जल गति अभियांत्रिकी संबंधी संरचनाओं/यंत्रों के प्रभावी परिकल्पन में प्रतिरूप अध्ययन की उपयोगिता

सुरेश चन्द्र शर्मा[1] डा0 सुभाष मित्रा[1] शंकर कुमार साहा[1]
मुख्य अभियन्ता (परिकल्प) प्रभारी अधीक्षण अभियन्ता अनुसंधान अधिकारी
एवं निदेशक

[1]सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की

सारांश

किसी भी देश अथवा क्षेत्र के विकास में जल संसाधन के विकास का महत्वपूर्ण योगदान रहता है। जल संसाधन के समुचित प्रबन्धन एवं उपयोग से बाढ़ नियन्त्रण, जलविद्युत उत्पादन, पेयजल, कल–कारखानों, ताप व आण्विक ऊर्जा उत्पादन हेतु जलापूर्ति, सिंचाई, आदि में मदद मिलती है। अन्ततः मानव समाज के आर्थिक व सामाजिक विकास में एक मजबूत कड़ी के रूप में सहायक साबित होती है। जल स्त्रोतों के विकास व प्रबंधन हेतु विभिन्न द्रव चालित संरचनाओं के निर्माण व यंत्रों के स्थापना की आवश्यकता पड़ती है। जलगतिय संरचनाओं /यंत्रों का परिकल्पन विभिन्न प्रयोगों तथा दीर्घकालीन अनुभवों से प्राप्त सूत्रों (इम्पिरिकल फार्मूले) पर आधारित होता है साथ ही जल गति अभियांत्रिकी में कई जटिल/अज्ञात समस्याएं उत्पन्न हो जाती है जिसका निदान उपलब्ध सूत्रों/अनुभवों से करना सरल नहीं होता है। जलगतिय संरचनाओं/यंत्रों के परिकल्पन से जुड़े अभियन्ता उन संरचनाओं/यंत्रों के निर्माण के पूर्व यह जानने के इच्छुक रहते हैं कि उनके द्वारा परिकल्पित संरचना/यंत्र वास्तविक रूप में निर्माणोपरान्त किस प्रकार कार्य करेगा। उनके मन में उठ रही शंकाओं का समाधान हो जाये इन्हीं शंकाओं को दूर करने, परिकल्पित संरचना/यंत्र का निर्माण/स्थापना के बाद उनके कार्य एवं द्रवीय व्यवहार को जानने, विभिन्न जटिल जलगति समस्याओं के निदान, पर्याप्त, किफायती व टिकाऊ परिकल्पन आदि के लिये इनका प्रतिरूप अध्ययन एक सफलतम माध्यम है।

प्रतिरूप अध्ययन में मुख्यतः मूल संरचना/यंत्र का छोटे/बड़े आकार प्रतिरूप तैयार कर उसमें जल प्रवाहित कर उसके प्रवाह से सम्बन्धी कारक यथा वेग वितरण, दाब, जल प्रवाह का व्यवहार, उसके परिकल्पन की पर्याप्तता आदि का अध्ययन किया जाता है। जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन मुख्यतः फाउड के सादृश्यता का सिद्धान्त, रेयनाल्ड के सादृश्यता का सिद्धान्त आदि के आधार पर भौतिकीय, इलैक्ट्रानिक/विद्युतीय एवं गणितीय/संख्या सूचक प्रतिरूपण के माध्यम से सम्पादित किया जाता है।

1.0 परिचय

अभियांत्रिकी के विभिन्न संरंचनाओं/यन्त्रों में द्रवीय व्यवहार से सम्बन्धित जटिल समस्यायें जिसका आकलन/परिकल्पन उपलब्ध सूत्रों व अनुभवों के आधार पर सम्भव नहीं हो पाता है अथवा जिसके परिकल्पन से विशेषज्ञ पूरी तरह आश्वस्त नहीं हो पाते हैं, प्रतिरूप अध्ययन के माध्यम से बहुत ही सरलता से हल कर लिये जाते हैं। प्रतिरूप अध्ययन में संरचनाओं/यंत्रों को छोटे/बड़े रूप में तैयार कर उसमें तरल पदार्थ प्रवाह कर उनकी द्रवीय निस्सरण क्षमता/उपयोगिता, वेग, दाब, द्रवीय व्यवहार आदि का अध्ययन एवं परिकल्पन किया जाता है। प्रतिरूप अध्ययन में मूल संरचना/यंत्र जिसका अध्ययन करना होता है, को मूलरूप (प्रोटोटाइप) तथा मूल संरचना/यंत्र के अध्ययन हेतु तैयार किये गये छोटे/बड़े आकार की संरचना को प्रतिरूप (मॉडल) कहा जाता है।

