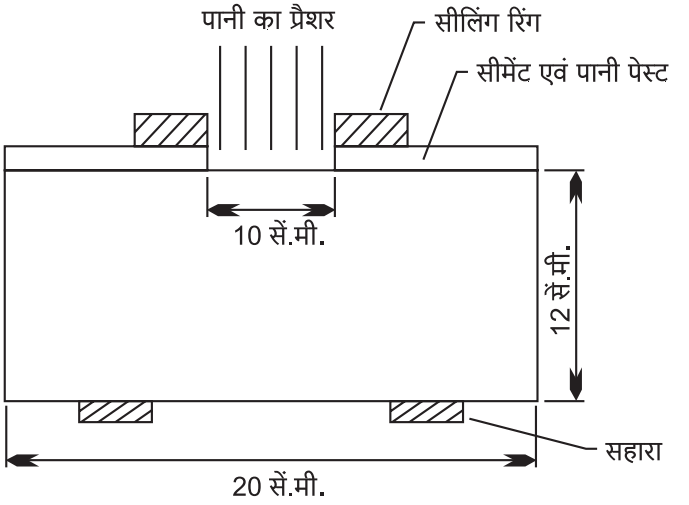
कंक्रीट की पारगम्यता जांच की प्रक्रिया नीचे लिखी गई है :

1) जांच के लिए तीन कंक्रीट नमूने, प्रत्येक 200 मि.मी. डायमीटर एवं 120 मि.मी. ऊंचाई के सांचे में ढाले जाते हैं।

2) 24 घंटे के बाद, 100 मि.मी. डायमीटर का मध्य भाग खुरदरा

किया जाता है तथा शेष भाग सीमेंट पेस्ट से पोत दिया जाता है ।

3) नमूनों की 28 दिनों तक तराई की जाती है तथा उसके बाद मध्य खुरदरे भाग पर पानी का दबाव डाला जाता है जैसा कि चित्र संख्या-3 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-3 पारगम्यता जांच

इससे पानी कंक्रीट के अंदर तक पैनिट्रेट (Penetrate) कर सकता है। पानी का दबाव निम्नानुसार बनाए रखा जाता है।

क) 48 घंटे के लिए 1 बार (1 कि.ग्रा./सें.मी.^{2})

ख) अगले 24 घंटे के लिए 3 बार (3 कि.ग्रा./सें.मी.^{2})

ग) अगले 24 घंटे के लिए 7 बार (7 कि.ग्रा./सें.मी.^{2})

4) इसके बाद, नमूने में पानी कितनी अन्दर तक प्रवेश कर गया है इसे जानने के लिए नमूने को तोड़ा जाता है। कंप्रेशन मशीन में केन्द्रीय अक्ष से कुछ अलग हट कर विपरीत प्रकोणों से कंसट्रेटिड (Concentrated) लोड लगाकर नमूने को तोड़ा जाता है। तीन नमूनों में पानी के अधिकतम पैनिट्रेशन का औसत निकाला जाता है जो कि 25 मि.मी. से अधिक नहीं होना चाहिए

अन्यथा नमूने को पारगम्यता जांच में असफल माना जाता है।

कंक्रीट की पारगम्यता को w/c अनुपात कम रख कर तथा समुचित काम्पैक्शन सुनिश्चित कर घटाया जा सकता है। इसे, निम्नलिखित टेबल संख्या-1 का विश्लेषण करके भी समझा जा सकता है।

टेबल संख्या-1

w/c अनुपात	पारगम्यता $1x10^{-3}$ मी./सेकंड
0.32	1
0.50	10
0.65	1000

टिकाऊपन बढ़ाने के लिए अच्छी निर्माण पद्धतियाँ -

1. शटर प्लेट ज्वाइंट् में से सीमेंट स्लरी के रिसाव को रोकने के लिए 10 मि.मी. मोटा स्पंज का उपयोग करें।

2. कवर ब्लॉक की पारगम्यता एवं मजबूती मुख्य कंक्रीट जैसी होनी चाहिए ।

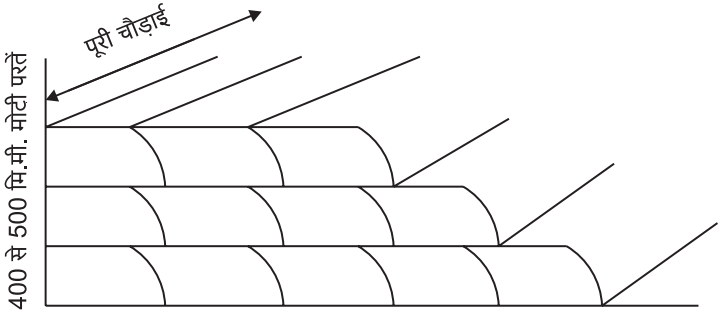
3. कंक्रीट करने का श्रृंखलाक्रम पहले से ही निश्चित कर लेना चाहिए ताकि कंक्रीट की अगली परत डालने के पहले पहली परत सेट न होने पाए। इसे सावधानी पूर्वक योजना बनाकर सुनिश्चित किया जा सकता है । यह निम्नलिखित चीजों पर निर्भर करती है ।

क) मिक्सर की क्षमता

ख) सीमेंट का प्रारंभिक सेटिंग समय

ग) लगाए गए मजदूरों की संख्या (मैन पावर)

4. कंक्रीटिंग में कोल्ड ज्वायटंस (Cold Joints) को कंक्रीट की स्टैप प्लेसिंग (Step Placing) पद्धति द्वारा टाला जा सकता है। इसमें कंक्रीट की पूरी परत ढालने की बजाय, कई परतों को एक साथ ढाला जाता है जैसा कि चित्र संख्या-4 मे दिखाया गया है ।



मास कंक्रीट में कोल्ड ज्वायंट से बचने का उपाय

चित्र संख्या-4 कंक्रीट की स्टैप प्लेसिंग

5. निर्माण ज्वाइंट (Construction joints)

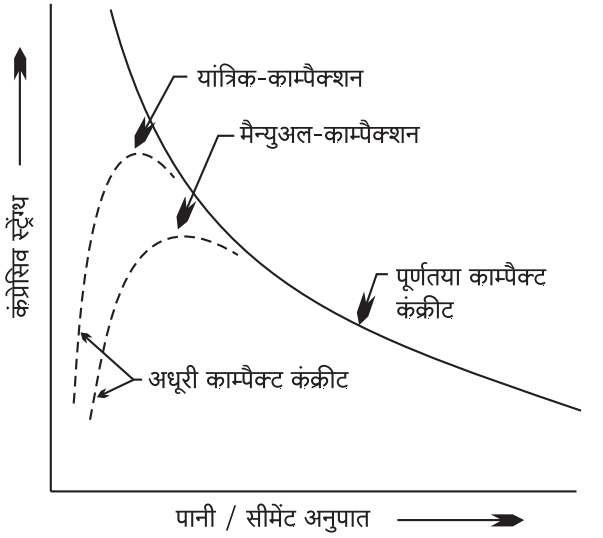
सीमेंट की झंझरी (Latice) को अगले दिन की कंक्रीटिंग के पहले हटा दिया जाए क्योंकि यह बहुत पारगम्य होती है । झंझरी कंक्रीट में कंपन के कारण सतह के ऊपर तक उठ जाती है। इसे तार के ब्रश द्वारा हटाया जा सकता है तथा एग्रीगेट को थोड़ा एक्सपोज किया जा सकता है ताकि एग्रीगेट का 1/3 भाग सतह पर दृष्टिगोचर हो। इस प्रक्रिया को 'हैकिंग ऑफ ज्वाइंटस' (Hacking of Joints) कहा जाता है। कंक्रीट की अगली परत डालने से पहले सीमेंट स्लरी का छिड़काव कभी नहीं करना चाहिए। आम धारणा यह है कि स्लरी डालने से बोंडिंग बेहतर बनती है ।

