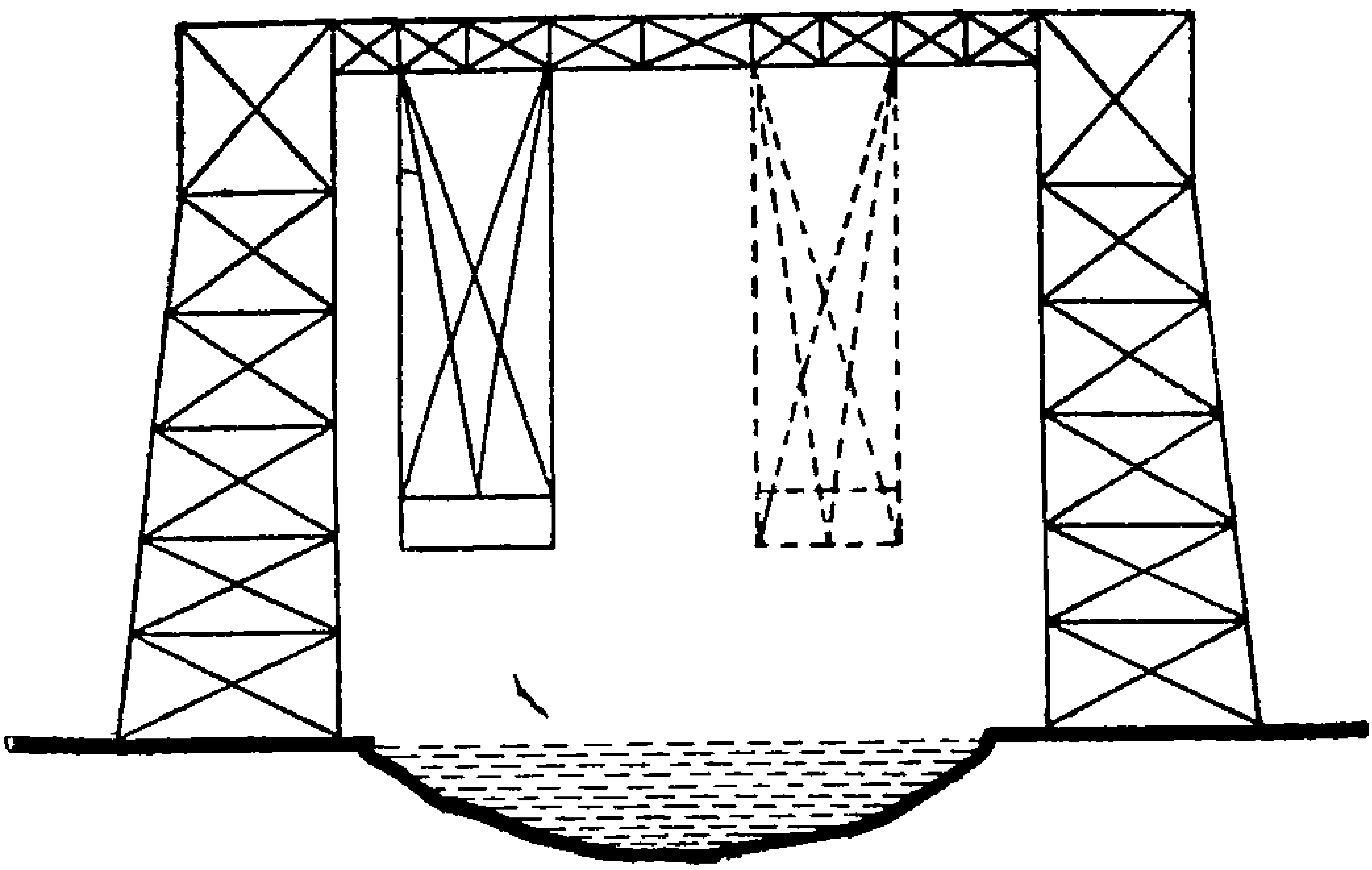
म. ग्रं. सं. वाचनालय, ठाणे.
विषय वा.-वा.
दा. क्र. ९६८

BVBK-0400968

पाळणा पद्धतीचे पूल

नदीच्या दोन्ही बाजूंस उंचच्या उंच खांब बांधलेले असतात. ते एका भल्या मोठ्या तारेने जोडले जातात. या तारेपासून दोर सोडून त्यास पाळणा बांधला जातो. हा पाळणा विद्युत् शक्तीद्वारा नदीच्या एका किनाऱ्यावरून दुसऱ्या किनाऱ्यावर वरील तारेवरून पसरत जातो. (आकृती क्र. २). अतिशय डोंगराळ प्रदेशात एखादी खोल दरी ओलांडून जाण्यास (उदा. नेपाळ) अशा पुलाचा उपयोग करता येतो.



आ. नं. २

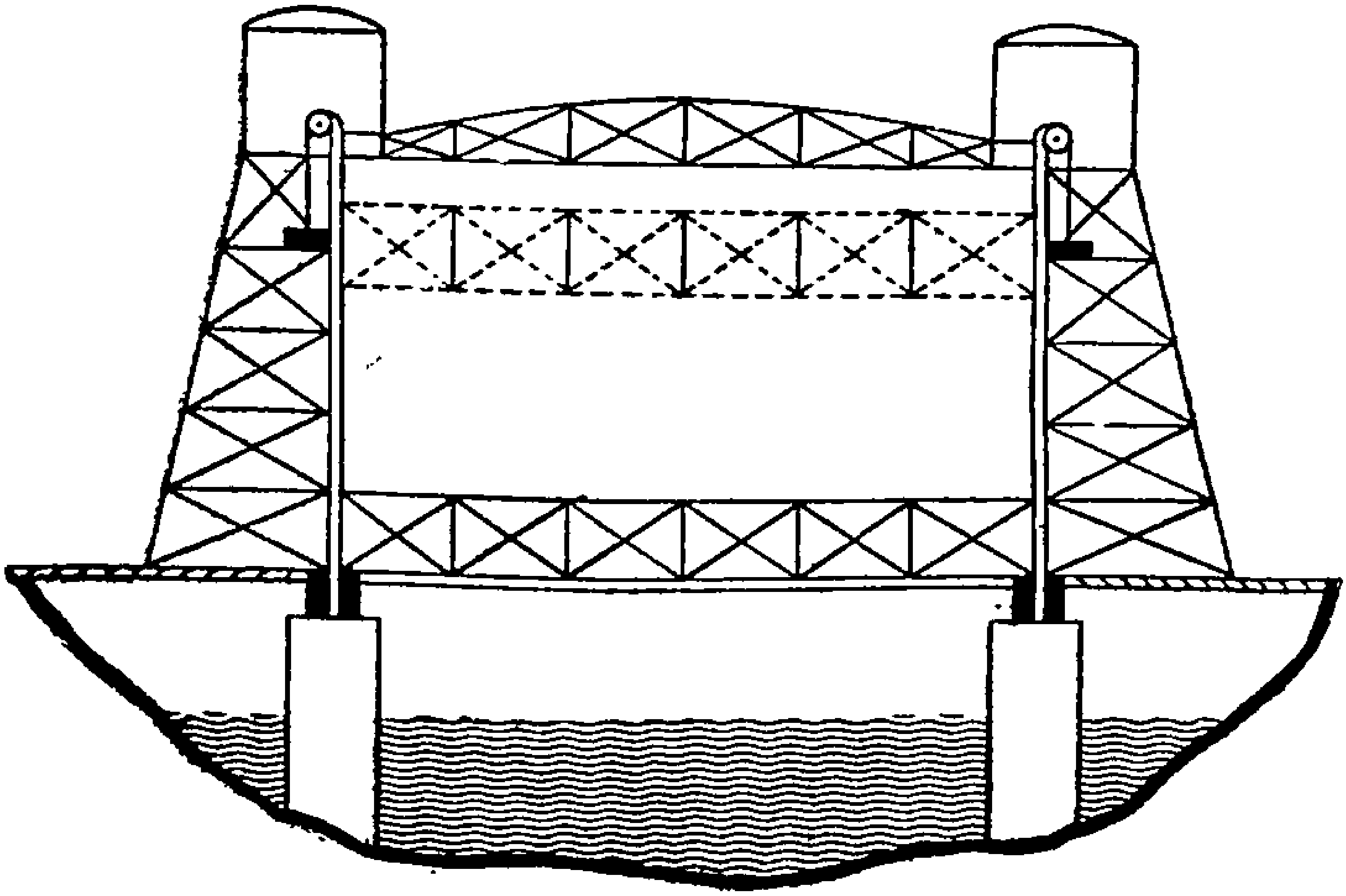
कोयना धरणात काँक्रिट ओतण्यासाठी उपयोगांत आणलेल्या मोठ्या भांड्यावरून (Bucket) अशा तऱ्हेच्या पुलाची कल्पना येईल.

वर उचलले जाणारे पूल

: हे पूल पाण्याच्या दाबाच्या साहाय्याने वर उचलले जातात. शिवाय, दोन्ही बाजूंस असलेल्या उंच मनोऱ्यांवर (Towers) कप्प्या बसविलेल्या असतात. मोठमोठ्या तारा या कप्प्यांवर ठेवलेल्या असतात. त्यांचे एक

BVBK-0400968

टोक पुलास जोडलेले असते व दुसऱ्या टोकास जड वजने लावलेली असतात. या जड वजनांचाही पूल उचलण्यास उपयोग होतो (आकृती क्र. ३). पूल उचलण्यास जवळ जवळ पंचेचाळीस ते पन्नास सेकंद लागतात. पुलाचा उचलला जाणारा भाग इकडे तिकडे न कलता नीट वर जावा म्हणून आठ मार्गदर्शक (Guides) उभे केलेले असतात. याशिवाय पूल वरच्या कपाळपट्टीस जाऊन थडकू नये म्हणून धक्के सोसून घेणाऱ्या वस्तू धक्के-शोषक (Buffers)-तेथे ठेवलेल्या असतात.



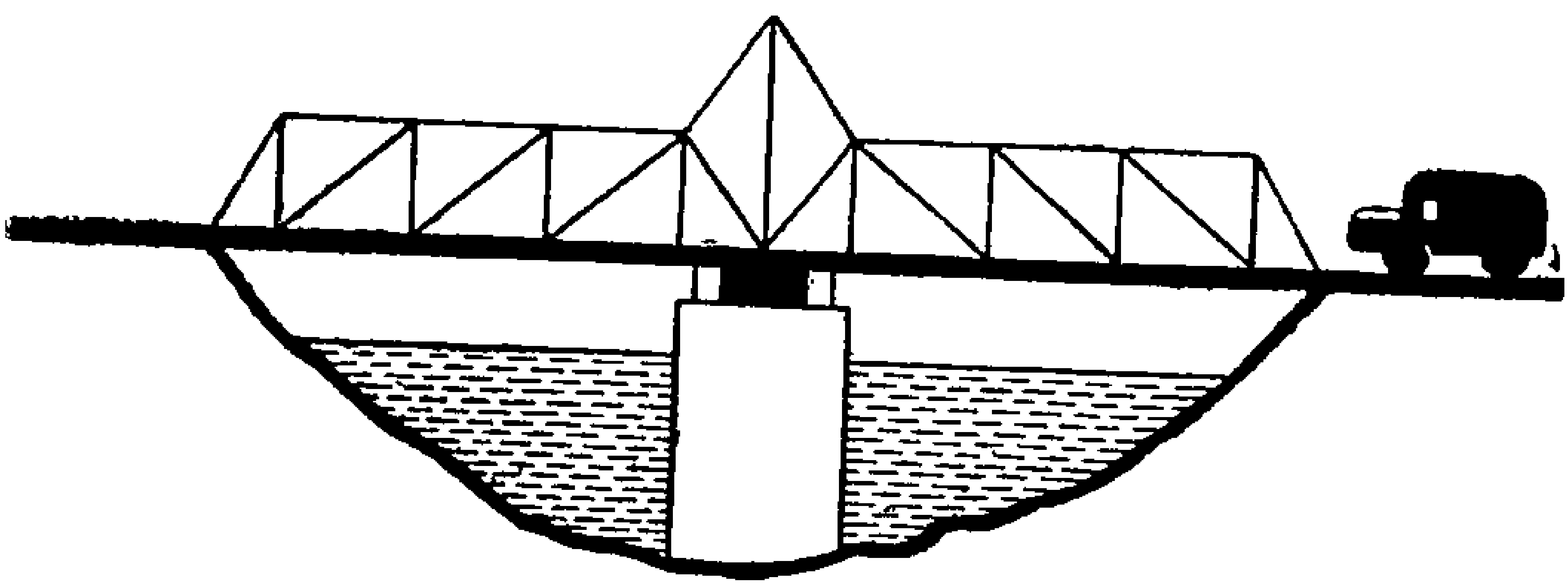
आ. नं. ३

याखेरीज रस्त्यावर वाहतुकीच्या सुरक्षिततेसाठी पुलास दारे केलेली असतात. पूल वर उचलला जाण्यापूर्वी ती बंद करावी लागतात. पूल उचलण्यास लागणारी यंत्रसामुग्री, जो भाग उचलला जातो त्यावर मध्यभागी ठेवलेली असते. पूल तयार करण्यास मोठमोठ्या लोखंडी तुळ्या (Girders) वापरल्या असतील तर यंत्रे पुलाखाली या तुळयांमध्येही ठेवता

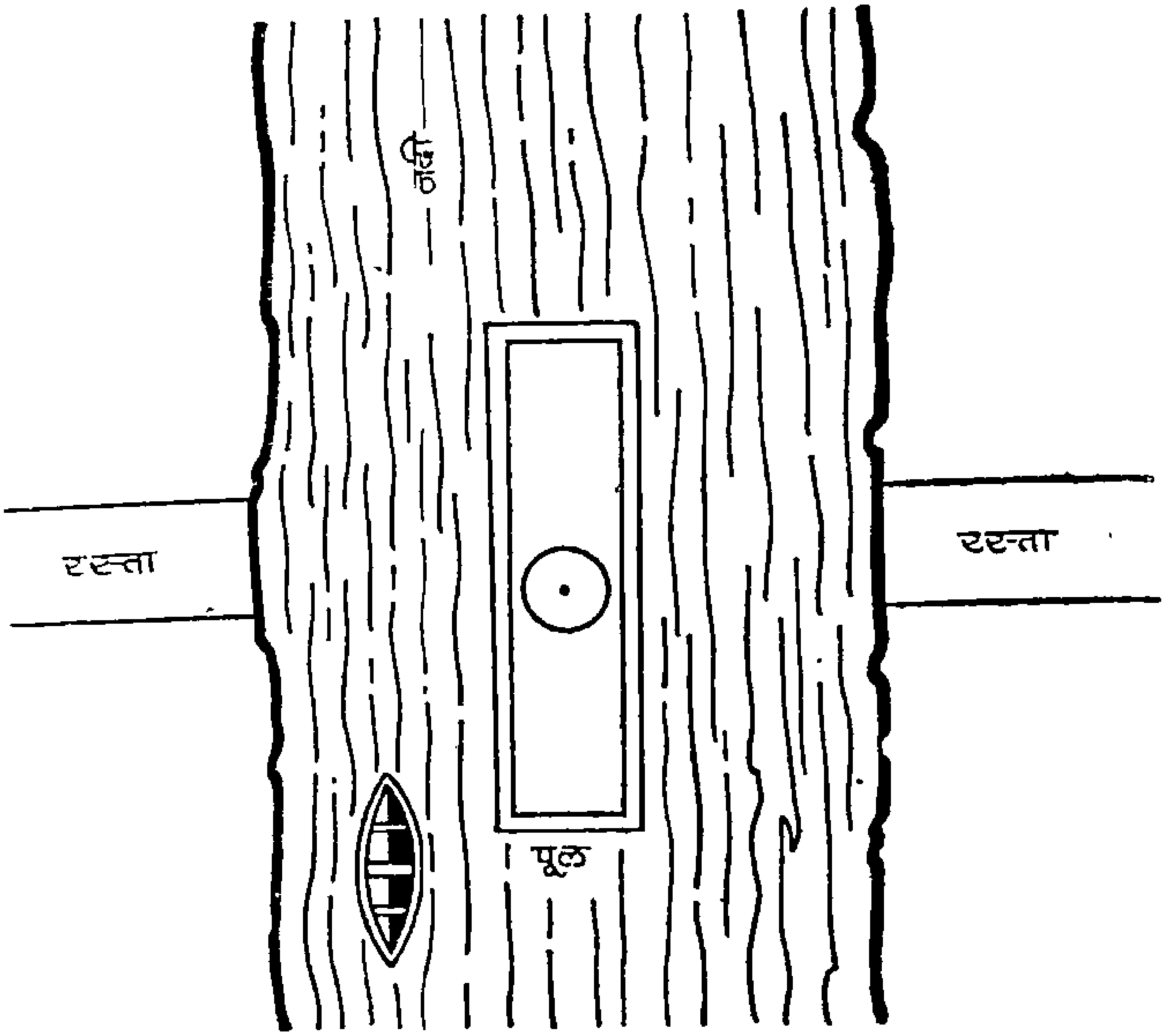
येतात, अशा पुलाच्या ठिकाणी अपघाताची शक्यता फार असल्याने एक 'सेतु-नियंत्रक' ठेवलेला असतो. त्याच्यासाठी एक स्वतंत्र खोली असते. ती खोली अशी बांधावी लागते की, तेथून बोटी व रस्त्यावरील वाहतूक दोन्हींकडे लक्ष ठेवता यावे. बोटींना पाण्याची उंची किती आहे व पूल किती उंच उचलला आहे, हे कळावे यासाठी पुलाच्या स्तंभावर वरील उंचीचे निदर्शक मोठमोठे आकडे रंगवलेले असतात. पूल उचलावयास लागणारी शक्ती त्याच्या वजनावर अवलंबून असते. साधारणतः पंधरा ते वीस टनास एक अश्वशक्ती या प्रमाणात शक्ती लागते.

झोका घेणारे पूल

हे पूल स्वतःच्या मध्याभोवती गरगर फिरू शकतात (आकृति क्र. ४). बोट आली असता ते ९० अंशांतून फिरवले जातात. पूर्वी पूल प्रवाहाच्या दिशेस काटकोन करून असतो, तो आता त्यास समांतर होतो. आकृति ४ अ, हे समोरून दिसणारे दृश्य आहे. आकृती ४ अ मध्ये रस्त्याची वाहतूक चालू असतानाचे दिसणारे दृश्य आहे, तर आकृती ४ ब बोटींची वाहतूक चालू असताना पुलाची स्थिती दाखविते. या पुलाचे सर्व वजन मध्यभागी ज्या टेकूच्या आधारावर पूल उभा असतो त्यास सोसावे लागते.



आ. नं. ४ अ

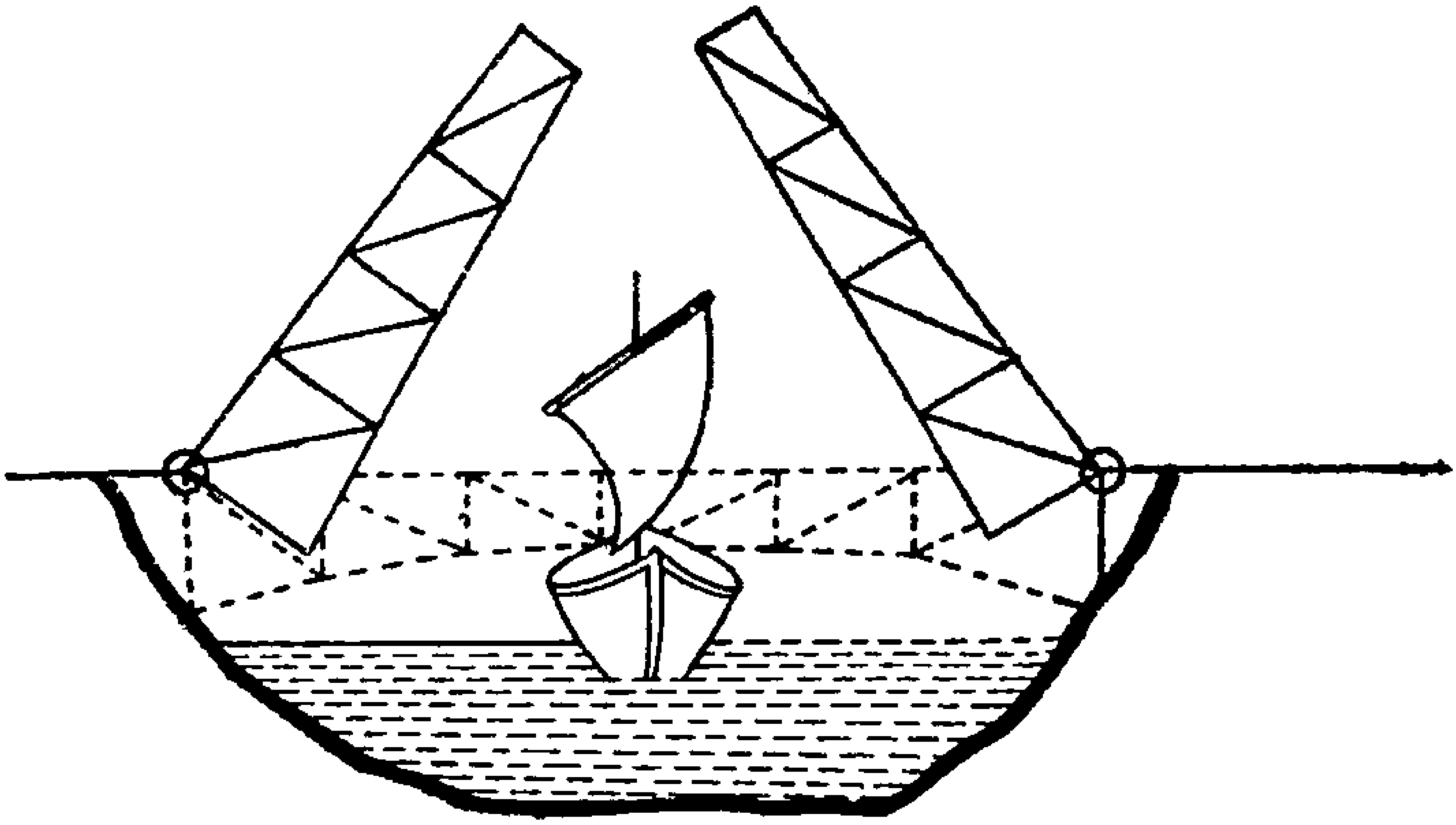


अ. नं. ४ ब

उघडझाप करणारे पूल

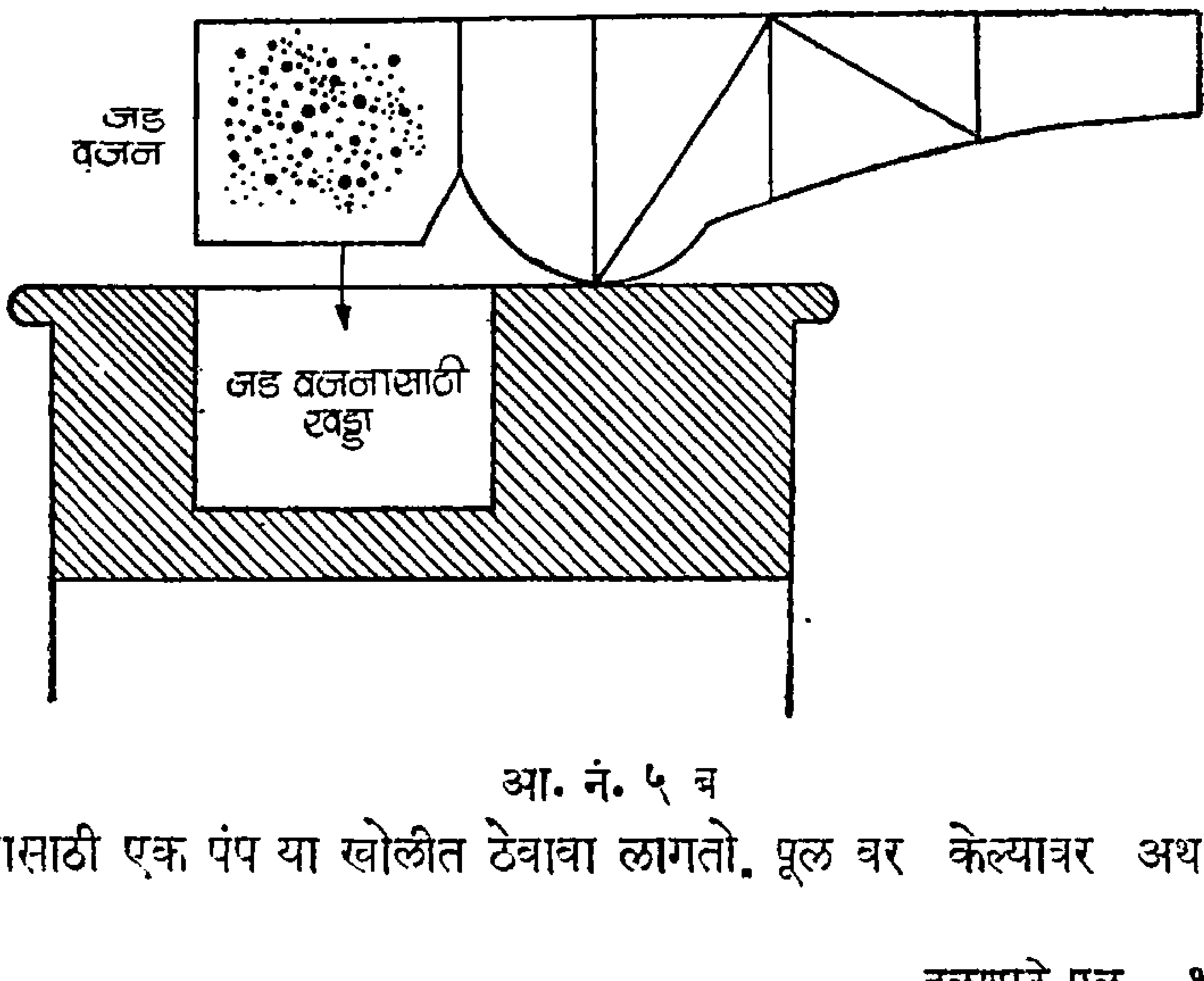
हे पूल दारांप्रमाणे उघडझाप करतात. दरवाजा जसा एका दाराचा अथवा दोन दारांचा असतो, त्याचप्रमाणे हा पूलही दोन भागांचा अथवा अखंड असू शकतो (आकृति क्र. ५ अ आणि ५ ब). वर्णन करण्याच्या सोयीसाठी आपण पुलाच्या भागांना दारे असे म्हणू या.

पूल उघडण्यास त्याची दारे उघडावी लागतात. त्यांचा पुलाच्या मध्याशी असलेला भाग उंच आकाशात जातो. यासाठी नदीकाठचा भाग एका बिंदूभोवती फिरविला जातो. हे कार्य दातेरी चक्र व गव्हाणी (Rack and Pinion) यांद्वारा केले जाते. जेव्हा पुलाचा मध्यभाग आकाशात उंच जागी जातो तेव्हा उचलण्याच्या क्रियेस मदत करणाऱ्या



आ. नं. ५ अ

जड वजनास जागा म्हणून एक खड्डा खणावा लागतो. (Bascule chamber) पुलावरून येणारे अगर पावसाचे पाणी यात साठू नये



आ. नं. ५ ब

यासाठी एक पंप या खोलीत ठेवावा लागतो. पूल वर केल्यावर अथवा

खाली बसल्यावर हादरे बसू नयेत म्हणून धक्के-शोषक योजना (Buffers) करावी लागते. यासाठी ओक लाकडाचा अथवा हवेच्या व पाण्याच्या साधनांचा उपयोग करावा लागतो.

या तऱ्हेच्या पुलासही नियंत्रकाची जरूर असते. यंत्रसामुग्री चालविण्याची साधनसामुग्री, ब्रेकस्, पाण्याची उंची दर्शविणारी साधने (Gauges) इत्यादी गोष्टी त्याच्या कार्यालयात असाव्या लागतात. अशा तऱ्हेचा प्रसिद्ध पूल म्हणजे इंग्लंडचा टॉवर ब्रिज.

या पुलाची एकूण लांबी ९४० फूट व हवेत उचलल्या जाणाऱ्या भागाची रुंदी ४९ फूट आहे. या भागाची लांबी २०० फूट आहे. प्रत्येक उकलणारा भाग १०० फूट लांब आहे. दोन्ही बाजूंस असणारे मनोरे ११९ फूट ६ इंच उंच आहेत. पूल उचलावयास लागणारी वजने प्रत्येकी २००० पौंड आहेत. एकूण ४१० टन वजन होते. हा पूल तयार करण्याचे काम सर जॉन वूल्फबॅरी यांनी केले आणि प्रत्यक्ष बांधकाम 'सर विल्यम अरोल आणि कंपनी' या कंत्राटदारांनी केले. बांधकामाला मार्च १८८६ मध्ये सुरुवात केली व ३० जून १८९४ रोजी पूल वाहतुकीस मोकळा झाला.

या पुलाचे दृश्य फारच मनोहर दिसते. एखादी बोट पुलाकडे येऊ लागली की, रस्ता बंद होतो. पुलाच्या दोन्ही बाजूंना वाहनांची बरीच गर्दी होते. बोट पुलापासून काही अंतरावर येताच पूल एकदम दुभंगून उकलला जातो. आणि त्याचे दोन भाग आकाशात उंच उभारले जातात. बोट पलीकडे निघून गेली की पुन्हा हे दोन राक्षसी भाग खाली खाली येऊ लागतात आणि क्षणार्धात पूल पूर्ववत होतो.

नैसर्गिक किनाऱ्याची झीज फार

'जिवाची मुंबई' करायला गेलेला मी आता भारताच्या प्रवेशद्वारात उभा होतो. 'गेट वे ऑफ इंडिया' मधून सिंधूसागराचे पसरलेले अथांग पाणी पाहत होतो. आयुष्यात प्रथमच मला समुद्राचे दर्शन घडत होते. लहानपणी निर्जन बेटावरील संपत्तीविपर्याच्या रहस्यकथा वाचून माझी अशी समजूत झाली होती की समुद्रकिनाऱ्यावर दाट जंगल असले पाहिजे. ताड, माड, नारळ यांची झाडे असली पाहिजेत आणि दंतूर किनाऱ्यावर लाटा फेसाळत येऊन आपटत असल्या पाहिजेत. किनारा गाळाने माखला असला पाहिजे. पण येथे पाहतो तो सगळाच मामला निराळा. किनारा म्हणजे एक भरभक्कम भिंत होती आणि त्याला लगटून जाणारी मरीन ड्राइव्ह ! त्यावरून मोटारी, माणसे खुशाल जात-येत होती, वितीपलीकडच्या विराट सागराची कसलीही भीती न बाळगता. कारण त्यांना ठाऊक होते की किनाऱ्याशी बांधलेल्या भिंतीमुळे समुद्राची आपणाला कसलीही धास्ती नाही.

समुद्रकिनाऱ्याचे महत्त्व आपणाला अनेक दृष्टीने असते. परदेशाशी होणारा व्यापार करण्यासाठी समुद्रकिनारी बंदरे बांधावी लागतात. किनारा नैसर्गिक स्थितीत तसाच ठेवला, तर नैसर्गिकरीत्या त्याची झीज होऊन पीछेहाट होते. दर्यात वारंवार होणाऱ्या वादळाने समुद्राचे पाणी

भू-भागा वर किती तरी आतपर्यंत येऊ शकते, त्यामुळे बंदराची व किनाऱ्या-वरील वस्तीची धूळधाण उडते. म्हणून किनाऱ्याच्या संरक्षणाची जरुरी फार असते. मान्सून वाऱ्यामुळे बंगालच्या उपसागरात होणारी वादळे व त्यामुळे उसळणाऱ्या लाटांनी भारताच्या पूर्व किनाऱ्याचे होणारे नुकसान आपल्या माहितीचे आहे.

किनाऱ्यांचे संरक्षण करण्यापूर्वी त्यांची झीज कशी होते, त्याचा अभ्यास करावा लागतो. किनाऱ्यावर बऱ्याच वेळा टेकड्या दिसून येतात. मुंबईला मलबारहिल आहे. त्याचप्रमाणे विजगापट्टण येथेही बऱ्याच टेकड्या दिसून येतात. यांच्या पायथ्याशी समुद्राच्या लाटा आपटत असतात. सतत लाटा आपटून तो भाग अधू बनतो आणि टेकडीचे खपले पडू लागतात. अशा तऱ्हेने टेकड्यांचा पायथा खोदण्याचे काम समुद्र करतो. हे खोदकाम फारच आत गेले, तर वर अधांतरी असलेला टेकडीचा भाग फार काळ उभा राहू शकत नाही. तो खाली कोसळतो. परंतु टेकडी टणक खडकाची बनली असेल, तर वरील खडक बराच काळ टिकून राहू शकतो. यामुळे गुहा, भुयारे तयार होतात. समुद्राला नद्यानाले येऊन मिळत असतात. त्याच्या मुखाजवळील भाग झिजल्यास धबधब्याची निर्मिती होते. कित्येकदा आजूबाजूचा भुसभुशीत भाग वाहून जाऊन, मधला टणक भाग उरतो व तो कित्येकदा एखाद्या सुंदर खांबाप्रमाणे दिसतो (Sea Stack). अशा तऱ्हेचे खांब स्कॉटलंडचा उत्तर किनारा, ऑर्कनी व शेटलंड बेटे यांच्या किनाऱ्यावर दिसून येतात. किनारा टणक व भुसभुशीत भागांचा बनलेला असेल, तर टणक भागांची अनेक छोटी छोटी बेटे तयार होतात. प्रतिवर्षी किनाऱ्याची किती झीज होते, याची पाहणी करण्यात येते. प्राध्यापक वॅट यांनी असे दर्शवून दिले आहे की, इंग्लंडचा किनारा दरवर्षी सरासरी एक फूट मागे हटतो. यॉर्कशायरचा होल्डरनेस किनारा दरवर्षी नऊ फूट झिजतो.

प्रचंड लाटांनी टेकड्या ढकलल्या

समुद्रकिनाऱ्यास भिंत न बांधल्यास वादळी वाऱ्यांनी निर्माण झालेल्या प्रचंड लाटा जमिनीवर जाऊन भयंकर नुकसान कसे घडते, याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे नॉर्फोल्कमधील हॅरीं येथे १९३८ मध्ये उडालेला हाहाकार. येथील किनाऱ्यावर वाळूच्या टेकड्या होत्या. १२ फेब्रुवारीला रात्री निर्माण झालेल्या लाटांनी किनाऱ्याला एवढा जोराचा रेटा दिला की वाळूच्या टेकड्या पाचशे यार्डपर्यंत आत रेटल्या गेल्या लाटांची उंची एवढी प्रचंड होती की त्यांचे पाणी टेकडया ओलांडून पलीकडे गेले. त्या पाण्याने टेकडयांना घळी पडल्या. जवळपासचा साडेसात एकर क्षेत्रफळाचा भूभाग जलमय झाला. त्या दिवशी लाटांची उंची नेहमीपेक्षा सात फूट अधिक होती. या पुरापासून तात्पुरता बचाव करावा, म्हणून ज्या चिरेतून पाणी आत शिरत होते, तेथे मोठमोठे लाकडी सोट खोचून त्यांना खेटून वाळूने भरलेली पोती टाकण्यात आली. परंतु त्यानंतर दोन महिन्यांनी पुन्हा जोराच्या लाटा आल्या आणि हे सर्व वाहून गेले. त्यामुळे तातडतोब कायम स्वरूपाची योजना करावी लागली. कॉंक्रीट भरलेली पोती आणि लोखंडी खुंट यांच्याद्वारा भिंत बांधली गेली. त्यावर चांगला कठडा बांधला गेला. भरतीच्या वेळी जास्तीत जास्त पाण्याची उंची जेवढी असते, त्याच्यावर दहा फूटपर्यंत ही भिंत बांधण्यात आली. समुद्राच्या बाजूने लाटांचा परिणाम होऊ नये, म्हणून जाड लोखंडी पत्रे (Sheet Pils) घातले आहेत. भिंतीमागे वाळू टाकून तिची हालचाल होऊ नये, म्हणून त्यावर एक विशिष्ट तऱ्हेचे गवत (Marram grass) पेरलेले आहे. या गवताची मुळे वाळूत शिरून तिची हालचाल बंद करतात. कॉंक्रीटची भिंत बांधण्याऐवजी पोती वापरण्यात आली, कारण भिंतीला पाया सापडणे शक्य नव्हते.

वाळू-चुन्याची भिंत सर्वांत भक्कम

समुद्र किनाऱ्यावर असणाऱ्या परिस्थितीप्रमाणे किनाऱ्याच्या संरक्षणासाठी निरनिराळ्या योजना योजाव्या लागतात. भिंतीच्या रक्षणासाठी लोखंडी पत्रे घातलेले वरील उदाहरणात पाहिले. परंतु त्याऐवजी भिंतीच्या समुद्राकडील बाजूला बराचसा उतार देऊन त्यावर दगड बसविणे किंवा फार मोठा उतार देता येणे अशक्य असेल, तर थोडा उतार देऊन भिंत व समुद्र यांच्या सांध्याशी मोठमोठे दगड टाकणे किंवा टेट्रॅपॉड्स बसविणे, असेही मार्ग अवलंबिता येतात. मुंबईला हा शेवटचा उपाय उपयोजिलेला आपणाला दिसेल. एका केंद्रापासून एकमेकास १२० अंशाचा कोन करून चार काटक्या बांधल्यास होणाऱ्या आकाराप्रमाणे टेट्रॅपॉडचा आकार असतो. यामुळे असे टेट्रॅपॉडस एकमेकांच्या बेचक्यात व्यवस्थित बसविले, म्हणजे साध्या दगडापेक्षा ते अधिक कार्यक्षम होतील, अशी समजूत होती, पण ती आता चुकीची ठरली आहे. कित्येकदां भिंत नुसत्या मातीची अथवा वाळूची बांधली, तरी चालते. ससेक्स परगण्यातील विंचल्सी येथेही अशीच वाळूची भिंत बांधली होती. परंतु १९३० साली ती वाहून गेली. तेव्हा त्यात चुना घालून तिची दुरुस्ती करण्यात आली. याचा परिणाम उत्तम झाला. भरतीच्या पाण्याने चुना विरघळून त्यामुळे वाळूचे कण एकमेकास चांगले चिकटून बसले व भिंतीस चांगला भरभक्कमपणा आला. हॉलंडमधील वॉलचेरेन येथे किनाऱ्यावर लाकडाचे खुंट खोवलेले आहेत. त्यामुळे भरतीच्या लाटा आल्या की त्या त्यावर आपटून फुटतात. दगड, कॉंक्रीट अथवा सलोह कॉंक्रीट यांच्या भिंती फार टिकावू असतात. त्यांची समुद्राकडील बाजू उतरती अगर पायऱ्यापायऱ्यांची असावी. पावसाचे पाणी झिरपून भिंतीपाशी आले व त्याला समुद्रात जाण्यास वाट मिळाली नाही, तर भिंतीमागील भर भुसभुशीत होण्याचा संभव

असतो. म्हणून भिंतीला ठिकठिकाणी भोके ठेवतात, आणखी एक योजना म्हणजे भिंतीला काटकोन करून आणखी भिंती बांधणे अशा दोन भिंतींत भरतीच्या वेळी लाटांबरोबर आलेली वाळू साचून राहते व भिंतीच्या संरक्षणास मदत होते. किनाऱ्याचे स्वरूप बदलेल त्याप्रमाणे या भिंतीची उंची कमीजास्त करता यावी, म्हणून त्यांच्या पायासाठी मोठमोठ्या स्क्रूंची योजना करतात.

किनारारक्षणाने जमीन टिकते

किनाऱ्यांच्या संरक्षणाचे आणखी एक कारण म्हणजे समुद्राचे पाणी जमिनीवर आले, म्हणजे तेथील जमिनी खराब होतात. त्यात पिके होत नाहीत. अशा जमिनींना खार किंवा खाजण जमीन असे म्हणतात. कोकणात कित्येक जमिनी, खार जमिनी बनतात, म्हणून त्यांची सुधारणा करण्याचे प्रयत्न १९४८ पासून चालू आहेत. पनवेल तालुक्यातील पारगाव येथे १९५५ साली याबाबत एक संशोधन केंद्रही निर्माण झाले आहे.

समुद्राला लगाम घालण्याची ही गुरुकिल्ली सापडल्याने आपला आणखी एक फायदा झाला आहे. समुद्र हटवून आपण वापरासाठी अधिक जागा निर्माण करू शकतो. पूर्वी मुंबई अनेक छोट्या छोट्या बेटांची बनलेली होती. आता ती सांधून, समुद्र हटवून आपण समुद्राकडून केवढा तरी मोठा भूभाग आपणासाठी प्राप्त करून घेतला आहे.

कोकण-जन्माची अशी कथा सांगतात की परशुरामाने परशू फेकून समुद्र हटविला आणि कोकण तयार झाले. लहानपणी ही गोष्ट ऐकून केवढे ऐश्वर्य वाटायचे! समुद्राला हटविणाऱ्या परशुरामाच्या शक्तीची कल्पनाच करता येत नाही. पण समुद्र हटविणे हे मानवाला आता सहज शक्य झाले आहे. सागराच्या अफाट शक्तीला तो आता थोडा तरी लगाम घालू शकतो.

म. ग्रं. स. ..., ... शाखा.
दा. क .... दिनांक ......

पुराचा प्रश्न

जी माता आपल्या मुलाचे मोठ्या ममतेने संगोपन करते, त्याचे पालनपोषण करते, तीच माता त्याच मुलाचा नायनाट करायला कधी तरी धजेल काय? कुठल्या ही सहृदय मातेला इतकी निर्घृणता शक्य होणार नाही. पण लाक्षणिक अर्थाने हे विधान सत्य ठरते.

