उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि की सहायता से नदी जनित सामग्री प्रक्षेत्र में सुरक्षित व तीव्रतर सुरंगन

अजय वर्मा[1], सुभाष मित्रा[2] एवं शंकर कुमार साहा[3]

सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की[1], सिंचाई परिकल्प संगठन, रूड़की[2], सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की[3]

सारांशः

नदी जनित सामग्री प्रक्षेत्र में अदृढ़ संस्तर होते हैं तथा जल का रिसाव अन्य संस्तरों की भांति कहीं अधिक मात्रा में होता है जिस कारण सुरंग की खुदाई परम्परागत विधि यथा पूर्ण मुख पटल वेधन व विस्फोटन विधि अथवा सअग्र–बल्लन अभिशीर्षण व पैड़ी निर्माणन विधि या फिर बहु अपोढ़ (छिद्रन) विधि से संभव नहीं हो पाता है। इन क्षेत्रों में सुरंगो के ध्वस्त होने की संभावना बराबर बनी रहती है तथा ये सभी विधियाँ समय खपाऊ व खर्चीली भी होती है। इन समस्याओं से मुक्ति पाने और सुरक्षित व द्रुत गति से सुरंग उत्खनन हेतु वज्रचूर्णीय व रासायनिक (अभिश्लेषीय सिलिका, बहुयूरेथन, इपोक्सी लीसा आदि) घोल अभिपूरण सामग्री के साथ उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि अत्यन्त कारगर सिद्ध हुई है। इस विधि में सुरंग खनन मुख से उसके सामने से वेधन–छिद्र वेधित कर घोल अभिपूरण सामग्री (वज्रचूर्णीय और/अथवा रासायनिक) उदंचित किया जाता है तथा इसे जमने दिया जाता है। जमने के बाद अंतःक्षेपित तथा संमुद्रित शैल में सुरंग खुदाई का कार्य प्रारम्भ कर दिया जाता है। प्रस्तुत लेख में मनेरी भाली जलविद्युत परियोजना द्वितीय चरण, उत्तराखण्ड में धनारी गाड के नीचे से गुजरने वाले अधिभार सुरंग की खुदाई उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि से सफलतापूर्वक अपेक्षाकृत कम समय में पूर्ण किये जाने का एक श्रेष्ठ उदाहरण का उल्लेख किया गया है।

Abstract

As river borne material (RBM) zone consists of very loose strata where seepage of water is found to be appreciable in comparison to other types of relatively massive rock strata. Under this condition, the tunnel excavation is not possible by conventional method either by full face drilling & blasting or heading & benching method with fore-poling or multiple drift methods. These method of tunneling are time consuming and uneconomical also in this type of strata. Moreover, the possibility of undermining is always there. To overcome these problems and for safer and faster tunnel excavation, pre-excavation grouting method with cement based grouts & chemical grouts (Colloidal silica, polyurethane, epoxy resins, etc.) has proved to be a very effective solution. In this method, the boreholes are suitably drilled from the tunnel excavation face into the virgin rock just in front of the face and the grouts (cementitious and/or chemical materials) are pumped in and allowed to set. After setting, excavation of tunnel is started through the injected and sealed rock volume. Successfully excavation of headrace tunnel (HRT) beneath the RBM zone of Dhanari Gad in Maneri Bhali Hydroelectric Project Stage-II, Uttarakhand in comparatively lesser time by Pre-excavation Grouting method is an excellant example.

1.0 परिचय :