6. मोक-अप ट्रायल (Mock-up Trial)

महत्वपूर्ण संरचनाओं के लिए, फुल स्केल मोक-अप ट्रायल (Full-Scale Mock-up Trials) करना चाहिए ताकि, उपकरणों के कार्य संचालन, प्लास्टिसाईजर की गुणवत्ता, वर्केबिलिटि तथा अंतिम उत्पाद आदि की आवश्यक जांच हो जाए ।

7. काम्पैक्शन को सुनिश्चित करना चाहिए क्योंकि इसके कम होने से न केवल कंप्रेसिव स्ट्रेंथ कम होती है बल्कि टिकाऊपन में भी भारी कमी आती है। काम्पैक्शन सुनिश्चित करने के लिए यांत्रिक-काम्पैक्शन का प्रयोग करना चाहिए एवं पानी / सीमेंट अनुपात को कम से कम रखना चाहिए । कंप्रेसिव

स्ट्रेंथ पर काम्पैक्शन एवं पानी / सीमेंट अनुपात का असर देखने के लिए चित्र संख्या-5 का अवलोकन करे ।



चित्र संख्या-5 काम्पैक्शन का महत्व

अध्याय - 8

हाई परफारमैंस कंक्रीट

(High Performance Concrete)

हाई परफारमैंस कंक्रीट (High Performance Cement) की परिभाषा इस प्रकार है-''जिस कंक्रीट में अधिक वर्केबिलिटि, अधिक मजबूती एवं अधिक टिकाऊपन हो, वह हाई परफारमैंस कंक्रीट कहलाता है''।

एम-120 एवं इससे अधिक कंक्रीट की मजबूती को हासिल करने के साथ ही कंक्रीट ने कमोबेश स्टील की ताकत को छू लिया है। इस उपलब्धि के लिए एक महत्वपूर्ण ब्रेंक-थ्रू (Break-through) है - एडमिक्सचर का उपयोग। हाई परफारमैंस कंक्रीट को बनाने में दो तरह के एडमिक्सचर प्रयुक्त होते हैं - रासायनिक एडमिक्सचर एवं मिनरल एडमिक्सचर। सुपर-प्लास्टिसाईजर या रासायनिक एडमिक्सचर मजबूती को बढ़ाते हैं तथा मिनरल एडमिक्सचर (Mineral Admixture) की भूमिका कंक्रीट के टिकाऊपन को बढ़ाने में होती है । जो मिनरल एडमिक्सचर बड़े पैमाने पर प्रयोग में लाए जाते हैं वे हैं – फ्लॉय-ऐश (Fly-Ash), फ्रनैंस स्लैग (Furnance Slag) एवं सिलिका फ्यूम्स (Silica Fumes) जिसे माइक्रो सिलिका (Micro Silica) भी कहा जाता है। एम-50 के ऊपर की मजबूती के लिए माइक्रो सिलिका का प्रयोग लगभग अनिवार्य हो जाता है। इसकी महीनता सीमेंट से करीब 100 गुणा अधिक होती है। शिकागो में 'लेक प्वाइंट टॉवर' के लिए वर्ष 1965 मे एम-50 के उपयोग के साथ ही 'एच पी सी' युग का आरंभ हुआ। बाद में एम-120 कंक्रीट स्तंभों को बना कर सीटल (Seatle) में दो यूनियन स्क्वेयर बिल्डिंगों (Union Square Buildings) का निर्माण किया गया।

मिनरल एडमिक्सचर की भूमिका

ओ पी सी के उत्पादन के लिए अधिक उर्जा एवं कच्चे माल की आवश्यकता होती है। साथ ही इसके दौरान काफी अधिक मात्रा में 'ग्रीन

हाऊस गैसेस' (Green House Gases) वातावरण में छोड़ी जाती हैं जिससे वायु प्रदुषण होता है। ओ पी सी के साथ मिनरल एडमिक्सचर का उपयोग वायु प्रदूषण रोकने की दिशा में एक कदम है। इसे ब्लैंडिड सीमेंट (Blended Cement) कहते हैं। सभी मिनरल एडमिक्सचर जिन्हे सीमेंट में मिलाकर ब्लैडिंड सीमेंट बनाने की बात की जा रही है वे वास्तव में विभिन्न औद्योगिक इकाईयों के निरुपयोगी उत्पाद है।

सीमेंट के उत्पादन में काफी ऊर्जा खर्च होती है । इसकी ऊर्जा खपत स्टील एवं एल्यूमिनियम के बाद सबसे अधिक है । एक टन सीमेंट के लिए 4GJ ऊर्जा की आवश्यकता होती है तथा एक टन CO_2 का निर्माण भी साथ - साथ हो जाता है । भारत वर्तमान में ओ पी सी का 120 मी. टन से अधिक उत्पादन करता है। इसका अर्थ यह हुआ कि उसमें ऊर्जा की कम से कम 480GJ की खपत होती है तथा वातावरण में CO_2 का 120 टन का विशाल भण्डार छोड़ा जाता है ।

दूसरी तरफ, थर्मल प्लाँट से फ्लॉय-ऐश तथा स्टील प्लाँट से स्लैग जैसे पदार्थों का क्रमशः 130 MT तथा 100 MT से अधिक उत्पादन होता है। ये उत्पाद, वास्तव में निरुपयोगी उत्पाद हैं । इनका एक बड़ा हिस्सा छोटे-मोटे कामों में लगाया जाता है जैसे जमीन भरने, सड़क के लिए धरातल तैयार करने इत्यादि। यह न केवल एक तुच्छ उपयोग है बल्कि इससे जमीन में विषैलापन भी फैलता है क्योंकि इन सभी उत्पादों में विषैले धातु होते हैं । इनका विषैलापन केवल सीमेंट के साथ मिलाकर हाइड्रेशन प्रक्रिया द्वारा ही खत्म किया जा सकता है । सीमेंट के साथ मिल कर ये उत्पाद एक उत्कृष्ट सीमेंट बनाते हैं। नई तकनीकों से बनी आधुनिक 'हाई परफारमैंस कंक्रीट' के पर्याय हैं- 'रेडी मिक्स कंक्रीट' और 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' ।

