जल संसाधन परियोजनाओं में मापयंत्रण

हरि देव
वरिष्ठ अनुसंधान अधिकारी

नरेन्द्र कुमार गुप्ता
वरिष्ठ अनुसंधान अधिकारी

केन्द्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला , नई दिल्ली

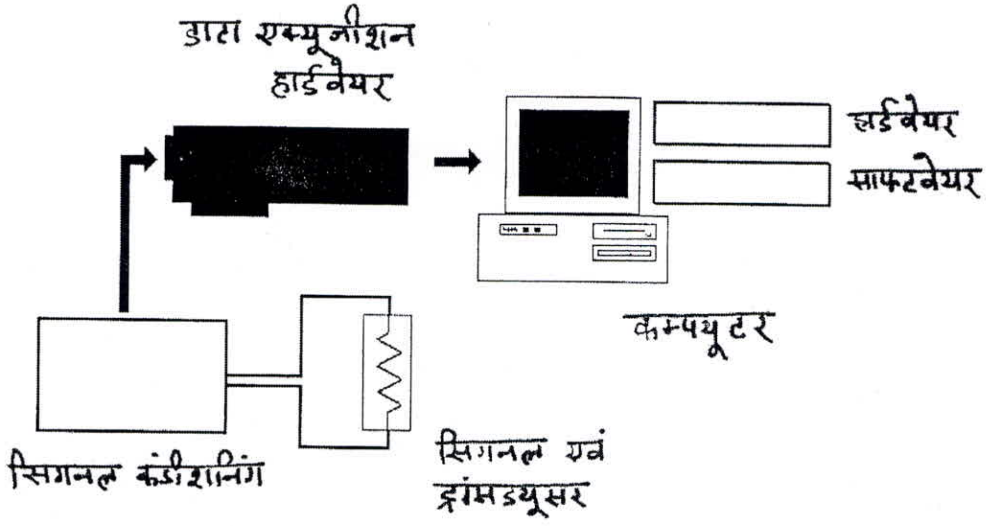
1.0 प्रस्तावना

मापयंत्रण - एक औजार/ हथियार का काम करता है जो कि किसी भी परियोजना, संरचना के निर्माण के दौरान एवम् उसके उपरांत संरचना के व्यवहार के विश्लेषण हेतु किया जाता है। किसी भी बांध पर मापयंत्रों को विभिन्न कारणो के लिए स्थापित किया जाता है। किसी भी निर्माण से पूर्व उस स्थान की स्थितियों जैसे कि भूमि जल की स्थिति को जानने के लिए मापयंत्रण किया जाता है। किसी भी बांध परियोजना में अधिकतर समस्याएं उत्खनन के समय बनायी जा रही सुरंग की शिलाओं व मृदा संहति में होने वाली शक्ति में बदलाव और उसके विरूपण की वजह से होती है।इस लेख मे किसी भी सरंचना के निमार्ण के दौरान एवम् उसके उपरांत सरंचना की मानीटरिंग करने के लिए इस्तेमाल होने वाले मापयंत्रों/ उपकरणों का उल्लेख किया गया है। सही समय पर उपयुक्त उपकरणों का उपयोग बेशकीमती सूचनाएं देने मे तथा किसी भावी संकट की रोकथाम मे काफी सहायक होता है।

2.0 विरचूअल मापयंत्रण

आज के दौर में मापयंत्रण में अधिकतर विरचूअल मापयंत्रण प्रणाली (चित्र 1) का इस्तेमाल किया जा रहा है। इस विधि में डाटा एक्यूजीशन सिस्टम जो कि कम्पयूटर आधारित यंत्रण प्रणाली है, के द्वारा किसी भी उपकरण की मानीटरिंग की जाती है। इस विधि ने दीर्घकालिक मानीटरिंग को सरल बना दिया है। वास्तव में कम्पयूटर ने उपकरण/ यंत्र और यंत्रण प्रणाली के स्वरूप को ही बदल दिया है। प्रयोगशाला शोध, परीक्षण एवं मापन से लेकर विश्लेशण व प्रौसेस नियंत्रण की पूरी प्रक्रिया अब कम्पयूट्रीकृत है। यह अधिक सुगम, तीव्र और एक्यूरेट तथा स्वचालित प्रणाली है।इस विधि में किसी भी भौतिक पैरामीटर जैसे तापमान, दाब, गति, आवृति मापने के लिये उस में हो रहे बदलाव को उसी अनुपात की विधुत धारा में बदला जाता है और फिर इस विधुत धारा का मापन किया जाता है और परिवर्तित डाटा इंजीनिरिंग यूनिट में मिल जाता है। इस कम्पयूटर आधारित प्रणाली में निम्नलिखित पुर्जे होते हैं-