जल संसाधन का विकास के अन्तर्गत सिंचाई, जलविद्युत उत्पादन, बाढ़ नियन्त्रण, नौवाहन, पेयजल आदि विभिन्न उद्देश्यों के पूर्ति हेतु नदी घाटी परियोजनाएं प्रस्तावित किया जाता है। पहाड़ी क्षेत्रों में नदी घाटी परियोजनाओं में जल के संचयन/पथान्तरण हेतु मुख्यतः बाँध/आड़/उद्रोध का निर्माण कर संचित जल को जलविद्युत उत्पादन अथवा अन्य कार्य हेतु संचित स्थल से उपयोग स्थल (विद्युतगृह आदि) तक विभिन्न संरचनाओं जैसे सुरंग, शक्ति नहर, मिश्रित संरचना, छोटी नदियां/नाले आदि के माध्यम से ले जाया जाता हैं। पहाड़ के अन्दर प्रस्तावित सुरंग को कई भूगर्भीय रचना यथा वलय, भ्रंष, संधि, अल्पशैल आच्छादन, नदी–नालें, नदी जनित सामग्री (आर0बी0एम0), उच्च दाबित भूजल क्षेत्र आदि से गुजरना पड़ता है जिस कारण सुरंग खुदाई के दौरान सुरंग के स्थायित्व व रिसाव जल को नियंत्रित करना सबसे बड़ा चुनौतीपूर्ण कार्य होता है। सुरंग में भूजल के अंतःक्रमण (ग्राउण्डवाटर इंग्रेस) को सामान्यतः समुचित जलनिकास तन्त्र, खनन–पूर्व व खनन–पश्च

घोल अभिपूरण विधि से नियंत्रित किया जाता है। साथ ही सुरंग के कमजोर व अस्थायी शैलसमूह भाग को उनके बीच असतता तथा रिक्त स्थानों में भराई सामग्री को घोल अभिपूरण से पर्याप्त शक्ति तथा आसंजन प्राप्त होने तक भरकर मजबूत व स्थाईत्व प्रदान किया जाता है।

1.1 घोल अभिपूरण

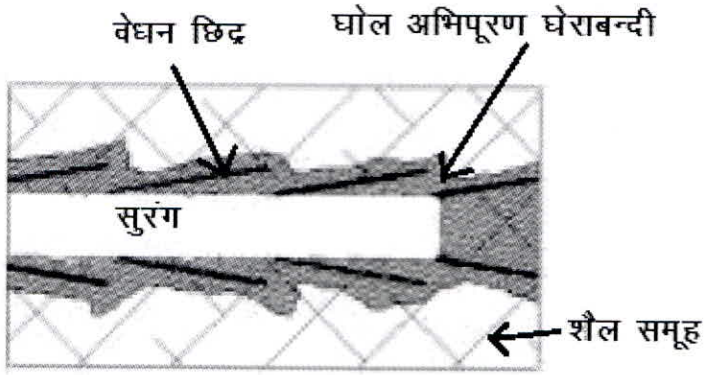
दाब घोल अभिपूरण करने हेतु सर्वप्रथम चट्टानों की सतहों पर आवश्यक व्यास, लम्बाई व समुचित दिशा में वेधन छिद्र किये जाते हैं तथा उसके मुख पर वेश्टक (पैकर) लगा दिया जाता है। वेश्टक तथा उदंच के मध्य भराई घोल ले जाने वाले नभ्यनाल (हॉसपाइप) से जोड़ दिया जाता है। जब उच्च दाब पर घोल अभिपूरण किया जाता है तो वेधन छिद्र के आसपास षैल समूह में बने दरार, संधि, गुहिका आदि में भराई सामग्री भरकर एकाश्म शैल (मैसिव रॉकमास) के रूप में बना देता है। सुरंग घोल अभिपूरण मूलरूप से दो कार्यस्थलीय परिस्थितियों में किया जाता है:

1.1.1 उत्खनन–पूर्व घोल अभिपूरण या पूर्व घोल अभिपूरण

अल्पशैल आच्छादन, नदी–नालें, नदी जनित सामग्री (आर0बी0एम0), उच्च दाबित भूजल क्षेत्र आदि परिस्थितियों में सुरंग खनन के दौरान कमजोर शैल समूह होने के कारण सुरंग ध्वस्त होने की संभावना बनी रहती है। सामान्यतः इन परिस्थितियों में सुरंग खुदाई उत्खनन पूर्व घोल अभिपूरण विधि से सुरंग निर्माण कार्य सम्पादित किये जाते हैं जिसमें सुरंग की दिशा में उसके चारों ओर के शैल समूह को उच्च दाब पर घोल अभिपूरण विधि से मजबूत बनाकर सुरंग के खनन क्षेत्र की घेराबन्दी (चित्र 1) कर दी जाती है ताकि सुरंग खुदाई के दौरान उसके चारो ओर के कमजोर चट्टान गिर कर सुरंग को ध्वस्त न कर दे। उक्त कार्य में सुरंग मुख से उसके चारों ओर आगे की ओर प्राकृत शैल (वर्जिन रॉक) में भराई सामग्री उच्च दाब के साथ उदंच की सहायता से अन्तर्ग्रहित कर जमने दिया जाता है। भराई सामग्री के जमने के उपरान्त जाम किये शैल समूह में सुरंग का उत्खनन कार्य प्रारम्भ किया जाता है।

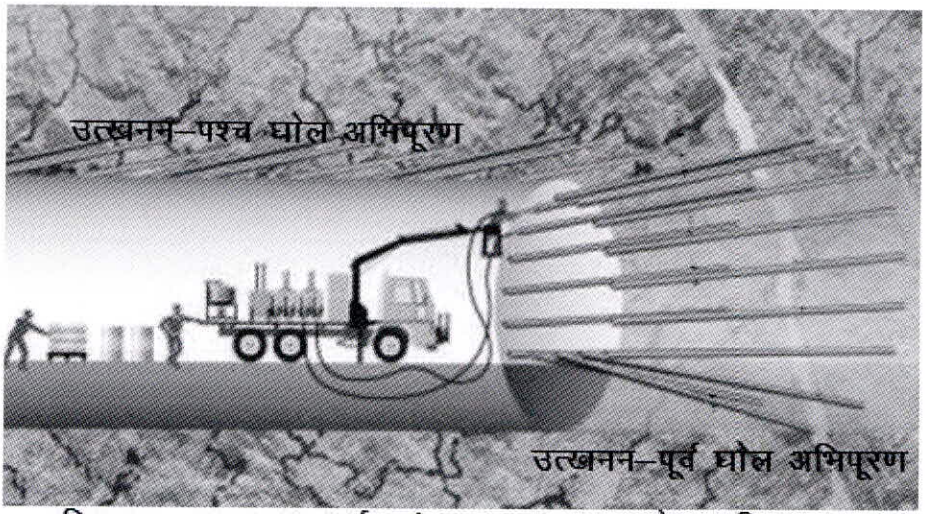
1.1.2 उत्खनन–पश्च घोल अभिपूरण

स्थायी व मजबूत शैलसमूह क्षेत्र में सुरंग खुदाई के उपरान्त सामान्यतः अस्वीकार्य जल अन्तःक्रमण को रोकने के लिए घोल अभिपूरण किया जाता है। कभी–कभी सुरंग के उत्खनित भाग के शैलसमूह को पर्याप्त शक्ति व स्थायित्व देने के उद्देश्य से भी घोल अभिपूरण किया जाता है।



चित्र 1 – उत्खनन–पूर्व घोल अभिपूरण

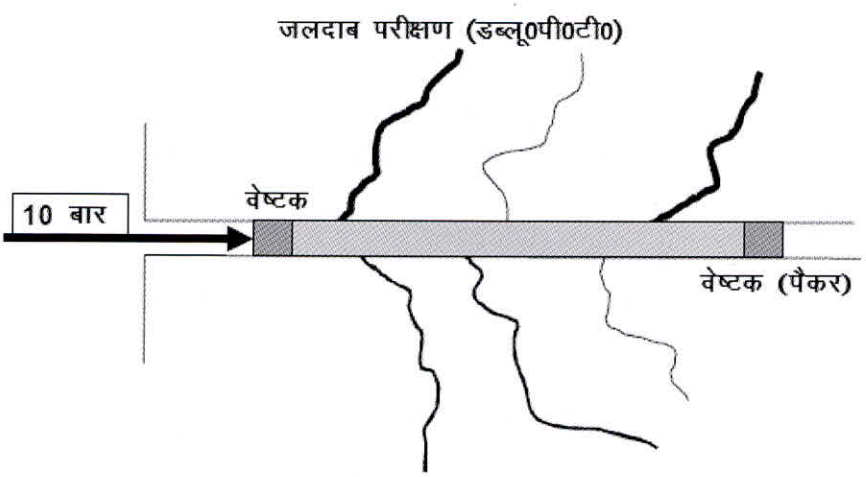
दोनों विधि उत्खनन–पूर्व एवं उत्खनन–पश्च घोल अभिपूरण को आरेख के माध्यम से चित्र–2 में दर्शाया गया है।