आपण नद्यांना आपल्या मातेप्रमाणे मानतो. नद्या मानवाला खूपच उपयोगी पडतात. ज्याला ' जीवन ' असे सार्थ नाव दिले जाते, त्या पाण्याचा पुरवठा ती त्याला मोठ्या प्रमाणात करते. त्याच्या शेताला पाणी पुरवण्याचे कामही ती करते. पूर आला म्हणजे त्याच्या शेतावर ती गाळ आणून टाकते. आणि भूमीला ' सुजला सुफला ' बनविते. नदीच्या पाण्यामुळेच त्याला वीज अत्यंत स्वस्तात तयार करता येते. म्हणूनच पूर्वीच्या काळी शहरे नदीकाठी वसत असत. नदीच्या या अनमोल मदतीमुळेच तिला माता मानण्यात येते.

पण ' असेल तर सूत, नाही तर भूत ' असे नदीचे आहे. नदीचे काम केव्हा बिघडेल ते सांगवत नाही आणि एकदा का नदीने रौद्र रूप धारण केले की ती मानवाला ' दे माय धरणी ठाय ' करून सोडते. पाऊस अनिश्चितपणे पडत असल्याने व तो वाटेल तेवढा पडत असल्याने नदीला अगदी अनिश्चितपणे पूर येऊ शकतो. एकदा पूर आला की तो हा हा म्हणता नदीकाठच्या प्रदेशात पसरतो. कित्येक शहरांना वेढा

घालून त्यांचा बाह्य जगाशी असलेला संबंध तोडून टाकतो. कित्येक खेडी संपूर्णतया पाण्याखाली बुडतात. हजारो एकर जमिनी धुपून जातात. अतोनात पैसे व कष्ट खर्च करून तयार केलेले लोहमार्ग, रस्ते, टेलिफोनच्या तारा व सर्वांची पार नासधूस होऊन जाते. कित्येक लोक देशोधडीला लागतात. नदीचे हे थैमान थांबल्यावरही सर्व ' जैसे थे ' करायला किती तरी काळ लागतो. पूरग्रस्त भागात दुष्काळ पडतो. कित्येक खाचखळग्यांतून पाणी जाऊन डबकी झालेली असतात. त्यामुळे मलेरियासारख्या रोगांचा फैलाव होतो. अशा तऱ्हेने पुरामुळे मानवी जीवनाची अतोनात हानि होत असल्याने त्यांना आळा घालणे, ही एक अत्यावश्यक बाब बनलेली आहे.

ब्रह्मपुत्रा, महानदी, दामोदर इत्यादी नद्यांच्या खोऱ्यांचा प्रदेश म्हणजेच आसाम, पश्चिम बंगाल, बिहार, ओरिसा इत्यादी भाग पूरग्रस्त म्हणून प्रसिद्ध [redacted]रणासाठी १९५४ साली ' मध्यवर्ती पूरनिवारक संस्था ' [redacted]ली. या संस्थेतर्फे पूरनिवारणासाठी निरनिराळे पर्याय सुचविण्यात येतात. ' जलसिंचन ' खात्यातर्फे पूर-निवारणाचा एक विस्तृत कार्यक्रम आखलेला आहे. ताबडतोबीचा कार्यक्रम, थोडक्या कालावधीचा कार्यक्रम व दूर काळचा कार्यक्रम असे त्याचे प्रकार करण्यात आलेले आहेत. पहिल्या पंचवार्षिक योजनेत सुमारे १०.८ कोटी रुपये पूरनिवारणासाठी खर्च करण्यात आले. दुसऱ्या योजनेत ६० कोटी रुपयांची तरतूद केली होती.

पुराविरुद्ध उपाय योजावयाचा म्हणजे प्रथम पूर येण्याची कारणे कोणती याचे संशोधन केले पाहिजे. खूप पाऊस पडणे हे एकच पुराचे कारण नाही. नदीने आपले पात्र बदलले तर पूर येतो. तसेच कित्येकदा भूकंपामुळे नदीचा प्रवाह अडवला जातो आणि त्यामुळे सभोवतालच्या प्रदेशात पाणी पसरते. चीनमधील होहँगहो नदी आपले पात्र बदलण्या-

विषयी प्रसिद्ध आहे. म्हणूनच तिला ‘ अश्रूंची नदी ’ असे म्हणतात. आसामात वारंवार भूकंपाचे धक्के बसतात हे आपणाला माहीतच आहे. उत्तर भारत हा अगदी सपाट असल्याने नदीत थोडे जास्त पाणी आले की, ते तिच्या दोन्ही काठांवर कित्येक मैलपर्यंत पसरते. सह्याद्रीसारखे

टणक, काळे फत्तर हिमालयात [illegible] नाहीत. तो अगदी ठिसूळ आहे यामुळे हिमालयातील नद्या दरवर्षी अनेक कडे सहजगत्या पाडतात आणि ती माती व दगडधोंडे वाहून नेतात. पुढे त्या जेव्हा सपाट प्रदेशात येतात, तेव्हा त्यांचा वेग कमी होतो व वाहून आलेले दगड, गोटे, ओंडके इत्यादी नद्यांच्या पात्रात साचून राहतात. यामुळे पात्राची खोली कमी होते व पूर येतो.

अशा तऱ्हेने पूर येण्याची कारणे शोधल्यानंतर नदीच्या खोऱ्याचा व पाणलोटाचा (Catchment) अभ्यास करावा लागतो. या भागातील अनेक वर्षांचे व अनेक ठिकाणचे पावसाचे आकडे गोळा केले जातात. तसेच, या भागांतील उंचसखलपणाचा अभ्यास केला जातो. जंगलतोड कितीशी झालेली आहे हेही पाहिले जाते. कारण पाणलोटाच्या भागात जंगल असल्यास झाडे व झुडपे यांचा पावसाचे पाणी भरदिशी वाहून

जाण्यास अडथळा येतो. परंतु जर जंगलतोड झाली असेल, तर पाऊस पडताच पाणी चटदिशी वाहून जाते व पूर येतो. तसेच हा भाग खूप उताराचा असेल तर त्यावरून पाणी ताबडतोब खाली वाहत येते. तसेच पाण्याचा निचरा करणारी जमीन नसेल तर जमिनीत फारच थोडे पाणी शोषले जाते व बाकीचे वाहून जाते. या सर्व गोष्टी पूर येण्यास कारणीभूत होतात. खोऱ्याच्या हवामानाचाही अभ्यास करतात. त्याशिवाय पुरामुळे किती हानी झाली, किती पूर आला म्हणजे तो केवढ्या भागात पसरतो ही सर्व माहिती नोंदली जाते.

पूर आल्यावर त्याचे निवारण केलेच पाहिजे; परंतु पूर येणारच नाही, असे काही केले तर ते अधिक चांगले होईल. पूर येण्याची कारणे नष्ट केली की, पूर येणार नाही. म्हणून पाणलोटाच्या भागात फार जंगलतोड झाली असल्यास तेथे वृक्षारोपण करण्याचे काम प्रथम हाती घेतात. झाडे लावताना जी झाडे अधिक पाणी शोषून घेतात, अशांची लागवड अधिक करण्यात येते. परंतु येवढ्याने पूर येणे अजीबात थांबणार नाही. केवळ तो पूर्वीइतका भयंकर राहणार नाही. म्हणून महत्त्वाच्या भागांच्या वरच्या बाजूस नदीला धरण बांधण्यात येते. यामुळे पुराचे पाणी धरणाआड अडून राहते आणि खालील भाग सुरक्षित राहतो. दामोदर खोरे योजनेतील पांचेट व मैथॉन ही धरणे अशा तऱ्हेची आहेत. मैथॉन हे धरण बिहारमधील बार्कर नदीवर आहे. त्याच्या जलाशयात १.१०४ दशलक्ष एकर फूट एवढे पाणी मावते. (एक एकर जागेवर एक फूट खोलीचे होईल एवढे पाणी सोडल्यास त्या पाण्याचे जेवढे घनफळ होईल त्यास एक एकर फूट असे म्हणतात.) पांचेट येथील जलाशयात १.२२ दशलक्ष एक फूट एवढे पाणी मावते. शिवाय, अशा धरणाचा पाणीपुरवठा व वीजउत्पादन यांबाबत उपयोग होतो हे निराळेच.

पूर थांबविण्याचे उपाय चालू असतानाच पुराचे पाणी दुसऱ्या एखाद्या नदीत अथवा मुद्दाम खणलेल्या कालव्यात सोडण्याचे प्रयत्न चालू

असतात. समुद्राजवळील भागात असे कालवे समुद्रापर्यंत खणतात. यामुळे अधिक आलेले पाणी कालव्यांतून समुद्रात निघून जाते व सभोवतालच्या भूप्रदेशात पसरत नाही.

पुरापासून संरक्षण व्हावे म्हणून जगात सर्वत्र उपयोजिला जाणारा उपाय म्हणजे नदीच्या काठावर उंच भिंती बांधणे (Flood embankment) परंतु पुराचा जोर वाढला म्हणजे या भिंती वाहून जाण्याची भीती असते. गंगेवर बलिया ते इब्राहिमबादपर्यंत अशा तऱ्हेच्या भिंती बांधलेल्या आहेत. त्याचप्रमाणे यमुनेवर पानिपत येथे भिंती बांधल्या जात आहेत. नदीचे पात्र खणून खोल करणे व अधिक पाणी मावण्यासाठी ते विस्तृत करणे हे उपायही योजले जातात.

नदीचे तीर ठिसूळ असल्यास ते पुराच्या पाण्याने वाहून जातात व पाणी नदीकाठच्या गावात शिरते. अशा तऱ्हेची परिस्थिती असल्यास तीर मजबूत करण्यासाठी त्यावर दगड रचले जातात (Falling appron) किंवा नदीच्या पात्रात एक तिरकी भिंत बांधली जाते (Attracting groyne) यामुळे दोन भिंतींमध्ये पाणी साठते व तेथे गाळ बसतो. मात्र यासाठी भिंती प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेस बांधाव्या लागतात. ह्या भिंती प्रवाहाच्या दिशेस बांधल्या (Repelling groyne) तर पाणी त्यांवर आपटून पुढे जाते व त्यामागे असलेला तीर पाण्याच्या माऱ्यापासून सुरक्षित राहतो.

पूर न येण्याच्या व आल्यास त्यापासून संरक्षण करण्याच्या उपायाबरोबरच पूरग्रस्तांना मदत करण्यासाठीही उपाय योजावे लागतात. पूरग्रस्तांना अन्न निवारा व कपडे ही प्राथमिक मदत तावडतोब करावी लागते. आसाममधील पूरग्रस्तांना मदत म्हणून फंड व कपडे गोळा करण्याचे कार्य कित्येक सार्वजनिक संस्था करीत असतात. बेकार झालेल्या लोकांना काही काम मिळवून देणे हे याबाबत सरकारचे एक कर्तव्य

टरते. पुरानंतर सर्वत्र दलदल होऊन रोगराई पसरते. रोगराईला प्रतिबंध घालण्यासाठी सर्वत्र गटारे बांधून डबक्यांतील पाणी काढून टाकण्याचे कामही सुरू करावे लागते. केवळ गटाराने पाणी निचत नसेल तर पंपाने पाणी उपसावे लागते.

पूर येत आहे असे दिसताच टेलिफोन, रेडिओ इत्यादीद्वारा लोकांना ताबडतोब पूर्वसूचना देतात. पूर आल्यावर कित्येक भागांचा बाह्य जगाशी संबंध सुटतो. कारण लोहमार्ग व रस्ते वाहून गेलेले असतात, टेलिफोनच्या तारा तुटलेल्या असतात. यामुळे दळणवळणासाठी विमानाचा उपयोग करावा लागतो. कपडे, धान्य इत्यादी वस्तू विमानातून खाली टाकण्यात येतात. त्याचप्रमाणे आत अडकलेल्या. लोकांना सूचना धाडण्याचे काम रेडिओ व बिनतारी यंत्रांद्वारे करावे लागते. क्वचित नावेद्वारा दळणवळण सुरू करणे शक्य होते.

वारंवार पूर येणाऱ्या भागात दिब्रूगढसारखे एखादे महत्त्वाचे शहर असेल तर राष्ट्राचे अपरिमित नुकसान होते. हे नुकसान टाळण्यासाठी अशा शहराची उंची वाढविली तर ते पुराच्या पाण्याखाली बुडणार नाही. परंतु सबंध शहराची उंची वाढविणे हे फारच खर्चाचे काम आहे आणि भारतासारख्या गरीब देशाला ते सध्या तरी शक्य नाही.

हल्ली भौतिक शास्त्राची प्रगती झपाट्याने होत असल्याने पुराचा प्रश्न शास्त्रीय रीतीने आणि अधिक सखोलपणे हाताळणे शक्य झाले आहे. मान्सून वाऱ्यांमध्ये आकस्मिक घडून येणाऱ्या बदलांचा आता अधिक काळजीपूर्वक अभ्यास करण्यात येत आहे. तसेच, हिमालयातील बर्फ किती प्रमाणात वितळते याविषयीही माहिती गोळा करणे चालू आहे. हवामानखात्यातर्फे हिमालयाची पाहणी करण्यात येत आहे. शिवाय संशोधनकेन्द्रे स्थापन करणे व त्यात नद्यांचे हुबेहूब नमुने करून (Model study) पुरांचा अभ्यास करणे व त्यावर उपाय सुचविणे;

आणि ते उपाय कितपत यशस्वी ठरतील ते नमुन्याच्या नदीवर प्रत्यक्षात पाहणे हा एक महत्त्वाचा आधुनिक उपाय आहे. संशोधनकेंद्रे उघडणे ही फार फायद्याची गोष्ट ठरते. कारण कित्येकदा तर्काने शोधलेले उपाय प्रत्यक्षात अयशस्वी ठरतात. त्यामुळे फार खर्च येतो. संशोधनकेंद्रे चालविण्यास अर्थातच थोडा फार खर्च येतो. परंतु एखादी मोठी भिंत बांधून ती ढासळली तर जे नुकसान होईल ते अशा केंद्रांमुळे वाचते. कारण केंद्रांतील छोट्या नदीवर प्रथम त्या भिंतीची छोटीशी प्रतिकृती बांधण्यात येईल. आणि भिंत पडणार असेल तर तेथेच कळेल आणि प्रत्यक्षात भिंत बांधण्याचे कारण उरणार नाही.

वर जे निरनिराळे उपाय सांगितले आहेत त्यांचा समग्र विचार केला असता असे दिसून येईल की, पुराने उध्वस्त होणाऱ्या प्रदेशाचे नजिकच्या भविष्यकाळात नंदनवनात रूपांतर होण्याची दाट शक्यता निर्माण झालेली आहे.

नदीखालून जाणारा बोगदा ४

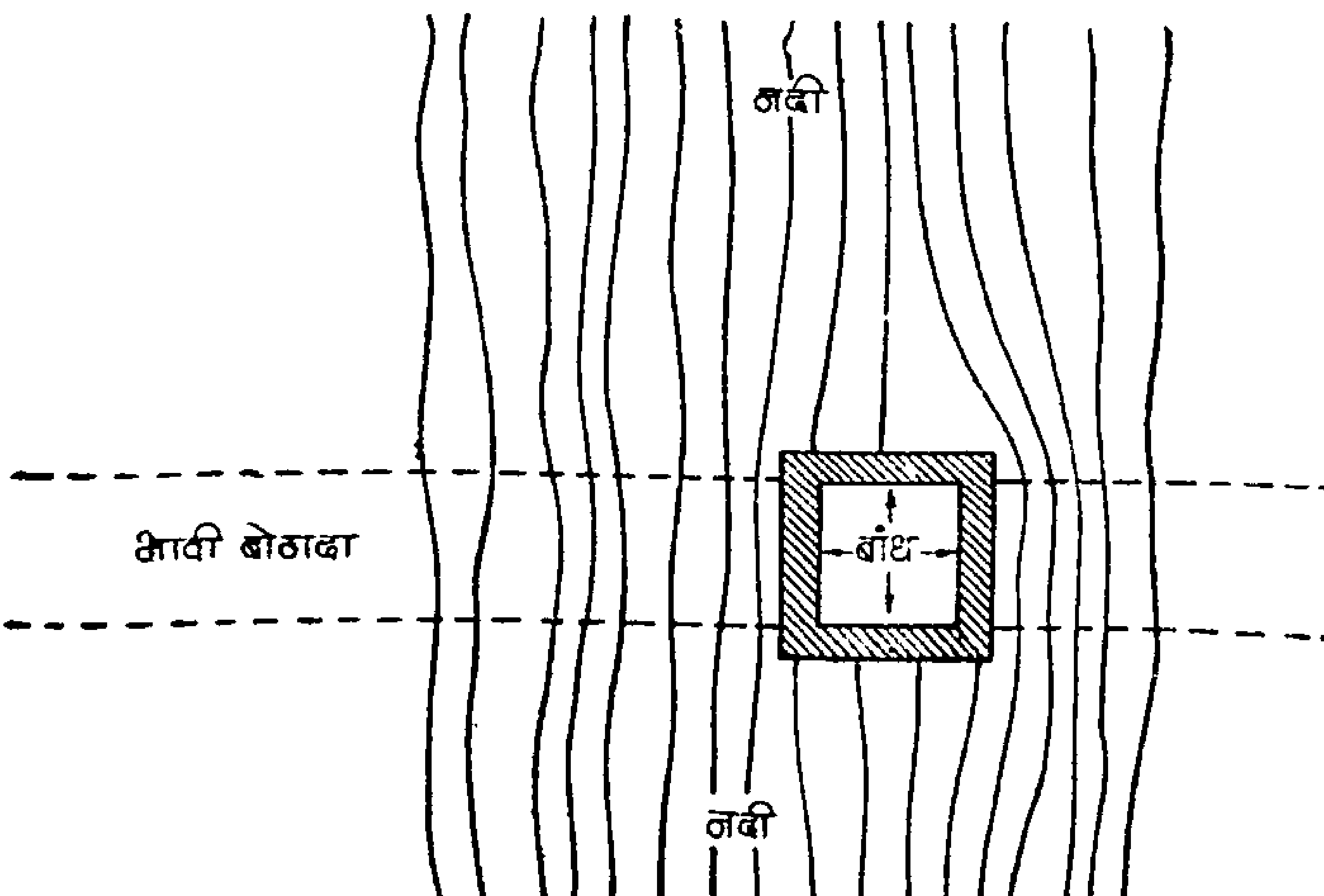
स्थापत्यशास्त्रज्ञांनी जगात जी अनेक आश्चर्यकारक बांधकामे केलेली आहेत, त्यांपैकी नदीखालून जाणारा बोगदा हे एक आश्चर्य होय. असे बोगदे जगात फार थोडे आहेत. साधारणतः बोगदा म्हटले की, डोंगर पोखरून जाणारा मार्ग, असे आपण समजतो. नदी ओलांडण्यास अर्थातच सर्वत्र पुलांचा उपयोग केला जातो. परंतु नदी ओलांडण्यासाठी तिच्याखालून बोगदा नेणे हे एक नवलच होय. एखाद्या नदीचे पात्र विस्तीर्ण असेल तर तिच्यावर पूल बांधणे हे अशक्य असते अशा वेळी नदीखालून बोगदा काढणे हेच सोयीचे व कमी खर्चाचे असते. इंग्लंडमधील सेव्हार्नचा बोगदा अशाच तऱ्हेचा आहे.

अशा तऱ्हेचा पहिला बोगदा म्हणजे लंडनमधील टेम्स नदीखालचा बोगदा. त्याचे काम १८२५ साली सुरू झाले आणि १८४२ साली तो बांधून पुरा झाला. हा बोगदा जुन्या पद्धतीनुसार बांधण्यात आलेला होता. दाबलेल्या हवेचा त्यात उपयोग करण्यात आला नव्हता. मॅक्ब्रुनल हा त्याचा प्रमुख इंजिनियर होता. नदीच्या तळातील माती घट्ट असल्याने त्यांतून पाणी खाली येणार नाही, असे तेथील इंजिनियर्सना वाटले होते. परंतु काळजी घेऊनही पाणी बोगद्यात शिरलेच. त्यामुळे कामास बराच अडथळा आला. पैशाची कमतरता, पाठिंब्याचा अभाव इत्यादी अनेक अडथळे असूनही मॅक्ब्रुनलने काम सतरा वर्षांत पुरे केले.

या बोगद्यात शुद्ध हवेचा पुरवठा करण्यासाठी एक नळ बोगद्याच्या अगदी वरच्या भागात ठेवण्यात आलेला आहे. अशुद्ध हवा, पादचारी मार्ग आणि वाहनांचा रस्ता यांच्या सीमारेषेवरील छिद्रातून बाहेर ओढून घेतली जाते. रस्ता वीस फूट रुंदीचा आहे. बोगद्याचा आकार अर्धवर्तुळाकृती असून व्यास तीस फूट आहे.

अमेरिकेतील अशा तऱ्हेचा पहिला बोगदा म्हणजे शिकागो नदीखालील 'वॉशिंग्टन सेंट' बोगदा. हा बोगदा १८६६ साली बांधण्यात आला. हा बोगदा बांधण्यासाठी खालील पद्धतीचा अवलंब करण्यात आला.

सामान्यतः बोगदा खणण्यास त्याच्या दोन्ही टोकांकडून सुरुवात होते, परंतु हा बोगदा बांधताना नदीच्या ज्या भागाखालून बोगदा जाणार



आ. १

होता तो भाग प्रथम बोगद्याच्या तळापर्यंत खणण्यात आला. त्यानंतर बोगदा बांधण्यात आला व मग तो वरून बंद करून त्यावरून नदी

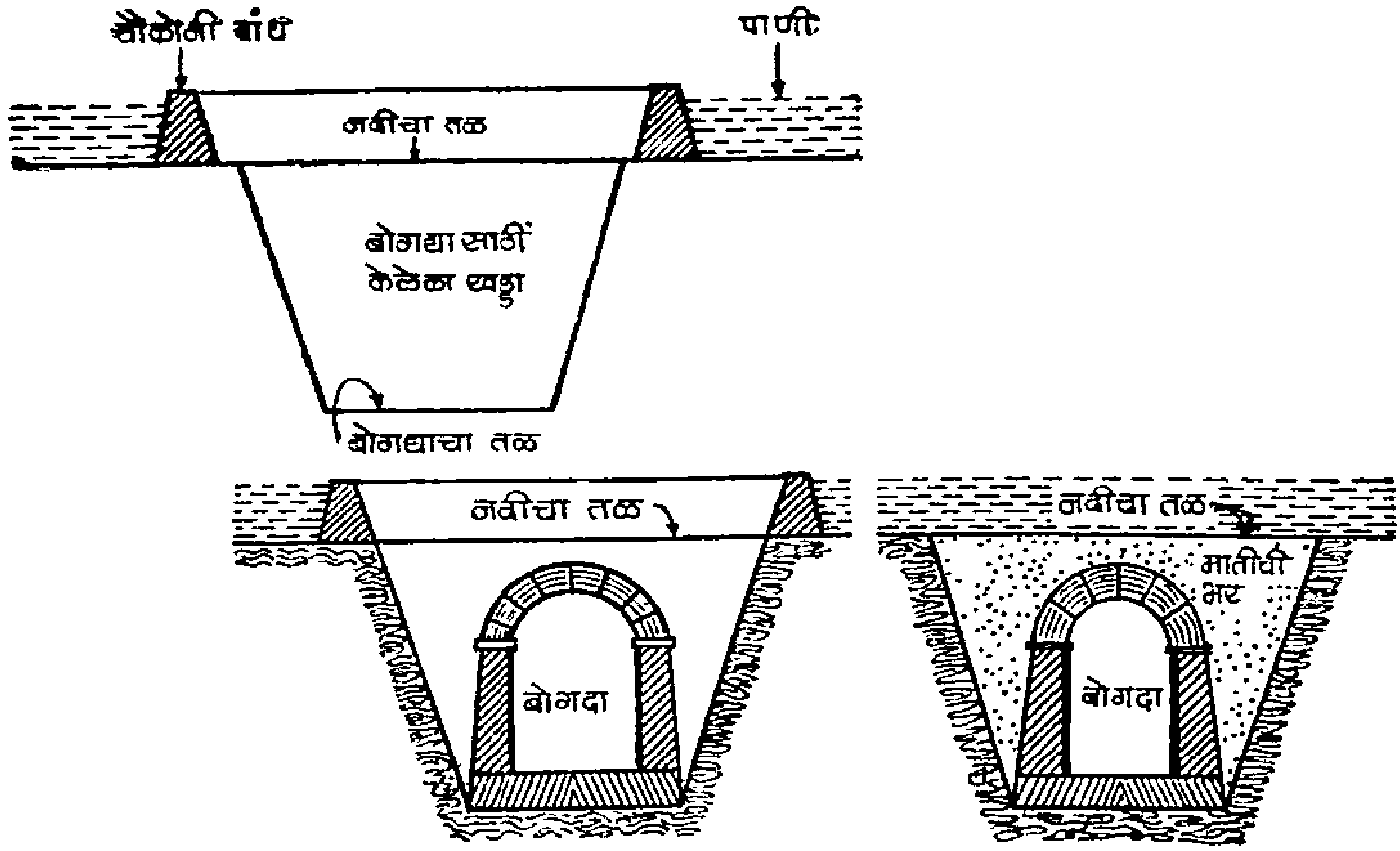
पूर्ववत् वाहू लागली. (Cut and Cover method of tunnelling) यातील बिकट प्रश्न म्हणजे नदीचा तळ खणण्याचे काम चालू असता नदीच्या पाण्याबाबत काय करतात? त्यासाठी खालील योजना करतात.

नदीच्या ज्या भागाखालून बोगदा जावयाचा आहे. त्याचे लहान लहान भाग केले जातात. एका वेळेस असा एकच लहान भाग घेऊन तेथे खणण्याचे काम केले जाते. त्या भागावर तात्पुरता एक बंधारा (Cofferdam) चारी बाजूंनी बांधून काढतात. यामुळे नदीचे पाणी बंधाऱ्याच्या कडेने वाहू लागते. नंतर बंधाऱ्याच्या आतील भागातील पाणी पंपाने उपसून टाकले जाते. नदीच्या पाण्याची खोली खूप असेल किंवा पाण्याला वेग फार असेल तर केवळ मातीचा बंधारा बांधून चालत नाही. सुरक्षिततेसाठी लाकडी अथवा लोखंडी खुंट (Piles) अथवा लोखंडी जाड पत्रे (Sheet piles) हे प्रथम नदीच्या तळात ठोकून त्याभोवती माती टाकावी लागते. (आकृती क्र. १).

अशा तऱ्हेने चौकोनी भाग मोकळा झाल्यावर येथील माती खणून काढली जाते. बोगद्याच्या तळाची जी पातळी पूर्वी ठरवलेली असते तेथपर्यंत खणले जाते (आकृती क्र. २). नंतर बोगद्याचा पाया, बाजू व छत बांधले जाते (आकृती क्र. ३). त्यानंतर अशा तऱ्हेने बांधून झालेल्या बोगद्यावरील खणून काढलेली माती पुन्हा टाकली जाते. (आकृती क्र. ४). याप्रकारे प्रत्येक लहान भागात बोगदा बांधला जातो. एका भागात बोगदा बांधून झाला की, त्या भागावरील बांध काढून दुसऱ्या भागात घातला जातो.

इंग्लंडमधील मर्सी नदीखालील बोगदा बांधण्यास १८८८ साली सुरुवात झाली. हा बोगदा १०,५८४ फूट लांब आहे. ३६ फूट रुंदीचा रस्ता यात असून शिवाय दोन्ही बाजूंस पादचारी मार्ग आहेत. बोगद्याची

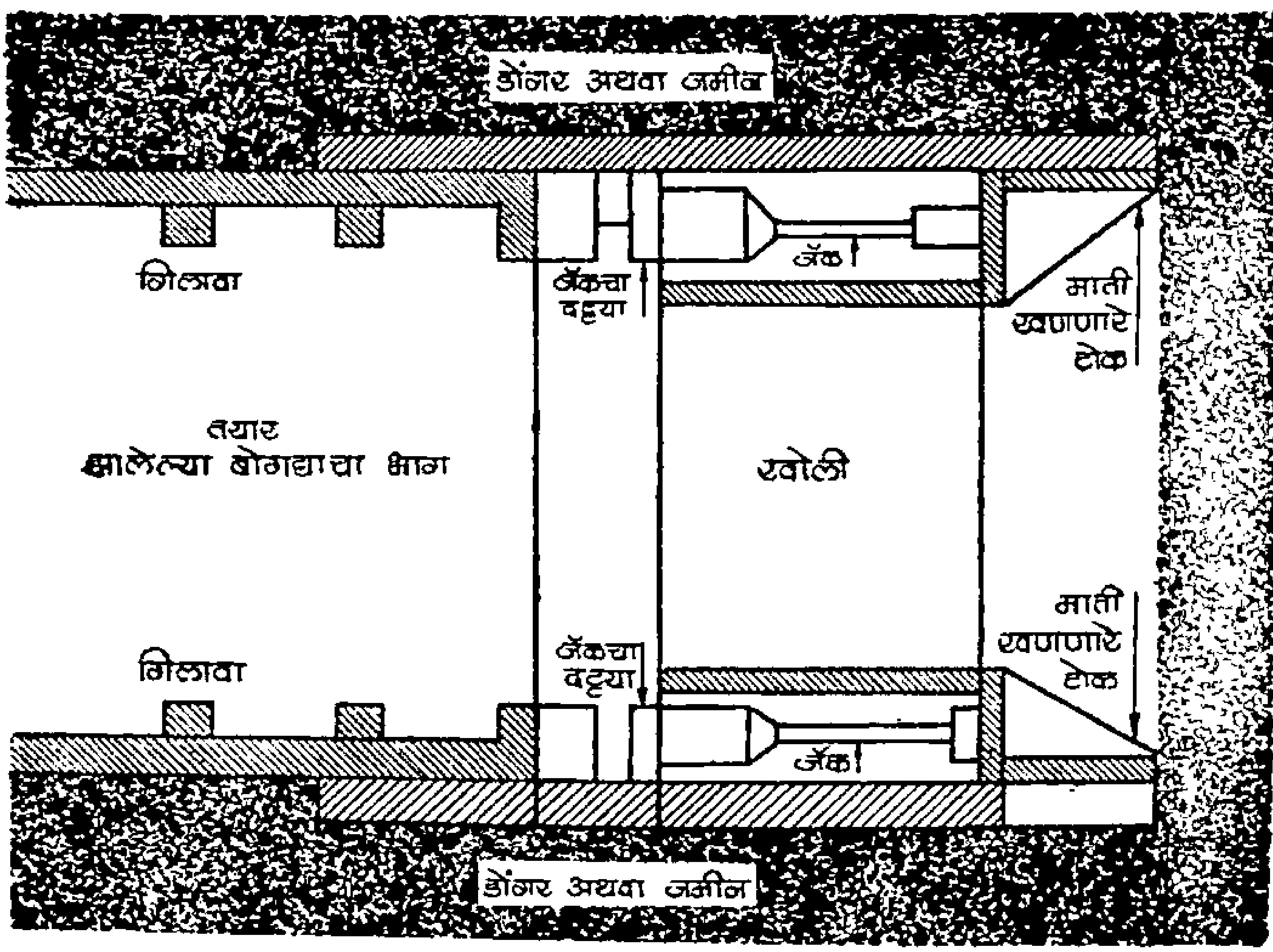
उंची ३१$\frac{1}{2}$ फूट आहे. विशेष म्हणजे बोगद्यातून जाणार रस्ता लोखंडी तुकड्यांचा केलेला आहे.



आ. २, आ. ३, आ. ४.

अमेरिकेतील सेंट क्लेअर नदीखालून जाणारा सेर्निया आंतरराष्ट्रीय बोगदा हा एका निराळ्या पद्धतीने खणला गेला. या पद्धतीत (Shield tunnelling) एका दण्डगोलाकृती खोलीची माती खणण्यास व बोगद्याला गिलावा करण्यास उपयोग केला जातो. तिची रचना आकृती क्र. ५ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे आहे. खोलीच्या पुढील भागास निमुळता व टोकदार असा लोखंडी भाग (Cutting edge) जोडलेला असतो. याचा उपयोग खोदाईसाठी होतो. खोलीत माणसासाठी व सामानासाठी निरनिराळे विभाग केलेले असतात. याखेरीज अगदी वरच्या बाजूस संकटकाळी बाहेर पडण्याचा मार्ग असतो. मागील बाजूस बोगद्यास गिलावा करण्याची सोय असते. पुढील बाजूस खणण्याचे काम चालू असते तेथे वरच्या बाजूचा भाग थोडा पुढे आणलेला असतो. त्यामुळे

काम करणाऱ्या माणसावर माती ढासळण्याचा संभव टळतो. आत अंधार असल्याने निदान काम चालू असलेल्या जागी तरी विजेचे दिवे लावावे लागतात. शिवाय, अपघात इत्यादींची माहिती सर्वत्र कळावी यासाठी येथून बोगद्याबाहेर असलेले कार्यालय, यंत्राची दुरुस्ती करण्याचे ठिकाण, विद्युत्गृह इत्यादी ठिकाणी टेलिफोनची सोय करावी लागते.



आ. ५

बोगद्यात झिरपणारे पाणी काढून टाकण्यासाठी पंप ठेवावे लागतात. बोगद्यास गिलावा करण्यास लोखंडी पट्ट्यांचा उपयोग केला जातो. त्यांच्या उपयोगामुळे माती ढासळण्याची शक्यता कमी होते आणि झिरपणारे पाणीही बऱ्याच प्रमाणात बंद होते. काही भाग खणून झाल्यावर ही खोली पुढे ढकलण्यात येते. हे कार्य मोटार उचलण्यात जसे जॅक्स् असतात तसा जॅकद्वारा केले जाते. खोलीच्या मागच्या बाजूस

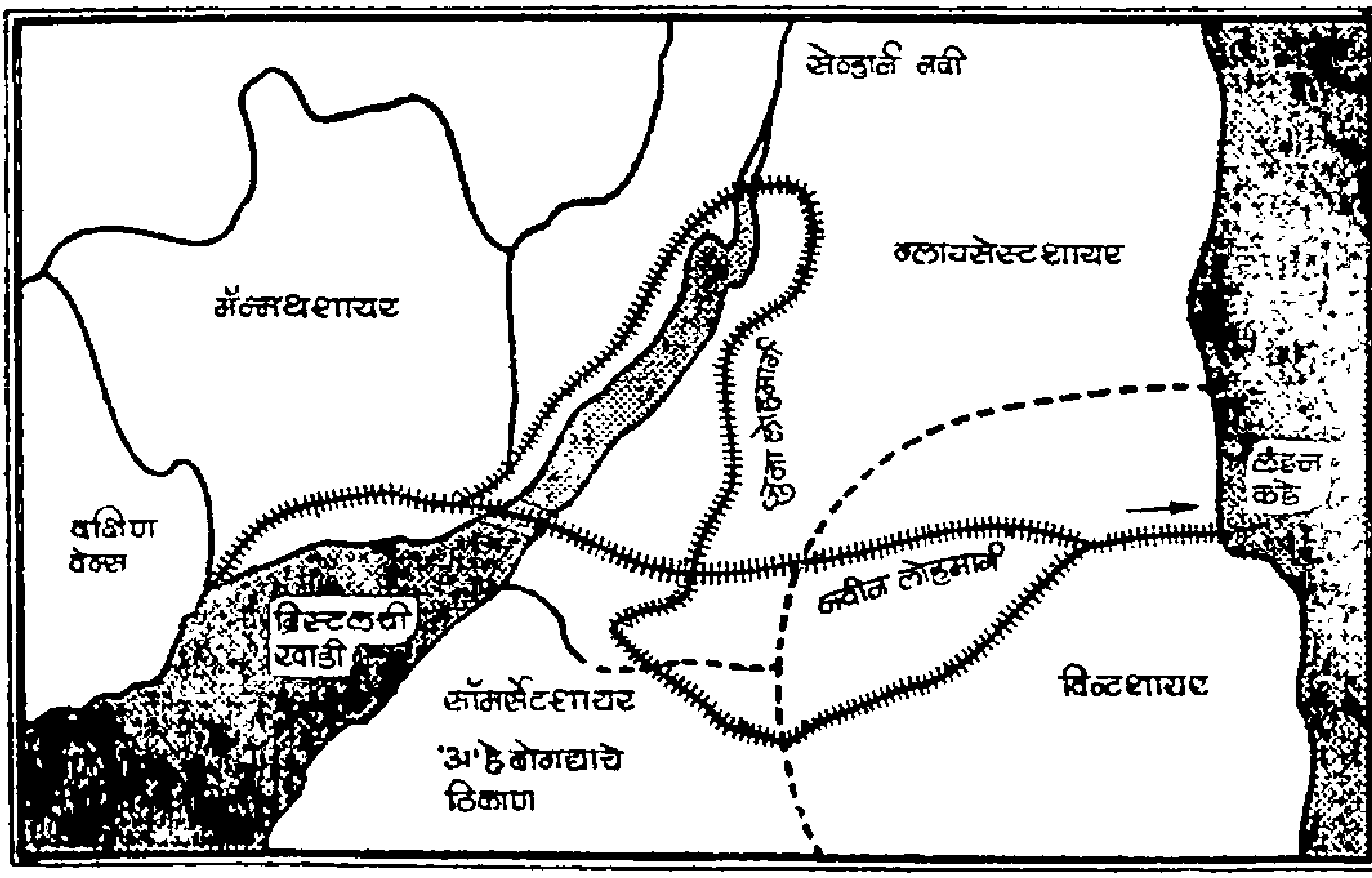
लावलेल्या लोखंडी पट्टयांवर हे जॅक्स लावलेले असतात. ते त्यांना थटून बसलेले असतात. त्यामुळे ते चालवावयास सुरवात केली की, खोली पुढे सरकते. अशा तऱ्हेने एका बाजूने खणणे आणि दुसऱ्या बाजूने गिलावा करणे अशी दोन्ही कामे एकाच वेळी चालू असतात.

हा बोगदा १८८८ साली बांधला गेला. त्याचा व्यास २० फूट असून लांबी ६,००० फूट आहे.

अमेरिकेतील हडसन नदीखालील 'हस्किन्स बोगदा' बांधण्यास १८७९ साली सुरुवात झाली. न्यू जर्सीच्या बाजूचे निरनिराळे लोहमार्ग न्यूयॉर्कमधील वॉशिंग्टन चौकामधल्या मध्यवर्ती डेपोस जोडण्यासाठी हा बोगदा पाडावयाचा होता. हा बोगदा हस्किन्सने बांधला. सेंट लुईस येथील एडस् पूल बांधत असता खणण्यासाठी दाबाखाली असलेल्या हवेचा उपयोग केलेला त्याने पाहिला होता. खूप दाबून सोडलेली हवा निमुळत्या तोंडातून सोडली म्हणजे अतिशय वेगाने वाहते आणि त्या जोरावर माती खणली जाते. वरील तत्त्वाचा उपयोग त्याने बोगदा खणण्यास करण्याचे ठरविले. रेल्वे कंपनीचा त्याला पाठिंबा नव्हता. पैसाही बेताचाच होता. तरीदेखील अनेक अपघातांनंतर आणि योजनेत अनेक वेळा बदल केल्यावर १८८२ साली बोगदा पुरा करण्यात आला. तो सुमारे १,६०० फूट लांब आहे. पैशाअभावी काही काम राहिले होते. ते १९०५ साली मॅक अॅदो याने पुरे केले. 'हडसन् टयुब्ज' या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या बोगद्यांपैकी हा एक बोगदा आहे.

नदीखालून जाणारा जगातील सर्वांत लांब बोगदा म्हणजे इंग्लंड-मधील सेव्हार्न नदीखालून जाणारा बोगदा. हा एकूण ४ मैल ६२४ यार्डस लांब आहे. याची रुंदी २६ फूट असून उंची १४½ फूट आहे. यातून दुमार्गी लोहमार्ग जातो. पूर्वी लंडनहून दक्षिण वेल्सकडे जावयाचे झाल्यास ग्लास्टरकडून जावे लागे. परंतु या बोगद्यामुळे हा मार्ग आता

फारच जवळचा झाला आहे. बोगद्याचे स्थान आकृती क्र. ६ मध्ये दाखविले आहे. त्यावरून हे स्पष्ट होईल. नदीच्या तळापासून बोगद्याच्या आढ्यापर्यंत ५० फूट जमीन आहे. नदीला पूर आला म्हणजे पाण्याची



आ. ६

खोली जवळजवळ ४५ फूट बनते. येवढ्या पाण्याचा दाब या बोगद्यास सहन करावा लागतो. बोगद्याच्या संरक्षणासाठी फार काळजी घ्यावी लागते. दरवर्षी जवळजवळ १२ दिवस वाहतूक थांबवून सुप्रसिद्ध स्थापत्यविशारद बोगद्याची पाहणी करतात.