प्रतिरूप अध्ययन की संकल्पना (कन्सेप्ट) सर्वप्रथम वर्ष 1852 में फर्डिनान्ड रीच, प्राध्यापक, समुद्रीय अभियंत्रण विद्यालय, पेरिस (स्कूल आफ मेरिन इंजिनियरिंग, पेरिस) द्वारा प्रतिपादित की गई। तत्पश्चात् रावर्ट एडमण्ड फ्रॉउड ने एक परिमापहीन संख्या, फ्रॉउड संख्या {द्रव का वेग/(गुरूत्वाकर्षण के कारण त्वरण ग द्रव की गहराई)$^{1/2}$} जिसका प्रयोग जलीय प्रतिरूप अध्ययन में सर्वाधिक होता है, दिया तथा जलप्रवाह के अवरूद्धता अध्ययन के लिये वर्ष 1862 में जल पटरी पर घसीटने वाली 250 फीट लम्बी टंकी का निर्माण किया।

इसके बाद सर्वप्रथम ऑसबोर्न रेयनॉल्ड ने एक परिमापहीन संख्या, रेयनॉल्ड संख्या {द्रव का वेग ग द्रव की गहराई ग द्रव का घनत्व/द्रव की स्निगधता (स्यानता)} प्रतिपादित कर वर्ष 1885 में मेनचेस्टर विश्वविद्यालय में मेनचेस्टर एवं लीवरपूल के मध्य जहाज चलाने हेतु नहर के प्रतिरूप का परिकल्पन व निर्माण कर प्रतिरूप अध्ययन किया। वृहत रूप से प्रतिरूप अध्ययन सम्पादित कराने के उद्देश्य से ड्रेसडेन

में वर्ष 1889 में पहलो नदी जलगति प्रयोगशाला (रीवर हाइड्रोलिक्स लैबोरेट्री) की स्थापना हुबर्ट एल्जेल्स द्वारा कराई गयी।

भारत में बीसवों सदी के प्रारम्भ में मुम्बई (तत्कालीन बम्बई) के सिंचाई व परनाला (जल निकास) से सम्बन्धित समस्याओं के समाधान हेतु उनके छोटे आकार पर प्रयोगशाला सम्बन्धी अनुसंधान की आवश्यकता को देखते हुए वर्ष 1916 में तत्कालीन बम्बई सरकार (बॉम्बे रेजिडेंसी) द्वारा एक छोटो प्रयोगशाला "विशेष सिंचाई प्रकोष्ठ (स्पेशल इरीगेशन सेल)" की स्थापना की गई जिसे वर्ष 1925 में बम्बई से स्थानान्तरित कर पुणे के पास खडगवासला में स्थापित किया गया। इसी विशेष सिंचाई प्रकोष्ठ का स्वरूप, कार्य क्षेत्र व उद्देश्य में तदन्तर वृद्धि की गयो तथा वर्तमान में इसे 'केन्द्रीय जल एवं शक्ति अनुसंधान केन्द्र, पुणे (सी0 डब्लू0 पी0 आर0 एस0, पुणे)' के नाम से जाना जाता है।

तत्पश्चात नदी से जुड़ी समस्याओं यथा बाढ़ नियंत्रण, नदी जल का उपयोग, जलविद्युत उत्पादन, पीने व घरेलू कार्यो, सिंचाई, कल–कारखानों हेतु जलापूर्ति आदि में करने तथा जल संसाधन के विकास के लिये प्रतिरूप अध्ययन की महत्ता को देखते हुऐ तत्कालीन ब्रिटिश शासित भारत सरकार द्वारा वर्ष 1928 में लगभग सभी प्रांतों में प्रतिरूप अध्ययन हेतु जलगति प्रयोगशालाओं की स्थापना की गई। इसी क्रम में सिंचाई अनुसंधान संस्थान की एक इकाई लखनऊ में स्थापित की गई जिसके प्रथम अनुसंधान अधिकारी महान वैज्ञानिक गेरॉल्ड लेसी थे। वर्ष 1945 में इस इकाई के कार्यक्षेत्र को बढ़ाया गया तथा सन् 1946 में बृहत रूप से जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन हेतु इकाई को बहादराबाद में स्थानान्तरित करते हुए "जलगति अभियान्त्रिकी अनुसन्धान केन्द" बहादराबाद की स्थापना की गई। स्वतंत्रता प्राप्ति के उपरान्त वर्ष 1954 में सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की की स्थापना जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन के साथ–साथ जलाशयों में गाद की मात्रा का आकलन, पदार्थ (कंक्रीट, सीमेंट, इस्पात, पत्थर आदि) एवं मृदा परीक्षण, स्थलीय परीक्षण, संगणक (कम्प्यूटर) से सम्बन्धित आधारभूत शोध, भूमिगत जलों के प्रवाहों का अध्ययन, दूर संवेदी शोध आदि के उद्देश्य से की गई। इस प्रकार यह संस्थान पिछले पाँच दशक से अधिक समय से अनवरत उक्त क्षेत्रों में देश–विदेश की सेवा में तल्लीन है तथा वर्तमान में देश के अग्रणी संस्थानों में से एक है।