चित्र 2 – उत्खनन–पूर्व एवं उत्खनन–पश्च घोल अभिपूरण

1.3 सुरंग निर्माण में घोल अभिपूरण विधि का अनुप्रयोग

आरम्भ में जलदाब परीक्षण (डब्लू0पी0टी0) के आधार पर वज्रचूर्ण आधारित घोल अभिपूरण मुख्यतः बांध के तलस्थ स्थायीकरण हेतु किया जाता था जिसमें दाब लगभग 10 बार (दाब की ईकाई) तक लगाया जाता था। जलदाब परीक्षण के क्रियाविधि को चित्र 3 में दिखाया गया है। परन्तु पिछले तीन दशक से दाब घोल अभिपूरण जिसमें दाब 10 बार से कहीं अधिक (90 बार तक) का घोल अभिपूरण सफलतापूर्वक किया जा रहा है तथा भराई सामग्री में वज्रचूर्ण के साथ–साथ कई अन्य रासायनिक पदार्थ भी प्रयोग किये जाते हैं जो शैलसमूह को अपेक्षाकृत अधिक शक्ति प्रदान करते हैं। प्रधार घोल अभिपूरण (जेट ग्राउटिंग) में 100 बार से भी अधिक का दाब प्रयोग जाता है। हालांकि घोल अभिपूरण में दाब का मान सुरंग के चारों ओर शैल आच्छादन (रॉक कवर) पर भी निर्भर करता है।



चित्र 3 – वेधनछिद्र का जलदाब परीक्षण

2.0 घोल भराई सामग्री

घोल अभिपूरण में सामान्यतः दो प्रकार के सामग्रियों का घोल बनाकर अभिभरण करते हैं :

(अ) वज्रचूर्ण आधारित घोलभराई सामग्री
(ब) रासायनिक घोलभराई सामग्री

2.1 वज्रचूर्ण आधारित घोलभराई सामग्री

2.1.1 वज्रचूर्ण

शैलसमूह में दरार/विवर के आकार के अनुसार विभिन्न कणाकार वाले वज्रचूर्ण यथा साधारण पोर्टलैण्ड वज्रचूर्ण, अतिबारीक/सूक्ष्म वज्रचूर्ण आदि का प्रयोग करते हैं। घोल अभिपूरण में वज्रचूर्ण के कणाकार तथा कणाकार वितरण मुख्य निर्धारक प्राचल होते हैं। घोल अभिपूरण में प्रयुक्त होने वाले कुछ विशिष्ट वर्जचूर्ण का पृष्ठ क्षेत्रफल व कणाकार तालिका 1 में वर्णित है।

तालिका – 1: वज्रचूर्ण आधारित घोलभराई सामग्री के भौतिक गुण

क्रमांक	वज्रचूर्ण के प्रकार	विशिष्ट पृश्ठ क्षेत्रफल (ब्लेन) वर्गमीटर प्रति सहस्त्रग्राम	कणाकार अणुमीटर (माइक्रोन)
1.	निम्न–ऊष्मा वज्रचूर्ण	250	40–150
2.	साधारण पोर्टलैण्ड वज्रचूर्ण	225–350	40–150
3.	तीव्र कठोरीकारक पोर्टलैण्ड वज्रचूर्ण	400–450	40–150
4.	अतिरिक्त महीन तीव्र कठोरीकारक वज्रचूर्ण	500–550	40–150
5.	परम बारीक/अति महीन/ सूक्ष्म वज्रचूर्ण	625–900	40 (95% कण 16 अणुमीटर के आकार से कम)