- ट्रांसडयूसर, सिगनल कंडीशनिंग यूनिट
- ए डी एवं डी ए कार्ड
- कम्पयूटर
- विश्लेषण साफ्टवेयर



चित्र 1- विरचूअल मापयंत्रण का आरेखीय चित्र

मापयंत्रण की इस विधि द्वारा अक्सर लिये गये डाटा को उसी समय मापयंत्रण के साथ -साथ भी इस्तेमाल किया जा सकता है। इस को आन लाइन आप्रेशन कहते हैं तथा डाटा को भविष्य में इस्तेमाल के लिये भी रखा जा सकता है।

2.1 मापयंत्रण के अनुप्रयोग

मापयंत्रण मुख्यतः निम्नलिखित उद्देश्यों के लिये किया जाता है-

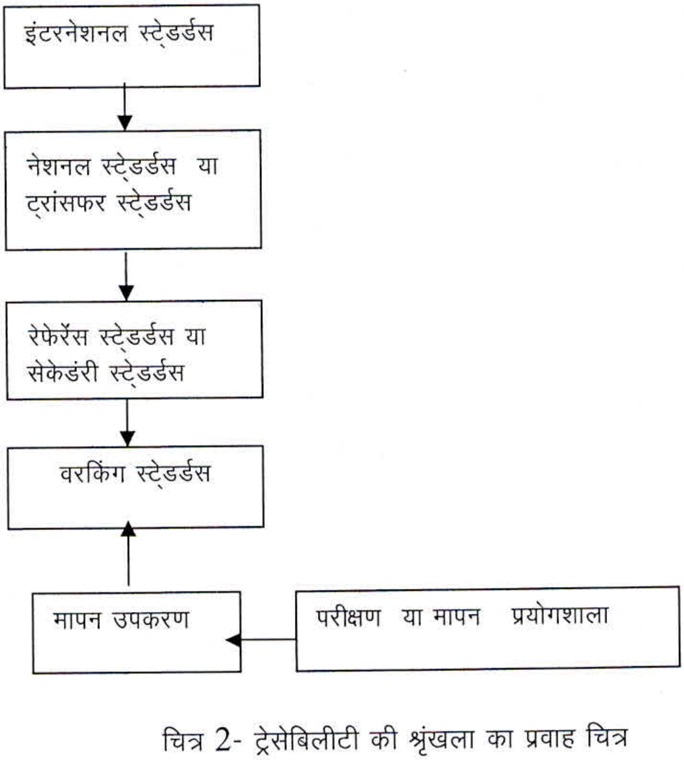
- शिला एवं संहति के गुणों की पहचान के लिये
- प्राकृतिक अथवा कृत्रिम व्यवधानों की वजह से उत्पन्न विरूपता के मापन के लिये
- व्यवधानों के प्रभाव क्षेत्र में स्थित पूर्ववर्ती संरचना के स्वामित्व के मापन के लिये
- भौतिक मापन के लिये
- वर्तमान अथवा विभव संकट की पहचान हेतु
- संबध मानव रचित संरचनाऔं के भूवैज्ञानिक पिंडों की दीर्घकालिक मानीटरिंग के लिये

उपकरणीकरण में कार्यरत अधिकारियों एवं कर्मचारियों को इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि किसी भी परियोजना के सफल होने में उपकरणीकरण का बहुत बड़ा हाथ है। विज्ञान और विशेषत: इंजिनियरिंग के क्षेत्र मे किसी राशि का मापन इस बात पर निर्भर करता है कि मापन के लिए इस्तेमाल किए जाने वाला उपकरण कितना एक्यूरेट है। प्रसिद्व विज्ञानी केल्विन के शब्दों में यदि किसी राशि का मात्रात्मक ज्ञान हमारे पास नही है तो वह वैज्ञानिक राशि नही कही जा सकती।