रेडी मिक्स कंक्रीट (Ready Mix Concrete or RMC)

कंक्रीट के इतिहास में यह एक अन्य क्रांति है। जैसा कि नाम से प्रतीत होता है, रेडी मिक्स कंक्रीट एक ऐसा कंक्रीट है जो उपभोक्ता को मिक्स रूप में तैयार मिलता है ताकि इसे सीधे फॉर्म-वर्क में डाला जा सके। इसलिए, पारंपरिक कंक्रीट में शामिल कुछ प्रक्रियाएं उपभोक्ता की दृष्टि से कम हो जाती हैं जैसे कि -

क) समानुपातन (Proportioning)

ख) मिश्रण (Mixing)

ग) परिवहन (Transportation)

लेकिन ये प्रक्रियाएं अभी भी पूरी तरह से औचित्यपूर्ण हैं तथा उत्पादनकर्ता द्वारा इनका पूरा ध्यान रखा जाता है। उपभोक्ता की मांग के अनुसार प्रोपोर्शनिंग एवं मिक्सिंग, 'सेंट्रल बैचिंग प्लांट' (Central Batching Plant) में किए जाते हैं तथा उसके बाद उसे प्लेसमेंट के स्थल तक विशेष प्रकार के ट्रकों द्वारा ट्रांसपोर्ट किया जाता है। इस प्रकार से कंक्रीट को ग्रीन अवस्था में आवश्यक गुण-धर्म के साथ गंतव्य स्थान तक पहुंचा दिया जाता है। अधिकतर इसे सेंट्रल बैचिंग प्लांट में तैयार किया जाता है तथा ट्रक पर लगे रोटेटिंग ड्रम मिक्सर (Rotating Drum Mixer) में डाल कर घुमाते हुए गंतव्य स्थान पर सुपुर्द किया जाता है।

ट्रक पर लगे ड्रम मिक्सर

ट्रक मिक्सर अनुप्रस्थ अक्ष (Horizontal Axis) से थोड़ा तिरछा घूमने वाला ड्रम होता है। ड्रम के अंदर एक सिरे से दूसरे सिरे तक हैलिकल (Helical) शक्ल की एक जोड़ी ब्लेड या पंखी लगी होती है। इस आकार की वजह से ड्रम को एक विशेष दिशा में घुमाने से कंक्रीट बाहर निकलती है।

परिवहन के समय ड्रम 2 चक्कर प्रति मिनट की गति से लगातार घूमता रहता है। इसे एजिटेटिंग (Agitating) स्पीड कहते हैं ।

परंपरागत तौर पर ट्रक मिक्सर के पीछे की ओर से कंक्रीट बाहर निकलता है, परंतु अब सामने से निकासी के यूनिट का प्रचलन भी बढ़ रहा है। इसमें ट्रक का ड्राइवर ही यूनिट को नियंत्रित कर सकता है तथा बिना किसी अन्य आदमी की सहायता के अपनी ईच्छानुसार स्थान पर सीधे निकासी कर सकता है। जब ट्रक मिक्सर में मिक्सिंग भी की जाती है तो इसे 63% क्षमता तक भरते हैं परन्तु जब इसे केवल एजिटेटर (Agitator) के रूप में उपयोग में लाया जाता है तो ड्रम को सामान्यत: 80% क्षमता तक भर सकते हैं। एजिटेटर द्वारा पहले से मिक्स कंक्रीट को केवल ट्रांसपोर्ट किया जाता है।

उस स्थल की दूरी, जहां कंक्रीट को प्लेस करना है, कंक्रीट-

डिजाईन का एक पैरामीटर होना चाहिए क्योंकि कंक्रीट एक नाशवान उत्पाद है और इसमें तापमान एवं स्थल तक सुपुर्दगी में लगे समय के हिसाब से 'स्लंप की कमी' (Slump-Loss) होती है। सीमेंट में पानी मिलाने के बाद सामान्यतया ड्रम के 300 चक्कर या 90 मिनट से पहले पहले कंक्रीट को जॉब स्थल पर पहुँचा देना चाहिए। जब सुपुर्दगी का रास्ता लंबा हो तथा तापमान अधिक हो तो एडमिक्सचर का प्रयोग करना चाहिए जैसे कि हाई रेंज वाटर रिड्युसर, रिटार्डर (Retarder) या एयर-एन्ट्रेनर (Air-entrainer) आदि।

रेडी मिक्स कंक्रीट (आर एम सी) के प्रकार

विभिन्न संघटकों की मिक्सिंग के आधार पर रेडी मिक्स कंक्रीट के संभावित तीन प्रकार होते हैं। -

क) ट्रांजिट मिक्सड या ट्रक मिक्सड कंक्रीट (Truck Mixed Concrete)

ख) श्रिंक मिक्सड कंक्रीट (Shrink Mixed Concrete)

ग) सेंट्रल मिक्सड कंक्रीट (Central Mixed Concrete)

क) ट्रांजिट मिक्सड कंक्रीट

इसे ड्राइ बैच कंक्रीट (Dry Batch Concrete) भी कहा जाता है क्योंकि कंक्रीट के सभी बुनियादी घटक और पानी, ट्रक मिक्सर में भर दिए जाते हैं एवं मिक्सर ड्रम को लोडिंग के समय तेज गति (Charging Speed) पर घुमाया जाता है। इस प्रकार की 'आर एम सी' में भी तीन प्रकार की विभिन्नताएं हो सकती हैं, जो निम्नानुसार हैं।

1. कार्यस्थल पर कंक्रीट मिक्स करना

गंतव्य स्थान की ओर जाते समय ड्रम धीमी गति से परिभ्रमण करता है या एजिटेटिंग स्पीड (Agitating speed) में रहता है। परंतु साईट पर पहूंचने पर सामग्री गिराने से पहले, एकरुप (Homogeneous) मिक्सिंग सुनिश्चित करने हेतु ड्रम को 70 से 100 चक्करों के लिए तेज गति से घुमाया जाता है।

2. रास्ते में कंक्रीट मिक्स करना

ट्रांजिट समय में ड्रम की गति को लगभग 70 चक्करों के लिए

मध्यम यानि 8 RPM पर रखा जाता है तथा बाद में सामग्री गिराने तक गति को धीमा या एजिटेटिंग स्पीड कर दिया जाता है।

3. यार्ड में कंक्रीट मिक्स करना

यार्ड के अन्दर ही लगभग 70 चक्करों के लिए ड्रम को 12 से 15 RPM की उच्च गति से घुमाया जाता है। उसके बाद ट्रांजिट समय तक कंक्रीट को धीमी गति से घुमाया जाता है।

ख) श्रिंक मिक्सड कंक्रीट

कंक्रीट को प्लांट मिक्सर में थोड़ा मिक्स कर लिया जाता है और उसके बाद शेष मिक्सिंग को ट्रांजिट समय में दिया जाता है। ट्रांजिट मिक्सर में मिक्सिंग की मात्रा सेंट्रल मिक्सिंग प्लांट में दी गई मात्रा पर आधारित होती है। ड्रम मिक्सर में मिक्सिंग की आवश्यकता को जानने के लिए परीक्षण करने चाहिए।