2.1.2 बेन्टोनाइट

बेन्टोनाइट मोन्टमोरीलोनाइट बाहुल ज्वालामुखीय क्षेत्रों में पाये जाने वाले प्राकृतिक मृत्तिका है जो मुख्यतः दो प्रकार (सोडियम–बेन्टोनाइट एवं कैल्सियम–बेन्टोनाइट) के होते हैं। घोल अभिपूरण में बेन्टोनाइट का प्रयोग संमिश्रण के रूप में वज्रचूर्ण के कणों को विक्षेपित करने के उद्देश्य से किया जाता है। इसका सामान्य खुराक वज्रचूर्ण के वजन का 3–5 प्रतिशत होता है।

2.1.3 त्वरक

वज्रचूर्ण घोल अभिपूरण के बाद घोलभराई सामग्री के शीघ्र जमाव हेतु सामान्यतः त्वरक का उपयोग किया जाता है।

2.1.4 विक्षेपक संमिश्रण (डिस्पर्सिंग एडमिक्सचर)

घोल अभिपूरण में प्रयुक्त होने वाले अतिबारीक/सूक्ष्म वज्रचूर्ण के घोल में उनके कणों को विक्षेपित करने के लिये विक्षेपक सम्मिश्रण का प्रयोग किया जाता है।

2.2 रासायनिक घोलभराई सामग्री

रासायनिक घोलभराई सामग्री सामान्यतः रासायनिक द्रवीय घटकों से बनाये जाते हैं जो वज्रचूर्णीय घोल अभिपूरण अभिक्रिया के इतर व्यवहार करते हैं। ये न्यूटॉनीय–तरल के तरह व्यवहार करते हैं तथा आसंजनरहित श्यानता प्रदर्शित करते हैं। मुख्य तौर पर घोल अभिपूरण में तीन तरह के रासायनिक घोलभराई सामग्री प्रयोग में लाये जाते हैं

(क) अभिक्रियाशील सुघट्य लीसा (रिएक्टिव प्लास्टिक रेजिन)
(ख) जल–बाहुल्य श्लिषि (वाटर–रिच जेल)
(ग) अन्य

2.2.1 अभिक्रियाशील सुघट्य लीसा

ये मुख्यतः एकलक व बहुलक सामग्री जो बहुलीकरण प्रतिक्रिया के फलस्वरूप स्थायी त्रिविमीय बहुलक में तब्दील होते हैं। इस श्रेणी में मुख्यतः यूरेथन जो आइसो साइनेट तथा एल्कोहल प्रतिक्रिया से बनता है, बहुलीकरण के फलस्वरूप अनम्य छिद्ररहित फेनदार बहुयूरेथन बनाते हैं। बहुयूरेथन का आयतन तरल यूरेथन के आयतन से 30 गुणा बढ़ जाता है जिससे शैलसमूह के दरार/संधि पूर्णरूपेण जलरूध हो जाता हैं।