या बोगद्याच्या कामास १८७३ साली सुरुवात झाली. अनेक अडचणींमुळे काम फारच सावकाश चालू होते. ५ वर्षांत फक्त ९,०० फूट बोगदा खणला गेला होता. नंतर १८७९ पर्यंत निम्मा बोगदा खणून झाला. परंतु १८ ऑक्टोबर १८७९ रोजी एका मजुराने आढ्यापाशी मारलेल्या कुदळीमुळे एक बारिकसे भोक पडून पाणी आत आले यानंतर पाणी कसे काढावे याचा विचार करण्यात चार महिने

निवून गेले. नंतर वॉकर नावाच्या इसमाने ते काम अंगावर घेतले. त्याने पंपाने पाणी उपसून, पाणी येणारे भोक बुजविण्याचे ठरविले. परंतु पाणी जरा कोठे हटते न हटते तोच काम लवकर होण्यासाठी खणलेल्या उभ्या भोकातून (Shaft) पाणी येऊ लागले. अडचणीत भर म्हणून एक पंपही फुटला. अखेर उभे भोक बंद करण्यासाठी लॉम्बर्ट नावाचा पाणबुड्या तयार झाला. तो एकदा बुडी मारून बराच आत गेला. परंतु प्राणवायूचा पुरवठा करणाऱ्या नलिकेचा भार सहन न झाल्याने त्यास बाहेर यावे लागले. पुढे डॉक्टर फ्लूस याने तयार केलेले शिरस्त्राण घालून त्याने बुडी मारली. ती फेरीही फसली. पुढे आणखी एकदोनदा प्रयत्न केल्यावर त्यास यश आले व भोक बंद झाले. १८८१ साली ग्लायसेस्टरशायरकडून समुद्र आत घुसला. परंतु ती जागा बंद करण्यात आली. अखेर १८८३ साली बोगदा आरपार खणला गेला. त्याच वेळेस नदीचे पाणी पुन्हा आत आले. परंतु त्यानंतर थोड्याच दिवसात नदीला मोठा पूर आला. पुराचे मोटमोठे लोंढे बोगद्यात आले. परंतु त्यायोगे तेथे हवा कोंडली गेली आणि नंतर त्याच हवेने पाण्यास परत मागे लोटले. पुढे पंपांनी पाणी उपसण्यात आले व अखेर १८८५ साली बोगदा संपूर्ण तयार झाला.

ही मानवाची निसर्गाबरोबर चाललेली झुंज पाहिली म्हणजे एखाद्या अक्राळविक्राळ रौद्र रूप धारण केलेल्या भयाण राक्षसाबरोबर एखाद्या चिमुरड्याने लढत द्यावी, असे दृश्य डोळ्यासमोर येते. पण मानवरूपी चिमुरडा शिपाई, निसर्गरूपी राक्षसावर मात करताना पाहिला म्हणजे कौतुक वाटल्याशिवाय राहत नाही.

धरणापासून तोटे व त्यावर उपाय ५

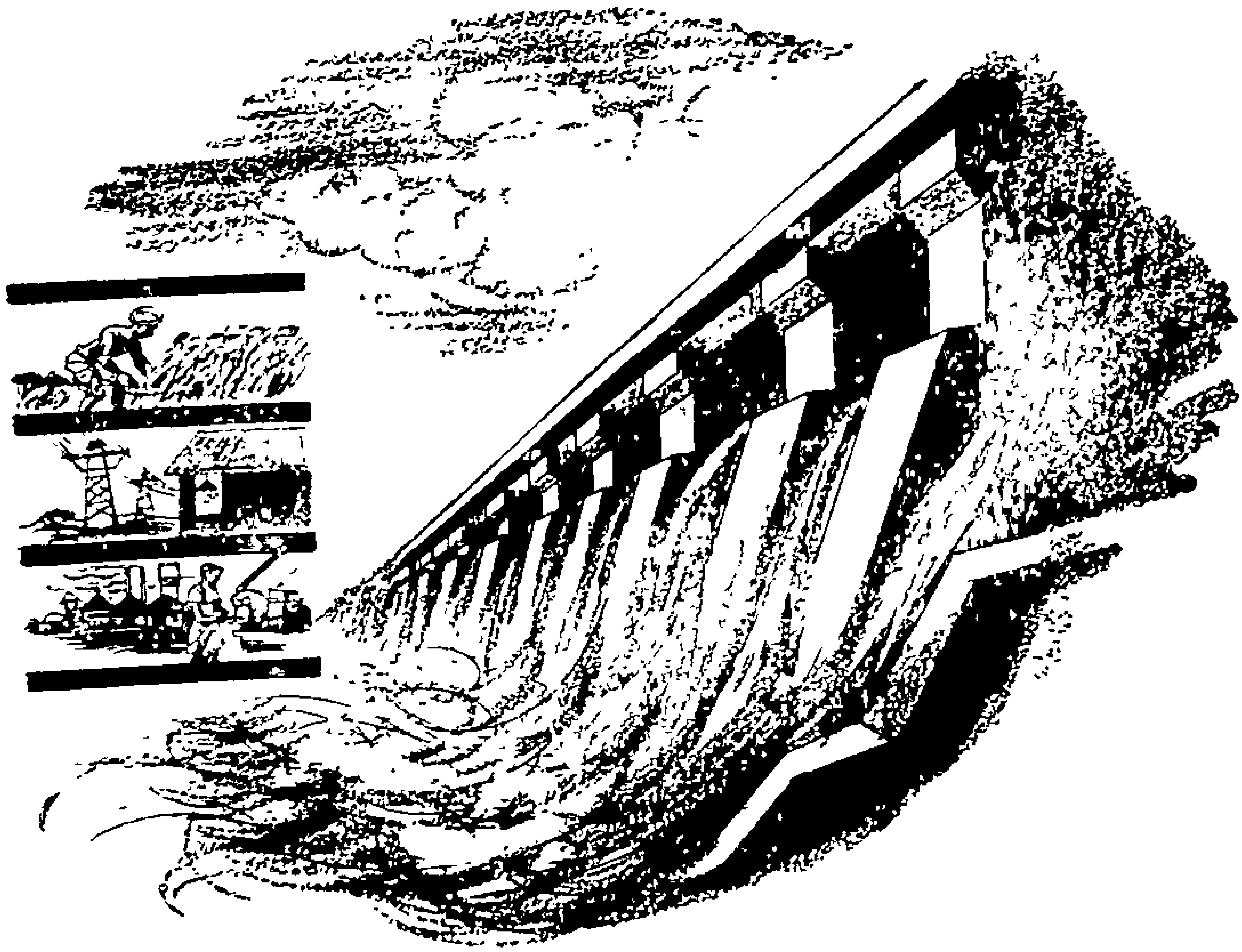
धरण बांधकामाचे प्रगत शास्त्र

प्रत्येक गोष्टीला दुसरी बाजू असतेच. एखादी गोष्ट कितीही चांगली असली तरी त्या गोष्टीच्या वाईट बाजूलाही काही जमा असतेच. धरणाचे असेच आहे. तीर्थस्थानांचा मान मिळालेल्या धरणांपासूनही काही तोटे होतातच.

धरणाचा एक तोटा आपण नुकताच अनुभवला आहे. पानशेत धरण फुटून पुण्याची जी धुळधाण उडाली, ती अजून कित्येक वर्षे आपल्या स्मरणात राहील. हा तोटा टाळण्यासाठी धरणे शहरापासून दूर बांधावी, असे कोणी म्हणेल. गोष्ट अशक्य नाही, परंतु ती सरसहा लागू पडणार नाही. कारण एखाद्या मोठ्या शहराला पाणीपुरवठा करण्यासाठी बांधावे लागणारे धरण शहराच्या वरच्या बाजूस व जवळच बांधावे लागते. कारण फार दूरवर धरण असल्यास इतक्या लांबून पाट काढून शहरात पाणी आणणे फार खर्चाचे काम होईल.

पानशेतप्रकरणी एक उपाययोजना अशी सुचविली होती की, यापुढे मातीची धरणे बांधूच नयेत. परंतु असे प्रतिगामी विचार आपण अमलात आणू लागल्यास आपली प्रगतीच खुंटेल. म्हणून अशा अपघाताने खचून जाता कामा नये. या ठिकाणी अमेरिकेचे उदाहरण डोळ्यांपुढे

ठेवले पाहिजे. अमेरिकेत धरण बांधकामाचे शास्त्र प्रायोगिकावस्थेत असताना अनेक धरणे फुटली, अपरिमित नुकसान झाले, पण अमेरिकेने धरणे बांधणे चालूच ठेवले. जे धरण फुटले, ते का फुटले असावे, याचा शास्त्रीय दृष्टिकोनातून अभ्यास करण्यात आला आणि पुढील बांधकामातून वरील चुका घडणार नाहीत, याची कसोशीने काळजी घेण्यात आली, ' अपयश हीच यशाची पहिली पायरी ' असे म्हणतात. तसेच या बाबतीत



थोडेसे आहे. स्थापत्यशास्त्र हे प्रत्यक्षात येणारे असल्याने अतिशय बुद्धिमान स्थपतीने कितीही विचार केला, तरी प्रत्यक्षात येणाऱ्या कित्येक अडचणी त्याला कळत नाहीत. हे अनुभवाचे शास्त्र आहे आणि कित्येक धरणे फुटण्यातूनच हे शास्त्र प्रगत झाले आहे. तेव्हा या बाबतीत थोडे पुरोगामी धोरण ठेवले पाहिजे. धरणे अवश्य बांधली

पाहिजेत, परंतु ती बांधताना शास्त्रीय नियमांचे काटेकोरपणे पालन केले पाहिजे. धरण बांधल्यावरही अतिशय जागरूकपणे त्याचे काम व्यवस्थितरीत्या चालू आहे की नाही, याकडे लक्ष दिले पाहिजे आणि त्याच्या कार्यात काही बिघाड होताच, कोणत्याही तऱ्हेचा विलंब न लावता डागडुजी केली पाहिजे. असे झाले, तर क्वचितच संभवणारा धरण फुटण्याचा धोका टाळता येईल.

अनेक गोष्टींना मुकावे लागते

धरण फुटणे हा विशेष न संभवणारा तोटा आहे, परंतु इतर काही तोटे मात्र धरणाबरोबरच त्याच्या हातात हात घालून चालत येतात. धरण बांधले म्हणजे त्यामागे साठणाऱ्या पाण्याखाली केवढा तरी मोठा भूभाग जातो. यात बरीचशी शेतजमीन असते, कित्येक खेडेगावे असतात आणि केवढे तरी मोठे जंगल असते. या जंगलापासून मिळणाऱ्या फायद्यांना आपणाला मुकावे लागते. तसेच ही शेतजमीनही वाया जाते या प्रदेशात जी खेडेगावे असतात, त्यांचे पुनर्वसन करावे लागते त्याला बराच खर्च येतो. सरकार या खेडुतांना घरे, जमिनी इत्यादी देत असल्याने निर्वासित होण्याचा त्यांच्यावरचा प्रसंग टळतो, परंतु पिढ्यान्‌पिढ्या ज्या भागात ते राहिले, तो परिसर सोडावा लागल्याने त्यांची बसलेली घडी विसकटते आणि नव्या जागी जीवनात पूर्वीइतकी सलगता येत नाही.

जलसंचयाच्या भागात काही खनिज द्रव्ये निघण्यासारखी असतील तर त्यांनाही मुकावे लागते. पण त्यांचा फायदा करून घेण्यासाठी धरण बांधण्यापूर्वी भूगर्भशास्त्रज्ञांकरवी या भागाची पाहाणी करून खनिज द्रव्ये असल्यास ती प्रथम काढून घ्यावीत व मग धरण बांधावे.

जुनीपुराणी व संस्कृतिदर्शक अशी काही स्थळेही पाण्याखाली बुडण्याचा संभव असतो. उदाहरणार्थ, इजिप्तमध्ये नाईल नदीवर आस्वान

येथे बांधल्या जाणाऱ्या धरणाच्या जलाशयात इजिप्तमधील मोठमोठी देवळे व लहानमोठी स्मारके बुडत आहेत. भारतातही नागार्जुनसागर धरणाबाबत असा प्रश्न निर्माण झाला आहे. या धरणापाशी अनेक प्राचीन ऐतिहासिक अवशेष आढळतात. इक्ष्वाकु राजांनी येथे अनेक कलापूर्ण वास्तु उभारल्या आहेत. नागार्जुन नावाच्या ब्राह्मणाने इकडे बौद्धतत्त्वांचा प्रसार केला. यामुळे येथे सभागृह, महास्तूप, विहार, अश्वमेध मंडप आदि वास्तू आढळून येतात. याबाबत एक समिती नेमण्यात आली. काही गोष्टींच्या प्रतिकृती तयार कराव्यात, काहींचे सुटे भाग पुन्हा जुळवावेत, उत्खननातील अवशेष जवळच्या टेकडीवरील वस्तुसंग्रहालयात ठेवाव्यात, असे ठरले. धरण पूर्ण झाल्यावर ही टेकडी पाण्याने वेढली जाऊन तिला बेटाचे स्वरूप येईल.

धोक्याची वेळीच सूचना हवी

धरणामागच्या सरोवरात नेहमी ज्या पातळीला पाणी राहाते, त्याच्यापेक्षा धरणाची भिंत नऊ–दहा फूट अधिक उंच बांधलेली असते ही तरतूद अकस्मात येणाऱ्या पुराच्या पाण्यासाठी असते, हा सरोवराचा प्रदेश सपाटीचा असेल, तर या नऊ–दहा फुटांच्या उंचीत सभोवतालचा कितीतरी प्रदेश येतो. या भागात पाणी येण्याची शक्यता क्वचितच असल्याने येथे थोडीफार वस्ती असण्याचा संभव असतो. नदीला पूर आल्यास या भागात पाणी पसरण्याची शक्यता असते व या वस्तीला धोका पोहोचू नये, म्हणून अशा वेळी त्यांना त्वरित सूचना देण्याची आवश्यकता असते. तसेच पूर फारच मोठा आल्यास ते पाणी या नऊ-दहा फूट उंचीतही मावण्याची शक्यता नसल्याने धरणावरून पाणी वाहू लागण्याची व धरण फुटण्याची शक्यता असते. हे टाळण्यासाठी धरणाच्या सर्व मोऱ्या उघडाव्या लागतात आणि यामुळे खालील गावांना पुराचा

प्रादुर्भाव पोहोचतो. अशा वेळीही खालील गावांना धोक्याची सूचना द्यावी लागते. न पेक्षा पुराने गावाचे अपरिमित नुकसान होते. यासाठी पावसाळ्यात धरणव्यवस्था पाहाणाऱ्या इंजिनीयर्सनी अतिशय जागरूक राहिले पाहिजे. धोक्याची सूचना देऊनही संपूर्णतः नुकसान टळते असे नाही, थोडेफार नुकसान होतेच. सूचना मिळाल्याने लोकांना जीव बचावता येईल व सामान हलविता येईल, परंतु घरांची नासधूस इत्यादी गोष्टी होतातच.

मलेरियाविरुद्ध दक्षता घेणे जरूर

धरणामुळे पाण्याचा साठा केला जातो. साहजिकच अनेक ठिकाणी पाणथळ जागा निर्माण होतात व मलेरियाचा प्रादुर्भाव होतो. भारतात दरवर्षी जवळजवळ तीन लाख लोक मलेरियाने मृत्यू पावतात. म्हणून सरकारने १९५३ साली मलेरिया-प्रतिबंधक कार्यक्रम आखला, त्याला अमेरिका, युनिसेफ इत्यादींनी आर्थिक मदत केली.

धरणामागील सरोवराच्या बाजूंनी पाणी झिरपत असते. तसेच पूर आल्यास भोवतालच्या बऱ्याच प्रदेशात पाणी पसरते. पूर ओसरल्यानंतर या सर्व भागात चिखल होतो आणि तो लवकर वाळत नाही. तसेच पालापाचोळा कुजतो. या सर्व गोष्टी मलेरियाच्या डासांना आवाहन करतात. यावर एक उपाय म्हणजे सरोवरात माशांची पैदास करणे. मासे आणि डास यांचे पक्के वाकडे. मासे डासांची अंडी गट्ट करतात.

सरोवराप्रमाणेच धरणापासून निघणारे पाट पाणथळ जागांस कारणीभूत होतात. पाटाच्या कडेने पाणी बाहेर झिरपत असते. ते बाजूंना साचून राहाते. तसेच पाट उंचावरून जात असेल. तर तो भराव शेजारील ठिकाणाहून खड्डे खणून माती काढून केलेला असतो. यामुळे या सभोवतालच्या खड्ड्यांतून पाणी साठते. पाटासाठी केलेला भराव

मातीचा असल्याने त्याला भेगा पडून बरेच पाणी बाहेर जाऊ लागते. पाटाचा उपयोग धुणे धुण्यास व म्हशी धुण्यास लोक करतात. त्यामुळेही पाणथळ जागा निर्माण होतात तसेच शेतकरी शेतातील पाटाची नीट व्यवस्था ठेवीत नाहीत. कित्येक वेळा जरुरीपेक्षा जास्त पाणी शेतात घेतले जाते. त्यामुळेही जिकडे तिकडे पाणी पसरते.

अशा तऱ्हेने पाणथळ जागा निर्माण होण्याची कारणे कळल्यावर मलेरिया-प्रतिबंधक कोणते उपाय योजले जातात, ते पाहू. प्रथमतः जेथे पाणी साचण्याची शक्यता आहे, अशा तऱ्हेचे खड्डे शक्यतो बुजवून टाकावे. पाणी झिरपते त्या वाटा बंद कराव्या. डी. डी. टी. सारखे फवारे उडविण्याची सोय करावी. तसेच अन्नपदार्थांसाठी जाळीचा वापर करावा. पाण्याचे पाट शक्यतो उंचवट्यावरून न्यावेत. पाण्याची डबकी साचणार असतील, तर गटारे इत्यादी काढून त्या पाण्याचा निचरा करण्याची व्यवस्था करावी. पाटाच्या भरावासाठी लागणारी माती बाहेरून खड्डे खणून न आणता ते प्रत्यक्ष पाटातच खणावेत. मोठे पाट शक्यतो शहरापासून दूर असावेत. मोठे धरण बांधावयाचे असल्यास अगोदरच तज्ज्ञांची एक समिती नेमणे इष्ट होय.

पाटाच्या पाण्याचे परिणाम

विहिरीचे पाणी शेतकरी आपल्या सोयीप्रमाणे शेतीला पुरवितो, परंतु पाटाच्या पाण्याचे तसे नाही. हे पुरविणे त्याच्या मनावर नसते. ते पुरविण्यासाठी एक स्वतंत्र मनुष्य (पाटकरी) असतो. या पाटकऱ्याच्या हलगर्जीपणामुळे कित्येकदा वेळेवर पाट बंद न झाल्याने वाजवीपेक्षा जास्त पाणी शेताला जाते. काही वेळा पाटाची व्यवस्था नीट ठेवली नसल्यामुळे त्याला चिरा पडून त्यातून पाणी बाहेर पडत असते. काही वेळा जमीन पाण्याचा निचरा करणारी नसते. या सर्वांचा परिणाम असा होतो की, पिकाच्या मुळांपाशी सतत पाणी राहाते व तेथून हवेची

हक्कालपट्टी होते. यामुळे पिकाची वाढ योग्य तऱ्हेने होत नाही. तसेच अशी जमीन नांगरणेही कठीण जाते. तसेच पाणथळ भागात उगवणाऱ्या वनस्पती, गवत अधिक उगवल्याने भांगलणीस त्रास होतो. हे तोटे पाटाच्या पाण्यामुळेच होतात. विहिरीच्या पाण्याने होऊ शकत नाहीत. म्हणून हे तोटे शेवटी धरणाकडे जातात.

वरील तोटे नष्ट करण्यासाठी पुढील उपाय करावे : पाणी अत्यंत काटकसरीने वापरावे. पाटाच्या चिरा वगैरे बुजवाव्यात. शेतांना पाणी सतत न पुरविता पाळीपाळीने पुरवावे. शेतातून गटारे काढून अधिक झालेले पाणी वाहून नेण्याची व्यवस्था करावी. तसेच जमिनीखाली गटारे काढून झिरपलेले पाणीही दूर नेण्याची व्यवस्था करावी. म्हणजे पिकांच्या मुळांना योग्य तेवढ्या हवेचा पुरवठा होऊन पिके जोरात येतील.

वरील विवेचनावरून असे दिसून येईल की, धरणाच्याबरोबर काही तोटे येत असले, तरी यावर उपाययोजना करून ते नष्ट करण्याची शक्यता आहे आणि त्यापासून होणाऱ्या अनेक फायद्यांच्या मानाने तोटे फारच थोडे असल्याने व त्यापासून बचाव करता येण्याजोगा असल्याने, धरणांना दिलेल्या महत्त्वाला ती निश्चित योग्य ठरतात.

बंदर, रचना व कार्य

बंदरे कशासाठी ?

समुद्रमार्गे माल व प्रवासी यांची वाहतूक जहाजांच्याद्वारे चालते हे आपणास ठाऊक आहे. या जहाजांतून आलेला माल व प्रवासी समुद्रकिनाऱ्यावर उतरवण्याचे अथवा जहाजावर माल चढविण्याचे ठिकाण म्हणजे बंदर.

समुद्रात भरती व ओहोटीचे चक्र अहोरात्र चालू असते. तसेच समुद्रात लाटाही सतत येत असतात. समुद्रात वादळेही अधूनमधून होत असतात. या सगळ्यांचा उपद्रव जहाजाला पोहोचतो. बंदराची रचना व बंदरात होणारे बांधकाम हे अशा तऱ्हेचा उपद्रव जहाजांना पोहोचू न देणे व आलेला माल सुरक्षितरीत्या आंतरप्रदेशात पोहोचविणे यासाठी असते.

आपल्याला माहीत आहे की, जाहाजांचा बराचसा भाग पाण्यात बुडालेला असतो. यामुळे त्यापेक्षा कमी खोली असलेल्या पाण्यात जहाज येऊ शकत नाही. यामुळे जहाज किनाऱ्यापासून काही अंतरावरच येऊ शकते. कारण समुद्र किनाऱ्यापासूनच एकदम खोल नसतो व त्याची खोली हळूहळू वाढत जाते. तेव्हा समुद्रात जिथे जहाज उभे केले असेल तिथे माल उतरून घेण्यासाठी धक्का बांधावा लागतो. मुंबईचा

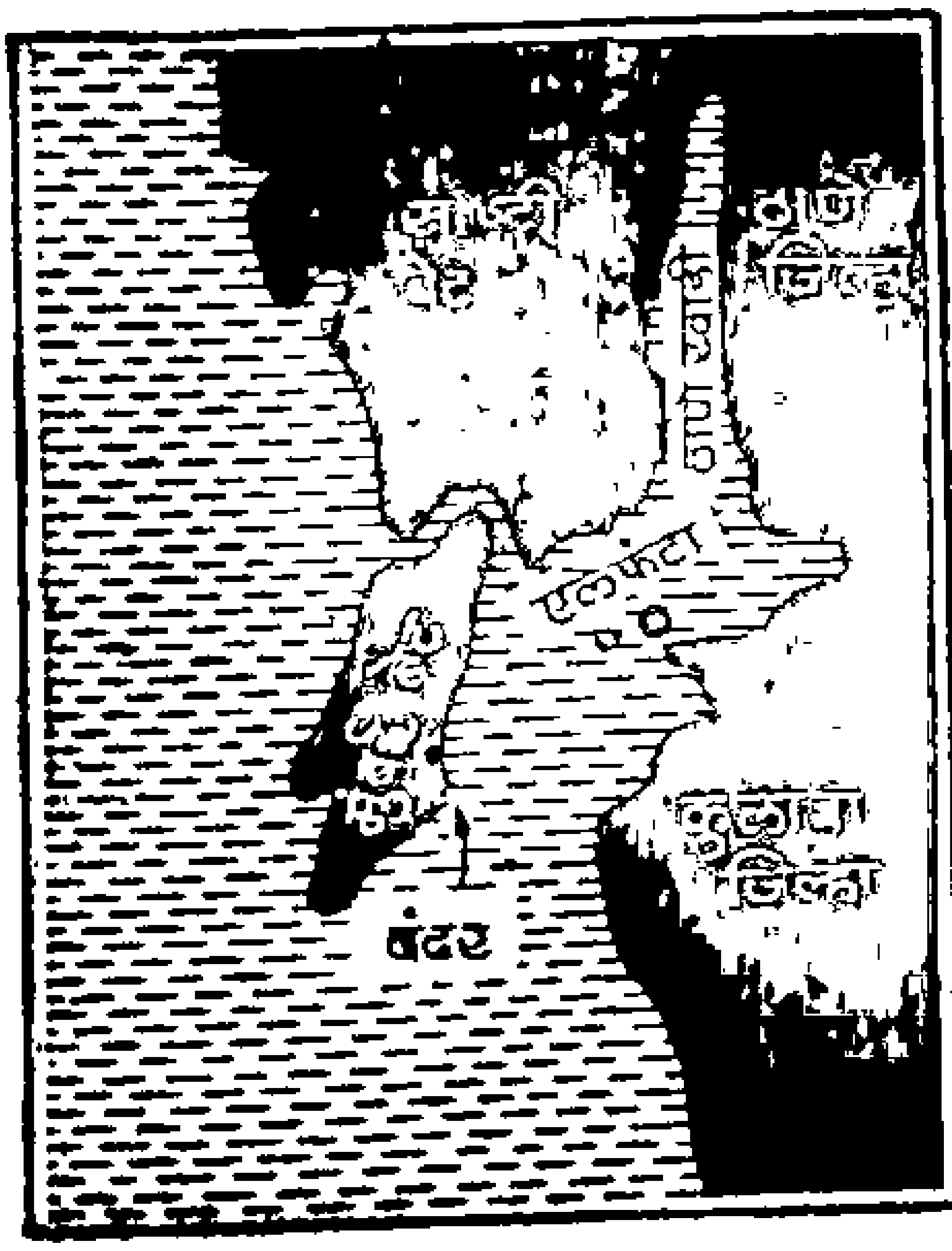
प्रसिद्ध भाऊचा धक्का. लाटाच्या धक्क्याने बोट कशी हेंदकाळते याची समुद्राने प्रवास केलेल्यांना कल्पना असलेच. विशेषतः पहिल्या प्रवासात बोट लागलेली कुणीच विसरणार नाही. उघड्या समुद्रात जहाजाचे हे हेंदकाळणे थांबवणे अशक्य असले, तरी बंदरात मालाची अथवा उतारूंची चढउतार चालू असता बोट स्थिर राहणे आवश्यक आहे. ती स्थिर राहावी यासाठी बंदराचा भाग व मुख्य समुद्र यांत एक भिंत बांधतात. या भिंतीला ब्रेक वॉटर असे म्हणतात. आपण तिला "लाट–निरोधक" असे म्हणू. समुद्रात उत्पन्न होणाऱ्या लाटा अशा लाट–निरोधक भिंतीवर आपटतात व त्यांचा प्रादुर्भाव आतील भागात पोहोचत नाही.

मालाच्या चढउताराचे काम अधिक सुरक्षितरीत्या करण्यासाठी व जहाजाची दुरुस्ती सहजगत्या करता यावी यासाठी गोदी डॉक–बांधतात. याखेरीज माल ठेवण्यासाठी गुदामे, बंदरातून आंतरप्रदेशात वाहतूक करण्यासाठी रस्ते व रेल्वेमार्ग बांधावे लागतात. शिवाय रेल्वेच्या व मोटारीच्या स्थानकावर असतात तशी प्रवाशांसाठी विश्रांतिगृहे, अतिथी-गृहे कचेऱ्या, इत्यादी व सामान तपासणीसाठी (कस्टम) इमारती बांधाव्या लागतात. याखेरीज यंत्रसामग्रीही बरीच लागते. माल उतरविण्यासाठी क्रेन्स, बंदरात लाटांनी येणारा गाळ काढून टाकण्यासाठी ड्रेजर्स इत्यादी यंत्रसामग्री कायमची लागते.

बंदरांचे प्रकार

बंदरांचा मुख्य उद्देश जाहजे सुरक्षितरीत्या किनाऱ्याला लावणे हा होय. म्हणून बंदराची जागा शोधताना जेथे हे नैसर्गिकरीत्या साधते त्याचा विचार करायला पाहिजे. मुंबई हे असे सर्वोत्कृष्ट नैसर्गिक बंदर आहे. मुंबई पूर्वी बेट होते. ते मुख्य भूमीला जोडल्यावर बेट व मुख्य भूमी यामधील समुद्राचा भाग (आकृती क्र. १ पाहा) हा बंदराच्या

कार्याला अती उत्कृष्ट भाग झाला. कारण हा भाग बेटाच्या आडो-शाला असल्याने मुख्य समुद्रातील घडामोडींचा प्रादुर्भाव येथे पोहोचत नाही. या उलट मद्रास हे कृत्रिम बंदर आहे. कारण ते मुद्दाम बांधलेले आहे. बंदरे समुद्रकिनाऱ्यावरच असतात असे नव्हे. मोठ्या नद्यांवरही कित्येक बंदरे असतात. उदा. कलकत्ता बंदर हुगळी नदीवर आहे. (आकृती क्र. २ पाहा)



आ. १

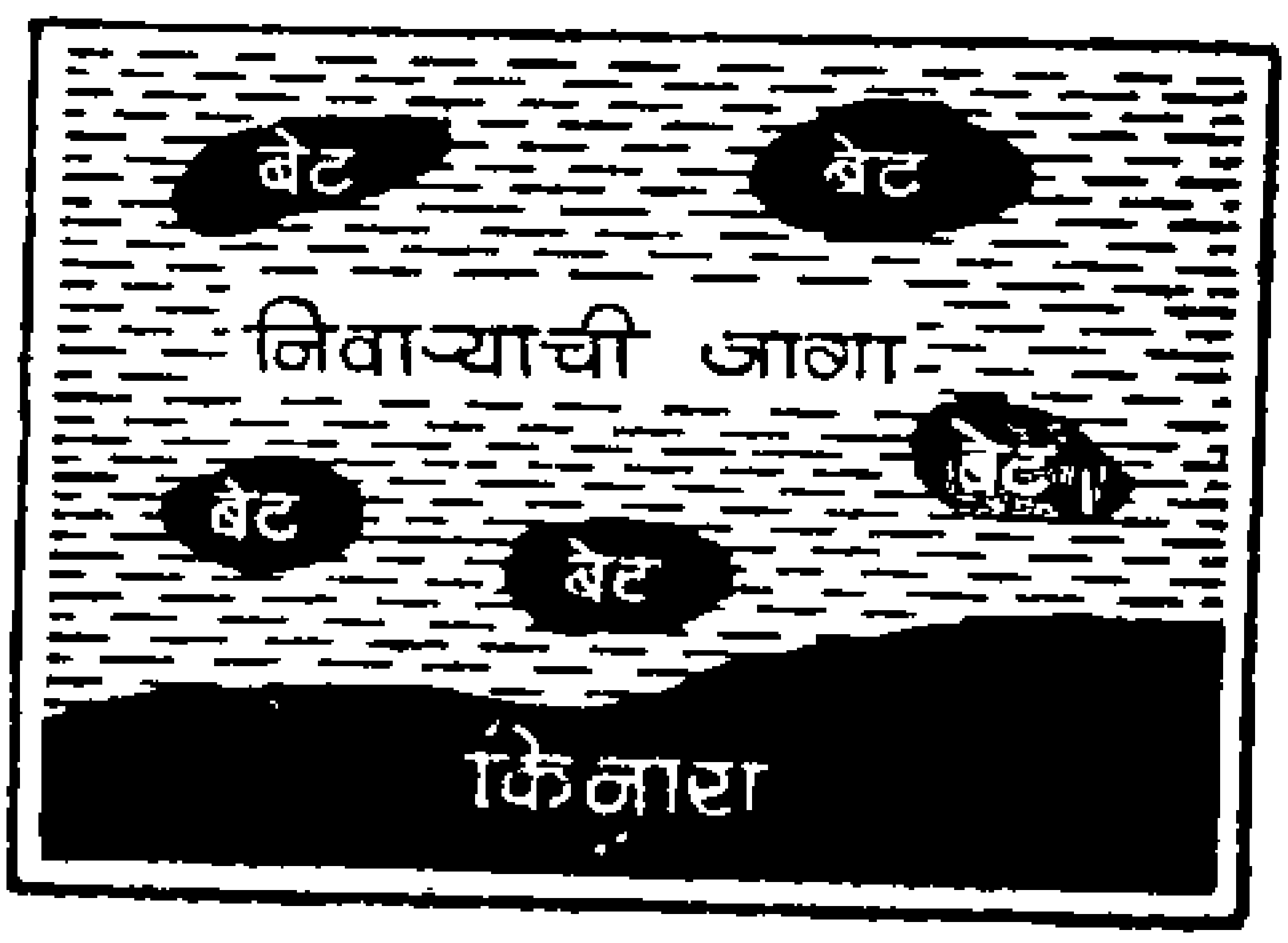
हे बंदरांचे मुख्य प्रकार झाले. परंतु हल्लीच्या काळात विशिष्ट हेतू साधण्यासाठी बंदरांची बांधणी होत असते. आरमारी जहाजांची आवक-जावक, दुरुस्ती इत्यादी संभाळण्यासाठी विशिष्ट प्रकारच्या वेगळ्या बंदरांच्या बांधणीची जरूरी असते.

आ २

समुद्रातील महत्त्वाचा धंदा म्हणजे मच्छीमारी हा धंदा सुलभतेने व्हावा म्हणून बंदरांची विशिष्ट तऱ्हेने मांडणी करावी लागते. तसेच जेथे धान्याचा, फळांचा असा व्यापार चालतो तेथे त्या धंद्यांना अनुलक्षून बंदर-बांधणी करावी लागते, मध्यपूर्वेतील बऱ्याच बंदरांतून तेल—वाहतूक होते. तेलाचा झटकन पेट घेण्याचा गुण, लक्षात घेता, त्या दृष्टीने वेगळी बांधणी अग्निशामक-व्यवस्था या गोष्टी लक्षात घ्याव्या लागतात व माल आणि प्रवासी वाहतुकीपासून हे बंदर दूर असावे लागते.

दंतुर किनाऱ्यावर बंदरास योग्य अशा नैसर्गिक जागा सापडण्याचा संभव अधिक असतो. अशा जागा आकृती क्र. ३ व ४ मध्ये दाखविल्या आहेत.

आ. ३



आ. ४

बंदराचा आकार

बंदराचा आकार ठरवताना बंदरात कुठल्या प्रकारची जहाजे येणार, एका वेळेस जास्तीत जास्त किती जहाजे येतीलती किती वेळ थांबतील, जहाजांचे आकार, वजन इत्यादी अनेक गोष्टींवरून ठरवावा लागतो.

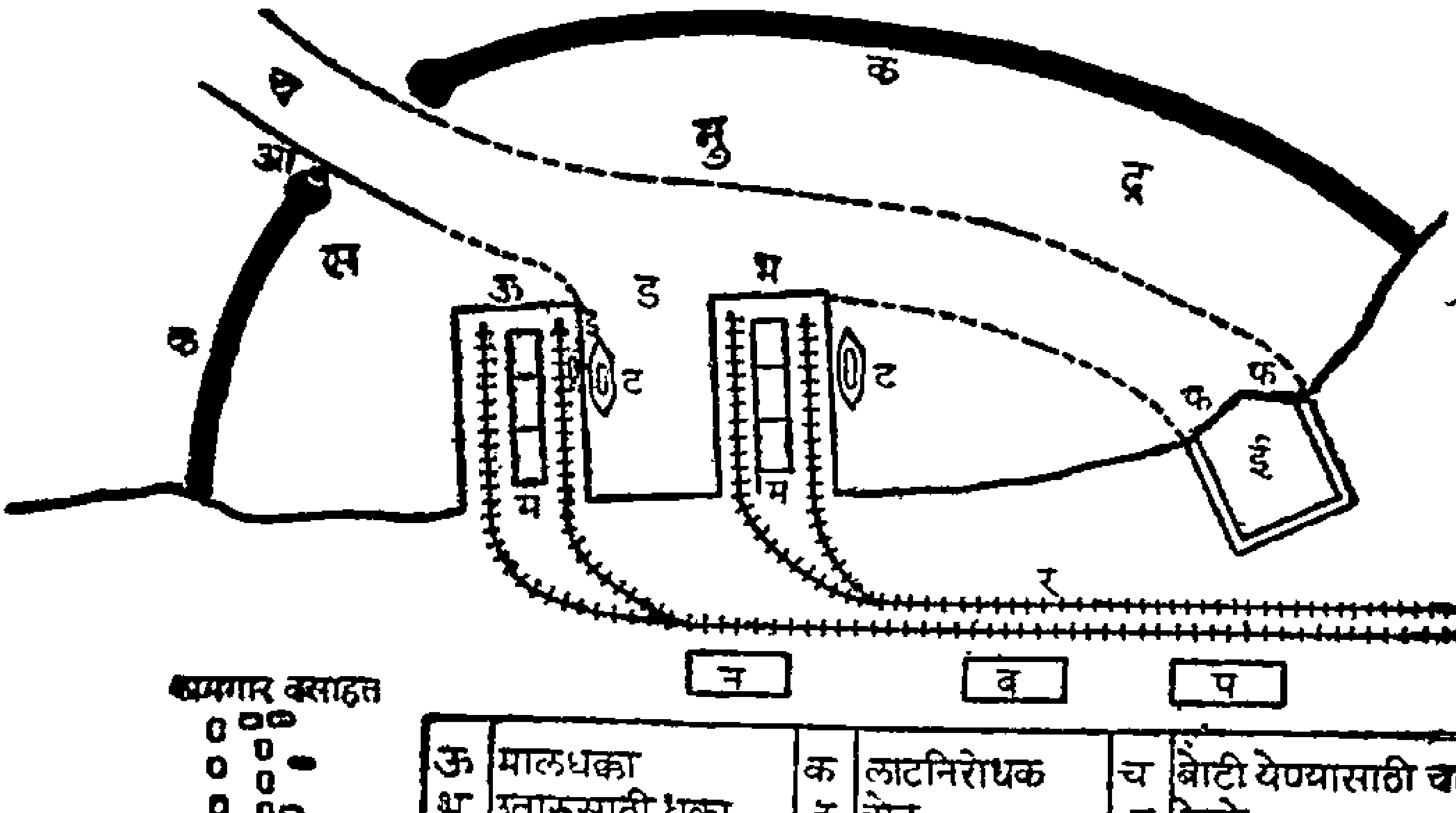
सर्वसाधारण बंदर कसे असते ते आकृती क्र. ५ वरून कळेल. त्यातील एकेका व्यवस्थेचा आता परिचय करून घेऊ.

लाट-निरोधक

या भिंतीचे कार्य काय हे आपण पूर्वी पाहिलेच आहे. समुद्रात पाणी कायमच असल्याने प्रत्यक्ष बांधकाम करणे अवघड असते. म्हणून अशी भिंत बऱ्याच वेळा समुद्रतळावर निव्वळ दगडांचा ढिगारा रचून करतात. अशी बांधणी, ओहोटीच्या कमीत कमी पातळीपेक्षा उंचीवर लाटांचा परिणाम होत असतो म्हणून, प्रथम पातळीपेक्षा अधिक उंच अशी भिंत समुद्रामध्ये प्रथम बांधतात. काही वेळा दगडाऐवजी काँक्रीटचे ठोकळे याकरिता वापरतात.

हा दगडांचा ढिगारा रचण्याचे काम विशिष्ट नावांच्या द्वारा केले जाते. या नावांच्या तळाला एक दरवाजा असतो. तो बंद ठेवून नावेत

दगड भरले जातात. समुद्रात जेथे लाट-निरोधक बांधायची तेथे नाव नेली जाते व खालील दरवाजा उघडून दगड तळाशी टाकले जातात. दुसऱ्या पद्धतीत समुद्रात खांब रोवून त्यावर आधारित किनाऱ्यापासून



ऊ	मालधक्का	क	लाटनिरोधक	च	बोटी येण्यासाठी चर
भ	उतारूसाठी धक्का	ट	बोट	र	रेल्वे
ई	गोदी (बंद)	इ	क्रेन	म	तात्पुरती गुदामे
आ	दीपगृह	ड	उघडी गोदी	फ	गोदीची दारे
ब	उतारूसाठी इमारत	प	कचेऱ्या	न	कायमची गुदामे

आ. ५ अ

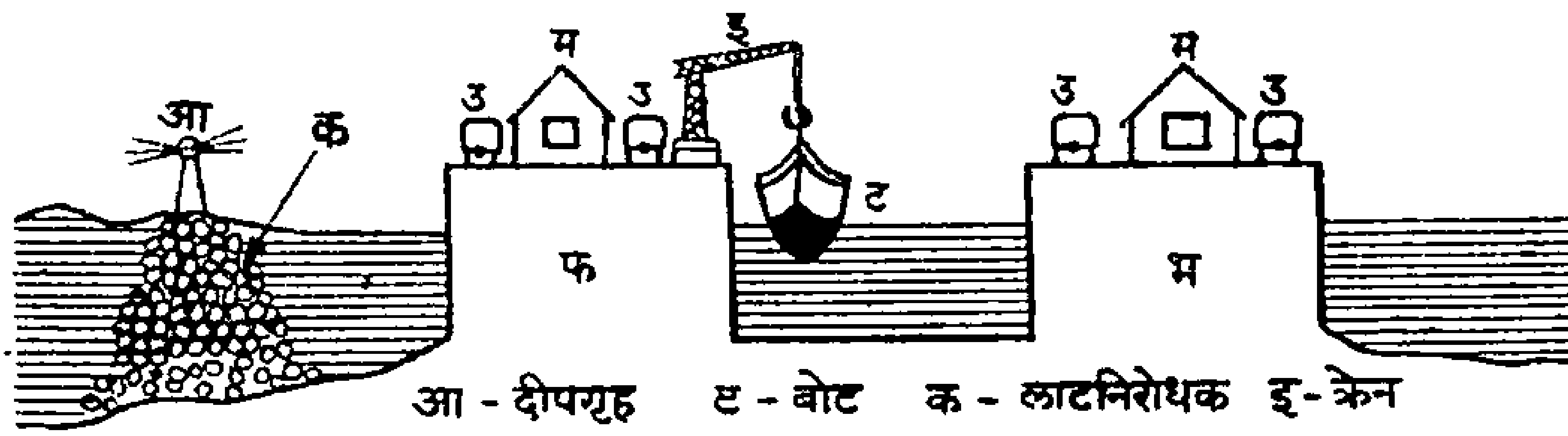
रस्ता तयार केला जातो. त्यावरून ट्रकने दगड वाहून नेता येतात. खांब टाकण्याऐवजी किनाऱ्यापासून भर टाकून त्यावर रस्ता तयार करता येतो.