2.0 जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन की आवश्यकता

भारत में वर्षा, वर्ष के एक सीमित समय में ही होती है जिसके फलस्वरूप वर्षा वर्ष के सीमित समय में अधिक होने के कारण तथा शेष समय में नगण्य वर्षा के कारण जल स्त्रोतों के सफल एवं उचित उपयोग हेतु विभिन्न नदियों में प्रवाहित होने वाले जल का प्रबंधन कई दृष्टिकोणों से अत्यावश्यक है। वर्षा ऋतु में अत्यधिक वर्षा होने के कारण नदियों के जलप्रवाह में वद्धि हो जाती है जिससे मैदानी इलाकों में बाढ़ आ जाती है। फलस्वरूप जानमाल की अपार क्षति होती है तथा बाढ़ प्रभावित क्षेत्र का विकास रूक–सा जाता है। जल संसाधन प्रबन्धन एवं विकास के अन्तर्गत नदियों में छोटे–बड़े बांध बनाकर वर्षा के जल को जलाशयों में संग्रह कर उसका उपयोग अन्य मौसम में जलविद्युत उत्पादन, सिचाई, पेयजल व घरेलू कार्यो, कल–कारखानों हेतु जलापूर्ति, आदि हेतु किया जाता है। इस प्रकार नदी घाटी सम्बन्धी बहुउद्देशीय जल परियोजनाओं के निर्माण हेतु विभिन्न जलगतिय संरचनाओं का परिकल्पन विभिन्न प्रयोगों के अवलोकन व अनुभवों पर आधारित सूत्रों (इम्पिरिकल फॉर्मूले) के अनुसार किया जाता है। उक्त संरचनाओं का परिकल्पन मुख्यतः तीन तरीके से किया जाता है :–

(अ). सिद्धान्त व तर्को पर आधारित तरीके,

(ब). पूर्व परिकल्पित समान संरचनाओं के कार्य एवं व्यवहार (परफारमेंस) के अनुभवों पर आधारित तरीके, एवं

(स). प्रस्तावित परिकल्पन के प्रतिरूप अध्ययन से प्राप्त अवलोकनों पर आधारित तरीके।

परन्तु प्रत्येक संरचनाओं में स्थलीय स्वरूप, आकार, प्रकार, उनके उद्देश्य एवं कार्य आदि तथा परिकल्पन भिन्नता के कारण इस क्षेत्र में अनुभव की कमी बनी रहती है। साथ ही कई भिन्न–2 समस्याओं एवं असमान व अस्थिर प्रवाह (नान–यूनिफार्म एण्ड अनस्टीडी फ्लो), गाद प्रवाह, प्रवाह का बिखराव, घनत्व जलप्रवाह, संरचनाओं के जटिल ज्यामिति आकार का हल अक्सर सैद्धान्तिक व तको पर आधारित सूत्रों के आधार पर करना आसान नहीं होता है। ऐसी दशा में इन समस्याओं का हल प्रतिरूप अध्ययन जो प्रायोगिक कार्यो से प्राप्त अवलोकनों व अनुभवों पर आधारित होता है, के माध्यम से करना सबसे उपयुक्त व दक्ष तरीका साबित हुआ है।

उक्त के अतिरिक्त अभियन्तागण/वैज्ञानिक जो विभिन्न जलीय संरचनाओं/यंत्रों के परिकल्पन, निर्माण व विशेषज्ञ के रूप में पूरी दक्षता से विभिन्न समस्याओं के समाधान करने के लिए जुड़े रहते हैं, उनकी उत्सुकता रहती है कि पूर्व में ही पता लगा लिया जाये कि उनके द्वारा परिकल्पित संरचना/यंत्र अथवा सुझाव निर्माण के बाद किस प्रकार कार्य करेगा। साथ ही परिकल्पन को और अधिक परिपक्व बनाने की दिशा में प्रकृति के अज्ञात/अनसुलझे पहलुओं को परिकल्पन में समावेश कराने के लिये सुरक्षात्मक कारक (फैक्टर ऑफ सेफ्टी) का प्रयोग करते हैं। ऐसी स्थितियों में प्रतिरूप अध्ययन से मूल संरचना में काफी हद तक जल प्रवाह के तरीके/रूख का पता लग जाता है जिससे परिकल्पनकर्ता के आत्म विश्वास में वृद्धि होती है। इस प्रकार जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन बहुउद्देशीय जलपरियोजनाओं के निर्माण हेतु विभिन्न जलगतिय संरचनाओं/यंत्रों के सुरक्षित, किफायती, पर्याप्त व दक्ष परिकल्पन में रामबाण को तरह सहायक है।

