



दि इंस्टीट्यूशन ऑफ इंजीनियर्स (इंडिया)
उत्तर प्रदेश स्टेट सेन्टर, लखनऊ द्वारा

30. सहभागी सिचाई प्रबन्धन में देश विदेश के अनुभव	इ. फणीश कुमार सिन्हा	91
31. कृषि यंत्रों द्वारा कार्बिनिक खेती	डा. ओम प्रकाश गुप्ता एवं डा. आकाँक्षा गुप्ता	98
32. कैसा हो कल का भारत (स्मार्ट सिटी की परिकल्पना)	इ. राकेश राठौर	101
33. उत्तर प्रदेश में ऊर्जा क्षेत्र का विकास	डा. रमापति दुबे	103
34. मृत्यु को रखे मन में	इ. विजय जोशी	107
35. सुरंग के दूसरे सिरे पर उजाला	इ. सुरेन्द्र सिंह पंवार	110
36. वैज्ञानिकों की कमी से जूझ रहा कृषि क्षेत्र	डॉ. एच.जी. कामले	115
37. ज्ञान विज्ञान के क्षेत्र में भारत की प्राचीन विरासत	इ. के.बी. अग्रवाल	116
38. रामगंगा नदी - स्वास्थ्य एवं अधिक पारिस्थितिकी लाभ निमित्त ई-प्लो का आकलन एवं क्रियान्वयन	इ. रवीन्द्र कुमार	119
39. भारत में विश्व स्तरीय उच्च शिक्षा का अभाव	इ. बाबू राम बाल्यान	126
40. स्वस्थ जीवन हेतु योग	इ. राजेन्द्र प्रसाद	128
41. भारत के ग्रामीण विकास में कृषि प्रसंस्करण का महत्व	डा. जसवंत सिंह	134
42. सूचना अधिकार कानून का दुरुपयोग	इ. साहब सिंह वर्मा	136
43. यमुना नदी में प्रदूषण एवं निदान	डा. सैयद हसन अब्बास	138
44. आर.-ए.पी.डी.आर.पी. योजना से सिहोरा नगर में बदली बिजली वितरण की तस्वीर	इ. विवेक रंजन श्रीवास्तव	140
45. उत्तर प्रदेश में ऊसर की समस्या एवं निदान	इ. बी.पी. श्रीवास्तव, डा. एस.एच. अब्बास एवं इ. विवेक जायसवाल	144
46. भारतवर्ष में सौर ऊर्जा योजनाओं का महत्व	इ. देवकी नन्दन 'शान्त'	148
47. पशुधन उत्पादन हेतु कृषि यंत्रों का प्रबन्धन	डा. मुकेश सिंह, डा. ज्ञानेन्द्र कुमार गौड़ एवं डा. त्रिवेणी दत्त	154
48. वायु प्रदूषण : कारण और निवारण	इ. शशिकान्त दुबे एवं डॉ. परितोष श्रीवास्तव	158
49. सड़क दुर्घटनाएँ : कारण और निवारण	इ. अमर नाथ	161
50. आर.सी.सी. संरचनाओं के अभिकल्पन के तरीकों का मूल्यांकन-कार्यकारी, चरम प्रतिबल एवं सीमा स्थिति विधियों का एक अध्ययन	इ. मनोज कुमार वार्ष्णेय	170
51. पथ से भटकें नहीं	इ. विजय जोशी	174
52. पारिस्थितिकी के घर - भारत के लिए एक स्वाभाविक पसंद ग्रीन हाउस गैस के उत्सर्जन को कम करने के लिए	इ. नीलांजन सेनगुप्ता	175
53. माइक्रोइनकेपसुलेशन : कृषि एवं कीटनाशकों पर प्रभावी तकनीक	डा. अनामिका राय	180
54. इन्स्टीट्यूशन के विभिन्न केन्द्रों पर राष्ट्रभाषा में आयोजित कार्यक्रमों की रिपोर्ट	इ. जगतार सिंह सिविया, इ. अमन दीप सिंह एवं डा. टी.एस. कमल	184
55. पंजाबी भाषा में लेख	इ. सुबीर अधिकारी	191
56. बंगला भाषा में कविता	डा. आई. सत्यनरायन राजू	192
57. तुलुगू भाषा में लेख	इ. त्रिभुवन सिंह	194
58. माँ-गंगा	प्रो. जमाल नुसरत	196
59. उर्दू भाषा में लेख	इ. आनन्द वर्द्धन	196
60. चन्द्र-किरण	इ. आर. पेरियासामी	197
61. तमिल भाषा में लेख		