परंतु लाटांचा जोर फार असेल तर भिंतच बांधावी लागते. ती बहुधा मोठमोठ्या काँक्रीटच्या ठोकळ्यांची बांधतात.

धक्का

बोट धक्क्याला लावून त्यावर मालाची व उतारूंची चढउतार करतात. धक्का किनाऱ्याला समांतर लंब अथवा तिरका असू शकतो. धक्क्याच्या

भिंतीवर एका बाजूने समुद्राचे पाणी आपटत असते व दुसऱ्या बाजूने भराव असतो. बोटीला आणखी स्थिरता यावी म्हणून धक्क्यावर जड, लोखंडी अथवा लाकडी खांब पुरलेले असतात किंवा लोखंडी कडीही



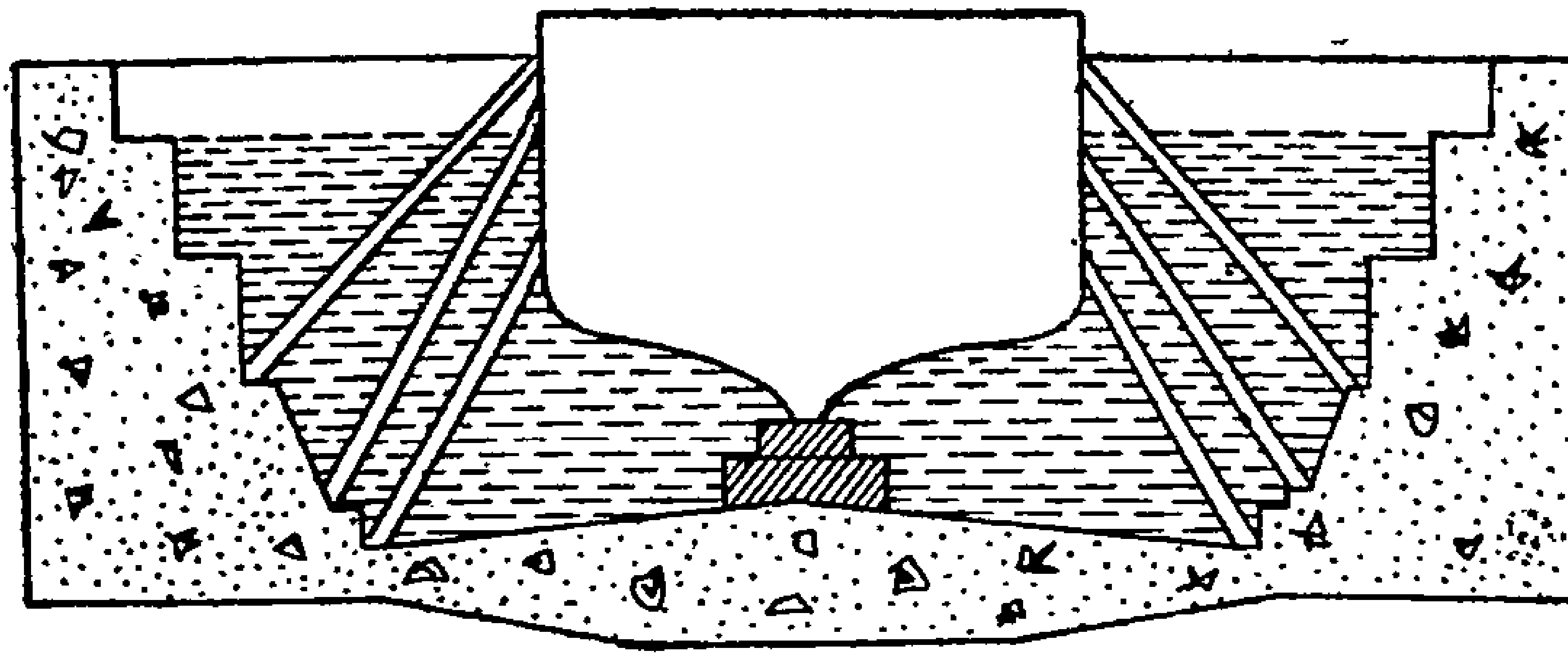
आ. ५ ब

असतात. त्यांना बोट साखळदंडाने बांधली जाते. धक्क्याची जमीन काँक्रीटची अथवा डांबरी असते.

गोदी

गोदीचे दोन प्रकार आहेत. उघडी गोदी (बेसीन) व बंद गोदी (डॉक) (आकृती क्र. ५ मधील ' ड ' आणि ' ई ' अनुक्रमे) ' ड ' गोदी उघडी असल्याने भरती-ओहोटीचा परिणाम तिथे दिसून येतो. ' ई ' ही गोदी ' फ ' या दारांनी बंद केलेली असते. त्यामुळे आतील पाणी कमीजास्त होऊ शकत नाही. अशा गोदी बोटीच्या दुरुस्तीसाठी वापरतात. प्रथम दारे उघडी ठेवून बोट आत आणतात. नंतर दारे बंद करून आतील पाणी पंपाने उपसून टाकतात. गोदीच्या मध्यावर बोटीला टेकण्यासाठी मोठे ठोकळे केलेले असतात. बोटीचा तळ निमुळता असतो तो ह्यावर टेकतो. दोन ठोकळ्यांच्या मधे उभे राहून बोटीच्या तळाची दुरुस्ती करता येते. बोट निमुळती असल्याने ती कलंडू

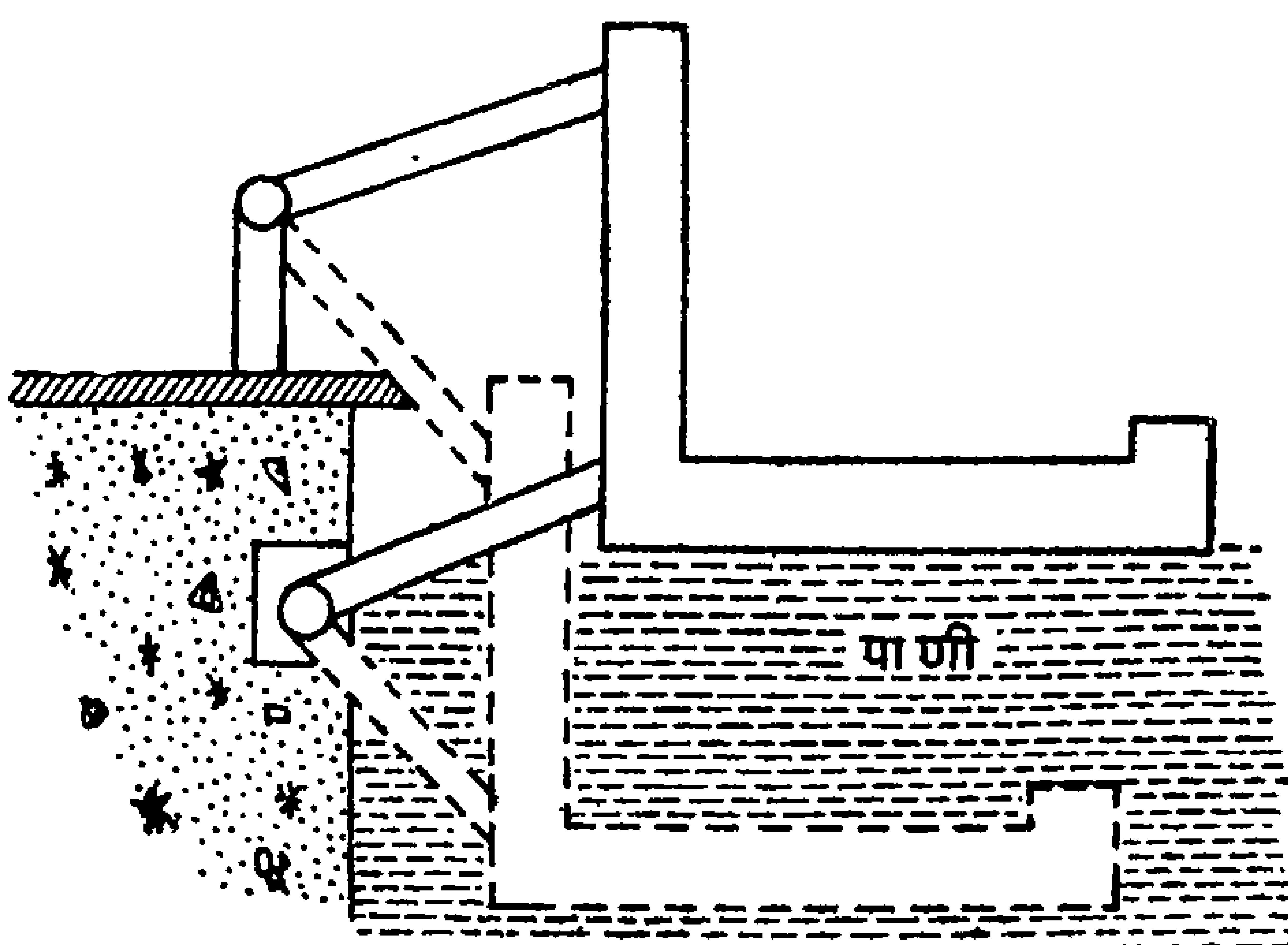
नये म्हणून तिला कडेने टेकणे द्यावी लागतात. (आकृती क्र. ६ पाहा) याशिवाय गोद्यांचे आणखी काही प्रकार खालीलप्रमाणे आहेत.



आ. ६

तरंगणारी गोदी

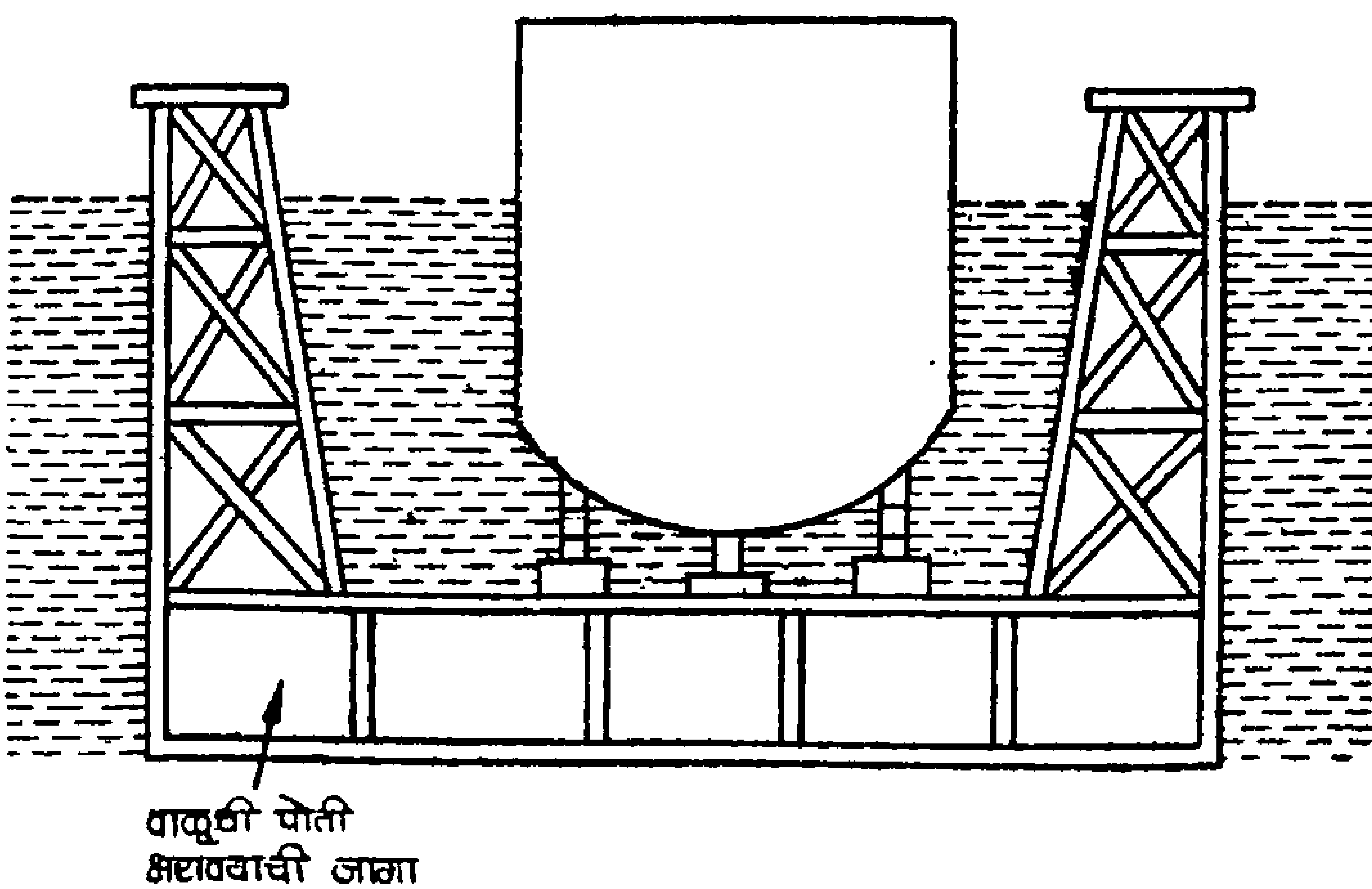
या गोदीचा छेद (आकृती क्र. ७) इंग्रजी L आकाराचा असतो. दोन्हींकडून बोट आत येऊ शकते. बोट आत आली की, गोदी वर



आ. ७

उचलायची. ही गोदी हलती असल्याने लोखंडाची बांधावी लागते. प्रचंड बोटींचा भार सहन करायचा असल्याने मोडतोड फार होते व तिचे आयुष्यही कमी होते. (लोखंड सतत पाण्यात असल्याने रंगविले तरीही गंजते.) तसेच गोदीची हालचाल फार काळजीपूर्वक करावी लागते. परंतु या गोदीचे काही फायदेही आहेत. एक तर ती कमी किमतीत बांधून होते. दुसरे म्हणजे ती हलती असल्याने एका बंदरातून दुसऱ्या बंदरात नेता येते. तिच्या बांधणीला वेळही कमी लागतो. तसेच एखादे जहाज समुद्रात नादुरुस्त झाले तर ही गोदी तिकडे नेऊन त्यावर जहाज घालून ते किनाऱ्यावर आणता येते.

तरंगणाऱ्या गोदीचा आणखी एक प्रकार आकृती क्र. ८ मध्ये दाखविला आहे. या गोदीच्या तळाशी असलेल्या खोल्यांत खडी अथवा



आ. ८

वाळूची पोती घालून ती बुडवतात, नंतर जहाज त्यावर आणतात व वाळूची पोती काढली की गोदी तरंगू लागते.

आणखी एका प्रकारात गोदीचे तीन भाग केलेले असतात. कुठलाही एक भाग वेगळा करून जहाज आत आणायचे व पुनः तो भाग पूर्वस्थळी बसवायचा.

बंदरावरील इमारती

यात तात्पुरती गुदामे (ट्रँझिट शेडस्) (आकृती क्र. ५ : म) कायमची गुदामे (वेयर हाऊसेस) (आकृती क्र. ५ : न) उतारूंसाठी इमारत (ब) व कचेऱ्या (प) इ. चा समावेश होतो.

बोट धक्क्याला लागली की क्रेनद्वारा तीवरील माल तात्पुरत्या गुदामात (त्यांच्या गॅलरीत) टाकला जातो. तेथून तो थोड्याच काळात दुसऱ्या क्रेनने पलीकडे उभ्या असलेल्या आगगाडीत टाकला जातो.

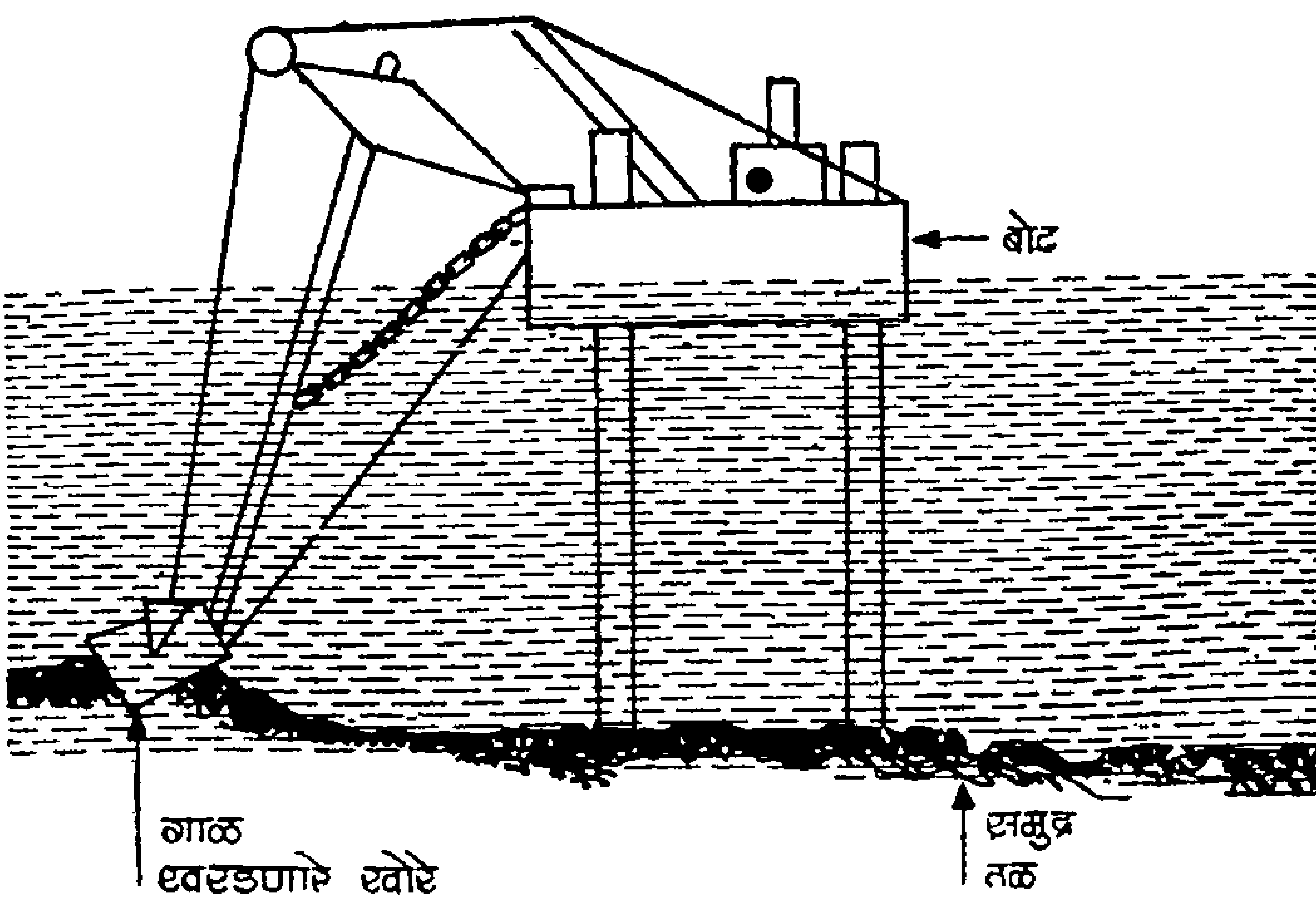
काही माल असा असतो की तो बोटीतून उतरवला की तावडतोब हलवता येत नाही. बराच काळ तो बंदरात राहतो. असा माल " न " या कायमच्या गुदामात ठेवतात. ही गुदामे धक्क्यापासून दूर असतात; तर तात्पुरती गुदामे त्यांच्या अगदी जवळ असतात. कायमच्या गुदामातून धान्य, फळे, कापूस, असा निरनिराळा माल ठेवायला वेगवेगळी व्यवस्था केलेली असते. धान्य किडू नये म्हणून, फळे नासू नयेत म्हणून, कापसाला आग लागू नये म्हणून विशेष व्यवस्था करावी लागते.

उतारूस्थानात पुढील सोयी असतात. बोटीतून धक्क्यावर न उतरता सरळ विश्रांतिस्थानाकडे जाण्यासाठी एक हलता दादर असतो. कस्टम-तपासणीसाठी उतारू व त्यांचे सामान वेगवेगळे येण्याची व्यवस्था केलेली असते. कस्टमतपासणी चालू असता जवळच्या स्टॉलवरून उतारूंना प्रवासाची माहिती मिळू शकते. तसेच परकीय चलन मिळण्याचे स्थानही जवळच असते. याच इमारतीत वरच्या बाजूला उतारूंना

पोहोचवावयाला आलेल्या नातेवाईक, मित्र इत्यादींसाठी गॅलरी असते. या गॅलरीतून सुटणारी बोट समोरच दिसत असते. तसेच, या लोकांना कस्टमपासच्या उतारूंशी टेलिफोनने बोलण्याची व्यवस्था केलेली असते. परदेशाहून आलेल्या उतारूंच्यासाठी इमारतीच्या बाजूला रेल्वे, टॅक्सी व इतर वाहने यांची सोय असते.

बंदरावरील प्रकाश-व्यवस्था

बंदरावर प्रकाश-व्यवस्थेबाबत विशेष काळजी घ्यावी लागते. कारण रात्रीच्या वेळी आगगाडीच्या वेड्यावाकड्या सावल्या पडतात. त्यामुळे बंदरात प्रवेश करणाऱ्या बोटीवरील खलाशांच्या मनात संभ्रम निर्माण होतो. त्यामुळे कित्येकदा बोटी क्रेन्सवर धडकण्याचा संभव असतो. तसेच



आ. ९

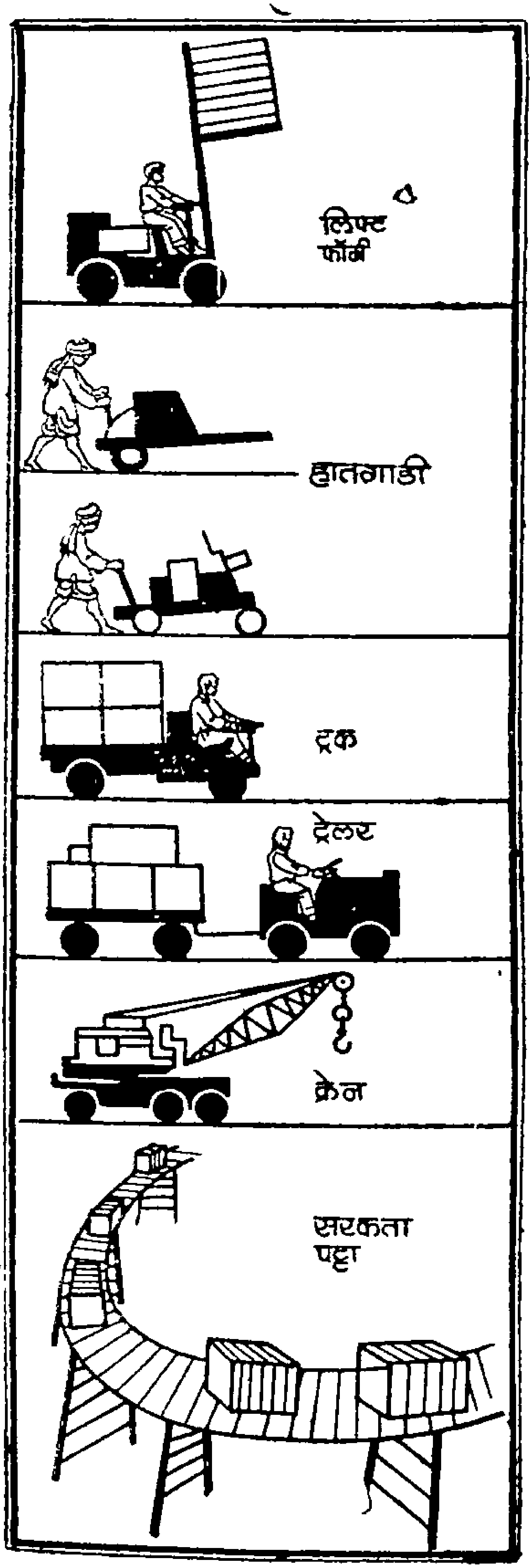
आपण नेहमी असे पाहतो की, समोरून येणाऱ्या मोटारीचा प्रखर प्रकाश आपल्या डोळ्यांवर पडला तर आपणाला दिसेनासे होते व काही हालचाल

करणे अशक्य होते. म्हणून क्रेन चालवणाऱ्या लोकांच्या डोळ्यांवर प्रकाशझोत पडणार नाही याची काळजी घ्यावी लागते. क्रेनवर ज्यावरून प्रकाश परावर्तित होईल अशा पट्ट्या लावलेल्या असतात. त्यामुळे बोटी त्यावर धडकण्याचा धोका टळतो.

बंदरावर नेहमी लागणारी यंत्रसामग्री व तिचे कार्य

ड्रेजर (आकृती क्र. ९). लाटांच्यामुळे बंदरात नेहमी गाळ साचत असतो; आणि बोटींची खोली पाण्याखाली बरीच असल्याने हा गाळ सतत काढून टाकावा लागतो. हे काम या यंत्राद्वारे केले जाते. काढलेला गाळ समुद्रात दूरवर टाकला जातो किंवा समुद्र हटविण्यास भर म्हणून उपयोगात आणला जातो.

सामानाच्या हालचालीसाठी दोन तऱ्हेची यंत्रसामग्री



(आकृति क्र. १०)

लागते; (१) सामान चढवणे अगर उतरवणे (उभी हालचाल), (२) सामान हलवणे (आडवी हालचाल) उभी हालचाल मुख्यतः क्रेन्सद्वारा केली जाते. (आकृती क्र. ५ पाहा) क्रेन्सचे अनेक प्रकार आहेत. याशिवाय दोर व कप्प्या, कन्व्हेयर्स इ. चा उपयोग होतो.

आडव्या वाहतुकीसाठी हातगाड्या, ट्रक्स, ट्रेलर्स, गोलाकार फिरणारे पट्टे, ट्रॅक्टर्स इ. चा उपयोग होतो. ("आकृति क्र. १०")

९६८
किशोर .४६५

शुद्ध राखण्याचेही काम केले जाते. हवेतील धूळ नष्ट करणे. हवेत योग्य ती आर्द्रता राखणे, हवेत प्राणवायू व कर्बद्विप्राणिलवायू यांचे योग्य प्रमाण राखणे ही सर्व कामे वातनियंत्रणाद्वारे घडून येतात.

हवेतील वायूंचे योग्य प्रमाण

हवेत प्राणवायु २०. ९६ टक्के आणि कर्बद्विप्राणिल वायु ०.०४ टक्के असतो. प्राणवायूचे हे प्रमाण १७ टक्केपर्यंत खाली आल्यास मानवाला जगणे अशक्य होईल. तसेच कर्बद्विप्राणिल वायूचे प्रमाण ०·०६ टक्के-पर्यंत वाढल्यास हवा श्वासोच्छ्वासास निरुपयोगी होईल. यासाठी या दोन वायूंचे योग्य तेच प्रमाण हवेत राखले गेले पाहिजे. सर्वसाधारण मनुष्य आपल्या उच्छ्वासावाटे दर तासात ०·६ घनफूट कर्बद्विप्राणिल वायू बाहेर सोडतो. गणित करून पाहिल्यास असे दिसून येईल की, या काळात तो ३००० घनफूट हवेतील कर्बद्विप्राणिल वायूचे प्रमाण ०·०४ टक्के वरून ०.०६ टक्के वर नेतो म्हणजेच एवढी हवा तो दूषित करतो. दर तासास तीनदा अशुद्ध हवा बाहेर टाकली जाऊन शुद्ध हवेचा पुरवठा होतो असे मानले तर एका मनुष्यास शुद्ध हवेत राहण्यासाठी निदान १००० घनफूट जागेची जरूरी आहे. म्हणजे १०′ × १०′ × १०′ अशी खोली एका माणसास हवी. अशुद्ध हवा बाहेर टाकली जाऊन शुद्ध हवेचा पुरवठा व्हावा यासाठी भरपूर खिडक्या व गवाक्षे यांची जरूरी आहे.

वरील उदाहरणावरून हवा शुद्ध राहण्यासाठी किती घनफूट जागा लागेल हे कसे काढावे हे कळून येईल. निरनिराळ्या तऱ्हेच्या इमारतींना दर माणशी किती चौरस फूट व घनफूट जागा लागते ते पुढील तक्त्यात दिले आहे.

इमारतीचा प्रकार	दरमाणशी चौरस फूट	जागा घनफूट
१. राहती घरे	३० ते १००	३५० ते १२००
२. शाळा	१२ ते १५	१५० ते २००
३. वसतिगृहे	८० ते १२०	१००० ते १५००
४. कारखाने	२५ ते ५०	३०० ते ६००
५. रुग्णालये	१०० ते १५०	१२०० ते २०००

हवेतील आर्द्रतेचे प्रमाण

हवेतील वेगवेगळ्या वायूंचे प्रमाण योग्य असे का राखावयाचे हे कळल्यानंतर हवेतील आर्द्रतेविषयी विचार करू. समुद्रकिनाऱ्यावरील हवा दमट असते. यामुळे मुंबईसारख्या ठिकाणी सारखा घाम येतो व दमट हवा नकोशी वाटते. उलट कोरड्या हवेने आपणाला बरे वाटते; पण अतिशय रूक्ष हवाही नकोशी वाटते. म्हणून हवेत योग्य तेवढी आर्द्रता राखावयास पाहिजे. आपल्या उच्छ्वासाबरोबर आपण पाण्याची वाफही बाहेर टाकीत असतो. त्यायोगेही हवेची आर्द्रता वाढत असते. अशा हवेत कोंदटल्यासारखे होते.

आल्हाददायक हवा

उन्हाळ्यात तापमान अतिशय असल्याने आपणाला उकडते. तसेच हिवाळ्यात तापमान फार कमी असल्याने आपणाला थंडी वाजते. याचा अर्थ असा की, आपणाला ठराविक तापमानातच बरे वाटते. याचे कारण असे की मनुष्यप्राणी उष्ण रक्ताचा (Warmblooded) असून त्याच्या रक्ताचे तापमान ९८·४ अंश फॅ. असते. यामुळे या मर्यादेपासून तापमानात थोडा फेरफार असेल तरच ते आपणाला मानवते. आपण सतत उष्णता बाहेर फेकत असतो, त्यामुळे सभोवतालच्या हवेचे तापमान वाढत असते. यामुळे ही हवा सतत बदलती ठेवणे आवश्यक आहे.

निरीक्षणांती असे आढळून आले आहे की, जेव्हा हवेचे तापमान ७६ अंश फॅ. ते ८२ अंश फॅ. असते व आर्द्रता अनुक्रमे ६० टक्के ते ४५ टक्के असते तसेच वाऱ्याचा वेग दर मिनिटास ३० फुटांपेक्षा कमी असतो अशा वेळी हवेची स्थिती आपणास आल्हाददायक वाटते. (Comfort zone of air) वातनियंत्रणाद्वारे हवा वरील स्थितीत आणली जाते.

वातनियंत्रण करताना घ्यावयाची काळजी

तापमान फार जास्त असेल अगर अतिशय कमी असेल तर त्यात १५ अंशांपेक्षा अधिक फरक केला जाऊ नये. उदाहरणार्थ, असे समजा की, आज हवेचे तापमान ११० अंश फॅ. आहे. वरील उल्लेखानुसार हे तापमान वातनियंत्रक यंत्राद्वारे ८२ अंश फॅ. पर्यंत तरी खाली आणले पाहिजे. परंतु तसे केले तर रस्त्यावरून चित्रपटगृहात शिरणारा मनुष्य ११० अंश फॅ. तापमानाच्या हवेतून एकदम ८२ अंश फॅ. तापमानाच्या हवेत शिरतो. तापमानातील एवढ्या फरकामुळे त्याला सुरुवातीला आपण अतिशय थंड हवेत आलो आहोत असे वाटेल. आणि ते योग्य नव्हे, म्हणून चित्रपटगृहाचे तापमान ९५ अंश (फॅ. ११० अंश फॅ. –१५ अंश फॅ.) च्या आत आणू नये. परंतु लगेच थोड्या वेळाने त्या माणसाला तापमान थोडेफार अधिक असल्याचे जाणवू लागते. यावर दुसरा परिणामकारक उपाय म्हणजे तापमानातील फरक एकदम न करता हळूहळू करीत जाणे. उदाहरणार्थ, प्रेक्षकांच्या वाटेत एक खोली ९५ अंश फॅ. या तपमानात ठेवावी. म्हणजे तो प्रथम ११० अंश फॅ. च्या हवेतून ९५ अंश फॅ. च्या हवेत प्रवेश करील आणि मग ८२ अंश फॅ च्या जागेत प्रवेश करील. अशा रीतीने त्याला तापमानातील मोठा फरक देखील जाणवणार नाही.

वायुवीजन व वातनियंत्रण कसे करावे ?

खिडक्या व गवाक्षे यांच्याद्वारे दूषित हवा गवाक्षातून बाहेर पडते आणि शुद्ध हवा खिडकीवाटे आत येते. वायुवीजन योग्य तऱ्हेने होण्यासाठी खिडक्या-दारांचे क्षेत्रफळ, भिंतीच्या क्षेत्रफळाच्या १/५ किंवा खोलीच्या जमिनीच्या क्षेत्रफळाच्या १/१० असावे.

कृत्रिमरीत्या वायुवीजन

हे अधिक विश्वासार्ह असते. ते दोन प्रकारे करता येते-एक तर पंख्याद्वारे इमारतीत खालून शुद्ध हवा सोडणे, किंवा उत्सर्जक पंख्याद्वारा (Exhaust fans) अशुद्ध हवा छताजवळून बाहेर टाकणे. या दोन्ही तऱ्हेचे पंखे लावूनही वरील उद्दिष्ट साधता येते.

तापमान कमी करणे

ह्यासाठी खालील उपाय योजता येतील – घरावर दिवसातून बराच काळ सावली राहील अशा तऱ्हेने झाडे लावणे, घराभोवती हिरवळ व बगीचा लावणे, खिडक्यांना सज्जा बांधणे, मोठी इमारत असल्यास इमारतीच्या मध्यभागी एखादे तळे तयार करणे, दुहेरी भिंती, इमारतीला बाहेरून सलोह काँक्रीटची जाळी लावणे किंवा खिडक्याना ऊन्हसंरक्षण (Sun Breakers) लावणे. यांपैकी शेवटचा उपाय मुंबईच्या 'स्टॅनव्हॅक' इमारतीत उपयोजिला आहे. येथील आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे सूर्याच्या गतीप्रमाणे "उन्हसंरक्षक" फिरविता येतात यामुळे दिवसाच्या कोणत्याही वेळी इमारतीत उन्ह येणार नाही अशी व्यवस्था होते. दिल्ली येथे अमेरिकन वकालतीची जी नवी इमारत बांधली आहे तिच्यात मध्यभागी एक तळे केले आहे. आणि बाहेरून संगमरवरी जाळी केली आहे. पंजाबची नवी राजधानी चंदीगड येथे सचिवालय, हायकोर्ट इत्यादी अनेक भव्य इमारती बांधल्या गेल्या आहेत. तेथेही सलोह काँक्रीटची

जाळी इमारतीच्या दर्शनी भागावर घातली आहे. थंड देशात शेगड्यांद्वारे घर उबदार ठेवण्याची प्रथा पूर्वापार चालू आहे. हल्ली वीज व एक विशिष्ट वायू (Sludge Gas) या द्वारे घरे उबदार ठेवण्यात येतात.

आर्द्रता कमी करणे वा वाढविणे

हवेत आर्द्रता जास्त असल्यास पाण्याची वाफ गोठवून व तिचे पाण्यात रूपांतर करून आर्द्रता कमी करता येईल. उलट आर्द्रता कमी असेल तर पाण्याचे फवारे उडवून, त्याचे बाष्पीभवन करून किंवा वाफेचेच फवारे उडवून किंवा दाबाखाली असलेल्या हवेने एका चिंचोळ्या होत जाणाऱ्या नळीतून (Nozzle) जोराने पाणी बाहेर सोडून पाण्याचे जे अत्यंत बारीक कण होतात त्याद्वारे आर्द्रता वाढविता येईल.

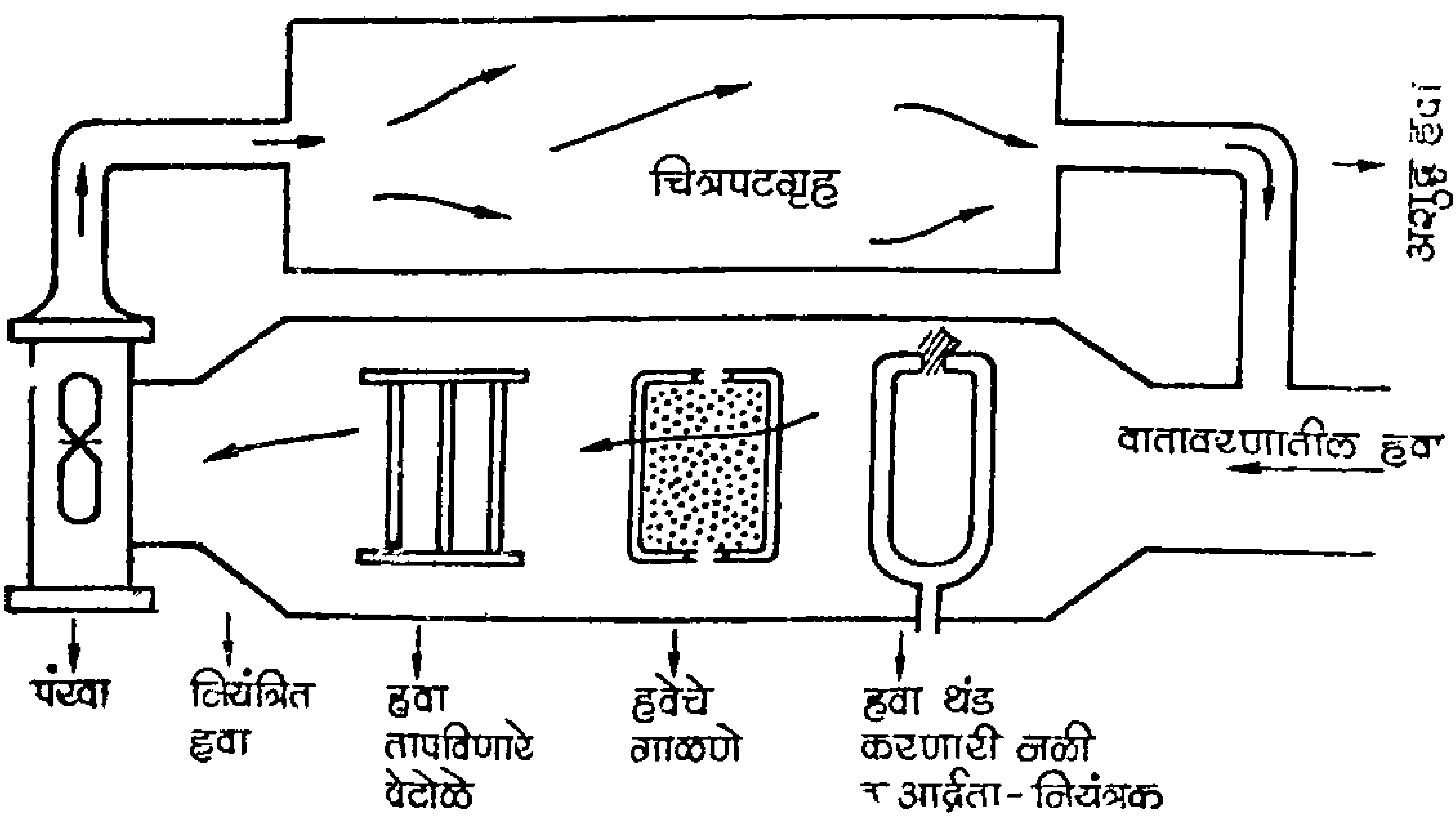
हवा शुद्ध करणे

हवा निरनिराळ्या अनेक पद्धतींनी शुद्ध करण्यात येते. बुरणूस किंवा 'ग्लासवूल' याद्वारे हवेतील धुरळा इत्यादी तरंगणारे पदार्थ वेगळे करता येतात किंवा हवेवर पाण्याचे फवारे मारले म्हणजे धूलिकण ओले होताच जड होऊन खाली बसतात व मग ते सहजपणे वेगळे करतात. यापूर्वी रोगराई निर्माण करणाऱ्या बॅक्टेरिआनामक अत्यंत सूक्ष्म कृमींचा उल्लेख आलेला आहेच. त्यांना मारण्यासाठी हवेत 'ओझोन' या वायूचे फवारे मारतात. हा वायु विषारी असून जंतुनाशक आहे. (प्राणवायूशी मुक्त ऑक्सिजनचा संयोग घडवून ओझोन तयार करता येतो. याची रासायनिक प्रक्रिया अशी = $O_२ + O = O_३$) हवा शुद्ध करण्याचा आणखी एक प्रकार म्हणजे वक्र पत्र्यावरून चिकट पदार्थ (Viscous) वाहू देणे आणि त्यावरून हवेला जाऊ देणे. हवेतील धुराचे कण, बॅक्टेरिआ इत्यादी या चिकट पदार्थास चिकटतात आणि पुढे जाणारी हवा त्यापासून मुक्त होते.