एक सफल मापयंत्रण निम्नलिखित बातों पर निर्भर करता है-

- अंशशोधन (कैलिब्रेशन)
- एक्यूरेट (यथार्थ) उपकरण
- नेशनल स्टे्डर्डस की ट्रेसेबिलीटी
- माप की अनिश्चितता की जानकारी
- अच्छे मापन की प्रक्रिया
- स्थिरता (स्टेबिलिटी)

मापन के लिये प्रयुक्त होने वाले मापक यंत्र द्वारा दर्शाई जा रही संख्या और वास्तविक संख्या में अन्तर होने की स्थिति में इस 'अन्तर' की सही गणना कर वास्तविक मापन के निकट पहुंचा जा सकता है- यही प्रक्रिया केलिब्रेशन कहलाती है। इसमें किसी राशि की एक मात्रा को दिये माप यंत्र और एक मानक (स्टैण्डर्ड) यंत्र से मापा जाता है और दोनो मापों के अन्तर के आधार पर दिये माप यंत्र की त्रुटि का आकलन किया जाता है।केलिब्रेशन के द्वारा हम ऊपर लिखित बातों का निर्धारण कर सकते हैं। केलिब्रेशन के द्वारा हम उपकरण को नेशनल स्टे्डर्डस की ट्रेसेबिलीटी की श्रृंखला (चित्र 2) में ले आते हैं। पिडीग्री के सामान, केलिब्रेशन का यह गुण तब प्राप्त होता है जब हर उपकरण और स्टे्डर्डस को पीछे की ओर एक नियमित श्रृंखला में नेशनल एवं इंटरनेशनल स्टे्डर्डस के स्तर तक सही ढंग से केलिब्रेट किया जाए और उसका सही रिकार्ड रखा जाए। ट्रेसेबिलीटी मापन की क्वालिटी और समन्वयता को निश्चित करती है ।



चित्र 2- ट्रेसेबिलीटी की श्रृंखला का प्रवाह चित्र

केलिब्रेशन के द्वारा मापक यंत्र की माप की अनिश्चितता की भी गणना की जाती है जिससे अमुक मापयंत्र द्वारा दर्शाई गई माप की स्वीकार्य सीमाओं का पता चल जाता है। अनिश्चितता को ऐसे परिभाषित किया जा सकता है - यह किन्ही दी गई परिस्थितियों में माप के मानों की वह रेंज है जिसके अन्तर्गत माप का वास्तविक मान शामिल है। यह एक सांख्यिकी आधारित राशि है। कोई भी मापन चाहे कितनी भी सावधानी से किया गया हो- अनिश्चितता से मुक्त नही हो सकता। इस लिये हमें हर उपकरण की यथार्थता एवं अनिश्चितता को ध्यान में रखते हुये उनका इस्तेमाल करना चाहिये।

अभी तक इस्तेमाल होने वाले निम्नलिखित मापयंत्रों का वर्तमान में प्रचालित कम्पयूटर प्रणाली द्वारा अपग्रेडेशन किया गया है और आज के युग में बांध संरचनाओं पर विरचूयल मापयंत्रण ने मापयंत्रण को बहुत सहज बना दिया है।

किसी बांध की संरचना के व्यवहार एवं गुणों की मानीटरिंग के लिये निम्नलिखित मुख्य उपकरणों का इस्तेमाल होता है-

- ताप मीटर
- रंघ्र दाब मीटर
- कंक्रीट दाब सैल (प्रतिबल मीटर)
- वायब्रेटिंग वायर स्ट्रेन मीटर
- दरार मीटर
- मल्टी पवाइंट बोर होल एक्सटेंसोमीटर
- पलंब लाइन
- अपलिफ्ट दाब मीटर
- संचालित जल सतह रिकार्डर
- तीव्र गति एक्सलरोग्राफ

2.2 ताप मीटर

यह यंत्र कंक्रीट, मृदा एवं जल में आंतरिक ताप को मापने के लिये इस्तेमाल होता है। इसका रिजोलूशन ०.१° सेल्सियस होता है। इसका कार्य सिद्दान्त यह है कि ताप के बदलने पर दो अलग अलग धातुओं का लीनियर थरमल एक्सपेंशन अलग अलग होता है। इस यंत्र को कंक्रीट संरचना में स्थापित करने के लिये उसमें दबा दिया जाता है और इस बात का विशेष ध्यान रखा जाता है कि यंत्र पूरी तरह से कंक्रीट के साथ संपर्क में रहे।