आर.सी.सी. संरचनाओं के अभिकल्पन के तरीकों का मूल्यांकन-कार्यकारी, चरम प्रतिबल एवं सीमा स्थिति विधियों का एक अध्ययन

इ. मनोज कुमार वार्ष्णेय*

सार

आर.सी.सी. संरचनाओं के अभिकल्पन के तरीकों का मूल्यांकन करने पर स्पष्ट रूप से देखा गया है कि सीमा स्थिति विधि से संरचना के अवयवों का अभिकल्पन तुलनात्मक रूप से मितव्ययी एवं व्यावहारिक है। जबकि कार्यकारी प्रतिबल विधि से किये गये अभिकल्पन में इस्पात की मात्रा में बचत होती है। जो अभिकल्पन की दृष्टि से ज्यादा उचित समझा जा रहा है। जैसा कि वर्तमान में अनेक विधियां इन संरचनाओं के अभिकल्पन के लिए विकसित हो रही हैं परन्तु मौजूदा समय में उपलब्ध विधियों में रनातक स्तर पर सीमा स्थिति एवं डिप्लोमा स्तर पर कार्यकारी प्रतिबल विधि ही पाठ्यक्रम में लागू है। सैद्धान्तिक तौर पर आर.सी.सी. संरचनाओं का अभिकल्पन वर्किंग स्ट्रेस के आधार पर करना एवं साइटों पर वास्तविक अभिकल्पन के लिहाज से एवं आर्थिक दृष्टि से लिमिट स्टेट मैथड ही ज्यादा सही एवं उपयोगी सिद्ध हो रहा है। इस केस स्टडी से वास्तव में साइट/डिजाइन अभियन्ताओं के लिए एक जानकारी मुहैया कराये जाने का उद्देश्य है कि आर.सी.सी. संरचनाओं का अभिकल्पन, लिमिट स्टेट मैथड से ही किया जाना महत्वपूर्ण, व्यावहारिक, मितव्ययी एवं टिकाऊ है।

परिचय

तकनीकी शिक्षा के विकास, उन्नयन एवं सामाजिक गठबंधन में इंजीनियरिंग की विभिन्न शाखाओं यथा सिविल, विद्युत यांत्रिकी व इलैक्ट्रॉनिक्स के अलावा इसकी अन्य

शाखाओं जैसे उत्पादन, निर्माण, पर्यावरण व वास्तुकारक आदि का उदगम हुआ। इसी तारतम्य में तकनीकी शिक्षा के माध्यम से देश की आर्थिक, राजनैतिक व सामाजिक व्यवस्था में सुधार हेतु निर्माण एवं उत्पादन सम्बन्धी गतिविधियां नित नये रूप में विकसित हो रही हैं। सिविल इंजीनियरिंग के क्षेत्र में हो रहे निर्माण कार्य यथा सड़क, पुल, भवन, जल प्रदाय व स्वच्छता आदि कार्यों से देश में हो रहा विकास स्पष्ट दिखाई पड़ रहा है। सिविल इंजीनियरिंग में भवन निर्माण सामग्रियों यथा सीमेंट, ईट, रेत, लकड़ी, रोड़ी, स्टील, चूना व पेन्ट आदि का प्रयोग प्रचुर मात्रा में होता है। इन सामग्रियों के समन्वय एवं सम्मिश्रण से ईट चिनाई व कंक्रीट, आदि कार्य पूर्ण होता है। प्रबलित कंक्रीट (रीइंफोर्सड सीमेंट-कंक्रीट) की धरनें (बीम्स), स्लैब, लिंटेल्, व स्तम्भ आदि भवन निर्माण कार्यों में प्रयोग होते हैं।