ग) सेन्ट्रल मिक्सड कंक्रीट

इसे 'सेन्ट्रल बैचिंग प्लांट' भी कहा जाता है जहां ट्रक में लोडिंग करने से पूर्व कंक्रीट को मिक्स किया जाता है। कभी-कभी प्लांट को 'वेट-बैच' (wet-batch) या 'प्री-मिक्स प्लांट' (Pre-mix plant) के नाम से भी जानते हैं। जब कंक्रीट को ट्रांसपोर्ट करते हैं तब ट्रक मिक्सर केवल एजिटेटर का कार्य करता है। जब कभी वर्केबिलिटि की आवश्यकता कम होती है या लीड कम होती है, तब 'नॉन एजिटेटिंग युनिट' (Non-agitating unit) या डंप-ट्रक (Dump-truck) भी उपयोग किया जाता है।

कंक्रीट की पम्पिंग

कंक्रीट की पम्पिंग के लिए एक हॉपर होता है जिसमें मिक्सर से कंक्रीट डाली जाती है और एक पम्प होता है जिससे कंक्रीट की पम्पिंग की जाती है। कंक्रीट गुरुत्वाकर्षण द्वारा पम्प तक जाती है तथा इसके बाद यांत्रिक उर्जा से पाइप में धकेली जाती है । इसमें लगे वाल्व खुलते एवं बन्द होते रहते है ताकि पाईप कंक्रीट से भरी रहे एवं पिस्टन की चाल की वजह से कंक्रीट वापस न निकल पाए।

कंक्रीट पम्प करने वाली पाइप में मोड़ कम से कम होने चाहिएं । हर 10^{0} का मोड़ पाइप की 1 मीटर लम्बाई के बराबर होता है। इसमें ओवर साईज गिट्टी का प्रयोग भी नहीं करना चाहिए, क्योंकि इससे कंक्रीट

के ब्लॉक होने का खतरा रहता है, खास तौर पर मोड़ों पर । पम्प-कंक्रीट तभी सस्ती पड़ती है, जब लगातार बिना रुकावट के पम्पिंग होती रहे, क्योंकि शुरु में पाइप को सीमेंट स्लरी से लुब्रीकेट करना पड़ता है । 150 मि.मी. व्यास की पाइप के लिए लगभग 0.25 मी.^{3} प्रति 100 मी. लम्बाई के हिसाब से स्लरी की जरुरत पड़ती है। इसमें एल्यूमिनियम पाईप का प्रयोग नहीं करना चाहिए क्योंकि यह सीमेंट में उपस्थित अलकली से क्रिया करता है एवं हाइड्रोजन का निर्माण करता है।

आर एम सी के लाभ

1. बेहतर हैंडलिंग एवं सही मिक्सिंग के कारण सीमेंट की खपत में 10-12% की कमी होती है। इसके अलावा 15-20% की अतिरिक्त कमी हो सकती है यदि सप्लिमेंट्री (Supplimentary) सीमेंट सामग्री जैसे फ्लॉय-ऐश आदि का भी उपयोग किया जाए।

2. क्योंकि 'आर एम सी' में बैग सीमेंट की जगह 'बल्क सीमेंट' (Bulk Cement) उपयोग होता है इसलिए धूल प्रदूषण भी काफी कम होता है।

3. सीमेंट की बचत के कारण संसाधनों का संरक्षण एवं उर्जा की बचत होती है।

4. वातावरण प्रदूषण में कमी आती है क्योंकि सीमेंट बचत से इसका उत्पादन कम हो जाता है। दरअसल सीमेंट बनाना एक बहुत अधिक प्रदूषण वाली गतिविधि है।

5. इससे संरचना की कुल सर्विस लाईफ में बढ़ोत्तरी एवं लाईफ साईकिल कॉस्ट (Life Cycle Cost) में कमी होती है।

6. प्रक्रिया में एकरूपता होने एवं मैकेनिकल हैंडलिंग के कारण गुणवत्ता अधिक सुनिश्चित की जा सकती है।

7. मानव गलतियों से बचा जा सकता है एवं लेबर पर आश्रय को कम किया जा सकता है।

8. फास्ट कन्स्ट्रक्शन (Fast Construction) एवं सरचंना को जल्दी प्रयोग में लाने जैसे सामान्य लाभ भी होते हैं ।

भारत में लगभग वर्ष 1994 में 'आर एम सी' की शुरुआत हुई

थी। आर एम सी एक टेलर-मेड (Tailor made) कंक्रीट है जो लंबे समय तक टिकाऊपन को बनाए रखने में सहायता करती है।

हर बार कच्चे माल के खरीदने से लेकर कंक्रीट बनाने की प्रक्रिया की हर साईट इंजीनियर द्वारा पुनरावर्ति करने की बजाय कहीं बेहतर विचार होगा अगर इसे एक प्रोफेशनल को सौंप दें जो केवल यही काम करता है एवं इस काम में निपुण हो चुका है। यही कारण है कि आर एम सी सफलता का एक पर्याय बनता जा रहा है।

सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट (एस सी सी)

सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट हाल ही का एक चमत्कार है। 1980 के दशक में इसे काम्पैक्शन से जुड़ी मानव गल्तियों को कम करने एवं इसे लेबर-रहित गतिविधि बनाने हेतु विकसित किया गया। जापान में लेबर आसानी से उपलब्ध नही होते इसलिए इसे आवश्यकता के रूप में विकसित किया गया चूंकि आवश्यकता आविष्कार की जननी है। इस प्रकार के कंक्रीट को विकसित करने में जो भी अनिवार्यताएँ हैं वे कंक्रीट के टिकाऊपन को बढ़ाने में वरदान सिद्ध हुई हैं। अब तक मर्यादित कंपनी परियोजनाओं में ही केवल इसका उपयोग किया जाता रहा है, परन्तु इसे आम आदमी की जरुरत बनाने की कोशिश की जा रही है, जिससे सभी कंपनियाँ इसे परंपरागत कंक्रीट की भांति अपना सकें । यह निश्चित है कि समय के साथ इसका और विकास एवं इसके प्रयोग में बढ़ोत्तरी होगी ।

पिछली शताब्दी में कंक्रीट संरचनाओं की 'टिकाऊपन' सम्बंधी समस्याओं ने सिविल इंजीनियरों को हिला कर रख दिया। अब तक इंजीनियर्स मुख्यतः मजबूती को लेकर चिंतित थे और वे 'टिकाऊपन' के बारे में पूर्णतया अनभिज्ञ थे। टिकाऊपन का निकटतम संबंध काम्पैक्शन की महत्वपूर्ण प्रक्रिया से है। यदि कंक्रीट में पूरी तरह से काम्पैक्शन को सुनिश्चित नहीं किया जाता है तो मजबूती के साथ-साथ टिकाऊपन पर भी बुरा असर पड़ता है । स्थिति की गंभीरता का अहसास करने हेतु हम अनुमान लगाएं कि संरचना के किसी छोटे से भाग में भी अपर्याप्त काम्पैक्शन कैसे पूरी संरचना को कमजोर बना देता है। इसलिए, यह आवश्यक है कि पूरी संरचना में समान रूप से काम्पैशन को सुनिश्चित किया जाए। इसे बेहतर सुनिश्चित करने के लिए मानव पर निर्भरता को