2.3 रघ्र दाब मीटर

यह यंत्र मृदा, शिला राक्फिल में आने वाले रंघ्र जल दाब को मापने में काम आता है। इससे हमें समय के संदर्भ में प्राप्त रंघ्र दाब की संख्या तथा उसके वितरण का पता लगता है।

2.4 कंक्रीट दाब सैल या प्रतिबल मीटर

यह यंत्र निर्माण के दौरान कंक्रीट में आने वाले दाब/प्रतिबल में बदलाव को मापने के काम आता है। इस यंत्र को संरचना के निर्माण के दौरान कंक्रीट में दबा दिया जाता है।

2.5 वायब्रेटिंग वायर स्ट्रेन मीटर

यह यंत्र हर तरह की विरूपता मापने में सहायक होता है। इस यंत्र को मृदा या कंक्रीट में सथापित किया जा सकता है। इस यंत्र के द्वारा संपीडित एवम् तनन स्ट्रेन की मात्रा एवम् उसके बंटवारे का बहुत ही महत्वपूर्ण डाटा मिलता है।

2.6 दरार/जोड़ मानीटर

यह यंत्र किसी भी शिलापुंज/ कंक्रीट संरचना में होने वाले दरार के बदलाव एवं दो कंक्रीट ब्लाकों के बीच आने वाले विस्थापन को मापने में काम आता है। यह मापयंत्र विरूपण / विस्थापन को मि.मी. में मापता है।

2.7 बहु बिंदू छिद्र एक्सटेंसोमीटर (एम.पी.बी.एक्स.)

यह मापयंत्र चट्टानों में होने वाले विस्थापन को मापने के काम आता है। यह नींव, ढलान, एवं भूमीगत संरचनाओं में अंन्वेषण एवं मानीटरिंग के लिये अनिवार्य यंत्र है। यह मापयंत्र विरूपण / विस्थापन को मि. मी. में मापता है।

2.8 पलंब लाइन

इस यंत्र के द्वारा किसी भी ऊंची संरचना में होने वाले झुकाव को मापा जाता है। इस यंत्र में पाये जाने वाली दूरबीन से संरचना में किसी भी कारण से आने वाले झुकाव को मि.मी. में माप सकते हैं। यह यंत्र कंक्रीट गुरुत्वाकर्षण बांध में प्रयोग में लाया जाता है।

2.9 अपलिफ्ट दाब मीटर

अपलिफ्ट दाब मीटर बांध की नींव में अपलिफ्ट दाब मापने के लिये प्रयोग किया जाता है। इस के लिये बांध में इन्सट्रूमैंटेशन गैलरी में बांध की नींव में पाइप फिट किये जाते हैं जिसके ऊपर बाद में भार (बरडन) गेज सथापित कर दिये जाते हैं।

2.10 स्वचालित जल सतह रिकार्डर

किसी भी जलाशय एवं बोरहोल में जल की सतह में बदलाव को रिमोट मानीटरिंग द्वारा मापने वाला यह यंत्र विरचूयल मापयंत्रण पर आधारित है।

2.11 तीव्र गति एक्सलरोग्राफ

भूकंप द्वारा पैदा होने वाली गतिक भू त्वरण को मापने एवम् रिकार्ड करने में तीव्र गति एक्सलरोग्राफ का प्रयोग होता है। यह जानकारी विद्यमान बांध की स्थिरता एवम् भविष्य में निर्माणित बांधों के अभिकल्प हेतु इस्तेमाल की जा सकती है।

3.0 नदी घाटी परियोजनाओं में मापयंत्रण

केन्द्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला ने कई नदी घाटी परियोजनाओं में किये जाने वाले मापयंत्रण के क्षेत्र में अग्रणीय भूमिका अदा की है। यह अनुसंघानशाला निम्नलिखित परियोजनाओं के मापयंत्रण में कार्यरत है।

- सरदार सरोवर बहुउद्देशीय परियोजना, गुजरात
- रिहंद परियोजना, उत्तर प्रदेश
- हीराकुड परियोजना, उडीसा
- कोतवाल, पगारा और पिलोवा बांध, मध्य प्रदेश
- लोअर झेलम जल विधुत परियोजना, जम्मू एवं कश्मीर
- ताला जल विधुत परियोजना, भूटान