दरअसल प्रबलित कंक्रीट बनाने के लिए सीमेंट, मोटा रेत, रोड़ी (स्टोन एग्रीगेट) व पानी से बने कंक्रीट के मिश्रण को स्टील की छड़ों से बने जाल (ढांचे) में यह कंक्रीट डालकर कुटाई व समापन (कांपेक्शन एण्ड फिनिशिंग) कर अवयव बनाया जाता है। यह अवयव प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (रीइंफोर्सड सीमेंट-कंक्रीट) के नाम से जाना जाता है। प्रबलित सीमेंट कंक्रीट के अवयव तनन (टेंशन) एवं सम्पीड़न (कंप्रेशन), दोनों में ही पर्याप्त मजबूत होते हैं। अतः भवन संरचनाओं के अलावा अन्य संरचनाओं में आर.सी.सी. का ज्यादातर प्रयोग किया जाता है।

*वरिष्ठ प्रवक्ता एवं विभागाध्यक्ष, सिविल इंजीनियरिंग, डी.एन. पॉलीटेक्निक, मेरठ (उ.प्र.)-250103
E-mail: manojvarshaney17@rediffmail.com

आर.सी.सी. संरचना पर आने वाले भार के अनुरूप इसके अवयवों का आकार, व स्टील की आवश्यक मात्रा, कंक्रीट के ग्रेड व स्टील के ग्रेड के अनुसार निर्धारित की जाती है। कंक्रीट के ग्रेड का तात्पर्य कंक्रीट के संघटकों के अनुपात से है। जैसे एम₁₅, एम₂₀ व एम₂₅ आदि कंक्रीट के ग्रेड हैं, जहाँ एम-मिक्स को तथा इसके अंक, कंक्रीट की अभिलक्षण सम्पीडन सामर्थ्य (कैरेक्टरिस्टिक कंप्रेसिव स्ट्रेंथ) क्रमशः 15 एन/एमएम², 20 एन/एमएम², व 25 एन/एमएम² को दर्शाता है जबकि कंक्रीट में सीमेंट : बरपर : रोडी का अनुपात क्रमशः 1:2:4, 1:1.5: 3 व 1:1.2 है। कंक्रीट का ग्रेड निर्धारित करने के उपरान्त स्टील का ग्रेड यथा एफई₂₅₀, एफई₃₅₀, एफई₄₁₅, एफई₅₀₀ निर्धारित करना पड़ता है। स्टील के ग्रेडों का तात्पर्य ऐसी स्टील से है जिसकी पराभव सामर्थ्य क्रमशः 250, 350, 450, 500 व 550 एन/एमएम² है। तत्पश्चात् आर.सी.सी. संरचनाओं का अभिकल्पन, संरचना पर आने वाले भारों (चल व अचल) की गणना कर किया जाता है ताकि संरचना में उस अधिकतम भार पर कार्यकारी बनी रहे एवं संरचना स्थायित्व रह सके। इन आर.सी.सी. अवयवों के अभिकल्पन की अनेक विधियां प्रचलित हैं। इन सभी विधियों की अपनी-अपनी मान्यताएं हैं जिनके अनुसार ही अभिकल्पन, गणनाएं कर किया जाता है।

मूल्यांकन की दृष्टि से अभिकल्पित खण्ड का मितव्ययी एवं टिकाऊ होना आवश्यक है। चूँकि आर.सी.सी. अवयवों में स्टील की कीमत, कंक्रीट की कीमत का 60 से 75 गुना होती है अतः अवयव में स्टील की बचत कर अवयव को मितव्ययी बनाया जा सकता है। परन्तु फिर भी विभिन्न अवयवों की अपने हिसाब से स्टील की न्यूनतम मात्रा निर्धारित रहती है।