कम करना होगा। 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' के उपयोग से ये सभी गुण पूरी तरह से प्राप्त किए जा सकते हैं।

जापान में 1980 में पहली बार सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट (एस सी सी) को विकसित किया गया था । इसे बनाने में सुपर - प्लास्टिसाईजर के अतिरिक्त एक अन्य एडमिक्सचर, जिसे 'विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट' (Viscocity Modifying Agent) कहते हैं, को कंक्रीट में मिलाने से मुख्यत: पृथक्करण (Segregation) की समस्या से निपटा जा सकता है। 'वी एम ए' एक सेल्यूलोज एवं एक्रीलिक पॉलीमर (Acrylic Polymer) है जो पानी में घुलनशील होता है। 'एस सी सी' एक शोर रहित कंक्रीट है क्योंकि इसमें काम्पैक्शन के लिए कंपन की आवश्यकता नहीं होती।

सेल्फ काम्पैक्शन का मैकेनिज्म - (Mechanism)

'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' के साहित्य पर जाने से पहले यह अनुमान लगाना रुचिकर होगा कि 'सेल्फ काम्पैक्शन' को कैसे संभव बनाया गया होगा ? एडमिक्सचर एवं इन्ग्रेडिएंट्स के संबंध में परम्परागत कंक्रीट की तुलना में क्या अन्य आवश्यकताएं होंगी ? किन कठिनाईयों का सामना होगा एवं उनका हल क्या होगा ? आदि आदि ।

सामान्य रुप से 'एस सी सी' एक प्रवाही कंक्रीट है जो गुरुत्व बल के कारण फॉर्म-वर्क के प्रत्येक कोने में प्रवाहित होता है। क्या यह सब साधारण कंक्रीट की वर्केबिलिटि को बढ़ाने जैसा ही है ? नहीं, ऐसा नहीं है। अगर ऐसा होता तो 'एस सी सी', साधारण कंक्रीट की तुलना में इतनी विशेष न होती, क्योंकि वर्केबिलिटि केवल पानी का अनुपात बढ़ा कर या सुपर - प्लास्टिसाईजर डालकर बढ़ाई जा सकती है। इसलिए केवल वर्केबिलिटि को बढ़ाने से 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' नहीं बनती। बल्कि कंक्रीट की विस्कोसिटि (Viscosity) को भी संशोधित करना पड़ेगा। कंक्रीट को संरचना के प्रत्येक कोने में केवल अपने भार के कारण पहुंचाने में अनेकों कठिनाईयां आती हैं। कंक्रीट को अनेकों रुकावटों जैसे लोहे (Reinforcement) की कठिन संकरी गलियों एंव शार्प कार्नर इत्यादि से गुजरना पड़ता है। जो कंक्रीट सभी रूकावटों को पार करती हुई अन्त तक पहुंचती है उसकी कंसिसटैंसी (Consistency) मूल कंक्रीट के समान होनी चाहिए। रुकावटें कंक्रीट की गिट्टी को रोक कर रखने एवं सिर्फ मोर्टार को

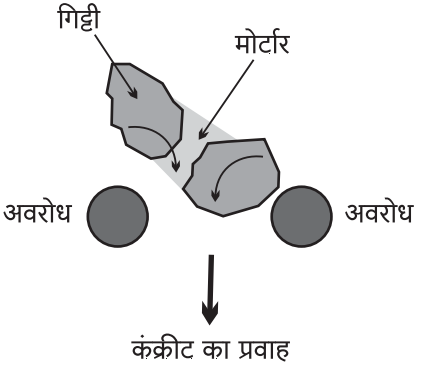
जाने देने में सफल नहीं होनी चाहिए। दूसरे शब्दों में मोर्टार की विस्कोसिटि पर्याप्त होनी चाहिए ताकि कंक्रीट अपने सभी घटकों के साथ बिना पृथक्करण के बह सके । निश्चित ही मोर्टार की विस्कोसिटि में सुधार 'विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट' के प्रयोग करने से ही होगा।

इसके अतिरिक्त, साधारण कंक्रीट में प्रयोग होने वाली गिट्टी का आकार 'एस सी सी' के लिए योग्य नहीं होता । 'एस सी सी' को लोहे के नेटवर्क, जो कि एक छलनी की भांति होता है, में से होकर गुजरना पड़ता है । इस लिए गिट्टी का आकार छोटा एवं इसकी मात्रा को कम करना पड़ेगा । इससे बाधाओं को बड़ी आसानी से बिना पृथक्करण के पार करने में सहायता मिलेगी । इसलिए 'सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट' के लिए एक और जो चीज जरूरी है वह है मोर्टार की उच्च डिफार्मेबिलिटि (Deformability), जिससे कंक्रीट का पृथक्करण (segregation) रोका जा सकता है।

इस प्रकार के कंक्रीट का श्रेय जापान के इंजीनियर्स ओकमुरा (Okamura), ओजावा (Ozawa) एवं मालकावा (Malkawa) को जाता है।

सेल्फ काम्पैक्टिबिलिटि को हासिल करते समय विभिन्न कठिनाईयाँ

जब कंक्रीट बाधाओं को पार करती है तो विभिन्न कणों के बीच का अंतर कम हो जाता है एवं उनके बीच टकराव की स्थिति बढ़ने के साथ-साथ घृषण भी बढ़ जाता है। जैसा कि चित्र संख्या-1 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-1 कणों के बीच घृषण

इस घृषण (Friction) के कारण बहाव को बनाए रखने के लिए अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

इस अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता को गिट्टी के आकार एवं मात्रा को नियन्त्रित करके सीमित किया जा सकता है।

ऊर्जा की खपत अधिक मोटी एवं अधिक मात्रा में डाली गई गिट्टी में अधिक होती है इसके अतिरिक्त अगर पेस्ट की विस्कोसिटि बढ़ा दी जाए तो कंक्रीट में लेटेंट ऊर्जा (Latent energy) बढ़ जाती है जिससे अतिरिक्त ऊर्जा की जरुरत पूरी हो जाती है।

अत: w/c अनुपात कम रखते हुए - विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट को मिलाने से मोर्टार की विस्कोसिटि (Viscosity) बढ़ती है। अधिक विस्कोसिटि के कारण पेस्ट की डिफार्मिबिलिटि अधिक हो जाती है जिससे रुकावटों की ओर बढ़ते हुए गिट्टी के कारण कंक्रीट में आंतरिक घर्षण कम हो जाता है ।