3.1 ताला जल विधुत परियोजना, भूटान

ताला जल विधुत परियोजना पूर्वी हिमालय मे दक्षिण पश्चिम भूटान मे है। इस परियोजना में 92 मीटर ऊंचा कंक्रीट गुरुत्वाकर्षण बांध, 6.8 मीटर व्यास की 23 कि.मी. लंबी हैड रेस सुरंग, 12/ 15 मीटर व्यास की प्रतिबंधित मुख प्रकार की 168 मीटर ऊंची सर्ज शाफ्ट, पैलटन व्हील प्रकार की 6 टरबाइनों को स्थापित करने हेतु भूमिगत शक्ति गृह शामिल हैं।

ताला विधुत परियोजना, भूटान में उपरोक्त सभी प्रकार के उपकरणों का प्रयोग किया गया। कंक्रीट गुरुत्वाकर्षण बांध में ताप मीटर, रंध्र दाब मीटर, कंक्रीट दाब सैल, वायब्रेटिंग वायर स्ट्रेन मीटर, दरार मीटर, मल्टी प्वाइंट बोर होल एक्सटेंसोमीटर (एम.पी.बी.एक्स.), पलम्ब लाइन, अपलिफ्ट दाब मीटर, संचालित जल सतह रिकार्डर, तेज गति एक्सलरोग्राफ इत्यादि सभी प्रकार के उपकरण बांध में अलग-अलग तल पर कंक्रीट या निकट शिला में बांध की संरचना के दौरान होने वाले बदलाव की मीनीटरिंग के लिये लगाये गये। इन उपकरणों की कम्पयूट्रीकृत प्रणाली द्वारा मानीटरिंग की गयी। इन उपकरणों से प्राप्त डाटा से निर्माणाधीन बांध के व्यवहार का पता चला। इन उपकरणों की भविष्य में भी लगातार मानीटरिंग की जाएगी।

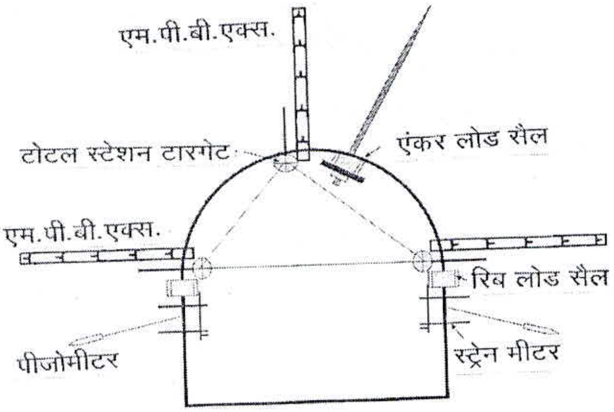
इसके अलावा सभी भूमिगत संरचनाओं जैसे कि विगादकारी चैंबर, हैड रेस सुरंग, सर्ज शाफ्ट, विद्युत शक्तिगृह एवम् टेल रेस सुरंग के निर्माण के दौरान भी बहुत सारे उपकरणों जैसे कि अभिसरण (कनवरजेंस) मापयंत्र, दाब सैल. रंध्र दाब मीटर, एम.पी.बी.एक्स., इत्यादि का मुख्य रूप से इस्तेमाल किया गया। इन उपकरणों से प्राप्त डाटा का प्रयोग संरचनाओं के रखरखाव एवम् उनके अभिकल्प मे जरूरी

सुधार के लिये किया गया। सही समय पर निर्णय लेने में और संभावित दुर्घटनाएं रोकने के लिये इस डाटा का उचित प्रयोग किया गया।

हैड रेस सुरंग विभिन्न प्रकार की शिला पुंज में से गुजरती है। इस सुरंग में क्यू सिस्टम के आधार पर शिलापुंज का वर्गीकरण किया गया है। सुरंग मुख्य रूप से III से VI श्रेणियों में से गुजरती है जबकि इसकी लंबाई I और II श्रेणियों में बहुत ही कम है। इस सुरंग का 337 मीटर भाग श्रेणी VI से भी खराब शिला पुंज में है। इस 23 कि.मी. हैड रेस सुरंग की 11 मुखों से खुदाई की गई।