2.2.2 जल–बाहुल्य श्लिशि

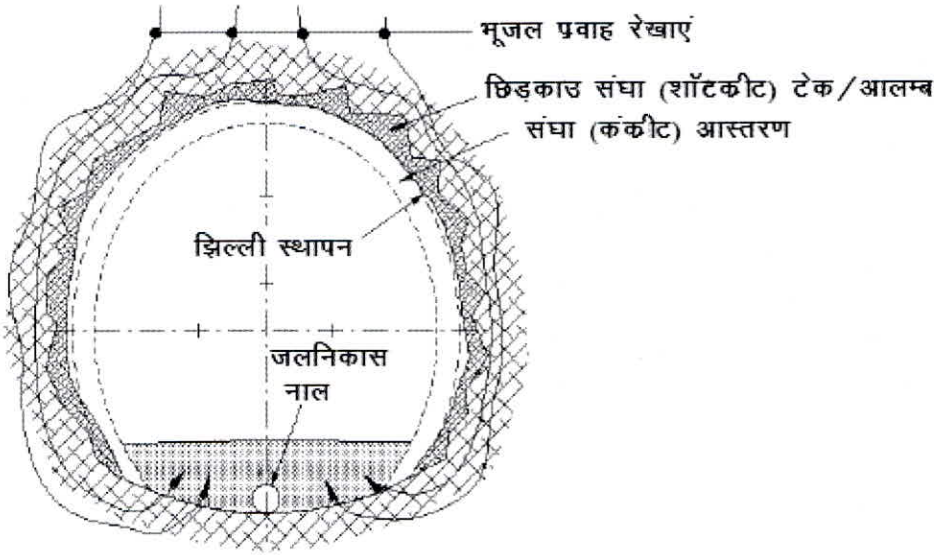
घोल अभिपूरण में मुख्यतः सिलिकेट आधारित श्लेशकीय सिलिका (कोलाइडल सिलिका) तथा एक्रीलिक आधारित एसिडामाइड जल–बाहुल्य श्लिषि प्रयोग में लाये जाते हैं। उक्त सामग्री बहुलीकरण के दौरान शैलसमूह के दरार/संधि में उपलब्ध जल से प्रतिक्रिया कर त्रिविमीय श्लिषि बनाकर उसे भर देते हैं जिससे उस दरार/संधि से जल–रिसाव बन्द हो जाता है।

2.2.3 अन्य

उक्त श्रेणी में मुख्यतः इपोक्सी रेजिन तथा डामर (बिटुमेन/अस्फाल्ट) का प्रयोग घोल अभिपूरण सामग्री में विशेष परिस्थितियों में कार्यस्थलीय आवश्यकतानुसार किया जाता है।

3.0 अग्रेतर क्रियाकलाप

उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि से सुरंग खुदाई के दौरान सुरंग के चारों ओर के शैलसमूह को सहारा देने व शक्ति प्रदान करने हेतु छिड़काऊ संघा (शॉटक्रीट) करते हैं। तत्पश्चात कार्यस्थलीय परिस्थितियों के जलसह झिल्ली का परत चढ़ाकर अथवा बिना जलसह झिल्ली के संघा (कंक्रीट)/इस्पात का आस्तरण किया जाता है। कुछ कार्यस्थल में जलनिकास व्यवस्था भी किये जाते हैं। सुरंग के जलसहन व जलनिकास व्यवस्था का एक प्रारूपिक आरेख चित्र 4 में उद्धृत है।



चित्र 4 – प्रारूपिक जलसहन व जलनिकास व्यवस्था

4.0 उत्खननपूर्व धोल अभिपूरण का अनुप्रयोग

मनेरी भाली जलविद्युत परियोजना, द्वितीय चरण, उत्तराखण्ड के अन्तर्गत धनारी गाड के नीचे सें गुजरने वाले सुरंग की खुदाई उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि का सफलतापूर्वक अनुप्रयोग किया गया। मनेरी भाली जलविद्युत परियोजना, द्वितीय चरण, (कुल स्थापित क्षमता 4 ग 76=304 प्रयुतवाट/मेगावाट) वर्ष 2000 में उत्तरांचल (वर्तमान में उत्तराखण्ड) राज्य के गठनोपरान्त राज्य सरकार द्वारा शुरू की गई प्रथम परियोजना थी जो वर्ष 2008 से सफलतापूर्वक पनबिजली उत्पादित कर रहा है। यह परियोजना भागीरथी नदी पर उत्तरकाशी में तिलोथ विद्युत गृह से निष्कासित जल व भागीरथी में मनेरी के बाद मिलने वाले नालों के जल का उपयोग करने हेतु उत्तरकाशी के जोशियाड़ा में आड़/बैराज बनाकर कुल निस्सरण 142 घन मीटर प्रति सेकेण्ड तथा जोशियाड़ा एवं धरासू के मध्य कुल 235 मीटर शीर्ष का उपयोग कर धरासू में विद्युत गृह से कुल 304 प्रयुतवाट पनबिजली उत्पादन किया जाता है। जोशियाड़ा बैराज से नदी के जल को धरासू विद्युत गृह तक घोड़े के नाल के आकार वाले 6 मीटर व्यास के सुरंग के माध्यम से ले जाया गया है। उक्त सुरंग कई भूगर्भीय चुनौतियों यथा भ्रंश या श्रीनगर भ्रंश प्रक्षेत्र, धनारी गाड तथा गामरी गाड से पार किया गया है। धनारी गाड सुरंग के जटीक दूरी 8500 मीटर से 8700 मीटर है। इन दोंनों जरीब दूरियों के मध्य सुरंग के ऊपर न्यूनतम शैल आच्छादन 2 के करीब रह गया था जो सुरंग की सुरक्षा की दृष्टि से बहुत कम था तथा उसके ऊपर नदी जनित सामग्री लगभग 50–70 मीटर तक था। अतः इन क्षेत्रों में परम्परागत विधि जैसे पूर्ण मुख पटल वेधन व विस्फोटन विधि अथवा सअग्र–बल्लन अभिशीर्षण व पैड़ी निर्माणन विधि या फिर बहु अपोढ़ (छिद्रन) विधि अथवा खुदाई एवं आच्छादन विधि से भी निर्माण करना सम्भव नहीं था। उक्त सभी चुनौतियों पर काबू पाने के लिये उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि द्वारा सुरंग खुदाई/निर्माण का कार्य बिना किसी बाधा के समय से सुरक्षित व तीव्रतर गति से पूरा कर लिया गया।