अवयवों में स्टील तनाव बल व कंक्रीट सम्पीडन बल लेती है और यह तभी सम्भव है जब स्टील व कंक्रीट आपस में पूर्णतः पकड़ में मजबूत हों। अतः विभिन्न अवयवों में तनाव बल आने वाले स्थान पर स्टील की छड़ों

का जाल व सम्पीडन बल आने वाले स्थान पर कंक्रीट की मात्रा अधिक रखी जाती है। अवयवों में तनाव व सम्पीडन क्षेत्र ज्ञात करने के लिए भारों की स्थिति के अनुसार नमन आपूर्ण आरेख (बेंडिंग मूमेंट डायग्राम) व कर्तन बल आरेख गणितीय गणनाओं के आधार पर खींचे जाते हैं।

अभिकल्पन की विधियां : आर.सी.सी. संरचनाओं के अवयवों के अभिकल्पन की मौजूदा समय (वर्तमान समय) तक तीन विधियां ही प्रचलन में हैं।

1. कार्यकारी प्रतिबल विधि (वर्किंग स्ट्रेस मेथड)
2. चरम भार विधि (अल्टीमेट लोड मेथड)
3. सीमा स्थिति विधि (लिमिट स्टेट)

कार्यकारी प्रतिबल विधि में कंक्रीट व इस्पात को प्रत्यास्थ मानकर अभिकल्पन किया जाता है। प्रत्यास्थ सीमा के अन्यर्गत कंक्रीट व स्टील संयुक्त रूप से कार्य करते हुए विफलता तक प्रतिबल व विकृति में रेखीय सम्बंध रखते हैं एवं हुक के नियम का पालन करते हैं। कंक्रीट का नमन प्रतिबल (बेंडिंग स्ट्रेस) सम्पीडन क्षेत्र में, कंक्रीट के ग्रेड के अनुसार 28 दिन की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य को सुरक्षा गुणक जो प्रायः 3 होता है से भाग देकर मालूम किया जाता है। जैसे एम₁₀, एम₁₅, एम₂₀, एम₂₅, एम₃₀, एम₃₅ व एम₄₀ ग्रेड की कंक्रीट के लिए सम्पीडन क्षेत्र में कंक्रीट का अधिकतम अनुमेय नमन प्रतिबल क्रमशः 3, 5, 7, 8.5, 10, 11.5 व 13 लिया जाता है। इसी प्रकार स्टील की अनुमन्य तनन सामर्थ्य, इस्पात की पराभव सामर्थ्य को 1.78 से भाग देकर प्राप्त किया जाता है। स्टील की अनुमन्य तनन सामर्थ्य 140, 190, 230 व 275 एन/एमएम² तक होती हैं। जबकि स्टील का ग्रेड क्रमशः एफई₂₅₀, एफई₃₅₀, एफई₄₁₅ व एफई₅₀₀ हैं। कंक्रीट व इस्पात में प्रतिबल, मान्यताओं के आधार पर है एवं अभिकल्पन इन्हीं के आधार पर किया जाता है, परन्तु व्यवहारिक दृष्टि से सभी मान्यताएं पूर्णतः अनुमन्य नहीं हो पाती हैं।