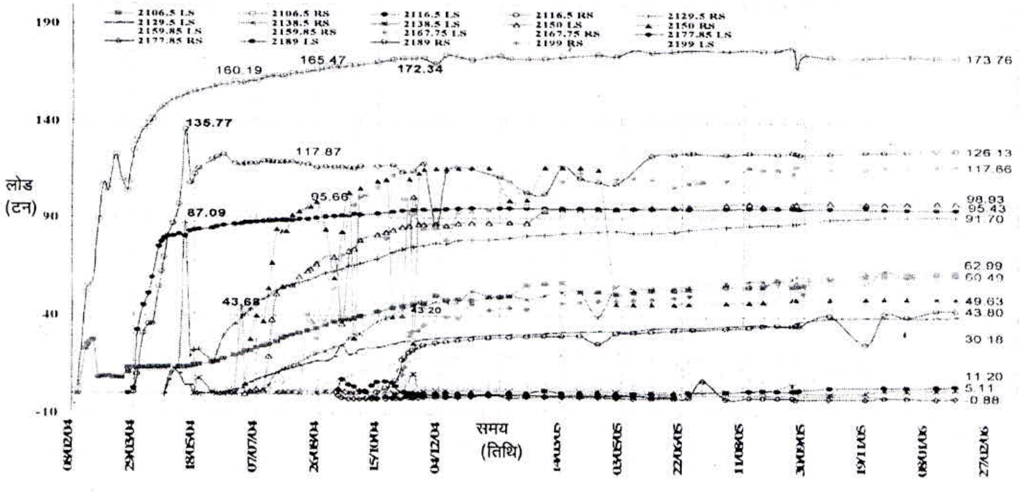
इस आलेख में 337 मीटर सुरंग का भाग जिसको कि ए.जी.ओ. का नाम दिया गया है, में किये गए मापयंत्रण का विशेष रूप से उल्लेख किया जा रहा है। मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) और कालीखोला (अपप्रवाह) के बीच 337 मीटर वाला यह भाग बेहद कमजोर किस्म की शिलापुंज से गुजरता है। इस भाग में खुदाई के दौरान अभिसरण (टोटल स्टेशन टारगेट), शिला बल (लोड सैल), रंध्र दाब (पीजोमीटर), शिला विस्थापन (एम.पी.बी.एक्स.) और स्ट्रेन (स्ट्रेन मीटर) का मापयंत्रण किया गया।

मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) की तरफ से खुदाई के दौरान कुल 59 उपकरणों (स्टील रिबस पर 28 लोड सैल, रोक बोल्ट पर 1 लोड सैल, 6 एम.पी.बी.एक्स., 4 पीजोमीटर, 15 टोटल स्टेशन टारगेट एवम् 5 स्ट्रेन मीटर) का प्रयोग विभिन्न पैरामीटरों को मापने के लिए किया गया। कालीखोला (अपप्रवाह) की तरफ से खुदाई के दौरान 69 उपकरणों जिसमे कि स्टील रिबस पर 34 लोड सैल, रोक बोल्ट पर 6 लोड सैल, 8 एम.पी.बी.एक्स., 19 टोटल स्टेशन टारगेट एवम् 2 स्ट्रेन मीटर शामिल हैं, को प्रयोग मे लाया गया। आरेखीय चित्र 3 में इन उपकरणो को दिखाया गया है।