उपरोक्त गुणों को प्राप्त करने के लिए गिट्टी की 'डिग्री ऑफ पैकिंग' को कम यानि कि लगभग 50% रखना पड़ेगा ताकि पार्टिकल के बीच घर्षण कम हो। उसी प्रकार मोर्टार में बालू (FA) का 'डिग्री ऑफ पैकिंग' भी लगभग 60% रखना होगा ताकि शीअर (shear) विरूपता कम हो।

एस सी सी के फायदे

1. क्योंकि कंक्रीट केवल अपने भार के प्रभाव से पूरी तरह फॉर्म-वर्क को भरने में सक्षम होती है इसलिए काम्पैक्शन के लिए कंपन देने की कोई आवश्यकता नहीं होती है। अत: अब कंपन की विस्तृत व्यवस्थाओं के बिना ही काम्पैक्शन को सुनिश्चित किया जा सकता है।

2. इसमें ताजा कंक्रीट की फिनिशिंग (Finishing) की आवश्यकता नहीं होती एवं सख्त कंक्रीट में रिपेअर की जरुरत नहीं होती। एस सी सी प्रयुक्त करने से हनी-कंबिंग (Honey-Combing) को भी रोका जा सकता है।

3. इसमें कंक्रीट के निष्पादन (Performance) में विशिष्ट सुधार होता है, इसलिए टिकाऊपन में भी वृद्धि होती है।

4. कंपन के न होने से ध्वनि प्रदूषण में कमी आती है।

5. एस सी सी के उपयोग का असली फायदा तब होता है जब कंक्रीट के प्लेसमैंट में कठिनाई हो जैसे कि सुरंग अस्तर, अधिक लोहे वाली कंक्रीट संरचना, पी एस सी संरचना एवं अन्य जगह जो अगम्य (Un-approachable) हों।

एडमिक्सचर की आवश्यकता

'एस सी सी' को प्राप्त करने के लिए दो प्रकार के एडमिक्सचर की आवश्यकता होती है।

1. हाई रेंज वॉटर रेड्यूसिंग एजेंट (HRWRA)

2. विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट (VMA)

1. हाई रेंज वॉटर रेड्यूसिंग एजेंट

मार्केट में उपलब्ध विभिन्न प्रकार के वॉटर रेड्यूसिंग एजेंट या सुपर-प्लास्टिसाईजर निम्नानुसार है।

क) मॉडिफाईड लिगनो-सल्फोनेट्स (Modified Ligno-Sulphates)

ख) मेलामाईन-सल्फोनेट्स (Melamine-Sulphonates)

ग) नेप्थालीन-सल्फोनेट्स (Naphthaline-Sulphonates)

घ) पॉली-कॉर्बोक्सिलिक ईथर (Poly-Carboxylic Ethers)

उपरोक्त में से, पॉली-कॉर्बोक्सिलिक ईथर (PCE) अधिक प्रभावी होता है परंतु पी सी ई का उपयोग करते समय यह सुनिश्चित किया जाना चाहिए कि सभी सामग्री की प्रारंभिक मिक्सिंग के पश्चात ही इसे कंक्रीट में मिक्स किया जाए। अन्य तीन प्रकार के सुपर-प्लास्टिसाईजर को पानी के साथ मिक्स करके भी मिलाया जा सकता है।

2. विस्कोसिटि मॉडिफाइंग एजेंट (वी एम ए)

यह बुनियादी तौर पर कंक्रीट में निम्नलिखित उद्देश्यों के लिए मिलाया जाता है।

क) ये कंक्रीट में ब्लीडिंग (Bleeding) एवं पृथक्करण (Segregation) को कम करने एवं पानी को रिटेन (Retain) करने में मदद करते हैं।

ख) एस सी सी की सिकुड़न एवं क्रीप (Creep) को कम करते हैं। साधारणतया: एस सी सी में गिट्टी की बजाय बालू की आवश्यकता अधिक होती है क्योंकि इससे कंक्रीट लोहे के जाल में से आसानी से निकल जाती है, परन्तु VMA डालने के बाद बालू की मात्रा साधारण कंक्रीट जितनी ही रख सकते हैं।

एस सी सी में मिनरल एडमिक्सचर का उपयोग

एस सी सी में मिक्स के टिकाऊपन को सुधारने एवं पृथक्करण की रोकथाम हेतु 0.125 मि.मी. से भी कम आकार के महीन कणों की आवश्यकता होती है । सामान्य सीमेन्ट में 100% कण 0.125 मि.मी. से छोटे ही होते हैं परंतु इसकी मात्रा जरुरत से काफी कम होती है। इसलिए अन्य पूरक पावडर सामग्री जैसे फ्लॉय-ऐश (Fly-Ash), ग्राऊंड ग्रेन्यूलेटेड ब्लास्ट फरनेंस स्लैग (GGBFS) इत्यादि से इसकी पूर्ति की जा सकती है। इसलिए फ्लॉय-ऐश एक प्रचलित मिनरल एडमिक्सचर है जिसका एस सी सी में उपयोग, विशेषकर भारत में, किया जाता है।

कंक्रीट में फ्लॉय-ऐश के प्रयोग से लाभ -

1. यह वर्केबिलिटि को सुधारता है एवं पारगम्यता को कम करता है।

2. यह ब्लीडिंग एवं पृथक्करण को कम करता है।

3. यह कंक्रीट की पम्पिंग गुणवत्ता (Pumping Quality) एवं सबंद्धता (Cohesion) को बढ़ाता है।

4. यह कंक्रीट के सल्फेट प्रतिरोध (Sulphate Resistance) को सुधारता है।

5. यह हाइड्रेशन की गर्मी एवं लाईम (Lime) की लीचिंग (Leaching) को कम करता है।

सेल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट (SCC) के परीक्षण -

परंपरागत वर्केबिलिटि परीक्षण जैसे स्लंप कोन, काम्पैक्टिंग फैक्टर (CF) इत्यादि एस सी सी के लिए पूरी तरह उपयुक्त नही हैं क्योंकि ये पृथक्करण एवं ब्लीडिंग की प्रवृत्ति की जांच नहीं कर सकते।

इसलिए एस सी सी की उपयुक्तता एवं विशेषता के लिए नीचे दिए गए विविध गुणधर्म एवं परीक्षण आवश्यक हैं।

क) भरने की क्षमता (Filling Ability)

एस सी सी, फॉर्म-वर्क (Form-work) के शार्प कार्नर सहित सभी स्थानों पर पहुंचनें एवं प्रवाह के लिए योग्य होनी चाहिए।

ख) पासिंग क्षमता (Passing Ability)

एस सी सी को लोहे के जाल एव अन्य रुकावटों से होकर गुजरना होता है। इनमें से गुजरते समय कंक्रीट के ब्लॉक होने की प्रवृत्ति प्राकृतिक रुप से होती है। लोहे का नेटवर्क छलनी की तरह कार्य करता है जो कंक्रीट को रोकने की कोशिश करता है। परंतु एस सी सी में बिना रुकावट के बहते रहने की क्षमता होनी चाहिए।