चरम भार विधि में संरचना के अवयव पर आने वाले

तुलनात्मक तालिका रूप

कार्यकारी प्रतिबल विधि	चरम भार विधि	सीमा स्थिति विधि
<p>एफई-414, के लिए स्ट्रेस = 230 एन/एमएम² एम20 के लिए स्ट्रेस = 7 एन/एमएम² एम=13, एक्स=0.28 डी, जेड=0.91डी घरन खण्ड का अनुमानित साइज सेलेक्टेड बीम साइज =270x530 एमएम घरन का भार =1x270x530 x25000/1000x1000 =3578 एन/एम अधिभार = 1500 एन/एम कुल भार = 18577 =18580 एन/एम प्रभावी लम्बाई =4.00+0.3=4.3 एम नमन आघूर्ण =18580x4.3x4.3/8 =42943 एन-एम घरन का प्रतिरोध आघूर्ण, एम=0.64 डी² डी=498 एमएम=500 एमएम=530 एमएम स्टील का आवश्यक क्षेत्रफल =42943000/230 x0.91x500 =410 एमएम² =415 एमएम² % स्टील =415 x 100/270 x500=0.31% घरनखण्ड कर्तन व अभिलाग में सुरक्षित हैं। मूल्यांकन 1. कंक्रीट क्षेत्रफल =270x530 =143100 एमएम² 2. स्टील का क्षेत्रफल =एसटी=415एमएम²एसएस स्टील का मूल्य =415x60=24900 कंक्रीट का मूल्य =143100+24900=16800/-</p>	<p>स्थिर भार डब्ल्यूडी = 3578 एन/एम घल भार डब्ल्यूआई=1500 एन/एम कुल यूडीएल=1.5x3578+2.2x15000=5367+33000 =38367 एन/एम नमन आघूर्ण एमयू=डब्ल्यूxएलxएल/8=38367x4.3x4.3/8 =86675.73=88675730 एन-एमएम एमयू=0.185एफसीकेxबीxडी² 88675730=0.185x20x270xडी² डी=298=300एमएम डी=300 एमएम एसटी=0.236xएफसीकेxबीxडी/एफवाई एसटी=922 एमएम² % स्टील = 1.14% मूल्यांकन 1. कंक्रीट का क्षेत्रफल = 270 x 330 = 89100 एमएम² कंक्रीट का मूल्य = 89100/- 2. स्टील का क्षेत्रफल = 922 एमएम² स्टील का मूल्य = 922 x 60 = 55320/- कुल मूल्य = 89100 + 55320 = 144420/-</p>	<p>एफई-415 के लिए स्टील में प्रतिबल =0.87x415=361 एन/एमएम² एम-20 कंक्रीट के लिए कंक्रीट में प्रतिबल =0.446x20=8.92 एन/एमएम² ईएस=200000 एन/एमएम² नमन आघूर्ण = 42943000 एन-एमएम फैक्टर आघूर्ण =1.5x42943000=64414500 एन-एमएम एमयू=64414500 एन-एमएम एमयू लिमिट=0.138 बी डी² एफसीके =0.13x270xडी²x20 एमयू=एमयू लिमिट डी = 295 एमएम = 300 एमएम डी = 295 एमएम = 300 एमएम डी = 330 एमएम एक्सयू मैक्स = 0.48 डी जब एफई415 है तब स्टील की सीमा पीलिमिट % = 0.414 x एफसीके x एक्सयू मैक्स/एफवाई x डी = 0.414 x 20 x 0.48 x डी/415 x डी = 9.6/1000 एसटी=9.6x270x295/1000=763 एमएम² = 765 एमएम² स्टील प्रतिशत = 0.94% सेफ इन शियर एण्ड बाण्ड स्ट्रेस मूल्यांकन 1. कंक्रीट का क्षेत्रफल = 270 x 330 = 89100 एमएम² कंक्रीट का मूल्य = 89100/- 2. स्टील का क्षेत्रफल = 765 एमएम² स्टील का मूल्य = 765 x 60 = 45900/- कुल मूल्य = 89100 + 45900 = 13500/-</p>