3.0 प्रतिरूप अध्ययन के सम्पादन का माध्यम

जल संसाधन सम्बन्धी समस्याओं का निदान सामान्यतः प्रतिरूप अध्ययन के तीन माध्यमों से किया जाता है:–
(अ). जलगतिय भौतिक प्रतिरूप अध्ययन (हाइड्रोलिक फिजिकल मॉडल स्टडी) द्वारा,
(ब). इलेक्ट्रॉनिक प्रतिरूप अध्ययन (इलेक्ट्रॉनिक मॉडल स्टडी) द्वारा, एवं
(स). गणितीय/सांख्यिय प्रतिरूप अध्ययन (मथेमैटिकल/नुमेरिकल मॉडल स्टडी) द्वारा।
(अ). जलगतोय भौतिक प्रतिरूप (हाइड्रोलिक फिजिकल मॉडल) मुख्यतः दो प्रकार के होते हं :–
(1). ज्यामितोय समान (ज्योमिट्रिक सिमिलर) प्रतिरूप :– इसमें प्रतिरूप मूल संरचना/यन्त्र को एक ही पैमाने (स्केल) पर प्रतिरूपित कर निर्माण किया जाता है।
(2). विकृत/ज्यामितिय असमान (डिस्टोर्टेड) प्रतिरूप :–इसमें प्रतिरूप मूल संरचना/यन्त्र के ऊर्ध्वाधर व क्षैतिज आकार को अलग–अलग पैमाने (स्केल) पर प्रतिरूपित कर निर्माण किया जाता है।
उपर्युक्त दोनों प्रकार के प्रतिरूपों का निर्माण तीन प्रकार से किया जाता है
(क). दढ़ प्रतिरूप (रिजिड मॉडल) –
इस प्रकार के प्रतिरूप में नदी का किनारा व तल (बैंक्स एण्ड बेड ऑफ द रीवर) दृढ़ बनाये जाते हैं। इस प्रकार के प्रतिरूप मुख्यतः बाढ़ के जलस्तर ज्ञात करने के लिये बनाये जाते हैं।
(ख). अर्द्धदृढ़ प्रतिरूप (सेमीरिजिड मॉडल) –
इस प्रकार के प्रतिरूप में नदी के किनारे व तल में कुछ भाग दृढ़ व कुछ भाग चलायमान (मुवेबल) बनाये जाते हैं।
(ग). चलायमान नदी तल प्रतिरूप (मूवेबल रिवर बेड मॉडल) –
इस प्रकार के प्रतिरूप में नदी के किनारे व तल चलायमान (मुवेबल) बनाये जाते हैं। कभी–कभी नदी का किनारा अत्यधिक ऊर्ध्वाधर होने की स्थिति में प्रतिरूप की सुरक्षा के दृष्टिकोण से दृढ़ भी बनाया जाता है।
(ब). इलैक्ट्रानिक प्रतिरूप अध्ययन द्वारा मुख्यतः गाद से जुड़ी समस्याओं का हल निकाला जाता है।
(स). गणितीय/सांख्यिय प्रतिरूप अध्ययन द्वारा बांध के स्पिलवे, सुरंग, नदी, समुद्र की छोटी शाखा/ छोटी खाड़ी/नदी मुख, बंदरगाह आदि के जल प्रवाह से जुड़ी समस्याओं का हल किया जाता है।
सामान्यतः गणितीय/ सांख्यिय प्रतिरूप अध्ययन दो तरीकों से किया जाता है :–
(क). सांख्यिय प्रतिरूप अध्ययन : जटिल जलगतिय सूत्रों पर आधारित।
(ख). संगणक (कम्प्यूटर) द्वारा : विभिन्न साफ्टवेयर्स की मदद से।