परीक्षण के उद्देश्य

निम्नलिखित उद्देश्यों के लिए एस सी सी के विभिन्न परीक्षण किए जाते हैं।

1. यह जानने के लिए कि कंक्रीट जिस संरचना के लिए प्रयुक्त होने वाली है उस संरचना के लिए सेल्फ-काम्पैक्टेबल (Self-Compactable) है या नहीं। क्योंकि वही कंक्रीट एक सरंचना के लिए स्वत: सघनता प्राप्त कर सकती है परन्तु दूसरी संरचना के लिए नहीं ।

2. जब सेल्फ काम्पैक्टिबिलिटि सन्तोषजनक न हो तो मिक्स के विभिन्न घटकों के अनुपात का समायोजन (Adjustment) करना।

3. विशेष सामग्रियों की सिफारिश करना ताकि सेल्फ काम्पैक्ट कंक्रीट बनानें में आसानी हो।

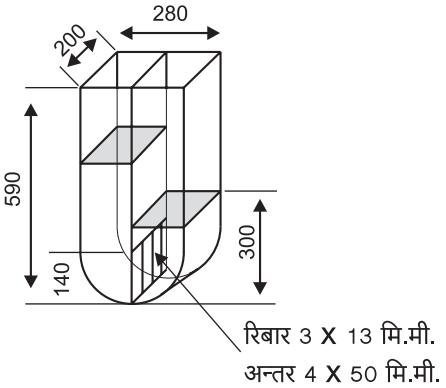
विभिन्न परीक्षण

'एस सी सी' के लिए जो विभिन्न प्रकार के परीक्षण किए जाते हैं वे इस प्रकार हैं ।

1. U-फ्लो टेस्ट
2. L-बाक्स टेस्ट
3. V-फनल (V-funnel) टेस्ट

1. U-फ्लो टेस्ट

इसे तैसई (Taisei) ग्रुप द्वारा विकसित किया गया । इस टेस्ट में कंक्रीट को U-बाक्स के एक तरफ के चेंबर में पूरा भरा जाता है तथा दूसरी तरफ जाने के लिए एक रुकावट से होकर गुजरना होता है। इस रुकावट से गुजर कर कंक्रीट दूसरी तरफ कितनी ऊंचाई तक जाती है वही इसकी सेल्फ काम्पैक्टिबिलिटि का माप है । दूसरी तरफ 300 मि.मी. या अधिक ऊंचाई तक जाने वाली कंक्रीट को 'एस सी सी' कह सकते हैं । इस टेस्ट को चित्र संख्या-2 में दिखाया गया है।



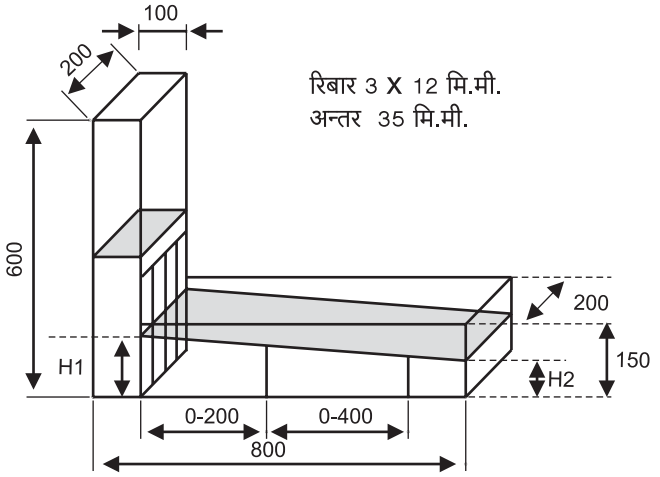
चित्र संख्या-2 U-फ्लो टेस्ट

2. L-बाक्स टेस्ट

यह टैस्ट **U**-फ्लो की भान्ति ही है परन्तु उस कंक्रीट के लिए अधिक उपयुक्त है जिसमें पृथक्करण की सम्भावना अधिक हो। इस टेस्ट में अवरोधों से गुजरते हुए दूसरे छोर पर कंक्रीट की ऊंचाई मापी जाती है। दूरी के हिसाब से दूसरे छोर की ऊंचाई आरंभिक ऊंचाई से कम होगी जैसा की चित्र संख्या-3 में दिखाया गया है।

इस प्राप्त ऊंचाई से 'एस सी सी' की पासिंग एबिलिटि का अंदाजा लगाया जाता है।

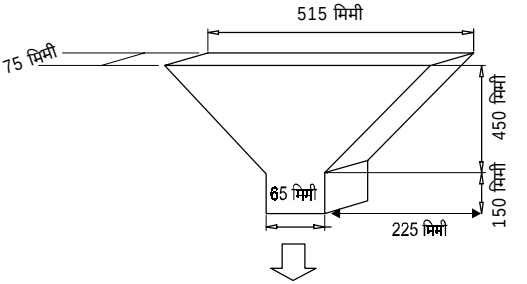
पासिंग अनुपात $\mathbf{P_L = H_2 / H_1}$



चित्र संख्या-3 L-बाक्स टेस्ट

3. V-फनल टेस्ट

इसमे एक आयताकार शक्ल की फनल होती है जिसका ऊपरी आकार 515 मि.मी. x 75 मि.मी. एवं नीचे का आकार 65 मि.मी. x 75 मि.मी. होता है। इसकी कुल ऊंचाई 600 मि.मी. होती है, जिसमें से 150 मि.मी. सेक्शन सीधा होता है जैसा कि चित्र संख्या-4 में दिखाया गया है।



चित्र संख्या-4 V-फनल टेस्ट

इसमें ऊपर से कंक्रीट डाली जाती है तथा नीचे इसके निकलने के स्थान पर अवरोध लगाया जाता है। फनल को कंक्रीट से पूरा भरा जाता है एवं नीचे बना द्वार खोल दिया जाता है। पूरा कंक्रीट बाहर निकलने में जो समय लगता है उसे V-फ्लो समय कहते हैं।

भारत में एस सी सी की लोकप्रियता

एस सी सी अब प्रायोगिक युग से निकल कर बाहर आ चुका है एवं उन्नत देशों के साथ-साथ भारत में भी महत्वपूर्ण संरचनाओं में उपयोग होने लगा है। इसे अब प्रमाणित तकनीक के रुप में स्वीकार कर लिया गया है। भारत में नीचे दी परियोजनाओं में सफलता पूर्वक इसका प्रयोग किया जा चुका है।

1. दिल्ली मेट्रो रेल कॉर्पोरेशन
2. तारापुर एटॉमिक पॉवर प्रोजेक्ट
3. बांद्रा-वरली सी-लिंक प्रोजेक्ट
4. राजस्थान एटॉमिक पॉवर प्रोजेक्ट
5. कायगा एटॉमिक पॉवर प्रोजेक्ट