वातनियंत्रक यंत्राची रचना व कार्य

यात प्रथम बाहेरची हवा यंत्रात ओढून घेतली जाते (आकृती पाहा) त्यानंतर तिला प्रथम थंड केले जाते. उन्हाळ्यात हवेत आर्द्रता अधिक असल्याने हवा अधिकाधिक थंड करीत गेल्यास तिचे तापमान दवबिंदू-पर्यंत पोहोचते. अशा तऱ्हेने आर्द्रताही कमी होते. त्यानंतर वर उल्लेखि-लेल्यांपैकी कोणता तरी पदार्थ वापरून हवा गाळली जाते आणि तीतील धूळ इत्यादी दूर केली जाते. यानंतर योग्य तितक्या तापमानापर्यंत पुन: ती तापविली जाते व नंतर पंख्याद्वारे चित्रपटगृहात सोडली जाते. तप्त पत्र्यावरून हवा नेणे किंवा एका उष्ण नलिकेवरून हवा नेणे (या नळीतून कढत पाणी खेळते ठेवलेले असते; यामुळे ती तप्त होते).

उन्हाळ्यातील वातनियंत्रक



या रीतीने किंवा विजेने हवा तापविली जाते. चित्रपटगृहातील हवा दूषित झाल्यानंतर पुन: यंत्रात घेतली जाऊन पुन: वरील सर्व क्रिया तीवर केल्या जातात. तापमापक व आर्द्रतामापक याद्वारे हवेचे तापमान व आर्द्रता हवी तेवढी आहे की नाही ते पाहिले जाते.

हिवाळ्यात वातनियंत्रण करण्याची पद्धती थोडीफार वरीलप्रमाणेच असते. फक्त सुरुवातीला हवा थंड करण्याऐवजी ती तापविली जाते व तीवर वाफेचे फवारे मारून तीतील आर्द्रता वाढविली जाते. त्यानंतर हवेतील धूलिकण इत्यादी काढून टाकणे व पुनः ती तापविणे व मग चित्रपटगृहात सोडणे इत्यादी गोष्टी वरीलप्रमाणेच केल्या जातात.

हवा आत ओढून घेणे, नलिकेतून ऊन पाणी खेळवणे, पंखा चालवणे इत्यादीसाठी विद्युत्‌शक्ती मोठ्या प्रमाणावर लागते. हवा शुद्ध करण्याचे पदार्थही महाग असतात. एकंदरीत पाहता वातनियंत्रण यंत्र चालविण्यास बराच खर्च येतो. यामुळे यंत्रद्वारा वातनियंत्रण करणे ही गोष्ट खास श्रीमंत लोकांनाच शक्य आहे. पण या लेखात दिलेल्या इतर पद्धतींनी यंत्राइतके चांगले जरी नाही तरी बऱ्याच चांगल्या प्रमाणात आपल्या घरात वातनियंत्रण करता येऊन उन्हाळ्याचा त्रास कमी करता येईल.

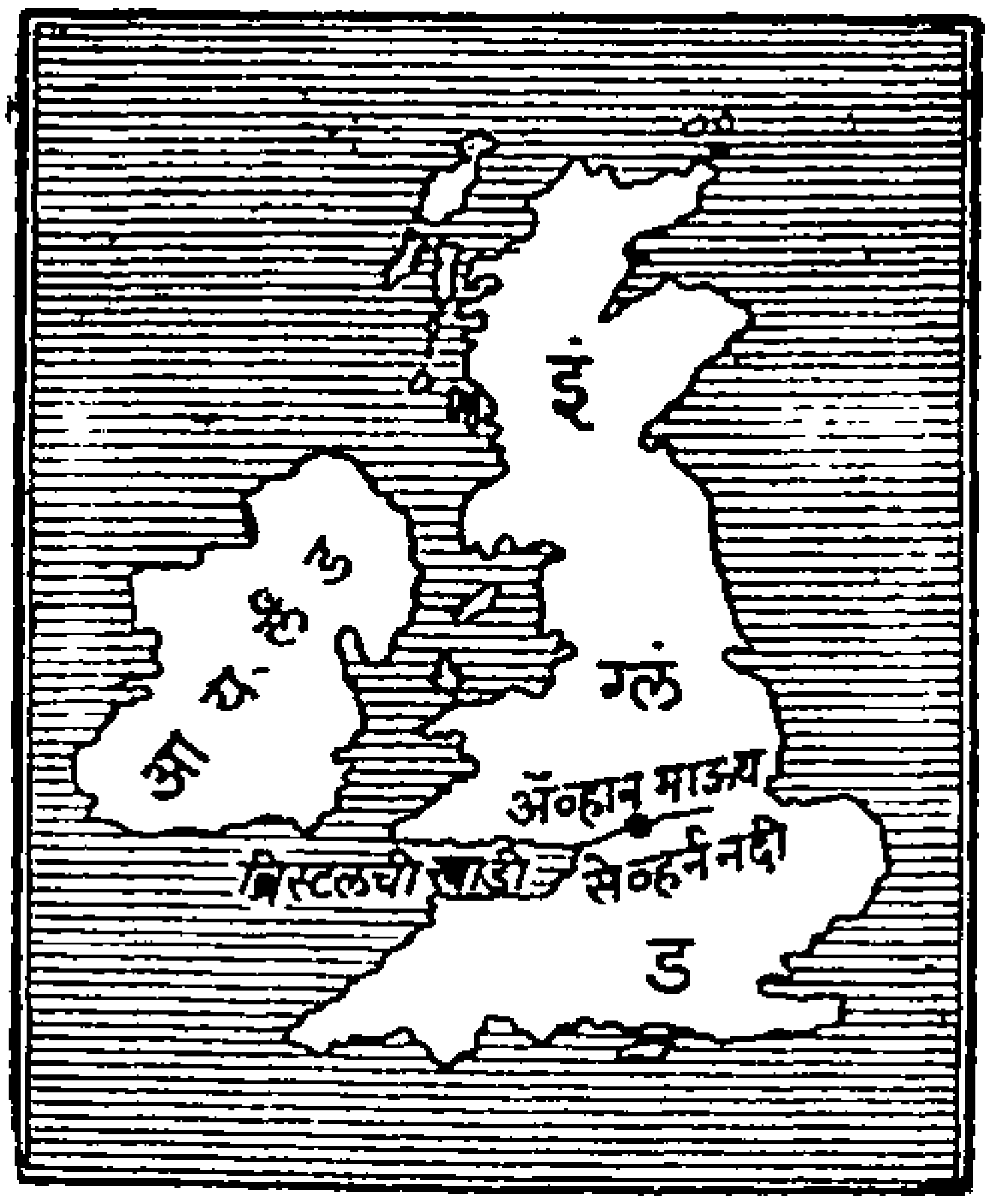
भरतीच्या पाण्यापासून वीज ८

भारतात सर्वत्र चालू असलेल्या धरण-योजनांच्या माहितीवरून पाण्याच्या शक्तीपासून वीज निर्माण करता येते हे आपणांस आता ठाऊक झाले आहे. धरणाने नदीचे पाणी अडविले जाते. हे अडविलेले पाणी खूप उंचीवरून कडेने खोलगट भांडी असलेल्या चाकावर सोडले की, पाण्याच्या वेगाचा भांड्यांवर (कप्स) दाब पडून ते चक्र फिरू लागते. या चक्रावर विद्युत्‌जनित्र बसविलेले असते. एका लोहचुंबकाच्या धन व ऋण टोकांत एक तारांचे वेटोळे फिरते. (हे वेटोळे व वरील चक्र एकाच दांड्यावर बसविलेले असल्याने चक्र फिरू लागले की, वेटोळे फिरू लागते.) लोहचुंबकीय क्षेत्रात तारांचे वेटोळे फिरू लागले की त्यात वीज निर्माण होते. ही वीज वेटोळ्याला स्पर्श करणाऱ्या दोन स्पर्शकांद्वारा (ब्रशेस) दोन तारांत घेतली जाते व नंतर ती आपणाला वापरता येते.

एकंदरीत उंचीवर साठविलेले पाणी आपण वीज-उत्पादनासाठी उपयोगात आणतो. खोली जसजशी वाढेल तसतसा पाण्याचा दाब वाढतो व दाबाखालील पाणी वेगाने बाहेर येते. नदीच्या पाण्याप्रमाणे समुद्राच्या पाण्याचाही आता या कामी उपयोग करण्यात येऊ लागला आहे. समुद्राचे भरतीओहोटीचे सत्र सतत चालू असते. भरतीच्या वेळी पाणी जमिनीकडे येते व ओहोटीच्या वेळी समुद्राकडे जाते. भरतीच्या

वेळी आलेले पाणी आपण अडवून ठेवले तर त्याचा उपयोग वीज उत्पादनासाठी करता येईल. अर्थात भरतीच्या वेळची पाण्याची पातळी व ओहोटीच्या वेळची पाण्याची पातळी यांत खूप फरक असेल तरच वीजनिर्मिती आर्थिकदृष्ट्या फायद्याची होईल.

एका उदाहरणाने हे स्पष्ट करू. इंग्लंडमधील सेव्हर्न * नदीच्या मुखाजवळ (मुखाजवळ नदी ही एक खाडीच असते) एक बंधारा बांधून भरतीच्या पाण्यावर वीज निर्माण करण्याचे कित्येक दिवस घाटत आहे. अॅव्हानमाऊथ येथे उन्हाळ्यात भरती व ओहोटीच्या वेळच्या पाण्याच्या पातळीतील फरक ४० फूट एवढा असतो. तेव्हा त्यांच्या आसपास एक बंधारा बांधण्याचें अॅव्हानमाऊथ ऊर्फ पोर्ट ऑफ ब्रिस्टॉलच्या वरच्या बाजूला नदीत इंग्लिश स्टोन्स्, ग्रगी इत्यादी खडक आहेत. हा खडकाळ धरणाला पाया म्हणून उत्तम असल्याने तेथे धरण बांधावयाचे ठरले. धरणाच्या पायथ्याशी भरतीचे पाणी आले की, धरणाची दारे हळूहळू उघडली जातील, यामुळे भरतीचे पाणी या दारांतून आत शिरेल. पूर्ण भरतीची वेळ आली की, दारे बंद केली जातील कारण त्यानंतर पाणी ओसरू लागते. दारे बंद केल्याने आत गेलेले पाणी तसेच धरणाआड राहील व धरणापलीकडील पाणी तेवढे ओसरू लागेल. पाणी खूप ओसरले की, आतील साटलेले पाणी

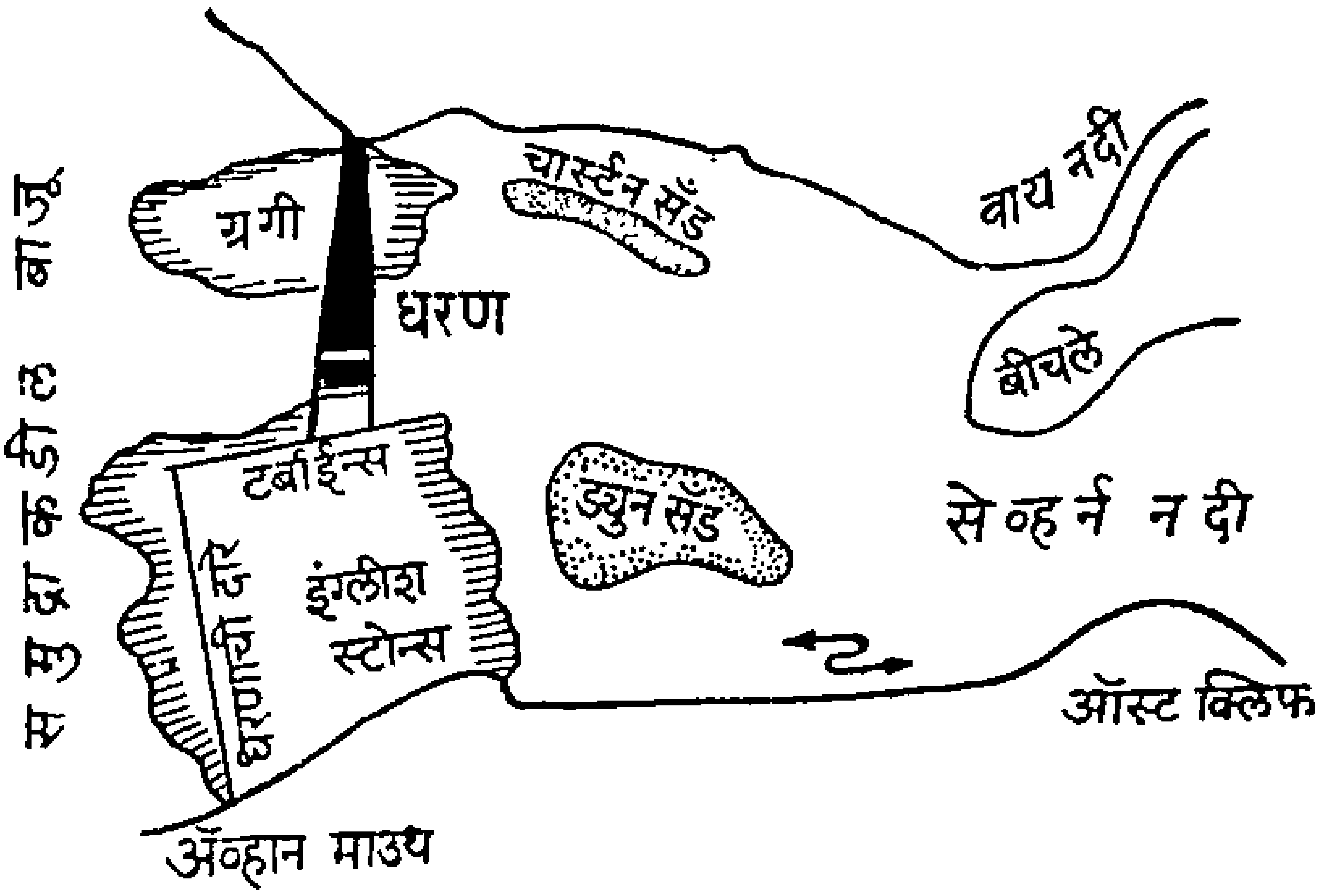


ब्रिस्टलची खाडी

---

* सेव्हर्न नदीच्या मुखाजवळील खाडीला 'ब्रिस्टलची खाडी' असे नाव आहे.

धरणाच्या पायथ्याशी असलेल्या विद्युत्‌जनित्राच्या चक्रांवर (टरबाइन्स) सोडले जाईल व ती फिरू लागून वीज निर्माण होईल. ही वीजनिर्मिती भरतीचे पाणी पुनः येईपर्यंत चालू राहील. भरतीचे पाणी वाढू लागले की, धरणातील व बाहेरील पाण्याच्या पातळीतील फरक कमी होऊ



ॲव्हानमाऊथ येथील धरण

लागेल व चक्र फिरविण्यास पाण्यात पुरेसा जोर राहणार नाही. म्हणून वीजनिर्मिती बंद करावी लागेल; पण त्याच वेळी धरणात भरतीचे पाणी घेणे सुरू होईल. अशा तऱ्हेने भरतीच्या वेळी पाणी साठवणे व ओहोटीच्या वेळी वीज निर्माण करणे असे रहाटचक्र चालू राहील.

अशा तऱ्हेने विजनिर्मिती सतत होत नसल्याने ‘ वाय ’ नदीच्या काठी आणखी एक वीजनिर्मितिगृह बांधण्याचे ठरले. येथील वीजनिर्मितीसाठी लागणाऱ्या तलावात ‘ वाय ’ नदीतून पाणी उपसून टाकले जाईल. हे पाणी उपसण्याचे काम सेव्हर्न नदीवरील भरतीच्या पाण्यापासून निर्माण होणाऱ्या विजेने चालणाऱ्या पंपांनी केले जाईल व येथे अष्टौप्रहर वीजनिर्मिती करिता येईल.

वरील बाजूस असलेल्या ‘ वाय ’ नदीतून आलेला गाळ धरणात

साठून राहील म्हणून वाय नदीच्या वरच्या बीचले व ऑस्टक्लिफ या भूभागांना जोडणारे धरण बांधावे असा एक मतप्रवाह होता; परंतु या धरणामागे कमी पाणी साठेल, (कारण नदीची रुंदी कमी आहे) शिवाय पहिल्या ठिकाणच्या पायाला योग्य असा खडकाळ भाग व खडकातून असलेले चर, चक्रे फिरवून खाली पडलेले पाणी वाहून नेण्यास योग्य असल्याने तेच ठिकाण अधिक योग्य असे ठरले.

वरील ठिकाणी पूर्ण भरती व पूर्ण ओहोटी यांतील फरक ४० फूट असल्याचे आपण पाहिले. परंतु फ्रान्सच्या ब्रिटानी किनाऱ्यावर हा फरक ५२ फूट आहे. येथे फ्रेंच इंजिनिअर्सनी नुकतेच एक वीजकेंद्र बांधून पुरे केले. नोव्हेंबर १९६६ च्या अखेरीस प्रेसिडेंट दि गॉलने त्याचे उद्घाटन केले.

हे केंद्र रान्स नदीच्या मुखाशी असून त्याची क्षमता ६००० लक्ष किलोवॅट आहे. समुद्राचे पाणी खारे असल्याने यंत्रातील लोखंड गंजून जाईल म्हणून स्टेनलेस स्टीलचा वापर करण्यात आला आहे. अशा वीजकेंद्रात फक्त ओहोटीच्या वेळेला वीजनिर्मिती होते हे वर आलेलेच आहे. परंतु फ्रेंच इंजिनिअर्सनी अशी विद्युत्जनित्रे बांधली आहेत, की भरतीचे पाणी धरणात येत असता वीजनिर्मिती होईल. पण ज्या वेळी धरणातील व बाहेरील पायाच्या पातळीत विशेष फरक राहाणार नाही. त्या २।४ तासांत वीजनिर्मिती बंद पडू नये म्हणून पंपाने एकीकडील पाणी उपसून पाण्याच्या पातळीतील फरक वाढविला जाईल.

फ्रान्स व इंग्लंडप्रमाणे अमेरिकेतही भरतीच्या पाण्यापासून वीज-निर्मितीचे प्रयत्न झालेले आहेत.

अमेरिका व कॅनडा यांच्या मॅनस्टेट व न्यू ब्रुन्सवाईक या प्रांतांच्या सरहद्दीवर ५,००० लक्ष किलोवॅटची २ वीजकेंद्रे काढण्याचे ठरले आहे. तसेच कॅनडाच्या पूर्व किनाऱ्यावर 'बे ऑफ फन्डी' येथे भरती- ओहोटी-

मधील पातळीचा फरक ५० फूट आहे. तेथेही असे विद्युत्केन्द्र काढण्याची योजना आहे.

भारतात भावनगर येथे भरतीचे पाणी ओहोटीच्या पाण्यापेक्षा ३६ फूट वर चढते. यामुळे येथे वीजनिर्मितीची खूपच शक्यता आहे. गेली दोन वर्षे इथे याबाबत प्रयोग चालू आहेत. परंतु आजपर्यंत निर्णायक निकाल हाती आलेले नाहीत.

गेल्या वर्षीच्या अवर्षणानंतर आपण असे पाहिले की, कित्येक तलावांतील पाण्याचा साठा कमी झाल्याने वीजनिर्मिती कमी करावी लागली व कारखाने आठवड्यातून दोन दिवस बंद करावे लागले. आता वर्षभराच्या भरती–ओहोटीमधील पातळीच्या फरकांचा अभ्यास केल्यास आपल्याला असे आढळून येईल की, उन्हाळ्यात हा फरक वाढतो. म्हणजेच वरील तऱ्हेच्या योजनेत उन्हाळ्यात अधिक वीज-निर्मिती करता येईल. अशा तऱ्हेने या प्रकारच्या योजना उन्हाळ्यात पूरक म्हणून उपयोगी पडतील व अवर्षणापासून होणारा तोटा भरून काढता येईल.

धरण-योजना कशा तयार करतात?   ९

भारताला स्वातंत्र्य मिळाल्यावर अनेक धरण-योजना आखल्या गेल्या व त्यातल्या आतापर्यंत अनेक पूर्ण होत आल्या आहेत. तथापि, धरणाचे प्रत्यक्ष बांधकाम सुरू होण्यापूर्वी धरण-योजना आखणे, तयार करणे हे अत्यंत महत्त्वाचे काम करावे लागते. हे काम कसे केले जाते याविषयी बऱ्याच जणांना उत्सुकता असते, परंतु माहिती नसते. याकरिता अशी माहिती या लेखात देण्याचा विचार आहे.

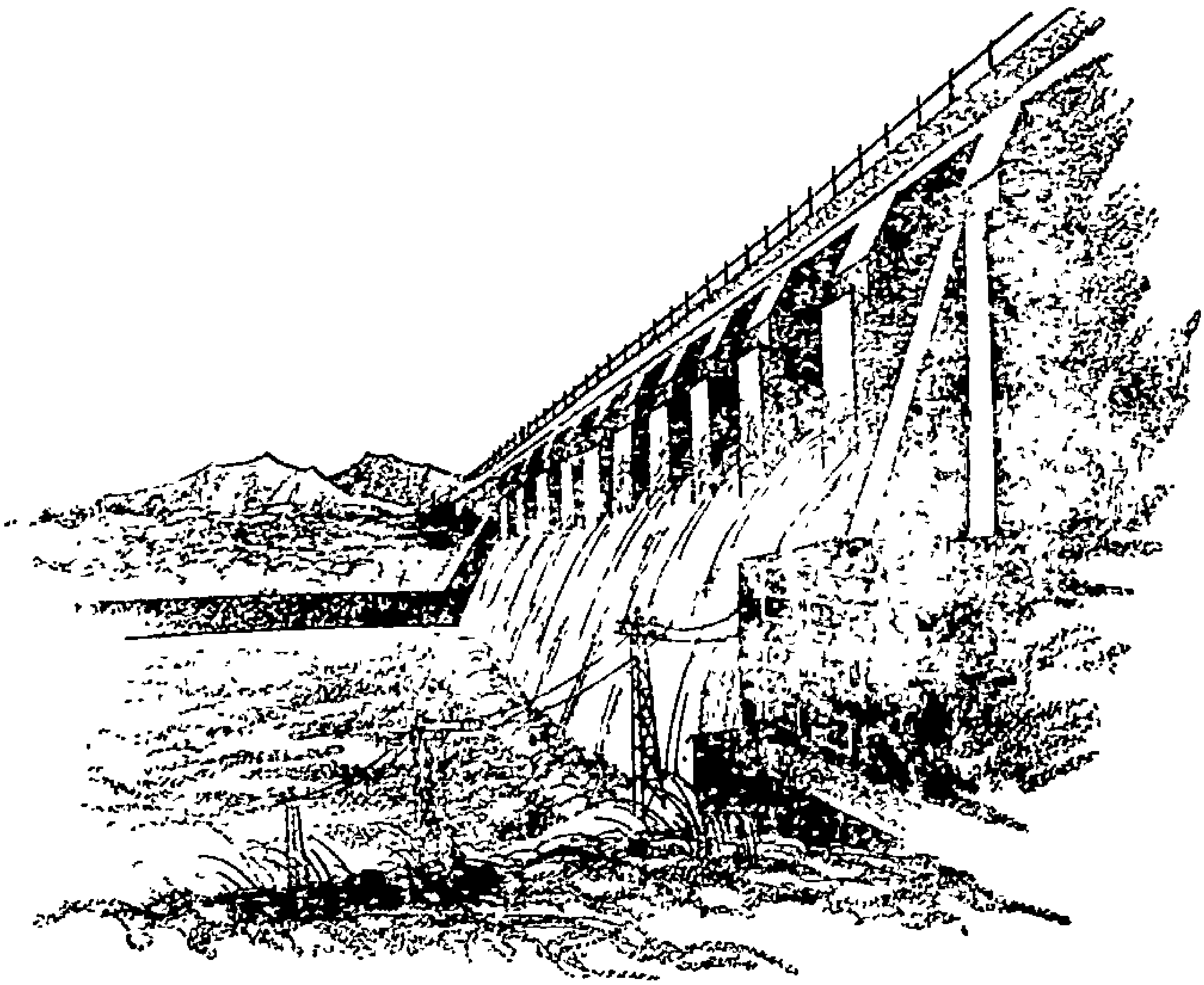
धरण बांधण्याचे उद्देश

धरण म्हणजे नदीच्या प्रवाहात आडवी बांधलेली भिंत होय हे आता सर्वांना माहीत झाले आहे. आपल्या नद्यांना उन्हाळ्यात पाणी फार कमी असते, परंतु पावसाळ्यात पूर येतात. हे पुराचे पाणी वाया जाते. धरण बांधून हे वाया जाणारे पाणी अडवून आपण त्याचा उपयोग करून घेतो. या पाण्याचा उपयोग प्रमुखतः शेती व वीज-उत्पादन यासाठी आपण करतो हेही आपणाला ठाऊक आहे. या दोन उद्देशां-खेरीज अन्यही अनेक उद्देश धरण बांधण्यात असतात. त्यांपैकी एक महत्त्वाचा उद्देश म्हणजे ज्या नद्यांना मोठाले पूर येऊन अपरिमित नुकसान होते त्या पुरांना आळा घालणे.

पाण्याचा साठा केवढा असावा

धरण बांधण्यामागचे उद्देश अशा तऱ्हेने कळल्यानंतर त्या उद्देशांना

अनुलक्षून धरणामागे पाण्याचा केवढा साठा करावयाचा ते काढणे आवश्यक ठरते. प्रथम पूरनिवारक धरणाचे उदाहरण घेऊ. नदीला जास्तीत जास्त मोठा पूर येतो तेव्हा किती पाणी येते ते बघावे लागते. यानंतर धरणाखालील भागात नदीत किती पाणी सोडले म्हणजे



आ. १

लोकांना त्रास होणार नाही याचा अंदाज घ्यावयाचा. पुराच्या पाण्यातून एवढा भाग वजा केला असता उरलेले पाणी धरणामागे साठवून ठेवावे लागेल.

विजेच्या बाबत खालीलप्रमाणे विचार करावा लागेल. एखादे धरण बांधले म्हणजे शेकडो वर्षे ते काम देते. यामुळे धरणाच्या पाण्यापासून निर्माण होणारी वीज केवळ आजच्या घटकेलाच पुरेल एवढी असून भागत नाही, तर ४०।५० वर्षांनंतर, उद्योगधंदे अनेक पटींनी वाढल्यावर

जी वीज लागेल ती निर्माण करण्याचे सामर्थ्य साठवलेल्या पाण्यात हवे. आतापर्यंत उद्योगधंदे कुठल्या गतीने वाढत गेले व पुढे त्याच्या वाढीस कोठल्या तऱ्हेने प्रोत्साहन मिळेल व अनुकूल परिस्थिती कितपत लाभेल या गोष्टीचा विचार करून ४०।५० वर्षांनंतर उद्योगधंद्यांची किती प्रगती होईल हे काढता येईन, व त्यास किती वीज लागेल हे काढता येईल. विद्युच्छक्ती किलोवॅटमध्ये मोजतात. १ अश्वशक्ती $= \frac{3}{4}$ किलोवॅट या प्रमाणाने आपणाला हवी असलेली वीज निर्माण करण्यासाठी किती अश्वशक्तीची जरुरी आहे ते काढता येईल. अश्वशक्ती कळल्यावर एकूण किती पाणी लागेल ते काढता येईल. जितक्या अधिक उंचीवरून पाणी पडेल तेवढी अधिक शक्ती मिळते. म्हणून धरणाची जागा निवडताना अशी निवडावी लागते की, ज्यामुळे पाणी खूप उंचीवरून खाली पडू शकेल. अश्वशक्तीचे समीकरण पुढीलप्रमाणे आहे:--

$$\text{अश्वशक्ती} = \frac{\text{पाण्याचे वजन} \times \text{पाण्याचे परिमाण (क्वान्टिटी)} \times \text{पाणी पडण्याची उंची}}{५५०}$$

आता पाण्याचे वजन जवळ जवळ सर्वत्र सारखेच असते आणि पाण्याची उंची आपण ठरवलेली आहे. त्यामुळे वरील समीकरणानुसार अश्वशक्ती माहीत असल्याने पाण्याची संख्या काढता येईल.

अशा तऱ्हेने विजेसाठी आवश्यक पाण्याचे परिमाण काढल्यावर शेतीसाठी किती पाणी लागेल ते काढावे लागेल. एक एकर जमिनीचा तुकडा घेतला, त्याच्यावर एखादे पीक काढले व पीक उत्कृष्ट निघण्यासाठी योग्य असे पाणी दिले तर प्रत्येक वेळी पाजलेल्या पाण्याच्या उंचीची बेरीज करून एकूण किती खोलीचे पाणी लागेल ते काढता येईल. या खोलीस डेल्टा (Δ) असे म्हणतात. प्रत्येक पिकासाठी ठराविक डेल्टा असतो. पुढे काही पिकांसाठी तो दिला आहे:–

	पीक	डेल्टा (इंचांत)
१	भात	४८
२	ऊस	४८
३	तंबाखू	३०
४	कापूस	२०
५	गहू	१२
६	मका	१०

अशा तऱ्हेने जी जमीन धरणाच्या पाण्याखाली भिजावयाची आहे, तिच्यातील निरनिराळी पिके व त्यांनी व्याप्त अशा जमिनीचे क्षेत्रफळ कळले म्हणजे ते ते क्षेत्रफळ व डेल्टा यांच्या गुणाकाराची बेरीज करून एकूण पाण्याची मागणी कळेल. वरील डेल्टांच्या किमतीवरून हे कळून येईल की, निरनिराळ्या प्रकारच्या पिकांना कमी जास्त पाणी लागते. तसेच ऋतूवरही पाण्याची मागणी अवलंबून असते. उन्हाळ्यात पाटाचे पाणी अधिक लागते, तर पावसाळ्यात फार कमी लागते अथवा लागतही नाही. (पाऊस कमीजास्त पडेल त्याप्रमाणे.) त्याचप्रमाणे पाण्याचा निचरा करणारी जमीन असेल तर अधिक पाणी लागते.

शेतीसाठी पाण्याचा निचरा करताना पडीक जमिनी भविष्यकालात कितपत लागवडीखाली येतील याचाही विचार करावा लागेल.

पाणी किती मिळेल ?

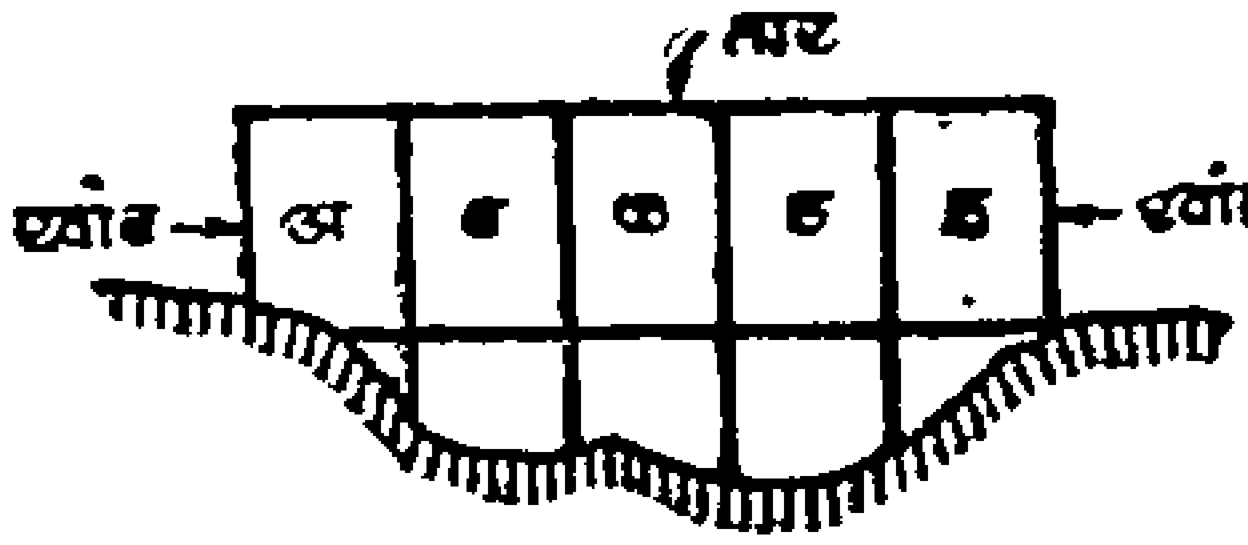
वीज, शेती इत्यादी सर्व तऱ्हेच्या मागण्यांची बेरीज केल्यावर धरणामागे एकूण किती पाणी पाहिजे याची कल्पना येईल. पण पोहऱ्यात आपल्याला कितीही पाणी हवे असले तरी आडात पुरेसे पाणी पाहिजे ना ? म्हणून नदीतून वाहात येणारे पाणी किती आहे ते काढावे लागेल. ज्या प्रदेशातील पाणी धरणाच्या जागेपर्यंत पोहोचू शकते, त्या प्रदेशाला पाणलोटाचा प्रदेश असे म्हणतात. या प्रदेशात पडणाऱ्या पावसाचे

पाणी (जमिनीत जिरणारे व बाष्पीभवनामुळे नष्ट होणारे सोडून) ओढे नाले आदीद्वारा नदीत येते. पाणलोटाच्या प्रदेशाचा समवर्षादर्शक रेषांचा (आयसोहाईटस) नकाशा मिळाल्यास निरनिराळ्या ठिकाणी किती पाऊस पडतो हे कळू शकते. भारतात पावसाचा अनिश्चितपणा फार आहे, म्हणून जवळजवळ ३५ वर्षांच्या वार्षिक पावसाची सरासरी काढून वार्षिक पाऊस ठरवला जातो.

साधे पर्जन्यमापक यंत्र बहुतेकजणांना माहीत असते. परंतु त्याखेरीज स्वयंचलित पर्जन्यमापक यंत्रही असते. एका आलेखपत्रावर पावसाची आपोआप नोंद होत असते. शिवाय पावसाचा जोरही आलेखावरून कळतो. वर आपण पाहिलेच की एकूण पडणाऱ्या पावसापेक्षा प्रत्यक्ष मिळणारे पाणी कमी असते. उन्हाळ्यात अधिक पाणी जिरते. म्हणून आणखीच कमी मिळते. पाणलोटाच्या प्रदेशाच्या क्षेत्रफळावरही कमी-जास्त पाणी मिळणे अवलंबून आहे. म्हणून धरणासाठी निवडलेल्या दोन जागांपैकी एका जागेचा पाणलोटाचा प्रदेश अधिक असेल तर ती जागा पसंत करणे अधिक चांगले. पाणलोटाच्या प्रदेशाचे तपमान, त्यातील खड्डे, झाडोरा व जमिनीचा उतार या गोष्टींवरही प्रत्यक्ष मिळणारे पाणी अवलंबून असते. कारण तपमान जसजसे अधिक तसतसे बाष्पीभवन अधिक. जमिनीला उतार फार असेल तर जलद व खूप पाणी वाहून येते. प्रदेशात खड्डे फार असतील तर डबकी साचतात व नदीत पाणी कमी येते झाडोरा फार असेल तर तो बरेच पाणी शोषतो, पाणी वाहण्यास अडथळा होतो व परिणामी पाणी कमी मिळते.

पाणी किती मिळेल हे अनेक तऱ्हांनी काढता येईल. एक पद्धत आपण वर पाहिलीच. ती म्हणजे पाणलोटाच्या प्रदेशात पडणारा पाऊस मोजून. दुसरी पद्धत म्हणजे नाले, ओढे, इ. तून फूटपट्ट्या लावणे व प्रत्यक्ष पाण्याची उंची मोजणे. नदीच्या दोन्ही काठांवर दोन खांब

रोवून एक तार त्याला अडकवतात (आ. २ पाहा). नंतर त्या दिशेने एक बोट सोडतात; व ठराविक अंतरानंतर पाण्याची खोली मोजण्यात येते. त्यामुळे अ, ब, क या सर्व भागांचे क्षेत्रफळ मोजता येते. नंतर अ, ब इत्यादी प्रत्येक भागात तरंगता ठोकळा अथवा खाली वजन लावलेली काठी सोडण्यात येते तिला ठराविक अंतर जाण्यास लागणारा वेळ पाहून त्या त्या भागातील पाण्याचा वेग



आ. २

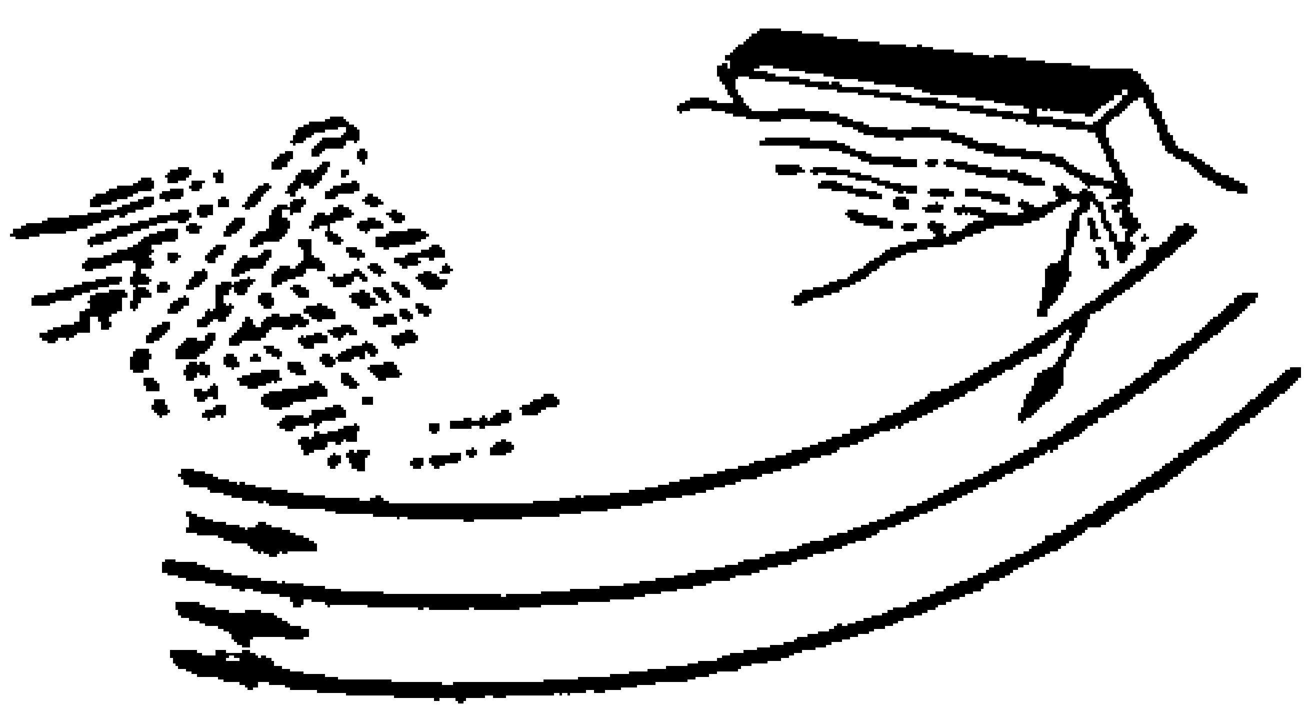
काढता येतो. हे काम एका यंत्राद्वारेही करता येते. यानंतर निरनिराळ्या सूत्रानुसार दर सेकंदास किती पाणी वाहते हे काढता येते.

सूत्रांच्या प्रमाणेच पाऊस व प्रत्यक्ष मिळणारे पाणी यांना संबंधित करणारे आलेख असतात त्यावरूनही पाणी किती मिळेल, याचा अंदाज करता येतो.

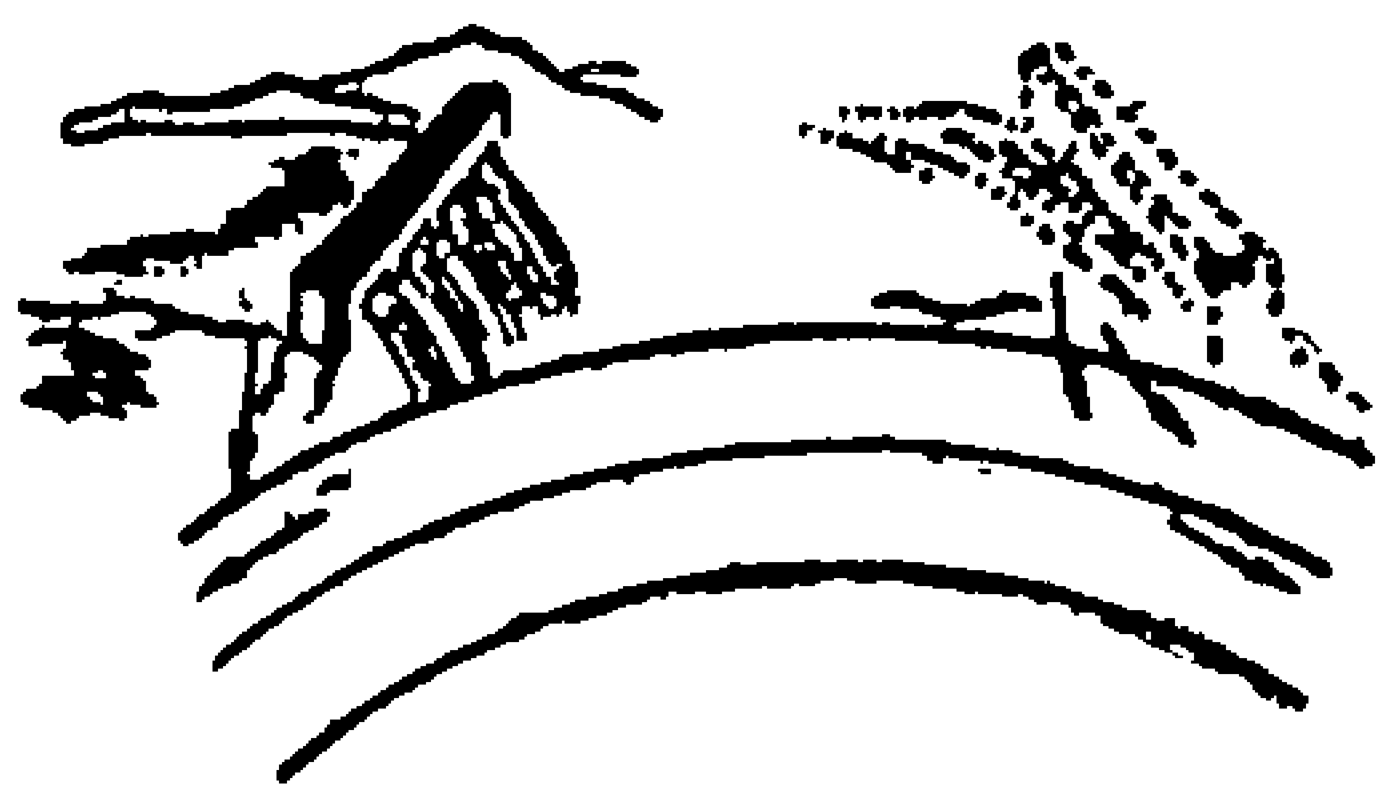
अशा तऱ्हेने पाण्याची मागणी व पुरवठा काढल्यानंतर त्यांचा मेळ घालणे ही महत्त्वाची बाब होय. मागणीपेक्षा पुरवठा थोडाफार कमी असेल तर मागणीत त्याप्रमाणेच बदल करता येईल; पण पुरवठा फार कमी असेल तर धरणाची जागा बदलून अधिक पुरवठा मिळतो का ते पाहावे लागेल, किंवा पुरवठ्याला अनुसरून मागणीच्या बाबी कमी कराव्या लागतील किंवा एखादे वेळेस योजनाच रद्द करावी लागेल. पुरवठा जास्त असेल तर धरणात मोऱ्या बांधून त्यातून पाणी बाहेर काढावे लागेल. उन्हाळ्यात पुरवठा कमी असल्याने मोऱ्यांची जरूर भासत नाही. परंतु पावसाळ्यात पुरवठा जास्त असू शकतो. तसेच एखादे वेळेस जोराचा पाऊस पडला म्हणजे काही काळापुरते जास्त पाणी येते, ते मोऱ्या व सांड यांद्वारा जाते.