5.0 उपसंहार

हांलाकि आर0बी0एम0 क्षेत्र में उत्खननपूर्व घोल अभिपूरण विधि से सुरंग खनन काफी सरल, मितव्ययी तथा तीव्रतर व सुरक्षित तथा विकट भूगर्भीय परिस्थितयों को निबटने में उक्त नई तकनीक काफी कारगर सिद्व हुई है। इस विधि का प्रयोग उत्तराखण्ड राज्य में स्थित मनेरी भाली जलविद्युत परियोजना में प्रभावी ढंग से उपयोग में लाया गया है। वस्तुतः इन्हें

बगैर परखे अथवा पूर्व में किसी परियोजना के इसके कार्यकरण को देखे बिना अपनाना/स्वीकार करना आमतौर पर सहज नहीं होता है।

संदर्भ

1. गरसोल, के0एफ0, "प्री–एक्सकेवेशन ग्राउटिंग इन रॉक टनलिंग", एम0बी0टी0 इन्टरनेशनल ग्रुप डिविजन, स्वीटजरलैण्ड, 2003
2. गरसोल, के0एफ0, "मॉडर्न ग्राउटिंग टेकनिक्स", एम0बी0टी0 इन्टरनेशनल ग्रुप डिविजन, स्वीटजरलैण्ड, 2003
3. प्री–एक्सकेवेशन ग्राउटिंग टू फुलफिल टफ वाटरटाइटनेस रिक्वारमेंट्स, जोंग–सोल्सटाड, जे0ए0–2 डबल ट्रेक रेल टनल, नार्वे
4. सैण्ड स्टेबिलाइजेशन इन लिमेरिक मेन ड्रेनेज वाटर टनल, आयरलैण्ड
5. मेल्बे, टी0, "स्प्रेड कंक्रीट फॉर रॉक सपोर्ट", एम0बी0टी0 इन्टरनेशनल ग्रुप डिविजन, स्वीटजरलैण्ड, 2003
6. पासी, टी0 एवं पॉली, एस0, "हार्ड रॉक टनल ग्राउटिंग प्रैक्टिस इन फिनलैण्ड, स्वीडेन एवं नार्वे", लिटेरेचर स्टडी
7. फाइन सैण्ड स्टेबिलाइजेशन इन किल्कने मेन ड्रेनेज टनल, आयरलैण्ड
8. वर्मा, ए0 एवं साहा, एस0के0, "आर0बी0एम0 जोन ट्रीटमेंट इन फेस–3 ऑफ मनेरी भाली हाइड्रोइलेक्ट्रिक स्कीम स्टेज–2, उत्तरकाशी (उत्तराखण्ड)", 2005 सम्बन्धी प्रतिवेदन