4.0 प्रतिरूप अध्ययन के सादृश्यता (सिमिलरिटी) के सिद्धान्त

सामान्यतः सादृश्यता तीन प्रकार के होते हैं :–
(क). ज्यामितोय सादृश्यता (ज्योमिट्रिक सिमिलरिटी)
(ख). गतिय सादृश्यता (कायनेमेटिक सिमिलरिटी)
(ग). गतिशक्ति सादृश्यता (डायनेमेटिक सिमिलरिटी)
(क). ज्यामितोय सादृश्यता (ज्योमिट्रिक सिमिलरिटी)
जब मूल संरचना/यंत्र के सभी परिमाण (डायमेन्शन) और प्रतिरूप के सभी परिमाण का अनुपात समान हो अर्थात् ज्यामितोय सादृश्यता का मतलब आकार के सादृश्यता से हो।
लम्बाई पैमाना अनुपात = $ल0_{अ0} = ल0_{प्र0}/ल0_{मू0} = चौ0_{प्र0}/चौ0_{मू0} = उ0_{प्र0}/उ0_{मू0} = ग0_{प्र0}/ग0_{मू0}$
क्षेत्रफल पैमाना अनुपात = $क्षे0_{अ0} = क्षे0_{प्र0}/क्षे0_{मू0} = ल0_{प्र0}$ ग $चौ_{प्र0}/(ल0_{मू0}$ ग $चौ0_{मू0}) = ल0_{अ0}^2$
घनफल पैमाना अनुपात = $घ0_{अ0} = घ0_{मू0}/घ0_{प्र0} = ल0_{प्र0}$गचौ$0_{प्र0}$ग /(ऊ$0_{प्र0}ल0_{मू0}$ गचौ$0_{मू0}$ गऊ$0_{मू0}$)
$= ल0_{अ0}^3$
ऊपर के संकेत ल0, चौ0, उ0, ग0, क्षे0, घ0, अ0, मू0 एवं प्र0 क्रमशः लम्बाई, चौड़ाई, ऊँचाई, गहराई, क्षेत्रफल, घनफल, अनुपात, मूल संरचना व प्रतिरूप संरचना के द्योतक है।
(ख). गतिय सादृश्यता (कायनेमेटिक सिमिलरिटी)
जब मूल संरचना एवं प्रतिरूप ज्यामितोय सादृश्य हो तथा उनके वेग व त्वरण का अनुपात समान हो तो ऐसी स्थिति में गतिय सादृश्यता स्थापित हो जाती है।
समय पैमाना अनुपात = $स0_{अ0} = स0_{प्र0}/स0_{मू0}$
वेग पैमाना अनुपात = $वे0_{अ0} = ल0_{प्र0}$ ग $स0_{मू0}/(ल0_{मू0}$ ग स0 $_{प्र0}) = ल0_{अ0}/स0_{अ0}$
त्वरण पैमाना अनुपात = $त्व0_{अ0} = ल0_{अ0}/स0_{अ0}^2$
निस्सरण पैमाना अनुपात = $नि0_{अ0} = ल0_{अ0}^3/स0_{अ0}$
(ग). गतिशक्तिय सादृश्यता (डायनेमिक सिमिलरिटी)
यदि मूल संरचना व प्रतिरूप के मध्य ज्यामितोय व गतिय सादृश्यता हो तथा दोनों संरचनाओं मूलरूप एवं के समान बिन्दुओं पर लगने वाले सभी बलों के अनुपात समान हो जाते हैं तो मूल संरचना व प्रतिरूप के मध्य गतिशक्तिय सादृश्यता स्थापित हो जाती है।

4.1 सादृश्यता का सिद्धान्त/प्रतिरूपता का सिद्धान्त

सामान्यतः विभिन्न जलगतिय संरचनाओं में हो रहे जल प्रवाह पर मुख्य रूप से जड़त्व बल (इनर्शिया फोर्स), गुरूत्वाकर्षण बल (ग्रेविटी फोर्स), स्निगध/स्यान बल (विस्कस फोर्स), दाब बल (प्रेशर फोर्स), प्रत्यास्थ बल (इलास्टिक फोर्स), सतही तनाव बल (सरफेस टेन्सन फोर्स) कार्य करते हैं। सामान्यतः ये सभी बल किसी एक प्रवाह की स्थिति में एक साथ प्रभावी रूप से कार्य नहीं करते हैं अथवा यदि ये सभी बल एक साथ कार्य करते भी हैं तो उसकी मात्रा जड़त्व बल तथा किसी एक प्रभावी बल की तुलना में नगण्य होती है। इस प्रकार द्रव प्रवाह के विभिन्न परिस्थितयों में कार्यस्थलीय परिस्थिति अनुसार जड़त्व बल के अतिरिक्त शेष बलों में कोई एक बल अन्य बलो की तुलना में बहुत अधिक प्रभावी होता है।