धरणाच्या जागेची निश्चिती

एवढ्या तयारीनंतर धरणाची जागा नक्की करणे हे अत्यंत महत्त्वाचे काम करावे लागते. जागा ठरविण्यासाठी अनेक गोष्टी लक्षात घ्याव्या लागतात. पैकी काहींचा उल्लेख पूर्वी आला आहे. सर्वात महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे धरणाचे एवढे प्रचंड वजन सहन करू शकेल इतका योग्य पाया मिळतो की नाही ते पाहणे होय. बांधकामास लागणारे साहित्य उदा. दगड, चुना इ. जवळपास मिळते का ते पाहणे. कारण असे साहित्य जवळ मिळत नसल्यास ते दुरून आणण्यास खर्च फार येतो. काही साहित्य जरी जवळपास मिळाले तरी काही दुरून आणावेच लागते. उदा. सिमेंट, लोखंडी सामान इत्यादी. तेव्हा त्यासाठी वाहतुकीची सोय उपलब्ध असणे आवश्यक आहे प्रत्यक्ष धरणाची जागा व त्यामागे निर्माण होणारे सरोवर याची जागा यांची भूगर्भशास्त्रीय पाहणी करून थरांची रचना कशी आहे हे पाहिले जाते. कारण थरांची रचना व धरणाचे स्थान यांच्या संबंधावर पाणी सरोवरात राहणे अगर झिरपून बाहेर जाणे अवलंबून असते. आकृती क्र. ३ व ४ मध्ये थरांच्या निरनिराळ्या रचनेस अनुलक्षून धरणाची योग्य व अयोग्य जागा दर्शविली आहे. (टिंबटिंबांनी दर्शविलेली जागा अयोग्य होय.) पाणी कसे वाहील हेही बाणाने दर्शविले आहे. प्रत्यक्ष धरणाखालील जागेची पाहणी करून तेथे भेगा आहेत काय, असल्यास त्यांची दिशा काय आहे इ. गोष्टींचा तलास लावावा लागतो



आ. ३

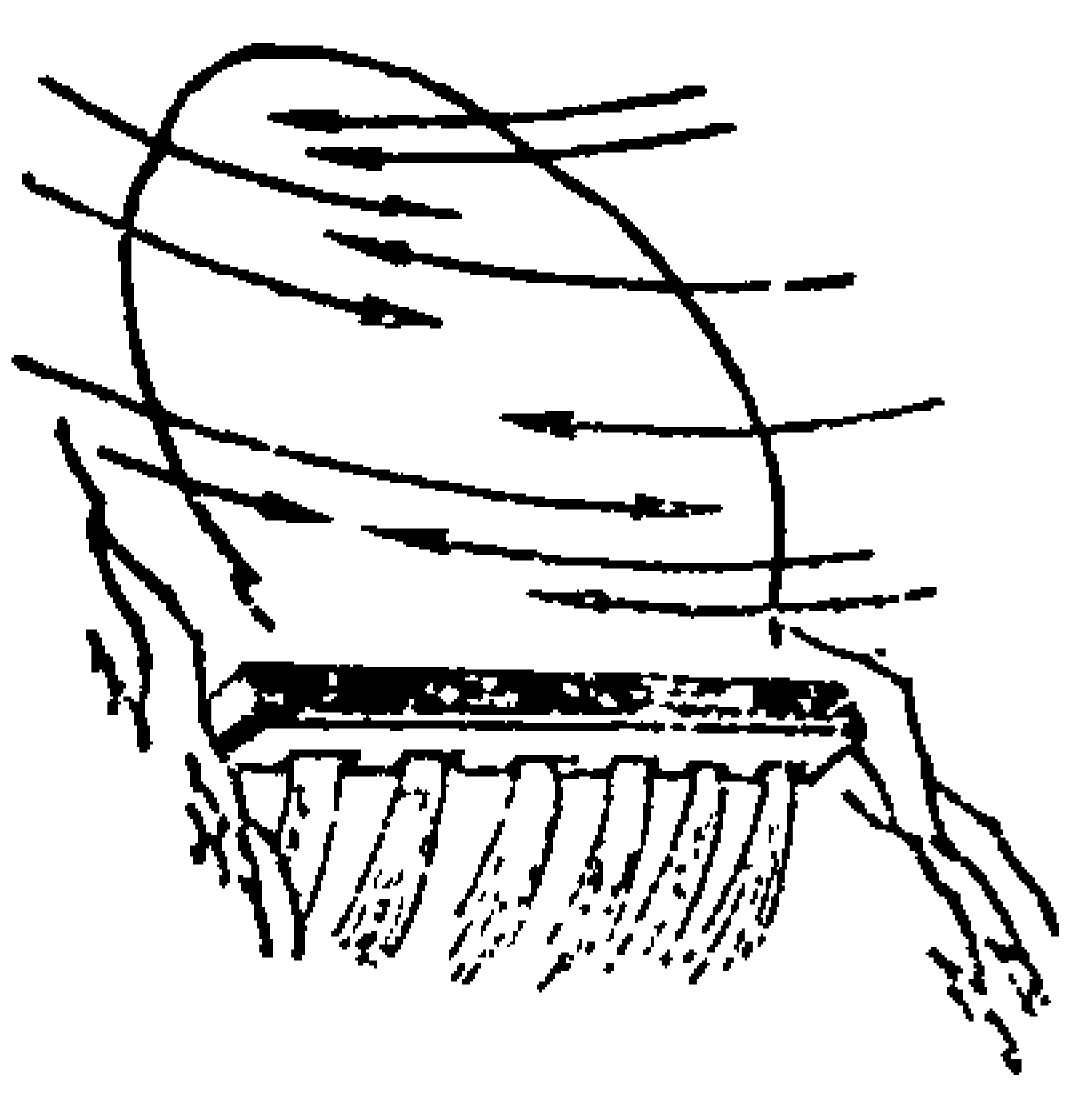


आ. ४

कारण अशा भेगांतून पाणी झिरपून जाण्याची शक्यता असते. आकृती क्र. ३ व ४, वाटीसारख्या व कमानीसारख्या रचनेत धरणाची जी दिशा दर्शविली आहे त्याला ९० अंशांचा कोन करून धरणाची दिशा असेल तर धरणाच्या खालून पाणी झिरपण्याऐवजी सरोवराच्या बाजूंनी पाणी झिरपण्याची शक्यता असते. ही शक्यता कमानीसारख्या थरांच्या रचनेत असते. वाटीप्रमाणे असलेल्या रचनेत नाही. म्हणून सरोवराचा भाग कमानीसदृश थररचनेचा नसावा, वाटीप्रमाणे थररचनेचा असावा. आकृती क्र. ५ व ६ वरून कल्पना येईल.

आ. ५

धरणयोजना अत्यंत खर्चाच्या असतात, म्हणून योजना तयार करीत असता काटकसरीकडे विशेष लक्ष द्यावे लागते. म्हणून धरणाची लांबी व उंची शक्यतो कमी करण्याकडे योजनाकारांचा कल असतो. सरोवराचा भाग वाटीसारखा खोल अथवा बशीसारखा पसरट असू शकेल. वाटीसारखा प्रदेश असल्यास धरणाची लांबी फारच कमी लागेल, मात्र उंची फार लागेल. भाक्रा-नांगल धरण असेच आहे. उलट बशीसारखा प्रदेश असेल तर लांबी खूप लागते व उंची कमी लागते म्हणून सरोवरासाठी अशी जागा शोधावी की. ज्यायोगे लांबी व उंची अशी येईल की, त्यामुळे धरणाची किंमत शक्य तितकी कमी होईल.



आ. ६

धरणाचा प्रकार

धरणाची जागा ठरवल्यावर धरणाचा प्रकार ठरवायचा. धरणे अनेक

प्रकारची असतात. मातीची, दगडी, कॉंक्रीटची, लोखंडी वा लाकडी, कमानीची धरणे असतात. लोखंडी व लाकडी धरणे विशेषेकरून बांधली जात नाहीत. छोटी धरणेच अशा तऱ्हेची बांधली जातात. एखाद्या जंगलात छोटेसे व तात्पुरते धरण बांधावयाचे असेल तर ते लाकडी बांधणे चांगले. कारण जवळपास जंगलतोड करून खूप लाकडे मिळवता येतात. बहुशः मोठी धरणे दगडी अथवा कॉंक्रीटची बांधतात. कमी उंचीचे छोटे धरण असेल व पायासाठी जरूर असा खडक धरणाच्या जागी मिळत नसेल, तर मातीची धरणे बांधणे चांगले. पाया विशेष चांगला मिळत नसेल परंतु धरणाच्या कडेला चांगला खडक मिळत असेल तर कमानीचे धरण बांधणे चांगले. कारण कमानीच्या धरणावर येणारा बराचसा भार कडेला पोहोचविला जातो व फार थोडा पायावर जातो.

एवढी तयारी झाल्यावर प्रत्यक्ष तयारी करावी लागेल. धरणाची लांबी, रुंदी व उंची ठरवणे, कालवे कोठून काढावेत, शेतातून पाणी कसे खेळवावे, कालव्याची खोली व रुंदी ठरवणे इत्यादी गोष्टी यात समाविष्ट आहेत.

धरणाची उंची

उंची जसजशी वाढेल तसतसे मागे अडणारे पाणीही अधिकाधिक अडेल. म्हणून आपणाला हव्या असणाऱ्या साठ्यासाठी योग्य अशी उंची गणिताने काढावी. नदीतून वाहून येणारा गाळ धरणाच्या भिंतीशी साठतो. हा अधूनमधून त्यासाठी मुद्दाम केलेल्या मोऱ्याद्वारा काढला जातो. परंतु काही काळ तरी तो तसा साचून राहतो. अशा साचलेल्या गाळाची उंची किती होईल ते गणिताने काढावे. सरोवराचा प्रदेश मोठा व मोकळा असल्याने तेथे वारा भरपूर असतो. यामुळे मोठमोठ्या लाटा निर्माण होतात. या लाटाही भिंतीद्वारा अडविल्या गेल्या पाहिजेत. लाटांची उंची गणिताने काढता येते. वरील तीन आकड्यांच्या बेरजेइतकी धरणाची एकूण उंची लागते.

असतो. या गावांची पुनर्वसाहत करणे व गावकऱ्यांना नव्या शेतजमिनी देणे या गोष्टींचाही योजनेत अंतर्भाव होतो. शेतजमिनीप्रमाणे या भागात निरनिराळ्या खनिजांच्या खाणी पण असण्याची शक्यता असते. म्हणून या भागाची भूगर्भशास्त्रीय पाहणी करून अशा खाणी सापडल्यास ती खनिजे प्रथम काढून घेण्याची व्यवस्था करावी लागते.

सरोवरात जुनीपुराणी संस्कृति-निदर्शक-स्थळे बुडण्याचा संभव असतो. हैदराबादजवळील नागार्जुनसागर धरणामागे महास्तूप, सभामंडप इत्यादी ऐतिहासिक वस्तू बुडत आहेत. त्या तेथून काढून जवळच्या टेकडीवर ठेवण्यात येत आहेत. तसेच नाईलवरील आस्वान धरणामागेही असे एक स्थळ बुडत आहे. ती सबंधच्या सबंध टेकडीच उचलून दुसरीकडे ठेवली जाणार आहे.

अशा तऱ्हेने सर्व तयारी झाल्यावर शेवटचे कार्य उरते ते अहवाल तयार करण्याचे. अहवाल तयार करण्यापूर्वी सर्व तऱ्हेचे नकाशे तयार करणे व प्रत्येक कामासाठी काय काय व किती बांधकाम करावयास लागणार ते काढून त्याची अंदाजे रक्कम ठरविणे व त्यावरून एकंदर योजनेची किंमत तयार करणे ही महत्त्वाची कामे असतात. त्याचप्रमाणे योजनेपासून सरकारला किती उत्पन्न होईल तेही काढावे लागते. अंदाजे उत्पन्न सर्वसाधारण पाहणीद्वारा यापूर्वीच काढलेले असते; आणि त्यावरून योजना किफायतशीर होईल की नाही ते पाहिले जाते व त्यानंतरच विशेष सखोल पाहणी करण्यात येते.

अहवालातील प्रकरणे पुढीलप्रमाणे असतात :–(१) योजनेचा इतिहास व आजची योजना. (२) शेतीविषयक माहिती. (३) इंजिनिअरिंग विभाग : निरनिराळी बांधकामे इत्यादीची माहिती. (४) बांधकामविषयक सामान, मजूर, इंजिने, दळणवळणाची सोय, बांधकाम करण्याचा कार्यक्रम इत्यादी विषयांची माहिती. (५) योजनेची आर्थिक बाजू :–

योजनेचा खर्च, मिळणारे उत्पन्न, कर्ज वगैरे काढावयाचे असल्यास त्याची माहिती, व्याजाची रक्कम इ. गोष्टी यांत समविष्ट आहेत.

याखेरीज खालील परिशिष्टे अहवालास जोडलेली असतात :– (१) योजनेचे संख्याशास्त्रीय समालोचन. (२) नकाशे, फोटो इत्यादी (३) तक्ते (४) निरनिराळ्या बाबींचे दर. (५) अंदाजे खर्च इत्यादी.

वरील सर्व माहितीवरून धरणयोजना तयार करण्यासाठी काय काय गोष्टी कराव्या लागतात याची स्थूल कल्पना येईल.

सेंट लुईचे प्रवेशद्वार

१०

काही तरी भव्य दिव्य करून दाखविण्याच्या मानवाच्या इच्छेमुळे प्राचीन काळापासूनच अनेक भव्य वास्तू निर्माण झाल्या आहेत. पूर्वीच्या काळी पिसा येथील कलता मनोरा किंवा दिल्लीचा कुतुबमिनार असे मनोरे बांधले गेले. पण ते युग दगडी बांधकामाचे होते. अलीकडील काळात पॅरिसचा एफेल टॉवर संपूर्ण लोखंडाचा बांधला गेला. परंतु आता लोखंडही मागे पडले. आजचे युग सलोह काँक्रीट (R. C. C.) चे आहे. म्हणूनच एरो सरिन्स या इंजिनिअरने या सलोह काँक्रीटची एक भव्य वास्तू उभारण्याचे ठरवले. ही वास्तू म्हणजेच अमेरिकेतील सेंट लुई शहराचे प्रचंड प्रवेशद्वार – ६३० फूट उंच कमान.

ही कमान बांधून पूर्ण होण्याच्या बेताला आलेली आहे. कमान पुरी झाल्यावर तिच्या उद्‌घाटनासाठी प्रेसिडेंट जॉन्सन् यांना बोलाविले जाणार आहे. गेली तीन वर्षे या कमानीचे बांधकाम चालू आहे. कमान एवढी उंच असल्याने साहजिकच तिचा पाया खूप खोल म्हणजे जमिनीखाली ६० फूट आहे. सलोह काँक्रिटचाही अगदी आधुनिक असा प्रकार-पूर्वताणयुक्त सलोह काँक्रीट (Prestressed Concrete) यात उपयोगात आणला गेला आहे.

काँक्रीटच्या वास्तूंना नेहमी गिलावा केला जातो. अगर त्यावर फरशा बसवल्या जातात. पण ही वास्तू सुशोभित करण्यासाठी अगदी नवीन

धरणाची लांबी

वर आपण पाहिलेच आहे की, सरोवराचा प्रदेश वशीसारखा असेल तर लांबी फार लागते व वाटीसारखा असेल तर लांबी कमी लागते. लांबी व उंची ठरविण्याची पद्धत अशी असते. सरोवराच्या प्रदेशाचा समउंचीदर्शक रेषांचा नकाशा तयार केला जातो. गणिताने कुठल्याही उंचीपर्यंत पाणी आल्यास त्याचे घनफळ किती होईल हे काढता येते. आपणाला जेवढा साठा करावयाचा आहे, तेवढ्या साठ्यासाठी पाणी कुठल्या उंचीपर्यंत येईल ते काढावे. या उंचीची दर्शक रेषा व धरणाची दर्शक रेषा यांच्या छेदनबिंदूमधील अंतर म्हणजे धरणाची लांबी होय.

धरणाची रुंदी

कुठल्याही द्रवाचा दाब खोलीनुसार वाढत जातो. या तत्त्वानुसार धरणाच्या तळाशी पाण्याचा दाब खूप असेल, तर धरणाच्या माथ्याशी तो काहीच असणार नाही. धरणाच्या उंचीमध्ये ठराविक अंतरावर पाण्याचा दाब किती येईल ते काढून तो दाब सहन करण्यास योग्य अशी रुंदी काढली जाते. असे बिंदू सांधून धरणाची छेदन आकृती ठरविली जाते.

कालव्याचा आकार ठरवताना त्यातून किती पाणी जाणार याचा विचार करावा लागतो. कालव्याचा ढाळ किंवा उतार यावर पाण्याचा वेग अवलंबून असतो. वेग फार असेल तर कालव्याचा तळ उग्वडेल, वेग फारच कमी असेल तर कालव्यात गाळ साचू लागेल. म्हणून या दोन्ही गोष्टी घडणार नाहीत असा वेग व त्याला अनुकूल असा ढाळ ठेवावा लागतो.

या सर्व तांत्रिक गोष्टी सोडून इतरही काही अडचणी येतात. धरणामागे निर्माण होणाऱ्या तळ्यात अनेक शेतजमिनी व गावे बुडण्याचा संभव

असतो. या गावांची पुनर्वसाहत करणे व गावकऱ्यांना नव्या शेतजमिनी देणे या गोष्टींचाही योजनेत अंतर्भाव होतो. शेतजमिनीप्रमाणे या भागात निरनिराळ्या खनिजांच्या खाणी पण असण्याची शक्यता असते. म्हणून या भागाची भूगर्भशास्त्रीय पाहणी करून अशा खाणी सापडल्यास ती खनिजे प्रथम काढून घेण्याची व्यवस्था करावी लागते.

सरोवरात जुनीपुराणी संस्कृति-निदर्शक-स्थळे बुडण्याचा संभव असतो. हैदराबादजवळील नागार्जुनसागर धरणामागे महास्तूप, सभामंडप इत्यादी ऐतिहासिक वस्तू बुडत आहेत. त्या तेथून काढून जवळच्या टेकडीवर ठेवण्यात येत आहेत. तसेच नाईलवरील आस्वान धरणामागेही असे एक स्थळ बुडत आहे. ती सबंधच्या सबंध टेकडीच उचलून दुसरीकडे ठेवली जाणार आहे.

अशा तऱ्हेने सर्व तयारी झाल्यावर शेवटचे कार्य उरते ते अहवाल तयार करण्याचे. अहवाल तयार करण्यापूर्वी सर्व तऱ्हेचे नकाशे तयार करणे व प्रत्येक कामासाठी काय काय व किती बांधकाम करावयास लागणार ते काढून त्याची अंदाजे रक्कम ठरविणे व त्यावरून एकंदर योजनेची किंमत तयार करणे ही महत्त्वाची कामे असतात. त्याचप्रमाणे योजनेपासून सरकारला किती उत्पन्न होईल तेही काढावे लागते. अंदाजे उत्पन्न सर्व-साधारण पाहणीद्वारा यापूर्वीच काढलेले असते; आणि त्यावरून योजना किफायतशीर होईल की नाही ते पाहिले जाते व त्यानंतरच विशेष सखोल पाहणी करण्यात येते.

अहवालातील प्रकरणे पुढीलप्रमाणे असतात :–(१) योजनेचा इतिहास व आजची योजना. (२) शेतीविषयक माहिती. (३) इंजिनि-अरिंग विभाग : निरनिराळी बांधकामे इत्यादीची माहिती. (४) बांधकाम-विषयक सामान, मजूर, इंजिने, दळणवळणाची सोय, बांधकाम करण्याचा कार्यक्रम इत्यादी विषयांची माहिती. (५) योजनेची आर्थिक बाजू :–

योजनेचा खर्च, मिळणारे उत्पन्न, कर्ज वगैरे काढावयाचे असल्यास त्याची माहिती, व्याजाची रक्कम इ. गोष्टी यांत समविष्ट आहेत.

याखेरीज खालील परिशिष्टे अहवालास जोडलेली असतात :– (१) योजनेचे संख्याशास्त्रीय समालोचन. (२) नकाशे, फोटो इत्यादी (३) तक्ते (४) निरनिराळ्या बाबींचे दर. (५) अंदाजे खर्च इत्यादी.

वरील सर्व माहितीवरून धरणयोजना तयार करण्यासाठी काय काय गोष्टी कराव्या लागतात याची स्थूल कल्पना येईल.

सेंट लुईचे प्रवेशद्वार

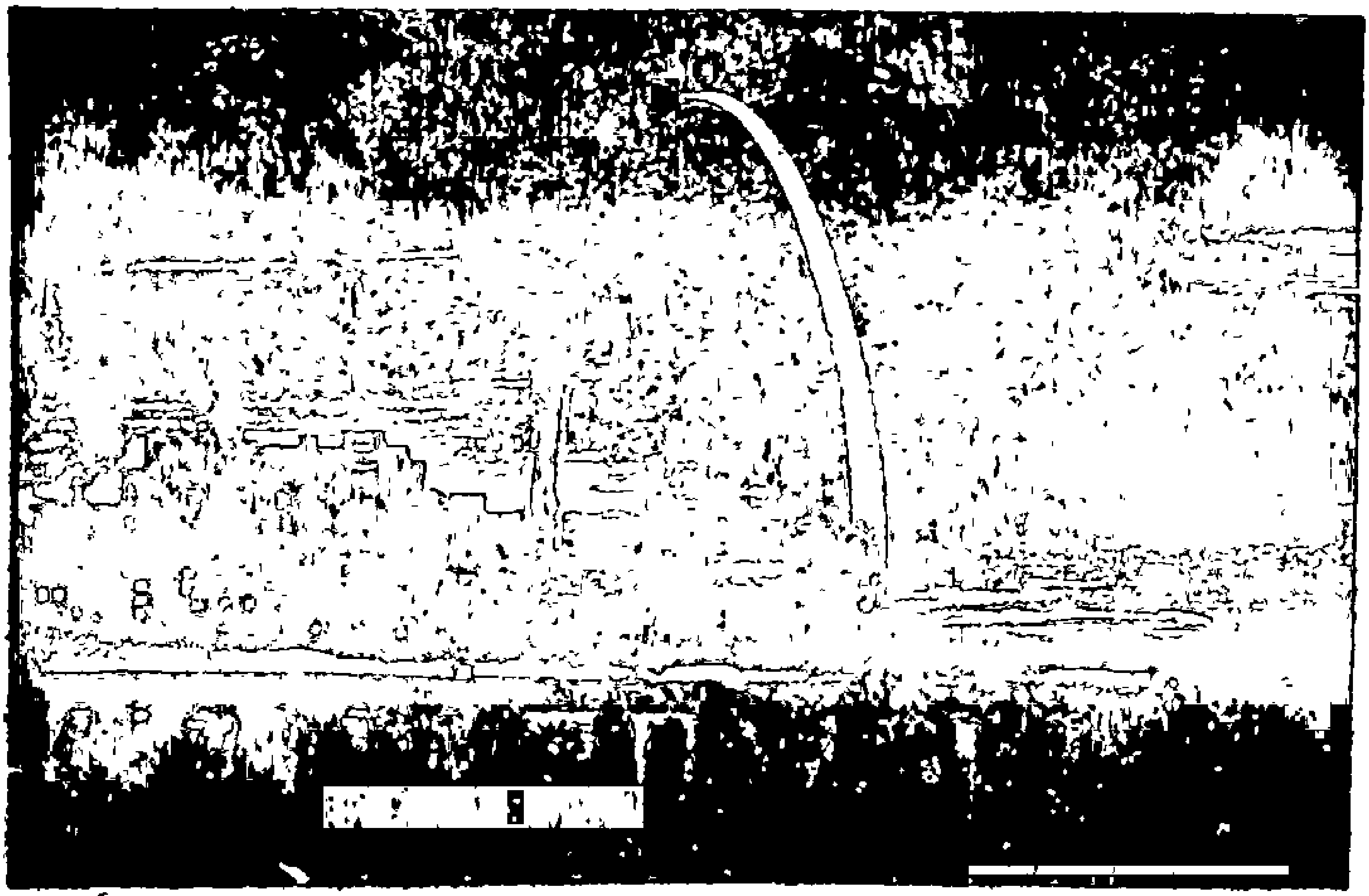
१०

काही तरी भव्य दिव्य करून दाखविण्याच्या मानवाच्या इच्छेमुळे प्राचीन काळापासूनच अनेक भव्य वास्तू निर्माण झाल्या आहेत. पूर्वीच्या काळी पिसा येथील कलता मनोरा किंवा दिल्लीचा कुतुबमिनार असे मनोरे बांधले गेले. पण ते युग दगडी बांधकामाचे होते. अलीकडील काळात पॅरिसचा एफेल टॉवर संपूर्ण लोखंडाचा बांधला गेला. परंतु आता लोखंडही मागे पडले. आजचे युग सलोह कॉंक्रीट (R. C. C.) चे आहे. म्हणूनच एरो सरिन्स या इंजिनिअरने या सलोह कॉंक्रीटची एक भव्य वास्तू उभारण्याचे ठरवले. ही वास्तू म्हणजेच अमेरिकेतील सेंट लुई शहराचे प्रचंड प्रवेशद्वार – ६३० फूट उंच कमान.

ही कमान बांधून पूर्ण होण्याच्या बेताला आलेली आहे. कमान पुरी झाल्यावर तिच्या उद्‌घाटनासाठी प्रेसिडेंट जॉन्सन् यांना बोलाविले जाणार आहे. गेली तीन वर्षे या कमानीचे बांधकाम चालू आहे. कमान एवढी उंच असल्याने साहजिकच तिचा पाया खूप खोल म्हणजे जमिनी-खाली ६० फूट आहे. सलोह कॉंक्रिटचाही अगदी आधुनिक असा प्रकार-पूर्वताणयुक्त सलोह कॉंक्रीट (Prestressed Concrete) यात उपयोगात आणला गेला आहे.

कॉंक्रीटच्या वास्तूंना नेहमी गिलावा केला जातो. अगर त्यावर फरशा बसवल्या जातात. पण ही वास्तू सुशोभित करण्यासाठी अगदी नवीन

वस्तू वापरली जाणार आहे. ती म्हणजे स्टेनलेस स्टील. स्टेनलेस स्टीलचे १२ फुटांचे तुकडे एकमेकांवर चढवले जातात व ते एकमेकांना झाळले जातात. हे झाळकाम बरोबर होत आहे की नाही हे पाहण्यासाठी क्ष-

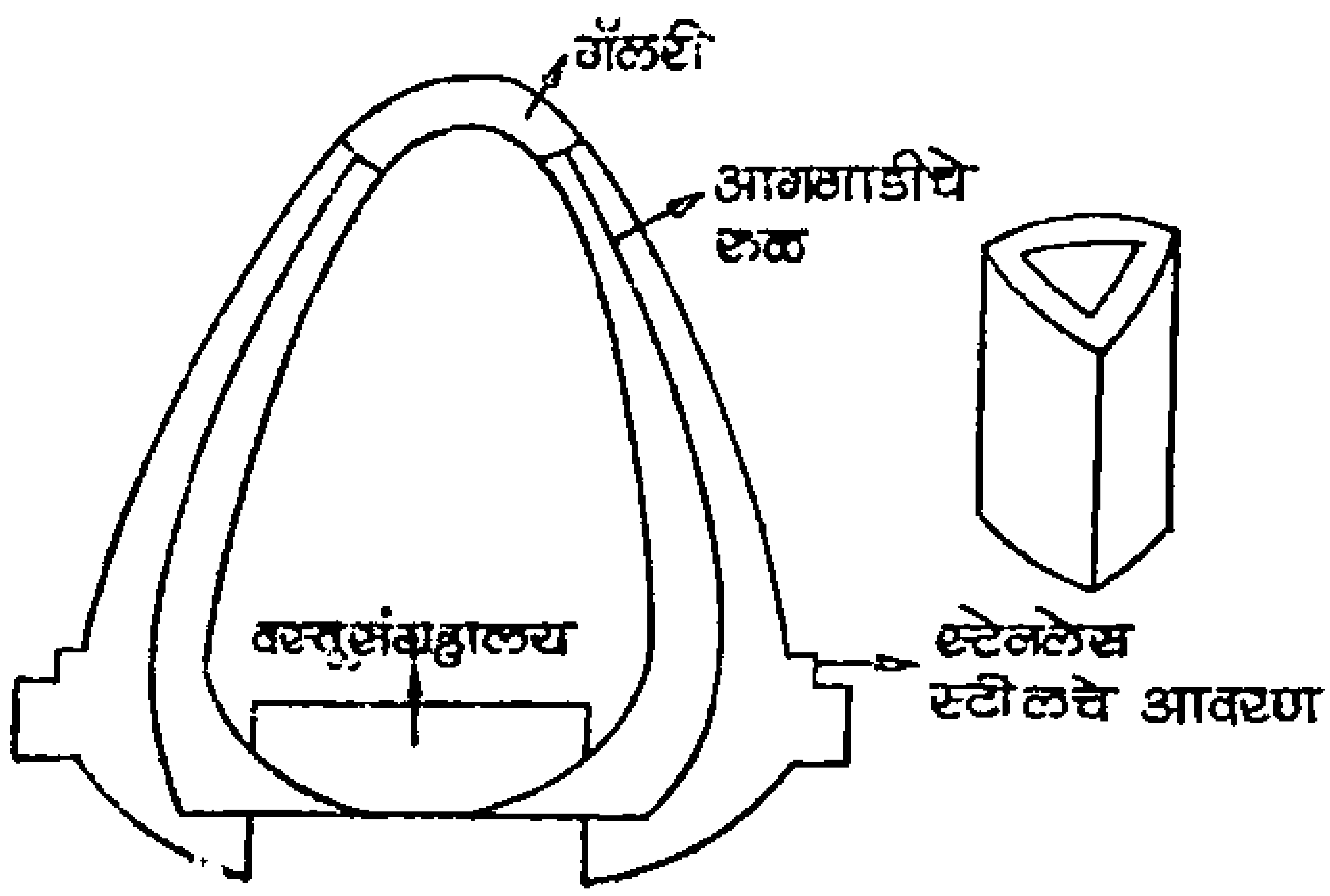


किरणांचा उपयोग केला जातो. एवढे प्रचंड तुकडे उचलण्यासाठी राक्षसी क्रेन्सचा उपयोग केला जातो. एकूण बांधकामाचा खर्च १२,०००,००० डॉलर्स येणार आहे.

अमेरिकेच्या नॅशनल पार्क सर्व्हिसतर्फे ८२ एकर जागेत 'जॅफरसन राष्ट्रीय स्मारक' उभारले जाणार आहे. त्यातील ही एक मध्यवर्ती व महत्त्वाची वास्तू बनणार आहे.

कसल्याही आधाराशिवाय उभ्या असलेल्या या वास्तूवर धरणीकंपाचा परिणाम होऊन नये याची दक्षता घेतलेली आहे. परंतु आधाररहित असल्याने जोराच्या वाऱ्यात कमान हलेल. दर तासास १५० मैल येणाऱ्या वाऱ्याने कमान १८ इंच हलेल असा अंदाज आहे. हे एक जगातले

मोठेच आश्चर्य होईल. कमानीचा आकार (छेद) त्रिकोणी आहे. परंतु त्रिकोणाच्या बाजू सरळ नसून फुगीर आहेत. दोन खुंट्यांना टांगून एखादी माळ मोकळी लोंबकळत ठेवल्यास ती माळ जो आकार धारण करते तोच आकार (उलट करून) या कमानीला देण्यात आलेला आहे. कमानीची उभारणी चालू असता विशिष्ट उंचीवर कमानीच्या दोन्ही बाजूंना त्यांच्यातील अंतराएवढे अंतर ठेवून लोखंडी पट्ट्यांची एक जाळी बांधली जाते. या योगेत्या बाजूंना आधार मिळतो.



ही कमान मिसिसिपी नदीच्या तीरावर बांधली जात आहे. तिच्या बुंध्यात एक तळघर असून त्यात वस्तुसंग्रहालय व कमान पाहण्यास आलेल्या प्रेक्षकांच्यासाठी जागा आहे. कमानीच्या अगदी वरच्या टोकाला ६५ फूट लांब जागा सभोवतालचा प्रदेश पाहण्यासाठी केली आहे. कमान आतून पोकळ आहे. व वरील ठिकाणी जाण्यासाठी तळघरातून दोन्ही बाजूंनी पोकळीतून उभे रूळ नेले आहेत. या रुळांवरून छोट्या आठ डब्यांची आगगाडी वर जाते. या आगगाडीची कल्पना उंच इमारतीतील विजेच्या पाळण्यावरून येईल. मात्र पाळण्याप्रमाणे ही गाडी सरळ वर जात नाही. कमानीच्या बाजू वक्र असल्याने ही गाडी वर जाईपर्यंत १४५ अंशांतून फिरते. एका तासाला ४४० लोक ही कमान पाहू शकतील अशी व्यवस्था करण्यात आली आहे.

चेष्टेखोर लोक या कमानीला ‘राक्षशिणीच्या केसातला आकडा’ असे म्हणतात.

कमानीच्या अत्युच्च ठिकाणी जो सज्जा करण्यात आला आहे तेथून सभोवतालचे दृश्य फार सुंदर दिसते. पश्चिमेकडे सेंट लुई शहर व मिसुरी टेकड्या तर पूर्वेकडे इलिनाइस राज्यातील जवळ जवळ ३३ मैल लांबपर्यंतचा प्रदेश दिसतो. या भागातील तेलशुद्धीकरणाचे कारखाने, रासायनिक कारखाने, पोलादकामाचे कारखाने इत्यादी सर्व दृष्टोत्पत्तीस येतात.

एकंदरीत पाहता ही कमान म्हणजे आधुनिक स्थापत्यशास्त्राची प्रगती दर्शवणारी वास्तू ठरणार आहे यात शंका नाही.

मोठमोठ्या पुलांचा पाया रचणे ही साधीसुधी गोष्ट नसून ती एक अतिशय कटकटीची, जबाबदारीची व फार अवघड अशी गोष्ट आहे हे प्रस्तुत लेखातील माहितीवरून वाचकांच्या सहज ध्यानात येईल.

पायाचे अनन्यसाधारण महत्त्व

पाया खणणे व पाया भरणे या गोष्टी आपल्याला नवीन नाहीत. एखादे घर बांधावयाचे झाले की, सर्वप्रथम ह्या गोष्टी कराव्या लागतात. महत्त्वाच्या सार्वजनिक इमारतींचे पायाभरणी-समारंभ आपण वारंवार पाहतो. पाया जमिनीखाली असल्याने आपल्या नजरेस येत नाही; परंतु इमारतीचा भक्कमपणा त्यावरच अवलंबून असतो. म्हणूनच मोठमोठी कार्ये करणाऱ्या प्रसिद्धीविन्मुख कार्यकर्त्यांना पायाची उपमा दिली जाते. पाया व्यवस्थित नसल्याने तो खचून मोठमोठ्या टोलेजंग व सुंदर इमारती जमीनदोस्त झाल्याची अनेक उदाहरणे आहेत. पायाचे महत्त्व असे अनन्यसाधारण आहे.

पाया रचणे म्हणजे खड्डा खणणे व दगडांनी तो बांधून काढणे अशी त्याविषयीची आपली समजूत असते. दोन-तीन मजली इमारतींबाबत ही समजूत खरी ठरते; परंतु सर्वच बाबतीत ती लागू पडत नाही. अमेरिकेतील “ एम्पायर स्टेट बिल्डिंग ” -सारख्या १०२ मजल्यांच्या गगनचुंबी

इमारती व गंगेसारख्या विस्तीर्ण पात्रांच्या नद्यांचे पूल यांच्या पायाभरणीबाबत वेगळ्या पद्धतींचा अवलंब करावा लागतो.

पाण्याची खोली व विस्तार

पाया म्हणजे त्यावरील बांधकामाचे वजन सुरक्षितपणे खालील जमिनीवर ठेवण्याचे माध्यम — वरील बांधकामाच्या भाराने खचू नये यासाठी केलेली योजना. यांवरून पायाची खोली व विस्तार त्यावरील बांधकामाच्या वजनावर अवलंबून असतो हे उघडच आहे. इमारतीचे मजले जसजसे वाढतील तसतसे तिचे वजन वाढते व तद्नुरूप पायाची खोलीही वाढते. याखेरीज आणखी एका गोष्टीवर पायाची खोली अवलंबून असते. ती म्हणजे बांधकामाखालील मातीचा प्रकार. ही माती भुसभुशीत असेल तर अगदी कमी वजनामुळेही खचू शकते. उलट खाली खडक असेल तर त्याच्या टणकपणामुळे तो वाटेल तेवढे वजन पेलू शकतो. म्हणून खडक लागेतोपर्यंत पाया खोल न्यावा लागतो. परंतु कित्येकदा कित्येक फूट खोलीपर्यंतदेखील खडक लागत नाही. अशा ठिकाणी पायाची खोली वाढवावी लागते. खोल असलेल्या मातीच्या थरात भुसभुशीतपणा कमी असतो. कारण वरील थराच्या दाबाने ते बरेच टणक झालेले असतात आणि ते बांधकामाचा भार वाहू शकतात. परंतु अशा थरांची खोली बऱ्याच वेळा दोनदोनशे फूट किंवा त्याहूनही अधिक खोल जाऊ शकते. अर्थात इतक्या खोलवर खणून काढणे केवळ अशक्यप्राय ठरते. म्हणून इतक्या खोलीवर खणताच पाया घालण्याचे म्हणजे तो तेथवर घुसविण्याचे मार्ग अवलंबावे लागतात.

उत्तर भारतातील पुलांचा पाया रचणे तर विशेष वैशिष्ट्याचे काम आहे. अतिप्राचीन काळी उत्तर भारताच्या जागी समुद्र होता. पुढे पृथ्वीच्या पोटातील घडामोडींमुळे हिमालय वर आला. गंगा, यमुना आदि नद्या निर्माण झाल्या व त्यांनी हिमालयातून वाहून आणिलेल्या गाळाने

तो समुद्र भरून काढला. अशा तऱ्हेने हा प्रदेश गाळाने निर्माण झाला असल्याने ६०० फूट खोलवर खणले तरीही खडकाचा पत्ता लागत नाही. यामुळे पाया खूप खोलवर न्यावा लागतो. या नद्यांच्या पुलाच्या पायाबाबत आणखी एक समस्या निर्माण होते. उन्हाळ्यात हिमालयातील बर्फ वितळून या नद्यांना पाणीपुरवठा होतो. म्हणून बाराही महीने या नद्यांना भरपूर पाणी असते. यामुळे पायाचे काम जेथे चालू आहे तेवढ्या भागापुरते पाणी कडेने वाहविण्याची व्यवस्था करावी लागते.

त्या मानाने दक्षिण भारतात पूल बांधणे सोपे जाते. थोड्या खोलीवर खडक सापडतो. कारण दख्खनचे पठार खडकाचे बनलेले आहे. दुसरे असे की दक्षिणेतील नद्या उन्हाळ्यात कोरड्या पडतात. त्यामुळे उन्हाळ्यात बांधकाम बिनधोकपणे करता येते. थोडेसे पाणी वाहत असल्यास ते सहजगत्या बाजूस करता येते.