लागत तुलना

यह एक सामान्य धारणा है कि एस सी सी साधारण कंक्रीट की तुलना में काफी मंहगी है। यह सत्य है कि इसमें सुपर-प्लास्टिसाईजर एवं विस्कोसिटि मॉडिफाईंग एजेंट का उपयोग किया जाता है जिससे सामग्री की लागत में वृद्धि होती है। एम-40 के मिक्स में एस सी सी की कीमत लगभग 15-20% अधिक होती है। परंतु इसमे कंपन की आवश्यकता नहीं पड़ती है इसलिए अगर सारी लागत की तुलना करें तो यह साधारण कंक्रीट के बराबर या इससे सस्ती ही पड़ती है।

वेक्यूम कंक्रीट

यह सर्वविदित है कि जरुरत से अधिक पानी/सीमेंट अनुपात कंक्रीट के लिए हानिकारक है । आरम्भ में अधिक पानी की जरुरत आवश्यक वर्केबिलिटि को प्राप्त करने के लिए होती है ताकि कंक्रीट को फॉर्म-वर्क में आसानी से डाला जा सके। इसके बाद तो कुल पानी का केवल छोटा हिस्सा ही सीमेंट के साथ क्रिया के लिए प्रयुक्त होता है और बाकी का बड़ा हिस्सा वाष्पीकृत हो कर कैपिलरी पोर्स का निर्माण करता है और इससे कंक्रीट की कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ कम होती है । अतः उच्च वर्केबिलिटि एवं उच्च मजबूती साथ-साथ सम्भव नहीं है क्योंकि इनकी जरुरतें एक-दूसरे के विपरीत हैं।

इस विरोधाभास को खत्म करने की एक प्रभावी विधि है - वेक्यूम कंक्रीटिंग । वेक्यूम कंक्रीट द्वारा उच्च वर्केबिलिटि एवं उच्च मजबूती साथ-साथ सम्भव है।

इस प्रक्रिया द्वारा अतिरिक्त पानी को प्लेसमैंट के बाद कंक्रीट की सतह से वेक्यूम पम्प द्वारा खींच लिया जाता है। इस विधि को औद्योगिक फ्लोर, पार्किंग डेक्स एवं पुलों की डेक स्लैब (Deck-Slab) आदि में प्रभावी रुप से इस्तेमाल कर सकते हैं ।

विधि एवं उपकरण

इस विधि का मुख्य उद्देश्य है - कंक्रीट सतह से वेक्यूम द्वारा पानी को खींचना । इससे पानी/सीमेंट अनुपात में आश्चर्यजनक रूप से कमी होती है और कंक्रीट के हर गुणधर्म में सुधार होता है । यह सुधार सबसे अधिक कंक्रीट सतह पर होता है जहां इसकी सबसे अधिक जरुरत होती है ।

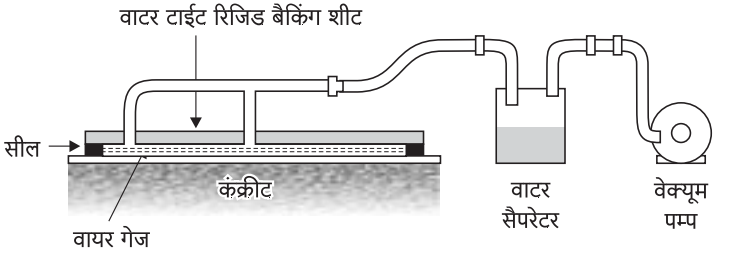
वेक्यूम कंक्रीटिंग में मुख्यतयाः तीन चीजों का प्रयोग होता है :-

1) वेक्यूम पम्प (Vacuum Pump)

2) वाटर सैपरेटर (Water Separator)

3) फिल्टरिंग पैड (Filtering Pad)

वेक्यूम पम्प एक छोटा परन्तु शक्तिशाली पम्प होता है जिसकी शक्ति 5 से 10 हॉर्स-पॉवर (Horse-Power) होती है । वेक्यूम के द्वारा कंक्रीट सतह से पानी को खींच कर वाटर सैपरेटर में इकट्ठा किया जाता है। फिल्टरिंग पैड में वाटर टाईट रिजिड बैकिंग शीट (Rigid Backing Sheet), एक्सपैंडिड मैटल (Expanded Metal) एवं वायर गेज (Wire Gauge) या मुसलिन कपड़े (Muslin Cloth) की शीट होती है । इसके चारों ओर रबर सील लगाई जाती है जैसा कि चित्र संख्या-5 में दिखाया गया है । फिल्टरिंग पैड कम से कम 90 सें.मी. x 60 सें.मी. होना चाहिए, क्योंकि छोटे पैड अधिक प्रभावी नहीं होते हैं ।



चित्र संख्या-5 वेक्यूम कंक्रीटिंग

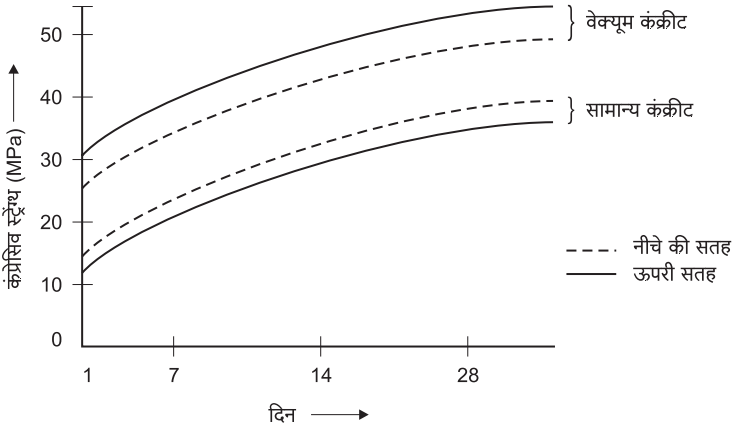
वेक्यूम कंक्रीट के लाभ

1) इससे उच्च वर्केबिलिटि एवं उच्च मजबूती एक साथ सम्भव हो जाती है ।

2) इससे उच्च गुणवत्ता कंक्रीट प्राप्त होती है।

3) इससे फॉर्म-वर्क जल्दी हटाया एवं सतह को जल्दी प्रयोग में लाया जा सकता है ।

4) इससे कंप्रेसिव स्ट्रेंग्थ में भी लगभग 10 से 50% की बढ़ोतरी होती है, हालांकि वेक्यूम कंक्रीट की वजह से नीचे की बजाय ऊपर की सतह पर अधिक लाभ होता है जैसा कि चित्र संख्या-6 में दिखाया गया है ।



चित्र संख्या-6

5) कंक्रीट सतह की रगड़न (Wear) के प्रति प्रतिरोधक शक्ति बढ़ जाती है ।

6) सतह अधिक समतल होती है, क्योंकि कम पानी की वजह से सिकुड़न (Shrinkage) भी कम होती है ।

प्रकाशक
भारतीय रेल सिविल इंजीनियरी संस्थान
पुणे 411001

टाइपसेटिंग तथा मुद्रक
एम. आर. एण्ड कंपनी,
1552, सदाशिव पेठ, चिमणबाग, पुणे 411030, फोन 020-65228163

कीमत रु. 50/-