सादृश्यता के सिद्धान्त के अनुसार ऐसा माना जाता है कि विभिन्न परिस्थिति में द्रव प्रवाह के अनुसार मूल संरचना व प्रतिरूप में परिमापहीन कारक (डायमेन्शनलेस पैरामीटर) समान होगे।

विभिन्न सादृश्यता सिद्धान्त निम्नानुसार हैं :–

(अ). फ्रॉउड सादृश्यता का सिद्धान्त

जब द्रव प्रवाह में जड़त्व बल के साथ गुरूत्वाकर्षण बल जो द्रव के प्रवाह को गति प्रदान करता है, एक मात्र प्रभावी बल हो तो फ्रॉउड के प्रतिरूपता सिद्धान्त के अनुसार मूल संरचना व प्रतिरूप में फ्रॉउड संख्या समान होगा।

$फ्रा0सं0_{प्र0} = फ्रा0सं0_{मू0}$

$(द्रव का वेग)_{प्र0} / (गुरूत्वाकर्षण त्वरण_{प्र0} \times द्रव का गहराई_{प्र0})^{1/2} =$

$(द्रव का वेग)_{मू0} / (गुरूत्वाकर्षण त्वरण_{मू0} \times द्रव का गहराई_{मू0})^{1/2}$

$वे0_{अ0} = (गुरूत्वाकर्षण त्वरण_{अ0} \times लम्बाई_{अ0})^{1/2}$

$वे0_{अ0} = लम्बाई_{अ0}^{1/2}$ चूँकि $गुरूत्वाकर्षण त्वरण_{अ0} = 1$

(ब). रेयनॉल्ड सादृश्यता का सिद्धान्त

जब द्रव प्रवाह में जड़त्व बल के साथ स्निगध/स्यान बल जो द्रव के प्रवाह को गति के साथ– साथ स्निगधता/स्यानता प्रदान करता है, एक मात्र प्रभावी बल हो तो रेयनॉल्ड के प्रतिरूपता सिद्धान्त के अनुसार मूल संरचना व प्रतिरूप में रेयनॉल्ड संख्या समान होगा।

सामान्यतः जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन फ्रॉउड व रेयनॉल्ड प्रतिरूपता के सिद्धान्त पर ही आधारित होता है।

5.0 अन्य प्रतिरूप सिद्धान्त

(स). आयलर प्रतिरूप सिद्धान्त – प्रभावी बल –जड़त्व एवं दाब बल

(द). मेक प्रतिरूप सिद्धान्त – प्रभावी बल –जड़त्व एवं प्रत्यास्थ बल

(इ). वेबर प्रतिरूप सिद्धान्त – प्रभावी बल –जड़त्व एवं सतही तनाव बल

फ्रॉउड एवं रेयनॉल्ड सादृश्यता का सिद्धान्त के अनुसार कुछ कारकों के पैमाना (स्केल) अनुपात समान द्रव हेतु निम्न तालिका–1 में वर्णित है।

तालिका–1

विभिन्न कारक	प्रतिरूप पैमाना अनुपात	
	फ्रॉउड प्रतिरूपन सिद्धान्त	रेयनॉल्ड प्रतिरूप सिद्धान्त
लम्बाई	$ल0_{अ0}$	$ल0_{अ0}$
वेग	$(ल0_{अ0})^{1/2}$	$^{1}/ल0_{अ0}$
समय	$(ल0_{अ0})^{1/2}$	$(ल0_{अ0})^{2}$
निस्सरण	$(ल0_{अ0})^{5/2}$	$ल0_{अ0}$
विशिष्ट दाब	$(ल0_{अ0})$	$^{1}/(ल0_{अ0})^{2}$

6.0 प्रतिरूप अध्ययन हेतु प्रतिरूपन पैमाने का चयन/परिकल्पन

प्रतिरूप अध्ययन हेतु प्रतिरूपन पैमाने (मॉडल स्केल) का चयन निम्नलिखित बिन्दुओं को ध्यान में रख कर किया जाता है:–

(क). प्रतिरूप कार्यस्थल (प्रयोगशाला) पर प्रतिरूप निर्माण हेतु पर्याप्त स्थान व आकार की उपलब्धता,

(ख). मूल संरचना में जलस्तर (संरचना के आगे व पीछे) में कुल अन्तर,

(ग). मूल संरचना के अध्ययन हेतु प्रतिरूप का आकार,

(घ). प्रतिरूप कार्यस्थल पर प्रतिरूप हेतु अधिकतम जल निस्सरण पर पोषक नहर एवं परनाला (ड्रेनेज) के अधिकतम जलस्तर का अन्तर,

(ड़). प्रतिरूप अध्ययन का स्वरूप, प्रकार, उद्देश्य, आदि,

(च). मूल संरचना में अधिकतम निस्सरण,
(छ). प्रतिरूप में जलप्रवाह की प्रकृति, इत्यादि