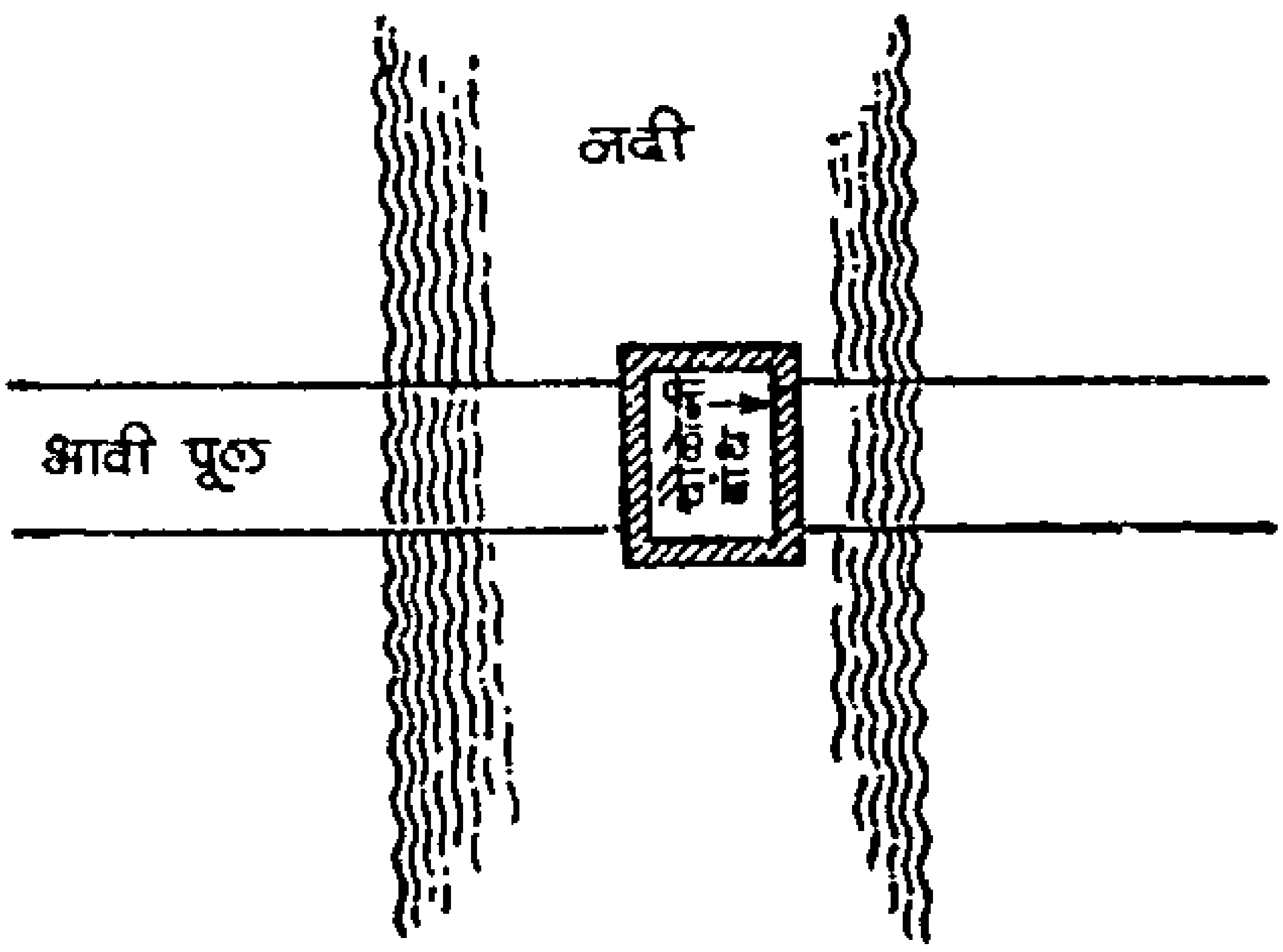
पायाचा विस्तारही मातीच्या प्रकारावर अवलंबून असतो. चांगला खडक असेल तर तो एका चौरस फुटावर २५ टन वजन सहन करू शकतो; पण तेच ओली चिखलयुक्त माती असेल तर एका चौरस फुटावर ती केवळ $\frac{1}{4}$ टन वजन सहन करू शकते, तेवढेच वजन सहन करण्यास मातीचे क्षेत्रफळ किती तरी अधिक लागते.

पायाची खोली ठरविताना आणखी एका गोष्टीची दखल घ्यावी लागते. पावसाळ्यात नदीला पूर आला म्हणजे पाण्याचा वेग वाढतो. वेगाने वाहणाऱ्या या पाण्यामुळे पायासभोवतालचा भाग उखडून निघण्याचा संभव असतो. नदीचा तळ किती खोलीपर्यंत उखडला जातो (Scouring depth) ते ठरवून त्यापेक्षा अधिक खोलीपर्यंत पाया न्यावा लागतो.

पायाची पूर्वतयारी

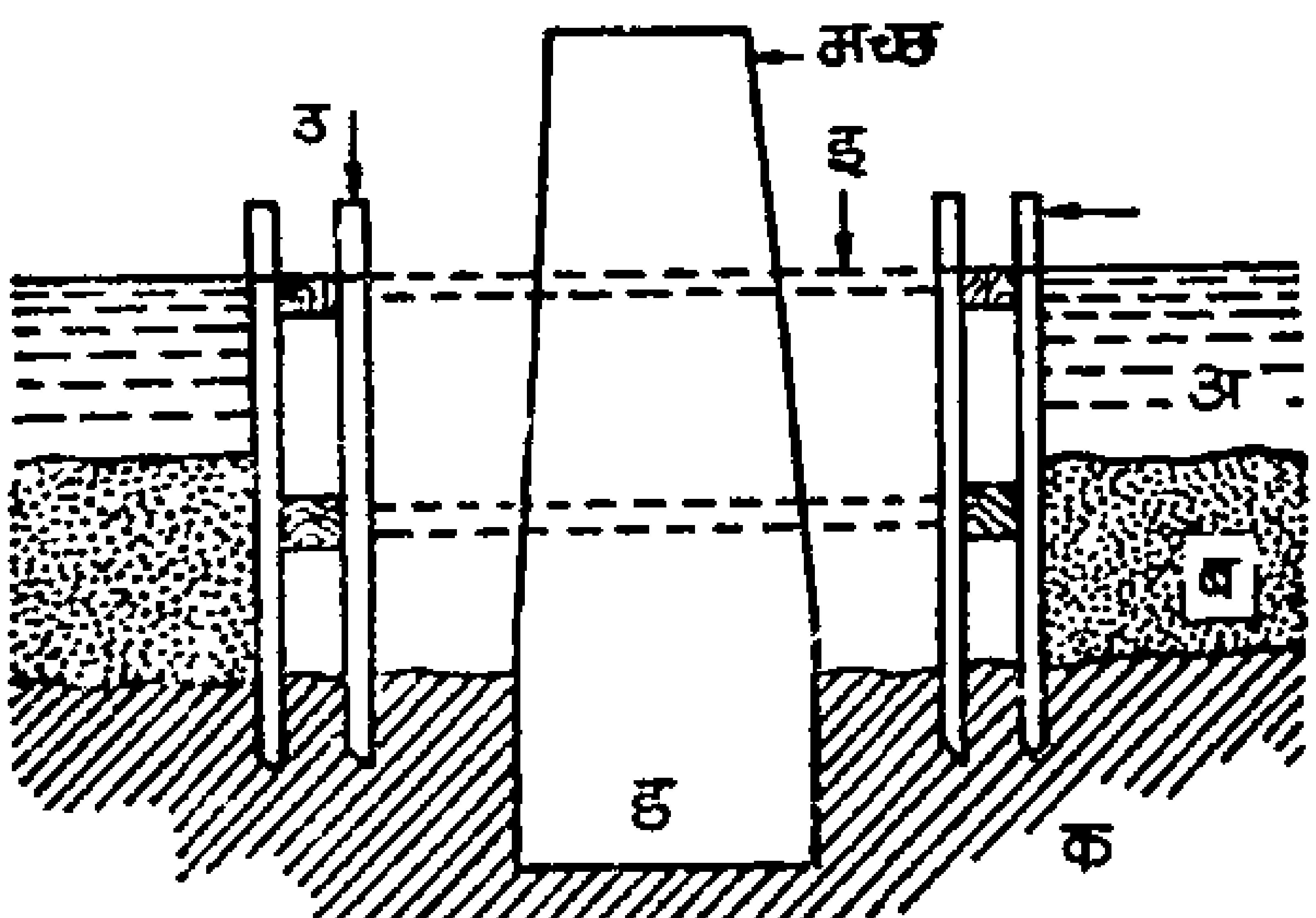
पायाची खोली फार नसेल तर त्या खोलीपर्यंत खड्डा खणून मग पाया

भरता येतो. प्रथम पुलाच्या मच्छाची (Pier) जागा ठरविली जाते. अशा ठिकाणी पायासाठी खणावयाच्या खड्ड्याच्या सभोवती एक तात्पुरता बांध (Coffer dam) बांधला जातो (आकृती क्र. १.) पाण्याची खोली, पाण्याचा वेग इत्यादी गोष्टींवर हा बांध कशाचा बांधावयाचा ते अवलंबून असते. पाण्याची खोली फार नसेल व वेगही कमी असेल तर केवळ मातीचा बांध चालतो. परंतु पाण्याचा वेग अधिक असेल तर त्याकरिता दगडांच्या चिपांचा उपयोग



आ. १

करावा लागतो. पाण्याची खोली फार असेल तर लाकडी अथवा लोखंडी खुंट (Piles) व जाड लोखंडी पत्रे (Sheet piles) वापरावे लागतात (आकृती क्र. २). लोखंडी पत्रे आतील बाजूस वाकू नयेत म्हणून ते आतल्या बाजूने तणावांनी जोडलेले असतात. बंधाऱ्यामुळे जी चौकोनी खोली निर्माण होते तिच्यातील पाणी पंपाने बाहेर उपसून टाकले जाते. नंतर नदीचे पाणी बंधाऱ्यांच्या बाजूने वाहू लागते (आकृती क्र. १) अशा तऱ्हेने पायाचा भाग पाणी-



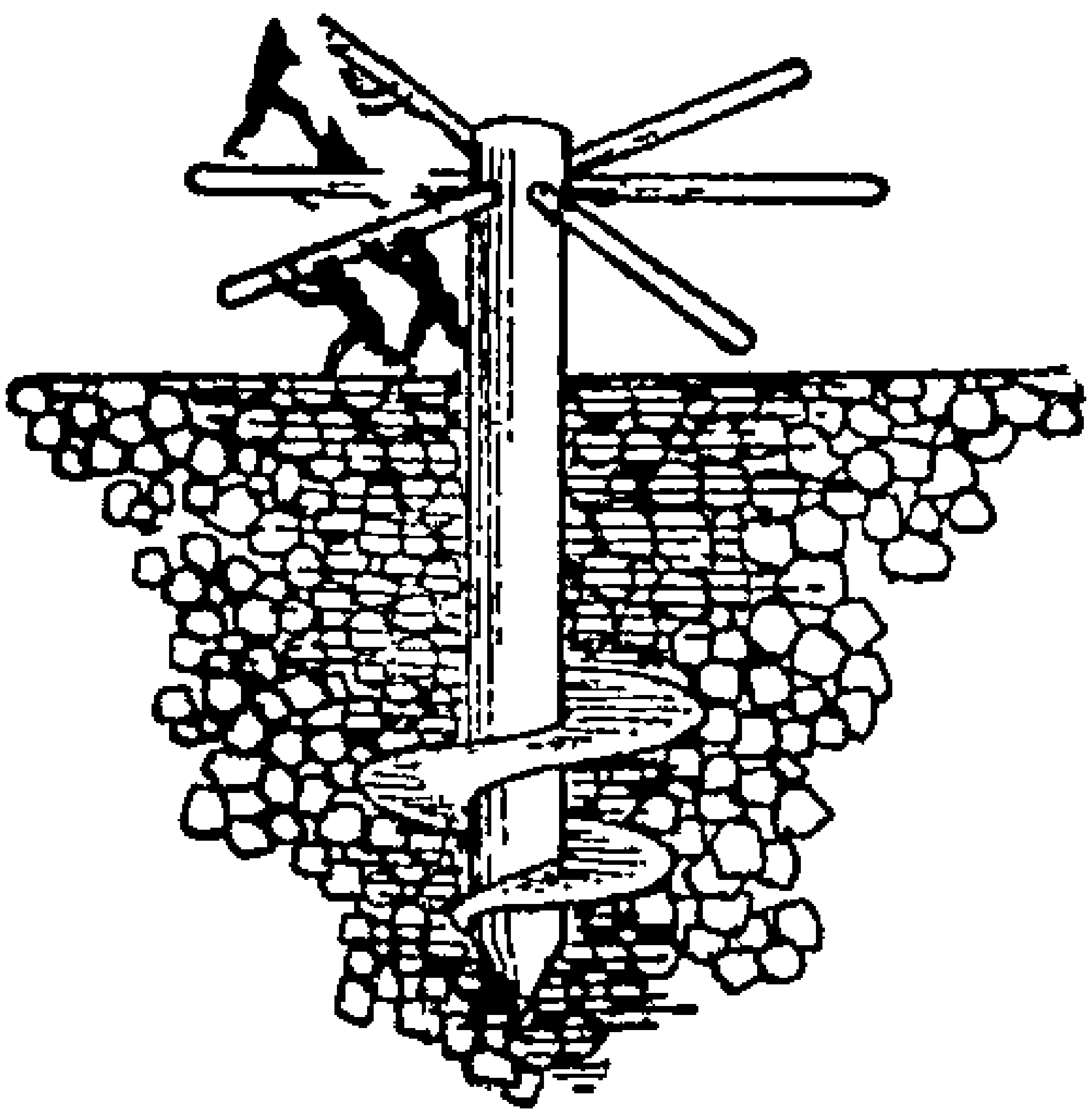
अ-नदीचे पाणी ब - तळातील गाळ क - खडक
ड-पायासाठी खड्डा इ- तणाव उ- लोखंडी पत्रे

आ. २

रहित झाल्यावर तेथे योग्य खोलीपर्यंत खड्डा खणला जाऊन (आकृती क्र. २) त्यात पाया भरला जातो.

जमिनीचा टणकपणा वाढविण्याची युक्ती

पायाची खोली अधिक असल्यास इतक्या खोलीपर्यंत खणून काढणे अशक्य असल्याने इतर निरनिराळे उपाय योजावे लागतात. त्यांपैकी एक प्रकार म्हणजे लोखंडी अथवा लाकडी खुंट ठोकणे. असे खुंट ठोकल्याने जमिनीचा टणकपणा वाढतो. मग अशा खुंटावर काँक्रिटची एक स्लॅब टाकून तीवर पुलाचा मच्छ बांधला जातो. काही ठिकाणी खुंटाला खाली एक अवाढव्य स्क्रू बसविलेला असतो (आकृती क्र. ३). अशा तऱ्हेचा स्क्रू जमिनीत पिरगळण्यासाठी पूर्वी पुढील-प्रमाणे एक योजना करीत असत. खुंटास ६ ते ८ आडवे दांडे लावले जात. या दांड्यांची लांबी १५ ते २० फूट असे. ३०, ४० माणसे हे दांडे रेटत असत व गोल फिरत असत. माणसांच्या ऐवजी बैल, घोडे इत्यदी प्राण्यांचा उपयोगही याकरिता करता येतो. परंतु मनुष्य अथवा प्राणी यांची शक्ती स्क्रू फार खोलीपर्यंत नेण्यास तोकडी पडते. म्हणून हल्ली स्क्रू पिरगळण्यास यंत्रांचा उपयोग केला जातो. विद्युत्-मोटारी आणि दातेरी चक्रे व गव्हाणी यांचा उपयोग केल्यास स्क्रू पिरगळणे सोपे जाते आणि वेळही कमी लागतो.



आ. ३

स्क्रू-पद्धतीचा पाया असलेले पूल

एखाद्या वस्तूस सतत धक्के बसत असतील तर अशा वस्तूला मारलेला खिळा धक्क्यांनी हळूहळू बाहेर येतो; परंतु जर अशा वस्तूस स्क्रू बसविलेला असेल तर तो बाहेर येणार नाही. याच तत्त्वाचा उपयोग

करून ज्या पुलांना धक्के बसतात त्यांच्याकरिता वरील तऱ्हेच्या पायाची योजना केलेली असते. उदाहरणार्थ, पश्चिम लोहमार्गावरील मुंबई ते अहमदाबादपर्यंतच्या बऱ्याच पुलांना वरील तऱ्हेचा पाया बसविलेला आहे. वरील कारणांसाठीच अशा तऱ्हेची योजना धरणीकंपाच्या प्रदेशातील पायाकरिता अवलंबितात. १९३४ मध्ये बिहारमध्ये झालेल्या भूकंपात वरील गोष्ट निदर्शनास आली. भूकंपाच्या धक्क्याने विटांच्या कमानी धडाधड पडतात. लोखंडी तुळयांचे पूलही ढासळले. परंतु स्क्रू-पद्धतीचा पाया असलेले पूल टिकले.

स्क्रूच्या टोकांचेही निरनिराळे प्रकार असतात. ते टोकदार, बोथट, करवतीप्रमाणे असे विविध स्वरूपाचे असतात. त्यांचे टोक कसे ठेवायचे जमिनीच्या प्रकारावर ते अवलंबून असते. उदाहरणार्थ, खाली खडक लागल्यास करवतीप्रमाणे टोक असलेल्या स्क्रूची योजना करावी लागते.

नदीच्या तळावर विहीरवजा भिंत

यानंतरचा प्रकार म्हणजे नदीच्या तळावर एक विहिरीप्रमाणे गोल जाडजूड भिंत (Well) बांधणे व ती जमिनीत घुसवून तिचा पायाप्रमाणे उपयोग करणे. एवढी अवाढव्य भिंत जमिनीत घुसविण्यासाठी अनेक उपाय योजावे लागतात. भिंतीवर अवाढव्य, जड वजने ठेवणे, आतील गाळ खणून काढणे, भिंतीची बाजू व जमीन यातील घर्षण पाण्याच्या फवाऱ्याद्वारा कमी करणे, प्रत्यक्ष खाली काय होत आहे ते पाहण्यासाठी पाणबुड्यांची सोय करणे इत्यादी उपायांचा त्यात समावेश होतो. भिंतीच्या खाली जमीन खणत जाणारे एक निमुळते टोक जोडलेले असते. क्वचित् एखाद्या मोठ्या दगडाला भिंत अडते. अशा वेळी सुरुंग लावून तो दगड मार्गातून बाजूला करण्याचे काम पाणबुड्यांकडे येते. ही भिंत खालील खडकाला जोडण्यासाठी मोठमोठ्या लोखंडी कांबा खडकात व भिंतीत रोवल्या जातात.

भिंतीऐवजी दंडगोलांचा उपयोग

अशा भिंतींऐवजी दंडगोलाकृती लोखंड अथवा पोलाद (Caisson) यांचाही ह्या कामासाठी उपयोग करता येतो. दगडविटांच्या भिंतीऐवजी असा दंडगोल अधिक टिकाऊ व अधिक कणखर असतो. शिवाय त्याच्या बाजू गुळगुळीत असल्याने तेथे घर्षण कमी होते; यामुळे असे दण्डगोल जमिनीत घुसविण्यास गोल भिंतीपेक्षा कमी शक्ती लागते. लोखंडाच्या महर्गततेमुळे भारतात मात्र दगडविटांच्या भिंतीच वापराव्या लागतात.

पाणबुड्यांचा संरक्षक पोषाख

ह्या कामी पाणबुड्यांच्या कामगिरीचा उल्लेख वर आलाच आहे. पुलाच्या पायाच्या कामात तर पाणबुड्यांचे फारच महत्त्व आहे. दण्डगोल आत घुसविला जात असताना काही अडचण आल्यास प्रत्यक्ष परिस्थिती काय आहे ते जाऊन बघण्याचे काम त्यांच्याकडे असते. सुरुवातीला लोखंडी खुंटांचाही उल्लेख आला आहे. असे खुंट चुकून तिरपे मारले गेल्यास ते कापून काढावे लागतात. त्यासाठी ऑक्सिॲसिटिलिनचा टॉर्च घेऊन पाणबुड्या तळाशी जातो व खुंट तोडून व कापून काढतो साधारणतः १५० फूट खोलीपर्यंत पाणबुड्या पाण्यात जाऊ शकतो. परंतु सॅन्फ्रॅन्सिस्को--ओक्लँड उपसागर पुलाच्या कामावर पाणबुड्यांनी २४२ फूट खोलीपर्यंत देखील जाण्याची मजल मारली होती. पाणबुड्याला संरक्षक पोषाख घालावा लागतो. त्याला शुद्ध हवेचा पुरवठा करण्याची व्यवस्था वरून एका नळीद्वारा केली जाते. तसेच उच्छ्वसित हवा बाहेर सोडण्याचीही व्यवस्था करावी लागते. पाणबुड्याचा पोषाख अधिक संरक्षक करण्याच्या दृष्टीने त्यात वेळोवेळी अनेक बदल होत गेले आहेत. पूर्वी त्याचा पोषाख ॲस्बेस्टॉसचा असे. १६१८ मध्ये रॅप्टनने पाण्यापासून संरक्षण करणाऱ्या चिलखताचा शोध लावला. पुढे १७१५ मध्ये पाणी

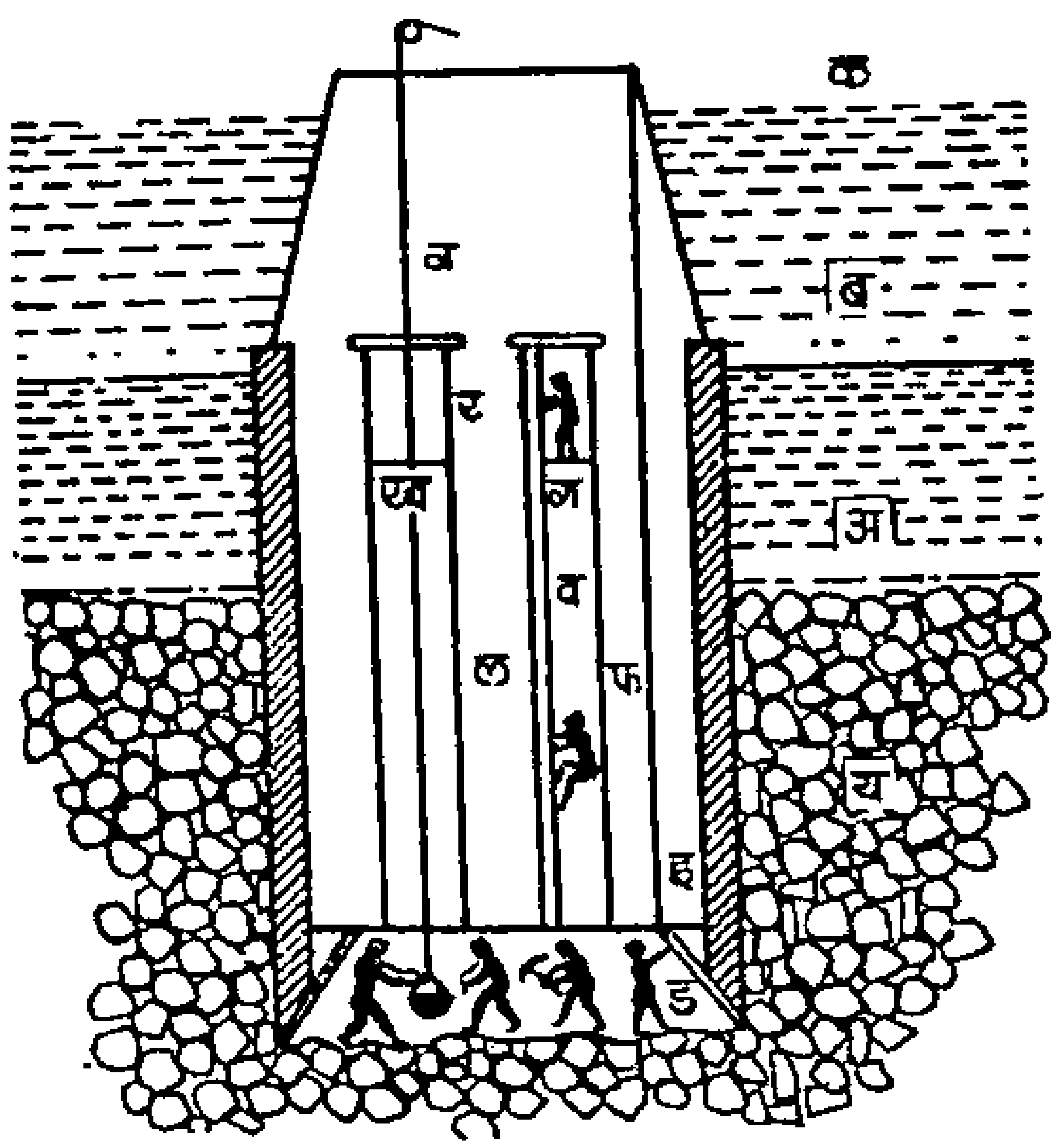
आत न झिरपेल अशा कातडी कपड्यांचा शोध लागला आणि त्यानंतर दण्डगोलाकृति पातळ पत्र्याचा उपयोग संरक्षक आवरण म्हणून केला जाऊ लागला. परंतु ह्या सर्व पोषाखांचे वजन फार असल्यामुळे ते अवजड होतात. स्वाभाविकच हलक्या पोषाखाची जरूरी भासू लागली. त्याबरोबरच तो मजबूतही असावयाला हवा. कारण खोल पाण्यात पाण्याचा दाब पाणबुड्याला सहन करता येत नाही. तो साहून घेण्याचे काम पोषाखाचे असते. म्हणून १८१९ मध्ये हलका परंतु कणखर असा पोषाख तयार करण्यात आला. गंधकाचा मुलामा दिलेले (vulcanised) रबर त्यासाठी वापरण्यात आले.

पाणबुड्यांकरिता इतर संरक्षक सोयी

पाणबुड्याचे शिरस्त्राणही टणक असावे लागते, कारण एखाद्या खडकाशी त्याची टक्कर होण्याचा संभव असतो. पाणबुड्याचे बूट २० पौंड वजनाचे असतात. त्याच्या छातीवर व पाठीवर शिशाची जड वजने लावलेली असतात. त्याच्याबरोबर पाण्यात उपयोग होणारा दिवा असतो. पाणबुड्यास पुरविण्यात येणारी हवा जरा निराळी असते. नित्याच्या हवेतील नत्रवायू काढून त्याऐवजी हेलियम वायू भरला जातो. पाण्याखाली काम करण्यास अशी हवा अधिक उपयोगी पडते. याखेरीज पाणबुड्याला एक दोरी लावलेली असते. संकटकाळीं तावडतोब वर जाण्यास तिचा उपयोग होतो. त्या दोरीला विशिष्ट तऱ्हेने ओढून अथवा झटके देऊन सांकेतिक भाषेत वरील लोकांना तो संदेश पोहोचवू शकतो. हल्ली तर त्याच्यापाशी टेलिफोनची देखील सोय करता येत असल्याने त्याचे काम फारच सुकर झाले आहे. पाणबुड्याला माशांपासूनही धोका असतो. त्याला शुद्ध हवा पुरविणारी नळी कित्येकदा मासे कुरतडून टाकतात; आणि ते वेळीच कळले नाही तर तो दगावण्याचाही संभव असतो.

दण्डगोलातील सोयी

दण्डगोल जसजसा अधिकाधिक खोल जाईल तसतसा बाहेरील पाण्याचा दाब वाढत जातो. परिणामतः दण्डगोलाच्या टोकाशी असलेल्या खणणाऱ्या भागाखालून पाणी आत शिरते व पाया खणण्याच्या कामात अडथळा येतो. तो टाळण्यासाठी दण्डगोलाच्या आतून हवेचा असा दाब देतात की त्या योगे पाणी आत शिरता कामा नये. याप्रमाणे दण्डगोलाच्या आतील भाग पाणीविरहित झाल्यावर कामगार तेथे जाऊन खणू शकतात अशा तऱ्हेच्या दण्ड गोलात (.Pneumatic caisson) बऱ्याच सोयी कराव्या लागतात. (आकृती क्र. ४ पाहा)



अ - नदीचा तळ   ब - पाण्याची पातळी
क - पूर आल्यानंतरची पाणी पातळी
ड - कामाची जागा   इ - शिटी
ख.ग - एका बाजुस उघडणारी दारे
न - खणलेली माती वर नेणारा दोर
फ - माणसांचा मार्ग
म - माणसासाठी हवाबंद खोली
य - नदीखालील माती इ.
र - सामानासाठी हवाबंद खोली
ल - सामानाचा मार्ग   व - शिडी

आ. ४

हवेच्या दाबाचा त्रास टाळण्याचा उपाय

वातावरणाचा नेहमीचा दाब दर चौरस इंचास १५ पौंड एवढा असतो. या दाबापेक्षा कमी अथवा जास्त दाबाचा आपल्या श्वासोच्छ्वासास त्रास होतो. गिर्यारोहकांना विरळ हवेचा त्रास होतो हे आपणाला माहीत आहेच. विरळ हवेप्रमाणे अधिक दाबाच्या हवेमुळेही त्रास होतो. याविषयी संशोधन करता असे दिसून आले की, अधिक दाबाच्या हवेतही मनुष्य काही ठराविक काळपर्यंत काम करू

शकतो; एवढेच की हवेचा दाब एकदम वाढविता उपयोगी नाही; तर तो नेहमीच्या दाबापासून हव्या असलेल्या दाबापर्यंत सावकाश वाढवत नेला पाहिजे.

हा बदल 'म' या खोलीत केला जातो. माणसे व सामान यासाठी दोन वेगवेगळे मार्ग असतात. प्रथम सर्व समान 'र' येथे आणून ठेवले जाते. त्या वेळी या खोलीतील हवेचा दाब नेहमीइतका असतो. मग वरील दार बंद करून खोलीतील दाब 'ड' येथील हवेच्या दाबाइतका वाढविला जातो. त्यानंतर 'ख' दार उघडून 'ल' मार्गाने काम करणाऱ्या जागी सामान आणले जाते. सामानाच्या बाबतीत एकदम दाब वाढवला तरी चालतो. माणसे कामाच्या जागी वरील पद्धतीनेच जातात. त्यांना उतरण्या-चढण्यासाठी शिडीची अथवा विजेच्या पाळण्याची सोय केलेली असते. काम करण्याच्या जागी धोक्याचा संभव निर्माण झाल्यास वरील लोकांना त्याची कल्पना देण्याकरिता "इ" ही शिटी असते. 'र' आणि 'म' या खोल्यांत दाबनिदर्शक यंत्रे असतात. तसेच हवा सोडून दाब कमी करण्यासाठी झडपा असतात. काम करण्याची जागा बंद असल्याने तेथे अर्थातच अंधार असतो. म्हणून विजेच्या दिव्यांची सोय करावी लागते. दिव्यांच्या सुरक्षिततेसाठी त्यांना जाळ्या लावाव्या लागतात. वरील लोकांशी बोलण्यासाठी टेलिफोनची सोय करावी लागते. टेलिफोनची सोय नसल्यास आतील माणसाने आपले म्हणणे एका कागदावर लिहून तो एका काचेपाशी धरावयाचा व बाहेरच्या माणसाने तो वाचून त्याच पद्धतीने उत्तर द्यावयाचे. असा द्राविडी प्राणायाम असतो.

आरोग्यदृष्ट्या झालेले संशोधन व उपलब्ध सोयी

अशा दण्डगोलात काम करणारे लोक एका विशिष्ट रोगाने (Caisson disease) पछाडले जातात असा अनुभव आहे. सुरुवातीला या रोगाची लागण फारच होत असे; परंतु पुढे त्याबाबत संशोधन होऊन

अलिकडे तर त्याची जवळजवळ अजिबात भीती उरलेली नाही. १८६९ मध्ये बांधल्या गेलेल्या सेंट लुई पुलाचा कामात ११९ लागण व १४ मृत्यु अशी स्थिती होती; ती १९२९ मध्ये बांधल्या गेलेल्या विक्सबर्ज पुलाच्या वेळी एकही मृत्यू झाला नाही अथवा विशेष असा त्रास कोणालाही झाला नाही, येथपर्यंत सुधारली. वास्तविक या ठिकाणी दाब अधिक (दर चौरस इंचास ५३ पौंड एवढा) होता.

अधिक दाबाच्या हवेत उतरल्यावर वातावरण अतिशय उष्ण वाटू लागते. एकमेकांशी बोलणे अशक्य होते. हालचालीस कोणी तरी विरोध करीत असल्याचा भास होतो. तर अधिक दाबाच्या हवेतून कमी दाबाच्या हवेत येत असताना अतिशय थंडी वाजते. सर्व शरीरभर कातडीच्या आतून कोणीतरी टोचत असल्याचा भास होतो. हा परिणाम घालविण्यासाठी 'म' ही खोली तापवतात. कामगारांना गरम कपडे दिले जातात. शिवाय विजेच्या शेगडयांनी त्यांच्या भोवतालचे वातावरण उबदार करतात व त्यांना कडक आणि कढत कॉफी दिली जाते.

वर उल्लेखिलेला रोग ज्याला झाला असेल त्याचे सांधे अतिशय दुखू लागतात, कानाचे पडदे फुटतात. प्रत्येक वस्तूच्या दोन प्रतिमा दिसतात. बोलण्यात सलगपणा राहत नाही. काही वेळा अर्धांगवायू होऊन पाय लुळे पडतात, बेंबीपाशी दुखू लागते व वांत्या होतात. स्नायूही दुखू लागतात.

या रोगाचे कारण शोधण्यासाठी व त्यावर उपाययोजना करण्यासाठी अनेक प्रयत्न करण्यात आले. १९ व्या शतकाच्या मध्यास ट्रिगर याचे लक्ष प्रथमतः या प्रश्नाकडे गेले. हॉप सेलर (१८५७); जर्मन शास्त्रज्ञ थॉमसश्वन (१८५८); फ्रेंच शास्त्रज्ञ बस्क्वॉय (१८६१) यांनी बरेच संशोधन केले. पॉल बेस्ट यांनी अनेक महत्त्वाचे प्रयोग करून त्यांचे निष्कर्ष १८७८ मध्ये प्रसिद्ध केले. या संशोधनातून असे निष्पन्न झाले

की, हवेचा दाब झटदिशी कमी केला तर नत्रवायूचे बुडबुडे रक्तवाहिन्यांना अडून राहतात व रक्ताभिसरणास अडथळा आणतात. हाल्डेन यांनी प्रयोग करून असे सुचविले की, लठ्ठ माणसांना दण्डगोलात उतरू देऊ नये. एडवर्ड लेव्ही यांनी २०,००,००० दाबबदलांचा व ४३७२ रोग्यांचा अभ्यास करून असे प्रतिपादन केले की, ज्या माणसाचे हृदय फुफ्फुसे व मूत्राशय यांचे कार्य व्यवस्थित चालू आहे त्या माणसाला कामावर ठेवण्यास काहीही हरकत नाही. व्हॉन शॉटर, हेलर व मॉयर यांनी असे दाखवून दिले की, हवेचा दाब कमी करण्याचा वेग दर २० मिनिटांस १५ पौंड असा ठेवल्यास कोणत्याही तऱ्हेच्या अडचणी येणार नाहीत. फ्रान्समधील तर असा नियम आहे की, हवेचा दाब कमी होत असताना कामगारांनी आपल्या सांध्यांना मसाज करावा व सतत फिरते राहावे. या देशात दाब जितका अधिक असेल तितका तो कमी करण्याचा वेळही अधिक असतो, उदाहरणार्थ ३० पौंडांपर्यंतचा दाब $\frac{3}{4}$ ते १ तासात नेहमीच्या दाबाएवढा कमी करता येतो. परंतु दाब ४५ ते ५० पौंड असेल तर तो नेहमीइतका करण्यास १$\frac{3}{4}$ ते २ तास लागतात.

रोगप्रतिबंधक उपाय

वरील रोगावर प्रतिबंधक उपाय म्हणून दण्डगोलात उतरणाऱ्या प्रत्येकाची वैद्यकीय परीक्षा घेण्यात येते व क्ष-किरणाने त्याचा फोटो काढला जातो. 'म' ही खोली साधी न ठेवता तेथे हॉस्पिटलची सोय करतात (Hospital lock) यामुळे आजारी माणसावर ताबडतोब उपाययोजना करता येते. अशा तऱ्हेची योजना प्रथम मॉयर यांनी १८९० मध्ये न्यूयॉर्क येथील नॉर्थ नदीच्या खालून जाणाऱ्या बोगद्याच्या कामावर केली होती.

दाब कमी करण्याच्या व वाढवण्याच्या काळात कामगाराना 'म' या खोलीत राहावे लागत असल्याने तेथे स्नानगृह, मुतारी इत्यादी सोयी

कराव्या लागतात. कामगारांना करमणूक म्हणून वाचण्यास पुस्तकेही ठेवली जातात.

कामाचे व विश्रांतीचे व्यस्त तास

नेहमी कामाचे आठ तास व मध्ये एखादा तास विश्रांतीसाठी ठेवलेला असतो; परंतु अधिक दाबाच्या हवेत कामाचे तास कमी करावे लागतात व विश्रांतीचा काळ वाढवावा लागतो. किती दाबास किती वेळ काम करावे व किती विश्रांती घ्यावी लागते ते पुढील तक्त्यावरून कळून येईल--

दाब (पौंडामध्ये)	कामाचे तास (दोन पाळ्यांचे मिळून)	विश्रांतीचा काळ (तास)
१८ ते २६	६	१
२६ ते ३३	४	२
३३ ते ३८	३	३
३८ ते ४३	२	४
४३ ते ४८	१	६

म्हणजे ४३ ते ४८ पौंड दाबाखाली काम करणारा मजूर दिवसाकाठी फक्त १ तास काम करूनही ७८ तास काम करणाऱ्या मजुराइतकेच वेतन घेऊ शकतो; कारण इतक्या दाबाखाली काम करणे अतिशय धोक्याचे आहे.

अमेरिकेतील ब्रुकलिन या लोंबकळणाऱ्या पुलाचा पाया १८७१ मध्ये घालण्यात आला. त्या वेळीं पाया खणण्यासाठी उपयोगात आणलेल्या लोखंडी खोलीत वरीलप्रमाणे हवेचा उपयोग केला गेला होता व तिचा आकार सर्वांत मोठा होता. ती ८ फूट उंच होती व तिचा आकार १७२′ × १०२′ होता. एकूण जिकीरीचेच नाही का हे काम ?

अबुसिंबलचा डोंगर उचलण्याची किमया १२

पुराणांतरी मारुतीने द्रोणागिरी पर्वत उचलल्याची कथा आहे. आज जरी एखाद्या इसमाने डोंगर उचलणे ही अशक्य कोटीतील गोष्ट वाटली तरी आज इंजिनिअरिंग शास्त्रात एवढी प्रगती झाली आहे की, यंत्रांच्या सहाय्याने एखाद्या डोंगर उचलून दुसरीकडे ठेवणे शक्य झाले आहे. याचे उदाहरण म्हणजे इजिप्तमधील अबुसिंबल डोंगर.

या डोंगरात आपल्या अजिंठ्याप्रमाणे लेणी आहेत. इजिप्तमधील बीज व धान्य यांच्या वाढल्या मागणीमुळे नाईल नदीवर आस्वान येथे एक मोठे धरण बांधण्याचे ठरले. या धरणामागे साठणाऱ्या पाण्यात अबुसिंबलची लेणी बुडाली असती. परंतु त्यांचे ऐतिहासिक महत्त्व अतिशय असल्याने ती तेथून हलवून सुरक्षित जागी हलविण्याचे ठरविले गेले.

ही योजना काय आहे हे बघण्यापूर्वी या लेण्यांचा इतिहास बघू या. ही लेणी खिस्तपूर्व १३०४ च्या सुमारास होऊन गेलेल्या रॅमसे या इजिप्शियन राजाने बांधली. आपल्या राज्याच्या ३० व्या वर्धापनदिनानिमित्त त्याने ती खिस्तपूर्व १२७४ चे सुमारास (म्हणजे जवळ जवळ ३२०० वर्षांपूर्वी) कोरली असावीत प्रमुख देवळे दोन आहेत. पैकी छोट्या देवळावर स्वतः राजा व राणी नर्फतरी यांचे पुतळे आहेत. मोठ्या देवळाच्या प्रवेशद्वाराशी खुद्द राजाचेच चार भव्य पुतळे आहेत. याची उंची ६७ फूट व एकेका पुतळ्याचे वजन १२०० टन आहे. एक मोठा हॉल

असून दोन्ही बाजूस राजाचे ३० फूट उंचीचे पुतळे आहेत. हॉलच्या शेवटी राजा असुन या देवास पकडलेल्या न्युबिअन लोकांना सादर करीत आहे असा देखावा आहे. या खेरीज डाव्या-उजव्या बाजूस बऱ्याच खोल्या व ओवऱ्या खोदलेल्या आहेत. याशिवाय सुंदर रंगीबेरंगी चित्रे व शिलालेख आहेत. पुढच्या बाजूस असलेल्या चार पुतळ्यांपैकी एकाचा वरचा भाग पुतळ्याच्या पायथ्याशी पडलेला आहे. तो बहुधा रॅमसेच्या काळातच पडला असावा. आजतागायत तो त्याच स्थितीत होता.