भार को सम्भावित भार गुणांक से गुणा कर चरम भार निर्धारित कर अभिकल्पन किया जाता है। नमन में (बेंडिंग) कंक्रीट में अनुमत प्रतिबल कंक्रीट के चरम प्रतिबल को उपयुक्त सुरक्षा गुणांक से भाग निर्धारित किये जाते हैं। अवयव के सबसे ऊपरी रेशों के नीचे स्थित रेशों में प्रतिबल अनुमन्य से बहुत कम होते हैं और कुल मिलाकर अवयव न्यून प्रबलित होता है। व्यवहार में कंक्रीट पूर्णतः प्रत्यास्थ नहीं है। इसी वजह से अवयव को भारित करते हुए विफलता बिन्दु तक ले जाने पर अवयव के ऊपरी रेशों में तो चरम प्रतिबल विकसित हो जाता है, परन्तु इसके निचले हिस्से पर यह प्रतिबल इतना नहीं हो पाता, जिस कारण कंक्रीट एकदम विफल नहीं होती है। चरम प्रतिबल सीमा पार करने पर कंक्रीट प्रत्यास्थ से सुघट्य अवस्था की ओर अग्रसर होती है। इस समय चरम प्रतिबल निचले रेशों की ओर स्थानान्तरित होने लगते हैं; जिससे प्रतिबल आरेख परवलयकार हो जाता है। इस विधि में कंक्रीट व इस्पात में मौजूद सामर्थ्य का अधिकतम लाभ उठाया जा सकता है। जिससे अवयव खण्ड की भार वहन क्षमता अधिक प्राप्त होती है। इस विधि से प्राप्त आर.सी.सी. खण्ड काफी छोटा होता है जिससे ये अधिक विक्षेपित होते हैं जो सेवा-योग्यता की दृष्टि से अनुकूल नहीं है।

उक्त दोनों विधियों का सुधरा हुआ रूप सीमा स्थिति विधि से अभिकल्पन करना है, जो सुघट्य अभिकल्पन मान्यताओं पर आधारित है। इस विधि में मुख्यतः दो सीमाओं पर विचार किया जाता है। अवयव अपनी आयु अवधि में आने वाले भारों के प्रति सुरक्षित तो रहे ही साथ ही विक्षेप, दरार आदि भी सीमा में रहकर सेवा योग्यता बरकरार रखे। इस विधि में कंक्रीट प्रत्यास्थ से सुघट्य अवस्था में आकर परवलयकार प्रतिबल आरेख पर विफल होती है। जिससे स्टील के प्रतिबल का अधिकतम उपयोग होता है। कंक्रीट में प्रतिबल 0.66 एफसीके तथा स्टील का पराभव प्रतिबल है। इस विधि में, अभिकल्पित भार, अवयव पर आने वाले भार का 1.5 गुना लिया जाना

अनुमन्य किया गया है।

इस विधि में प्राप्त अवयव खण्ड, कार्यकारी विधि से ज्ञात खण्ड से छोटा होता है जिसमें सेवायोग्यता, अवयव में दरार पड़ने तक अनुमन्य मानी गई है। आर.सी.सी. संरचनाओं के आगणन के आधार पर मूल्यांकन करना तभी सम्भव है जब किसी अवयव का उदाहरण लेकर, अभिकल्पन के अनेक तरीकों का प्रयोग कर कंक्रीट व स्टील की मात्राओं का आंकलन किया जाये। अतः पेपर के शीर्षक को, स्पष्ट करने हेतु व्यवस्था उदाहरण स्वरूप है।

उदाहरण : एकल प्रबलित आर.सी.सी. धरन (बीम) का तीनों विधियों से अभिकल्पन करें यदि इसका पाट (स्पैन) 4.0 मीटर है। इस पर 15 किलो न्यूटन/मीटर का समवितरित भार आ रहा है। एम20 ग्रेड की कंक्रीट, एफई415 ग्रेड की स्टील व भंजक मापांक (मॉड्यूलर रेशियो) एम=13 है।

मूल्यांकन अनुपात

$$\text{डब्ल्यूएस : एलएस : यूआई} = 168000:135000:144420 = 1.24:1.00:1.07$$

स्टील की मात्रा का अनुपात

$$\text{डब्ल्यूएस : एलएस : यूआई} = 0.31:0.94:1.14 = 1:3:3.67$$

कंक्रीट की मात्रा का अनुपात

$$\text{डब्ल्यूएस : एलएस : यूआई} = 143100:89100:89100 = 1.67:1.00:1.00$$

संदर्भ

1. वार्ष्णेय, एम.के. (2009) सिविल एस्टीमेटिंग एण्ड कास्टिंग, नवभारत पब्लिकेशंस, चतुर्थ सं.।
2. वार्ष्णेय, एम.के. (2013) इंडियन वैल्यूअर जर्नल, खण्ड एक्सएलवी, मु.पृ. 674-682।