7.0 सीमायें एवं उपयोगितायें

हालांकि प्रतिरूप अध्ययन की अपनी कुछ सीमायें हैं फिर भी जल संसाधन सम्बन्धी जटिल समस्याओं जिसका समाधान उपलब्ध सूत्रों/अनुभवों के आधार पर नहीं हो पाता है, तुलनात्मक अध्ययनों हेतु दूसरा कोई कारगर विकल्प उपलब्ध नहीं है । प्रतिरूप अध्ययन जलसंसाधन सम्बन्धी जटिल समस्याओं के गुणात्मक अध्ययन व समाधान में काफी सहायक है।

8.0 सिचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की में चल रहे प्रतिरूप अध्ययनों की एक झलक

सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की में पदार्थ (कंक्रीट, सीमेंट, पत्थर, चूना, मिनरल/केमिकल एडमिक्सचर्स, इस्पात, आदि) परीक्षण, मृदा परीक्षण, भूजल प्रतिरूप अध्ययन, जलाशयों में गाद की मात्रा का आकलन आदि के साथ–साथ इनकी इकाई जलविज्ञान केन्द्र, बहादराबाद में निम्नलिखित संरचनाओं के जलगतिय प्रतिरूप अध्ययन सम्पन्न किये जाते है :–
(क). तलछट अन्तर्ग्राही (सेडिमेन्टेशन चैम्बर)
(ख). स्पिलवे एवं इनर्जी डिसीपेशन
(ग). पावर इन्टेक का परिकल्पन
(घ). बैराज, पुल आदि के अक्ष का निर्धारण
(ड़). स्पिलवे एवं गाद प्रवाह
(च). जलगुणवत्ता अध्ययन
(छ). बाढ़ स्तर का पूर्वानुमान
(ज). नदी से होने वाले कटाव की रोकथाम सम्बन्धी अध्ययन
(झ). नहर व क्रास ड्रेनेज वर्क्स
(ञ). सिल्ट एक्सक्लुडर व सिल्ट इजेक्टर
(ट). उल्लोल कुण्ड एवं पातनाल (सर्जटैंक – पेनस्टॉक्स)
(ठ). परिवर्तन/रूख बदलाव सुरंग (डायवर्जन टनल)
(ड). जलगति मापी यंत्र का प्रमाणीकरण (केलिब्रेशन ऑफ करन्ट मीटर)
(ण). मौसम सम्बन्धी ऑकड़ों (वर्षा, तापमान, सापेक्ष आर्द्रता, आदि) का अवलोकन।

संस्थान द्वारा पिछले लगभग साठ वर्षो में विभिन्न नदियों व बहुउद्देशीय जलपरियोजनाओं के प्रतिरूप अध्ययन सम्पादित किये गये हैं। वर्तमान में संस्थान द्वारा निम्नलिखित प्रतिरूप अध्ययन का कार्य सम्पादित किये जा रहे हैं :–

(क). तलछट अन्तर्ग्राही

1. श्रीनगर जलविद्युत परियोजना (उत्तराखण्ड)
2. रंगित जलविद्युत परियोजना (सिक्किम)
3. तिस्ता स्टेज–3 जलविद्युत परियोजना (सिक्किम)
4. पीपलकोटी विष्णुप्रयाग जलविद्युत परियोजना (उत्तराखण्ड)

(ख). स्पिलवे व इनर्जी डिसीपेशन

1. कालीसिन्ध बांध परियोजना (राजस्थान)
2. डिबिन जलविद्युत परियोजना (अरूणाचल प्रदेश)
3. सोमा सिसिरी जलविद्युत परियोजना (अरूणाचल प्रदेश)
4. मियार जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)
5. हसन बांध परियोजना (खाड़ी देश यमन)
6. मर्सियान्डि जलविद्युत परियोजना (नेपाल)
7. न्योबारगो जलविद्युत परियोजना (अफ्रीकी देश रवान्डा)
8. होली बजोली जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)
9. रातले जलविद्युत परियोजना (जम्मू एण्ड कश्मीर)
10. पीपलकोटी विष्णुप्रयाग जलविद्युत परियोजना (उत्तराखण्ड)

(ग). पावर इन्टेक

1. तीस्ता –3 जलविद्युत परियोजना (सिक्किम)
2. डिबिन जलविद्युत परियोजना (अरूणाचल प्रदेश)
3. मियार जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)

4. रातले जलविद्युत परियोजना (जम्मू एण्ड कश्मीर)
5. होलो बजोली जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)