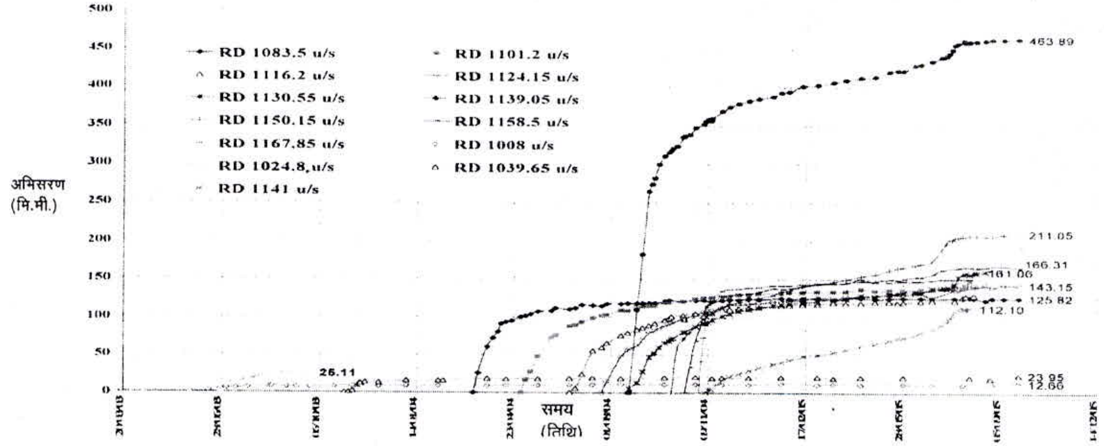


चित्र 3- हैड रेस सुरंग में मापयंत्रण का आरेखीय चित्र

इन उपकरणों की लगातार मानीटरिंग की गई और प्राप्त डाटा का विश्लेषण किया गया। उपकरणों से प्राप्त पैरामीटरों मे प्रतिदिन की परिवर्तन दर से इनके स्थिरीकरण व्यवहार का पता चला। विश्लेषित डाटा के आधार पर सावधानीपूर्वक खुदाई का कार्य किया गया तथा शिला पुंज के स्पोर्ट सिस्टम में जरूरी सुधार करने में मदद मिली।



चित्र 4 - मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) की हैड रेस सुरंग की रिबों पर लोड



चित्र 5 - कालीखोला (अपप्रवाह) की हैड रेस सुरंग की शिलापुंज में अभिसरण

मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) की तरफ से अधिकतम शिला बल का मान 178.09 टन (आर.डी. 2106.5 मीटर पर) जबकि कालीखोला (अपप्रवाह) की तरफ से इसका मान 134.01 टन (आर.डी. 1028.6 मीटर पर) पाया गया। मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) दिशा से लोड सैल द्वारा प्राप्त डाटा को चित्र 4 में दर्शाया गया है।

अधिकतम अभिसरण मिरचिंगचू (अनुप्रवाह) और कालीखोला (अपप्रवाह) की तरफ से क्रमशः 173.64 मि.मी. (आर.डी. 2159.85 मीटर पर) 398 दिनों के बाद तथा 463.89 मि.मी. (आर.डी. 1139.05 मीटर पर) 399 दिनों के बाद पाई गई । चित्र 5 में कालीखोला (अपप्रवाह) की तरफ से किये गये अभिसरण मापन को दर्शाया गया है।

डाटा के आधार पर शिला पुंज की स्थिरता के लिये उपचारी प्रबंध किये गये। शिला पुंज की अतिरिक्त स्पोर्ट के लिए 8 से 12 मी. लंबे स्वबेधित प्रकार के माई (एम ए आई) लंगर (एंकर) लगाये गये। स्टील रिबों को क्षैतिज चैनलों से जोड़ा गया। रिबों को इनवरटिड स्ट्रट से भी जोड़ा गया। यह पाया गया कि एक समय के उपरांत इन सभी पैरामीटरों के परिवर्तन मे स्थिरता पाई गई।

4.0 निष्कर्ष

किसी भी बांध या अन्य सरंचना के निर्माण के दौरान सही ढंग और सही समय पर किया गया मापयंत्रण नाकि सरंचना के अभिकल्प में सुधार के लिये ही महत्तवपूर्ण है अपितु यह बहुत सारी दुर्घटनाओं को रोकने में भी सहाई हो सकता है। किसी भी परियोजना में योजनाबद्ध एवम् सही समय पर किये गये मापयंत्रण से उपचारी प्रबंध किये जा सकते हैं। उपकरणों का सही चयन, उनका ठीक रखरखाव, मानीटरिंग, डाटा का सही विश्लेषण किसी भी परियोजना की सफलता में महत्तवपूर्ण भूमिका निभाता है। डाटा को उस क्षेत्र में किसी भी अन्य परियोजना की योजना एवम् अभिकल्प में इस्तेमाल किया जा सकता है। डाटा के महत्व को ध्यान में रखते हुए यह सुनिश्चित करना परम आवश्यक है कि केवल मान्यता प्राप्त संस्थान से अंशशोधित उपकरणों का ही प्रयोग हो।

संदर्भ

राजबल सिंह, हरि देव, डी.पी.गोयल, के.के.राय, शशि कुमार एवं अमोद गुजराल (2003), " कंक्रीट गुरूत्वाकर्षण बांध, ताला विद्युत परियोजना, भूटान का उपकरणीकरण", जल विद्युत परियोजनाओं में गतिक निर्माण पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन, गेदू, भूटान

नरेन्द्र कुमार गुप्ता एवं प्रितपाल सिंह," केन्द्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला में उपकरणों का कैलिब्रेशन" रसा-2007, के.मृ.सा.अनु.शाला ।