(घ). स्पिलवे व गाद प्रवाह

1. होली बजोली जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)
2. डिबिन जलविद्युत परियोजना (अरूणाचल प्रदेश)
3. मियार जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)
4. रातले जलविद्युत परियोजना (जम्मू एण्ड कश्मीर)
5. न्योबारगो जलविद्युत परियोजना (रवान्डा)

(ज). उल्लोल कुण्ड एवं पातनाल

1. रामपुर जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)

(झ). बाढ़ स्तर का पूर्वानुमान

1. पंचकुला में घग्घर नदी से गोल्फ कोर्स के बचाव हेतु (हरियाणा)
2. कालीसिन्ध बांध परियोजना (राजस्थान)

(ट). नदी के कटाव से रोकथाम सम्बन्धी अध्ययन

1. टाण्डा पम्प नहर परियोजना (उत्तर प्रदेश)
2. सहरसा–मानसी रेल खण्ड में कोसी बागमती नदी पर बने पुल का अध्ययन (बिहार)
3. बोगीबिल (आसाम) में ब्रह्मपुत्र नदी पर बने रेल पुल का अध्ययन

(ठ). बैराज व पुल के अक्ष का निर्धारण

1. मियार जलविद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश)

(ड). परिवर्तन / रूख बदलाव सुरंग

1. डिबिन जलविद्युत परियोजना (अरूणाचल प्रदेश)

9.0 उपसंहार

देश के कुछ राज्यों में हिन्दी में प्रावैधिकी (डिप्लोमा) स्तर के अभियांत्रणा की पढ़ाई होती है। परन्तु स्नातक स्तर के अभियंत्रणा की पुस्तक पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध न होने के कारण अभियांत्रिकी क्षेत्र में हिन्दी का प्रचार समुचित तरीके से नहीं हो पा रहा है। हालाकि मारतीय मानक ब्यूरो द्वारा उनके सभी प्रकाशित मार्गदर्शिका (कोडों)/मार्गदर्शन (गाइडलाइन्स)/हस्तपुस्तिका (हैण्डबुक्स) को हिन्दी में अनुवाद हेतु सार्थक प्रयास किये जा रहे हैं। प्रस्तुत लेख में सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की के अधीनस्थ बहादराबाद (जिला हरिद्वार) स्थित जलविज्ञान अनुसंधान केन्द्र में हो रहे प्रतिरूप अध्ययनों के सिद्धान्त एवं उनकी जलविद्युत परियोजनाओं, सिंचाई एवं बाढ से सम्बन्धित संरचनाओं के प्रभावी परिकल्प में प्रासंगिकता के बारे में विस्तार से प्रकाश डाला गया है।

सन्दर्भ

1. मोदी, पी0 एन0 एवं सेठ, एस0 एम0, "हाइड्रोलिक्स एण्ड फ्लूड मैकेनिक्स" स्टैण्डर्ड बुक हाउस", नई सड़क, नई दिल्ली–6।

2. अध्याय– 10, "सिमुलेशन स्टडीज एण्ड टैक्निक्स" पब्लिकेशन नं0 २०४, रिवर विहेवियर मिण्डरिंग एण्ड मैनेजमेन्ट केन्द्रीय सिंचाई एवं शक्ति परिषद, नई दिल्ली प्रकाशन,।

3. भारतीय मानक 14955:2001 "वैरेज तथा वियर के द्रवचालित मॉडल के अध्ययन की मार्गदर्शिका"।

4. आई0 आर0 सी0 : 89–1996 "गाइड लाइन्स फार डिजाइन एण्ड कन्स्ट्रक्शन आफ रिवर ट्रेनिंग एण्ड कन्ट्रोल वर्क्स फार रोड ब्रिजेज"।

5. नोबाक, पी0 एवं कवेल्का, जे0, "माडल्स इन हाइड्रोलिक्स इंजिनियरिंग" मिरमेन एण्डवांस पब्लिशिंग प्रोग्राम, बोस्टन।
6. आर्नेट, आर0, राबर्ट, पी0 एवं वाल, टी0, "हाइड्रोलिक्स माडलिंग : कन्सेप्ट एण्ड प्रक्टिस", ए0एस0 सी0 ई0, विर्जिनिया।

7. वेबसाइट : सी0 डब्लू0 पी0 आर0 एस0, पुणे।

8. सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की के विभिन्न तकनीकी प्रत्यावेदन।

9. ढिल्लन, जी0 एस0, "वोरटेक्स फोरमेशन एट पाइप इन्टेक एण्ड इट्स प्रिडिक्शन" सी0 बी0 आई0 पी0 स्टेट रिपोर्ट नं0 6, जनवरी 1980।