वाळवंटात वादळे होऊन वाळूचे ढिगारेच्या ढिगारे इकडून तिकडे हलतात. त्यांच्या तडाख्यातून या लेण्यांना वाचवणे आवश्यक होते; रॅमसेनंतर काही काळ त्याच्या वंशजांनी लेण्यांचे रक्षण केले. परंतु पुढे परचक्रे येऊ लागल्यावर लेण्यांकडे दुर्लक्ष झाले व लवकरच ती वाळूने भरून गेली. मध्यंतरी खिस्तपूर्व ६ साली काही ग्रीक प्रवाशांनी आपली नावे रॅमसेच्या पुतळ्यावर कोरून ठेवली. त्यानंतर मात्र अगदी परवा परवापर्यंत म्हणजे १८१३ सालापर्यंत ही लेणी वाळूत बुडून राहिली. १८१३ साली जॉन लेविस बुर्खर्ट या स्विस प्रवाशाला या लेण्यांचा शोध लागला. परंतु त्याला फक्त पुतळ्यांची डोकीच दिसली. त्यानंतर ४ वर्षांनी म्हणजे १८१७ साली गियोव्हॅनी बॅटिस्टा बेल्झोनी या उंचच उंच इटालियन गृहस्थाला ही लेणी खऱ्या अर्थाने सापडली. बेल्झोनी अरबासारखा वेष करून प्रवास करीत असे. त्याने प्रवेशद्वाराशी असलेला वाळूचा ढिगारा उकरून आत प्रवेश केला होता. अशा तऱ्हेने लेण्यांचा शोध लागल्यावर वाळू काढून टाकण्याचे काम जोरात चालू झाले. दोन वर्षे हे काम चालू होते. म्हणजे १८१९ साली ही लेणी वाळूपासून पूर्ण मुक्त झाली व प्रवाशांचा ओघ तिकडे वाहू लागला.

परंतु बेल्झोनीचे यश कित्येकांना पाहवले नाही. त्यामुळे त्याला दमदाटी झाली व त्याच्या खुनाचेही प्रयत्न झाले.

या देवळांचे वैशिष्ट्य असे आहे की, वर्षभराचे सूर्याचे परिभ्रमण लक्षात घेऊन एका विशिष्ट कोनांने हे देऊळ बांधले आहे. त्यामुळे दरवर्षी दोन वेळा–फेब्रुवारी व ऑक्टोबरमध्ये–मुख्य दरवाजातून आत शिरलेली सूर्याची किरणे आतील हॉलच्या थेट टोकापर्यंत जाऊन पोहोचू शकतात. म्हणजे आतील हॉल इतर वेळी अंधकारमय असला तरी वर्षातून हे दोन दिवस तो संपूर्ण प्रकाशमान होतो.

१८१९ मध्ये जरी लेणी वाळूपासून मुक्त झाली तरी दरवर्षी वादळाने आत आलेली वाळू उपसून काढण्यापेक्षा वाळू आत न येईल अशी कायमची काही तरी उपाययोजना करणे आवश्यक होते. यासाठी वादळाची दिशा पाहून त्या अनुरोधाने लेण्यासमोर १८९२ मध्ये एक भिंत बांधण्यात आली, यामुळे वादळ-वाऱ्याने उडणारी वाळू या भिंतीशी अडून राहू लागली. तरीही थोडीफार वाळू आत येतच असे. म्हणून वरील भिंतीच्या जोडीला आणखी काही भिंती १९१० साली बांधल्या गेल्या त्यानंतर मात्र आत वाळू येईनाशी झाली.

आस्वान धरणाचे बांधकाम १९६० साली सुरू झाले. त्याच वेळी अबुसिंबलची लेणी हलवायचे ठरले असते तर बरे झाले असते. परंतु त्या वेळी कोणाचे इकडे फारसे लक्ष गेले नाही. परंतु लेणी पाण्यात बुडत आहेत हे कळताच लोकांनी त्याबद्दल आपली नापसंती दर्शविली, अखेर इजिप्त सरकारला लेणी वाचवण्याचा विचार करावा लागला. शिक्षण शास्त्र व संस्कृतिविषयक यूनोची जी शाखा युनेस्को तिला २१ मे १९६५ रोजी याबाबत विचारणा करण्यात आली. ताबडतोब जगातल्या काना-कोपऱ्यातून हजारो इंजिनिअर्सनी आपल्या कल्पक योजना पुढे केल्या.

काही फ्रेंच इंजिनिअर्सनी देवळाभोवती दगडवाळूचे धरण बांधावे व पाणी अडवावे असे सुचविले परंतु या धरणातून झिरपणारे पाणी उपसून टाकण्यासाठी सतत पंप चालविण्याची जरूरी भासली असती व ते फार

खर्चाचे झाले असते. काही इटालिअन इंजिनिअर्सनी आखलेली योजना अशी होती की, खडकापासून खालून देवळे सुटी करावीत व पाण्याच्या दाबावर चालणाऱ्या जॅक्सद्वारा (मोटारी उचलण्यास जॅक्स लावलेले तुम्ही पाहिले असतील) सबंधच्या सबंध देवळे उचलावयाची. परंतु ही योजना फारच अचाट होती. एका देवळाचे वजन ६०,५०० टन तर दुसऱ्याचे २,९१,५००. टन भरले असते. म्हणजे डोंगरच उचलणे झाले नाही का ? पण याला खर्चही तसाच अफाट म्हणजे ९०, ०००, ००० डॉलर्स येणार होता.

आणखी एका फ्रेंच इंजिनिअरने असे सुचविले की, देवळाखाली उभ्या आडव्या काँक्रीटच्या तुळ्या टाकाव्यात म्हणजे देवळे मूळ खडकापासून सुटून या तुळ्यावर येतील नंतर पाणी आले की, तुळयांचा उपयोग तरफां-सारखा करावा म्हणजे आपोआप देवळे वर तरंगतील.

एका पोलिश इंजिनिअरने देवळे तशीच ठेवावीत व भोवती काँक्रीटचे घुमट बांधावेत असे सुचवले. परंतु मग बघण्यासाठी जाणाऱ्या माणसांना पाण्याखालील बोगद्यातून जावे लागेल, त्याऐवजी कडेने काँक्रीटची भिंत व वर काचेचा घुमट असे केल्यास वरील काचेच्या घुमटातून देवळे दिसू शकतील.

एका ब्रिटिश कंपनीने असे सुचविले की, स्वच्छ गाळीव पाणी देवळा-भोवती सोडावे व तलावातील गढूळ पाण्यापासून ते अलग ठेवण्यासाठी मधे काच प्लॅस्टिक असे काही तरी ठेवावे. प्रेक्षकांसाठी पाण्याखाली असलेल्या गच्च्यांची सोय करावी.

या सर्वांपासून अगदी वेगळी, दिसायला चमत्कारिक पण शेवटी अमलात आलेली एक योजना पुढे आली ती म्हणजे देऊळ अनेक तुकड्यांत फोडावयाचे. ते तुकडे सुरक्षित जागी वाहून न्यावयाचे व पुनः पहिल्यासारखे जमवून ठेवावयाचे म्हणजे लहान मुलांच्या खेळातील

ढोकळ्यांच्या खेळासारखाच हा प्रकार झाला. या योजनेला खर्च बराच कमी म्हणजे ३६,०००,००० डॉलर्स येणार होता.

या योजनेनुसार मोठ्या देवळाचे ७५० व लहान देवळाचे २०० तुकडे करण्यात आले. एकेका तुकड्याचे वजन २० ते ३० टन होते. हे तुकडे कापण्यापूर्वी सबंध देवळाचा सर्व बारकाव्यानिशी नकाशा काढण्यात आला व विशिष्ट तऱ्हेचे फोटोग्राफस घेण्यात आले, त्यावरून ज्या खडकात मूर्ती कोरल्या गेल्या आहेत त्याच्या थराची रचना इत्यादी गोष्टी कळून आल्या. त्यानुसार तुकडे कसे कापावेत ते ठरविण्यात आले यामुळे चिरा जाण्याचे, खपले उडण्याचे टळले.

जगप्रसिद्ध इंजिनिअर्स, पुराणवस्तू-संशोधक इत्यादींची एक समिती नेमण्यात आली. तिच्याकडे हे काम सुपूर्द करण्यात आले. V B B ही स्वीडिश कंपनी सल्लागार इंजिनिअरचे काम करू लागली. इजिप्तचे पुराण-वस्तू संशोधन डॉ. अन्वर शुक्री जातीने सगळीकडे लक्ष घालू लागले. एकूण खर्चाच्या $\frac{1}{3}$ रक्कम इजिप्तने दिली, $\frac{1}{3}$ युनेस्कोने दिली. व बाकीची विविध देशांतून मदतीच्या स्वरूपात जमविली गेली.

एकूण कामाचे तीन भाग पाडण्यात आले. पहिला भाग म्हणजे संरक्षण. धरण-बांधकाम वर येत होते. तलावाचे पाणी वर चढत होते. म्हणून पाण्याच्या बाजूला एक बंधारा तात्पुरता बांधण्यात आला; त्याची उंची ८० फूट होती. व त्याला ५०४,०० घनयार्ड खडक लागला. प्रत्यक्ष तुकडे फोडण्यापूर्वी देवळावरील डोंगराचा भाग काढणे आवश्यक होते. हा भाग फोडताना दगड मूर्तीवर पडून त्याची नासधूस होण्याचा संभव होता. म्हणून देऊळ पुन: वाळूने भरण्यात आले. त्यासाठी ५००० ट्रक वाळू लागली. यामुळे खडकाचे तुकडे या वाळूवर पडले असते व आतील मूर्ती सुरक्षित राहिल्या असत्या. आतील बाजूने ओंडक्यांचे वगैरे आधार देण्यात आले. मालाची आवकजावक नाईल नदीतून बोटी व तराफ्यांतून होत असल्याने त्यासाठी दोन छोटी बंदरे बांधण्यात आली.

देवळाच्या टपापासून डोंगराचा माथा १९० फूट उंच होता. हा सगळा भाग अगोदर काढून टाकणे आवश्यक होते. सुरुंग वापरल्यास त्याच्या धक्क्याने देवळाला इजा पोहोचेल म्हणून प्रथम बुलडोझरने माती काढली जाऊ लागली, पण पुढे खडक लागल्यावर सुरुंग वापरणे अत्यावश्यक बनले. परंतु कुठेही धक्का बसणार नाही याची काळजी घेण्यात आली. मात्र देवळाभोवतीचा ३१" चा भाग अतिशय काळजीपूर्वक निरनिराळ्या तऱ्हांच्या दगड कापावयाच्या करवतींनी कापण्यात आला. असा कापण्यात आलेला खडक २९, २०० घनयार्ड होता. इतर बाजूला केलेला खडक १४२००० घनयार्ड होता.

यानंतरचा भाग म्हणजे देवळाचे, मूर्तीचे तुकडे कापणे त्यासाठी उत्तर इटलीतून संगमरवर कापणारे वाकबगार कारागीर आणलेले होते. त्यांनी अजिबात फट न पडता मूर्तीचा दगड कापला.

नवीन बांधण्यात येणारे देऊळ सध्याच्या देवळापेक्षा २१२ फूट उंचीवर असेल. तसेच जास्तीत जास्त पाण्यापासून ६९० फूट दूर असेल.

कापलेल्या प्रत्येक तुकड्याचा गुरूत्वमध्य काढण्यात येतो. त्याला भोक पाडण्यात येते त्यात एक सळई अडकविण्यात येते. भोवती रेझिन टाकण्यात येते. हे रेझिन आळले की ती सळई तुकड्यात घट्ट अडकते मग तुकडा क्रेनला अडकविला जातो व ट्रकमधून सर्व तुकडे एका ठिकाणी जमविण्यात येतात.

देऊळ पुन: जसेच्या तसे बांधण्यात येईल. त्याची दिशा पूर्वीचीच राहील. म्हणजे पुन: वर्षातून दोनदा ते सूर्यकिरणांनी न्हाऊन निघेल.

या कामाच्या निमिताने इजिप्शियनाच्या बरोबर फ्रेंच, जर्मन, इटालियन, स्वीडिश, डॅनिश लोक एकत्र आले.

इंजिनिअर्स, मजूर इत्यादींचे एक शहरच वसवावे लागले. त्यासाठी शाळा, दवाखाने, कचेऱ्या, घरे, वर्कशॉप्स पॉवर हाऊस, भोजनगृहे इत्यादींची सोय करावी लागली.

डोंगर उखडावयाचे, जुने देऊळ फोडण्याचे असे काम दिसल्यावर या कामावरील कित्येक मजुरांची अशी समजूत झाली की, इथं बहुधा गुप्तधन असावे म्हणून कित्येक मजूर आस्वान धरणावरील काम सोडून इथे कामाला आले.

एकंदरीत आपल्या पूर्वजांच्या कर्तृत्वाचे प्रतीक जपून ठेवण्यासाठी आपले कर्तृत्व आजच्या माणसाने पणास लावलेले इथे दिसून येईल.

शाखा.
वा. क्र. ९६८ दिनांक ......
विषय किशोर. क्र. ४६५.

मातीतून मोती

१३

कचऱ्यातून अनेक उत्तम गोष्टी

मातीतून मोती काढणे कधी तरी शक्य होईल काय ? सद्यः स्थितीत तरी ते शक्य नाही. परंतु कोणी सांगावे, उद्या एखादा शास्त्रज्ञ ही गोष्टही शक्य करून दाखवील. ज्या शास्त्रज्ञांनी चंद्रावर जाणे ही गोष्ट सहज शक्य केली आहे, त्यांना ही गोष्ट अशक्य नाही आणि निसर्गातही असे चमत्कार दृष्टीस पडत नाहीत काय ? सर्वांची मने आकृष्ट करणारे कमळ चिखलात जन्म घेते. चमचमणारा हिरा कोळशाच्या खाणीत आढळून येतो. त्याज्य पदार्थांतूनही बहुमोल पदार्थ निर्माण करण्याचे प्रयत्न शास्त्रज्ञ सतत करीत आहेत.

दररोज निर्माण होणारा केरकचरा, सांडपाणी व मलमूत्र हे अतित्याज्य पदार्थ होत, परंतु याच पदार्थांतून कल्पनाही करवणार नाही, इतके मोलाचे पदार्थ तयार करण्याचे नवे नवे शोध शास्त्रज्ञांनी लावले आहेत. केरकचऱ्याचे उदाहरण घ्या ना ! केरकचरा वाटेल तसा टाकला, तर तो कुजून आरोग्यास अपायकारक ठरतो. यापेक्षा शहराबाहेर दूर नेऊन तो तेथे टाकल्यास आरोग्यरक्षण उत्तम प्रकारे होईल. परंतु गावाबाहेर वाटेल तेथे न टाकता, तो काही विशिष्ट ठिकाणी टाकून त्याचा अधिक फायदा करून घेता येईल. उदाहरणार्थ, एखादी बंद झालेली खाण अथवा

एखादा खड्डा बुजविण्यास त्याचा उपयोग करता येईल. कित्येकदा पत्र्याचे तुकडे किंवा अशाच अन्य वस्तू केरकचऱ्यात टाकून दिल्या जातात. त्या स्वच्छ करून व त्यांची योग्यप्रकारे दुरुस्ती करून त्या परत वापरता येतील. एखादे तळे बुजवावयाचे असल्यास ते केरकचऱ्याने बुजविता येईल. व त्यावर एखादे सुंदर उद्यान अथवा क्रीडांगण तयार करता येईल. केरकचऱ्यात कागदाचे कपटे, कापडाच्या चिंध्या इत्यादी पदार्थ बरेच असतात. हे पदार्थ कापून कापून बारीक करून, त्याची पूड तयार करतात. ही पूड काही पिकांना खत म्हणून उपयोगी पडते. कचऱ्यातील बहुतेक पदार्थ जळण्याजोगे असतात. तेव्हा ते जाळून होणारी राखही खत म्हणून उपयोगी पडते. तसेच कचऱ्यातून येणारे कोळशाचे व जळक्या लाकडांचे तुकडे वेगळे करून त्यांचा सर्पण म्हणून उपयोग करता येतो. कंपोस्ट खत तयार करण्याकडेही केरकचऱ्याचा उपयोग होतो. सोडियम, पोटॅशियम व फॉस्फरस ही मूलतत्त्वे वनस्पती-जीवनास अत्यंत उपयुक्त असतात. ती केरकचऱ्यातून कंपोस्ट खतात येतात. केरकचऱ्याचा उपयोग चांगल्यारीतीने करून घेण्यात जपानी लोक महशूर आहेत. कचऱ्यातून कागद, काटक्या निवडून ते त्यापासून पंखे, खेळणी इत्यादी सुंदर वस्तू तयार करतात.

कंपोस्ट खताच्या दृष्टीने कचऱ्याचा जास्तीत जास्त उपयोग करून घ्यावयाचा असेल, तर कंपोस्ट खत शास्त्रीय पद्धतीने केले पाहिजे. एक खड्डा खणून त्यात कचरा व शेण यांचे एकावर एक असे ठराविक जाडीचे थर घालावे. बहुतेक शेतकरी शेण व कचरा खड्ड्यात वाटेल तसा टाकून देतात. शेण व कचरा यांचे खतात रूपांतर एका अतिसूक्ष्म जातीच्या, किड्यांद्वारा (Aerobic bacteria) होत असते. या किडयांची वाढ होण्यासाठी वरीलप्रमाणे एकमेकांवर थर घालावे लागतात.

सांडपाण्याचा बागेस उपयोग

केरकचऱ्याप्रमाणे सांडपाणीही उपयोगात आणता येते. आपल्या परसदारी असणाऱ्या बागेत नळाच्या पाण्याचा वापर करण्याऐवजी सांडपाण्याचा उपयोग केल्यास ते अधिक फायदेशीर ठरेल. कारण सांडपाण्यामुळे जमिनीची सुपीकता वाढते. परंतु सांडपाणी बागेस वापरल्यास ती गोष्ट आरोग्यास बाधक होईल, असे वाटत असेल, तर साडपाणी झाडांना उघड्या पाटातून न देता जमिनीखाली पाट घालून त्यातून पाणी खेळवावे किंवा सांडपाणी प्रथम एका हौदात जमवावे. म्हणजे त्यातील घाण तळाशी राहून वरील स्वच्छ पाण्याचा (पण भाजीपाल्यास पोषक ठरणाऱ्या) विनधोक बागेत उपयोग करतील.

सांडपाण्याचा शेतीस पुरवठा

मलमूत्र वाहून नेण्यास लोकांच्या आरोग्यात बाधा येऊ नये, म्हणून हल्ली सर्व मोठ्या शहरांतून मलमूत्र भुयारी योजनेने वाहून नेण्यात येते आणि हे काम पाण्याद्वारा केले जाते. मलमूत्र गावाबाहेर नेऊन त्यावर काही विशिष्ट क्रिया केल्या जातात. त्यामुळे ते आरोग्यास बाधक ठरू शकत नाही. प्रथम त्यातील वाळू बाजूला करतात. भांडी घासण्यामुळे तसेच पावसाच्या पाण्याने बरीच वाळू भुयारात (अंडर ग्राऊंड ड्रेनेज) जाते. या वाळूच्या कणाभोवती मलमूत्राचे आवरण बसते. यामुळे नापिक जमिनीत टाकून तिला सुपीक करता येते. यानंतर मलमूत्र एका तळ्यात साठवून ठेवतात. (Sludge digestion tank) त्यामुळे त्यातील घनपदार्थ (Sludge) तळ्याच्या तळाशी बसतात. वर राहिलेले पाणी शेताना पाजले जाते. मात्र हे पाणी एकाच शेतास सतत पुरविल्यास शेतात घाण वास येऊ लागतो. म्हणून अधूनमधून अशा पाण्याचा पुरवठा काही काल बंद ठेवावा लागतो. तसेच ठराविक क्षेत्रफळावर ठराविक पाणीच

पाजावे लागते. अधिक पाणी झाले, तर दुर्गंधीचा संभव असतो. म्हणून शास्त्रज्ञांनी याबाबत खालील प्रमाण ठरविले आहे. एक एकर शेतावर एका दिवसास एक हजार ते दोन हजार गॅलनपेक्षा अधिक पाण्याचा पुरवठा करू नये. पाण्याचा सतत पुरवठा झाल्यास अशा पाण्यात असलेले घाणीचे कण भुसभुशीत जमिनीतील मोकळ्या जागेत अडकून राहतात. यामुळे पाणी झिरपण्यास अडचण निर्माण होते. परिणामतः पाण्याचा निचरा न झाल्याने शेतात दलदल माजते. म्हणून अशा पाण्याचा काटेकोरपणे उपयोग करावा लागतो.

वर म्हटलेच आहे की तळाशी घनपदार्थ साचतात. या गाळाचा शास्त्रज्ञांनी अनेकविधरीतीने उपयोग करून घेतलेला आहे आणि शास्त्रज्ञांचे बुद्धिकौशल्य येथे उत्तमरीतीने दिसून येते.

विविध उपयोगाच्या वायूंची निर्मिती

या गाळापासून एक विशिष्ट तऱ्हेचा वायू तयार करतात (Sludge gas). या वायूचे अनेक उपयोग आहेत. हिवाळ्यात इमारती गरम करणे प्रयोगशाळेत प्रयोग करताना लागणाऱ्या दिव्यासाठी (Bunsen Burner) उपयोग करणे, निरनिराळ्या इंजिनांत इंधन म्हणून वापरणे, मोटारच्या इंजिनात पेट्रोलऐवजी उपयोग करणे, प्रकाशासाठी उपयोग करणे, (दिव्यात रॉकेलऐवजी उपयोगात आणणे, पेट्रोमॅक्सऐवजी या वायूच्या बत्त्या तयार करणे), शीतपेटीत उपयोग करणे, असे त्याचे अनेकविध उपयोग आहेत. या वायूच्या १६० ते २०० घनफुटात एक गॅलन पेट्रोलएवढी शक्ती असते किंवा १८ घनफुटांत एक अश्वशक्तिएवढी शक्ती असते.

मलमूत्रावर ज्या निरनिराळ्या क्रिया करतात, तेथेही या वायूचा उपयोग होतो. केरकचरा जाळणे किंवा गाळ वाळविणे या कार्यासाठी

लागणारी उष्णता या वायूपासून निर्माण केली जाते. यापूर्वी सांगितले आहेच की, एका विशिष्टतऱ्हेचे किडे मलमूत्राच्या शुद्धीकरणास कारणीभूत होतात. या किड्यांपैकी एक प्रकारचे किड्यांना (Thermophilic bacteria) १२५° ते १४०° फॅरनहाईट तपमानाची जरूरी असते. त्यास तळे तापविणे जरूर असते. त्यासाठी लागणारी उष्णताही हा वायू पुरवितो. जर्मनीमध्ये या वायूचा अतिशय फायदा करून घेतला जातो. आपल्याकडे ज्याप्रमाणे ठिकठिकाणी पेट्रोलपंपस् आढळून येतात, त्याप्रमाणे जर्मनीत जागोजाग गॅसस्टँडस् दिसून येतात.

वायूची निर्मिती झाल्यानंतर त्यात आलेले कर्बद्विप्राणिल (CO_2) इत्यादी वायू काढून टाकण्यात येतात. त्यासाठी वायू धुण्याची जरूरी असते. या क्रियेनंतर वायू दाबाखाली नळकांड्यात भरून ठेवतात आणि मग तो जरूर लागेल, त्याप्रमाणे उपयोगात आणला जातो. या वायूचा आणखी एक फायदा असा की, याच्या ज्वलनानंतर काजळी बसत नाही.

याखेरीज या गाळापासून " नेटिव्ह, गियानो "किंवा " ग्लड फर्टिलायझर " अशासारखी उत्कृष्ट, खते तयार करता येतात. कोणत्याही तऱ्हेची प्रक्रिया न करताही हा गाळ तसाच खत म्हणून वापरता येतो. पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे सोडियम, पोर्टॅशियम व फॉस्फरस ही मूलतत्त्वे वनस्पतीच्या आयुष्यास अत्यावश्यक असतात व ती यात मुबलक असतात. निरनिराळे पदार्थ कुजल्यामुळे या गाळाचा बराचसा भाग भुसभुशीत बनलेला असतो. हा भाग वनस्पति-जीवनास अनेक तऱ्हांनी उपयोगी पडतो. अशा भुसभुशीत भागात पाणी साठून राहते. यामुळे वनस्पती कोमेजत नाहीत. या भागामुळे जमिनीचे धुपणेही कमी होते. जमिनीत रेती फार असेल, तर या भुसभुशीत पदार्थामुळे रेतीचे कण एकमेकाला चिकटतात. त्यामुळे एरवी शेतीसाठी अनुपयुक्त असलेली जमीन, या पदार्थांमुळे उपयुक्त बनते. उलट, काळी चिकण माती अतिशय चिकट

असल्याने मुळांच्या वाढीस विरोध करते. परंतु या पदार्थामुळे तिचा चिकटा कमी होतो. तीही पिकास उपयोगी ठरते.

अमेरिकेमध्ये या गाळापासून "मिल ऑर्गनाइट" नावाचे किंमतवान खत तयार करतात. ते गडद तपकिरी असते.

तळ्यातील वरचे पाणी शेतीस वापरतात, याचा उल्लेख वर आलाच आहे. पुण्यातील सांडपाणी हडपसर, मांजरी इत्यादी भागातील शेतांना पुरविले जाते. पुण्यात येणारा बहुतेक भाजीपाला तेथूनच येतो. परंतु ही गोष्ट पुण्यातील फारच थोड्या जणांना ठाऊक असेल.

हल्ली अधिकाधिक उपयोगाविषयी संशोधन होत आहे वर वर्णन केलेल्या तळ्यात माशांची पैदास करून उत्तम तऱ्हेची मासळी तयार करता येते. परंतु प्रत्यक्षात त्याच तळ्यात माशांची पैदास न करता, त्यासाठी स्वतंत्र दोन-चार फूट खोलीची तळी तयार करतात. त्याचप्रमाणे वरील पाण्यात जे बारीक कण तरंगत असतात. त्यांचा आकार ठरवावा लागतो. कारण ते कण माशाच्या घशात अडकणार नाहीत, अशी काळजी घ्यावी लागते.

याखेरीज ॲसिटिक, ब्युट्रिक व ऑपियॉनिक यासारखी आम्लेही तयार केली जातात. त्यांचे निरनिराळे अनेक उपयोग आहेत.

गाळापासून 'ब १२' जीवनसत्त्व

शास्त्रज्ञांनी खरी कमाल केली आहे, ती या गाळापासून "ब १२" हे जीवनसत्त्व काढण्यात! हे जीवनसत्त्व द्रवस्वरूपात अगर पावडरच्य स्वरूपात मिळते. याचा उपयोग जनावरांना विशेषतः कोंबड्या व डुकरे यांना एक पौष्टिक पदार्थ म्हणून होतो.

अशातऱ्हेने मलमूत्रासारख्या अतित्याज्य पदार्थांपासून कल्पनाही करवणार नाही, असे उपयुक्त पदार्थ आणि शक्ती शास्त्रज्ञांनी मिळविली आहे.

१९६६ चा उन्हाळा. मुंबई महानगरपालिकेच्या हॅड्रॉलिक इंजनिअरचे ऑफिस. तान्सा, विहार या तळ्यांतील पाण्याच्या पातळीबद्दल सारखे फोन येत होते. गणित केले जात होते. आणखी किती दिवस पाणी पुरेल ते काढले जात होते. तळ्यातील पाण्याची पातळी झपाट्याने खालावत जात होती आणि लवकर पाऊस न पडल्यास मुंबईचा पाणी पुरवठा बंद होण्याची शक्यता होती.

लगेच इंजिनीअरांच्या हालचाली चालू झाल्या. दोन वेळेऐवजी एकाच वेळेस पाणी सोडण्यात येऊ लागले. पाण्याचा वापर काटकसरीने कसा करावा याबद्दल रेडिओवरून, वृत्तपत्रातून सूचना देण्यात येऊ लागल्या. नगरपित्यांच्या, महापौरांच्या व मुख्य मंत्र्यांच्याही कानावर पाणी-तुटवड्याची गोष्ट घालण्यात आली. शाळांना सुट्या देण्यात आल्या व अखेर वसाहत हलविण्याच्याही योजना आखल्या गेल्या. कारखाने आठवड्यातून दोन दिवस बंद ठेवण्यात येऊ लागले.

एकीकडे या उपाययोजना चालू असता दुसरीकडे सर्वजण पावसाची अक्षरशः चातकाप्रमाणे वाट पहात होते. पण पावसाचा पत्ता नव्हता. विविध धर्मांच्या प्रार्थना चालू झाल्या. दिल्लीहून कृत्रिम पाऊस पाडण्यासाठी शास्त्रज्ञांना पाचारण करण्यात आले.

पण शेवटी वरुणराज मुंबईकरांवर प्रसन्न झाले. पाऊस पडला. आणि सगळ्यांचा जीव भांड्यात पडला.

पाण्याचा तुटवडा मुंबईतच आहे असे नव्हे. तो सर्वत्र आहे. बिहारमध्ये पाण्याचा तुटवडा चांगलाच आहे. अहमदनगरची तर फारच वाईट स्थिती आहे.

परंतु पाणी म्हणजे आपले जीवन आहे. एक वेळ खायला नसले तरी चालेल, परंतु प्यायला पाणी नसेल तर आपले अजिबात भागणार नाही. आपल्या दररोजच्या व्यवहारात तर अनेक ठिकाणी हरघडी आपण पाणी वापरतो. प्रत्यक्ष धान्यउत्पादनही पाण्याशिवाय अशक्य आहे. आजकालचा जमाना उद्योगधंद्यांचा आहे. परंतु त्यांनाही भरपूर पाण्याची अवश्यकता असते. अशा तऱ्हेने पाणी ही जीवनातील एक अति आवश्यकतेची बाब बनली आहे.

परंतु लागोपाठ येणारे अवर्षण, वाढत्या उद्योगधंद्यामुळे दूषित होणारे पाणी, धरणे, विहिरी यांची कमी प्रमाणात उपलब्धता आणि याविरुद्ध वाढती प्रजा या कारणांनी पाण्याचे दुर्भिक्ष्य निर्माण झाले आहे.

हे दुर्भिक्ष घालविण्यासाठी, पाणी मुबलक मिळविण्यासाठी या 'जीवना'च्या शोधात राहिले पाहिजे. धरणे व विहिरी यांजबरोबरच कृत्रिम पाऊस, समुद्राचे खारे पाणी गोडे करणे यांच्याकडेही लक्ष दिले पाहिजे.

पाणी उपलब्ध करून कसे घ्यावयाचे हे पहाण्यापूर्वी पृथ्वीवर एकूण कोणकोणत्या स्वरूपात किती पाणी आहे ते पाहू. पृथ्वीवर एकूण ३२,६०,७१,३०० घनमैल (१ मैल = ११,०१,११,७१,४३००० गॅलन्स) इतके पाणी आहे, परंतु त्यातील बहुतांशी म्हणजे ९७ टक्के (३१,७०,००,००० घनमैल) समुद्रात आहे. २ टक्के म्हणजे ७०,००,००० घनमैल थिजलेल्या स्थितीत (बर्फ, हिमनद्या इत्यादी)

आहे, उरलेले २०,७१,३०० घनमैल भूभागावर आहे. यापैकी ३०० घनमैल नद्या, नाले झरे यात; ३०,००० घनमैल गोड्या पाण्याचे तलाव, सरोवरे यात; २५,००० घनमैल खाऱ्या पाण्याचे तलाव, भूवेष्टित समुद्र यात आहे. जमिनीतील ओलेपणा १६,००० घनमैल पाण्यामुळे झालेला आहे. जमिनीत मुरलेले पाणी अर्ध्या मैल खोलीपर्यंत १०,००,००० घनमैल व त्याखाली जवळजवळ तेवढेच आहे. याशिवाय पृथ्वीच्या वातावरणात ३१०० घनमैल पाणी आहे, भारतात १००० फूट खोलीपर्यंत ३०,००० दशलक्ष एकर फूट (देशातील एकूण वार्षिक पावसाच्या दहापट) पाणी आहे.

यापैकी नद्यानाल्यांतील पाणी आपण धरणे बांधून उपलब्ध करून घेतो. जमिनीतील पाणी विहिरीद्वारा मिळवतो; परंतु समुद्र किनाऱ्याच्या भागात समुद्राचे खारे पाणी गोडे करून घेणे आता शक्य झाले आहे.

धरणे :

भारताला स्वातंत्र्य मिळाल्यावर आपण मोठमोठ्या धरणयोजना हाती घेतल्या. २० वर्षांत याबाबतीत खूप कामगिरी केली. परंतु अजूनही पाण्याचे दुर्भिक्ष संपलेले नाही. याचे कारण असे की, या मोठ्या योजना पूर्ण होण्यास १०–१५ वर्षे लागतात. त्यामुळे त्यांचा फायदा लगेच मिळत नाही. स्वातंत्र्यप्राप्तीनंतर लगेच सुरू केलेल्या योजनेपैकी अजून काही पुऱ्या व्हायच्या आहेत. म्हणून छोट्या पाटबंधाऱ्यांच्यावर भर द्यावयास हवा होता. सुदैवाने आता ही गोष्ट सरकारच्या लक्षात आली आहे. १९६५-६६ च्या अवर्षणानंतर आता छोट्या पाटबंधारे योजनांवर भर देण्यात येत आहे.

विहिरी :

विहिरींच्याकडे तर आत्तापर्यंत अगदीच दुर्लक्ष झाले होते. आपला

शेतकरी ज्या विहिरी खणतो त्या उथळ असतात. त्यामुळे त्यात जमिनीतील वरच्या थरांतीलच फक्त पाणी येते. यामुळे त्या उन्हाळ्यात कोरड्या रहाण्याचा संभव असतो. उलट नळीच्या खोल विहिरी खणल्या तर त्यांना जमिनीच्या खालच्या थरांतूनहि पाणी मिळेल. अशा नळीच्या विहिरी फक्त उत्तर प्रदेशातच विशेषेकरून दिसून येतात. आता हिमाचल प्रदेशात जर्मनीच्या यंत्रसाहाय्याने विहिरी खोदाईचा कार्यक्रम सुरू झाला असून एका दिवसांत ३० फूट खोल विहीर खणून होते. व अवघ्या रु. ४०० ते ५०० मध्ये विहीर खणून होते.

भारतात १ कोटी ४० लाख विहिरी असून एकूण पाण्याखाली असलेल्या जमिनीच्या $\frac{१}{४}$ जमीन विहिरीच्या पाण्याखाली आहे. विहिरीची खोदाई झटपट होत असल्याने अधिकाधिक विहिरी खोदावयास पाहिजेत. विहिरींच्या बाबतीत सर्वात महत्वाची अडचण म्हणजे नक्की कुठल्या जागी पाणी लागेल ते कळणे कठिण आहे. त्यामुळे कित्येकदा विहीर खणून पाणी न लागल्याने पैसा, वेळ व श्रम वाया जातात. वराहमिहिराच्या 'दकूगार्गल' संहितेत उंबराचे व सौंदाडीचे झाड किंवा मुंग्यांचे वारूळ जेथे असते तेथे पाणी मिळेल असे सांगितले आहे. अर्थात् हा आडाखा अगदीच ढोबळ आहे. पाणी एखाद्या ठिकाणी मिळणे हे तेथील भूगर्भरचनेवर अवलंबून असते. त्यासाठी ज्या ठिकाणी विहीर खणावयाची तेथे एक छिद्र खणावे व आतील मातीचे नमुने तपासून बघावे. त्यावरून भूगर्भात पाणी धारण करणारे पट्टे आहेत की नाहीत ते कळून येईल. सच्छिद्र जमिनीतून पाणी झिरपते. पण चिकणमाती, खडक यातून झिरपू शकत नाही. जलधारक पट्ट्यापासून पाणी किती मिळू शकेल हे त्याची जाडी, त्याचा तिरकेपणा, त्यातील सच्छिद्रतेचे प्रमाण, त्याची जलधारक शक्ती, त्या भागात पडणारा पाऊस व

केवढया भागातील पाणी जलधारक पट्टयाला मिळू शकेल यावर अवलंबून असते.

परंतु आधुनिक विज्ञानामुळें छिद्र न खणताही पाण्याचा वेध घेणे शक्य झाले आहे. ओल्या पदार्थांची विद्युत्‌विरोध शक्ती कमी असते. यामुळे जमिनीत विजेचा प्रवाह सोडून त्याला होणारा विरोध मोजावयाचा त्यावरून पाण्याचे अस्तित्व कळू शकते.

कारखानदारांना पाणी नदीत सोडण्यापूर्वी स्वच्छ करावयास लावणे व एक विशिष्ट रसायन तळ्यातील पाण्यावर पसरून बाष्पीभवन कमी करणे या उपायांचाही थोडाफार उपयोग होतो.

वाळवंटातील पाणी :

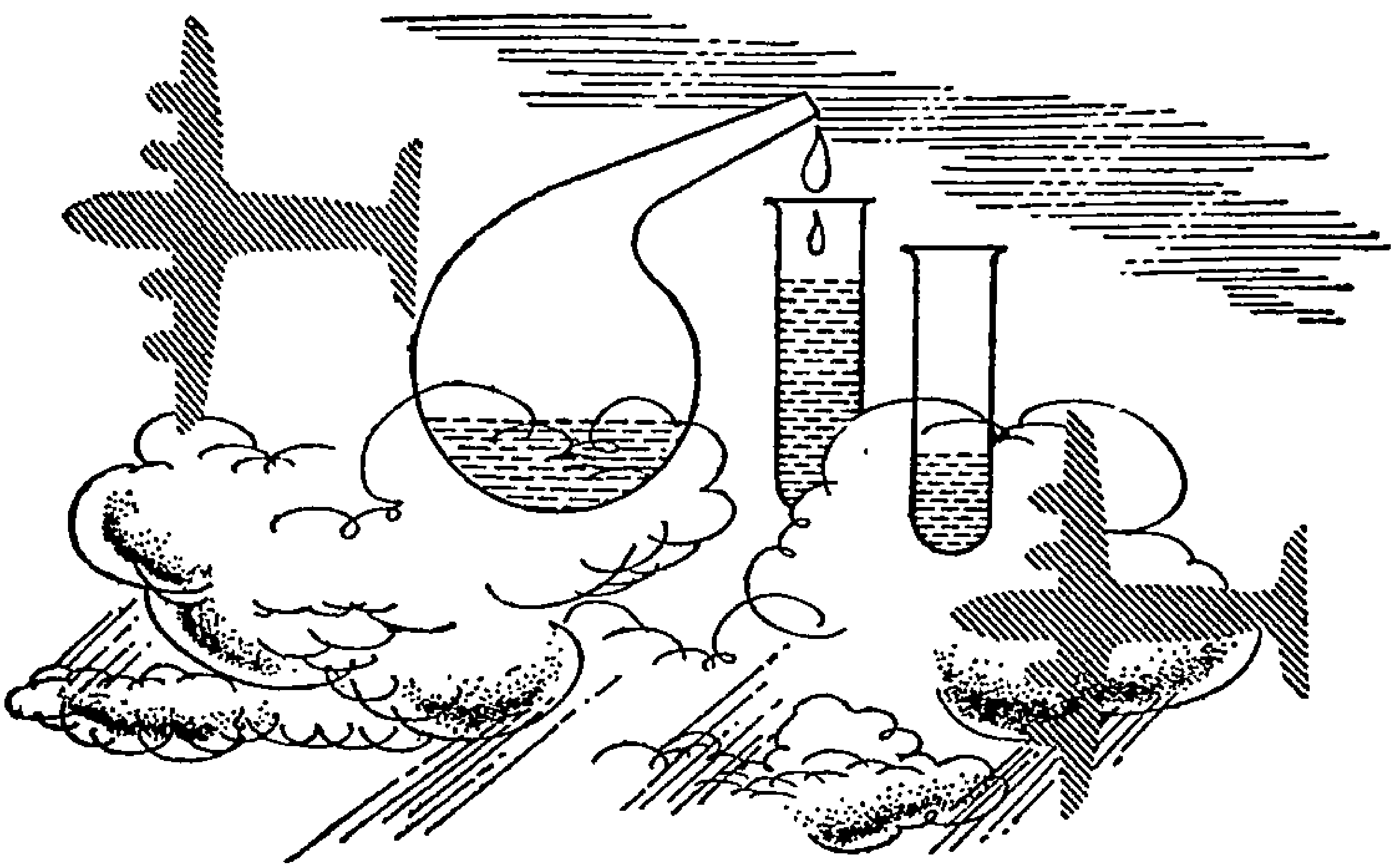
वाळवंटी भागात वार्षिक पाऊस अगदीच थोडा म्हणजे १–२ इंच पडतो. परंतु यातील ७० ते १०० टक्के पाणी वाफ होऊन जाते. म्हणून वाळूकणांवर सिलिकोन या जलप्रतिसारक संयुगाचा फवारा उडवतात. त्यामुळे पावसाचे पाणी त्यावर पडले की, त्याचे बिंदू बनतात. असे अनेक बिंदू एकत्र होऊन ओहोळ सुरू होतो. हा ओहोळ एका तळ्यापाशी नेऊन त्यात पाणी साठवता येते. या पद्धतीने ९३ टक्के पावसाचे पाणी परत मिळते. फक्त ७ टक्के पाण्याची वाफ होते. या पद्धतीतील दोष एवढाच की सिलिकोनचा लेप काही दिवसांनी पुसून जातो. यामुळे पुन्हा लेप द्यावा लागतो. लेप पुनःपुन्हा द्यावा लागू नये म्हणून कायम टिकाऊ लेप शोधण्याचे संशोधन चालू आहे.

वाळवंटात काही प्रमाणात पाणी मुरतेच. हे वर्षानुवर्षे मुरलेले पाणी बाहेर काढण्याचा प्रयत्न कधीच झालेला नाही. त्यामुळे वाळवंटाखालील जमिनीत बरेच पाणी आहे. ते मिळविण्यासाठी सध्या संशोधन चालू आहे. उष्मदायी किरणांना संवेदनशील असे एक उपकरण विमानात बसवून

वाळवंटाची पहाणी केली जाते. समुद्राच्या पाण्यापेक्षा गोडे पाणी जास्त थंड किंवा अधिक उष्ण असते. वरील तऱ्हेच्या पहाणीत उष्ण भाग फिका व थंड भाग गडद रंगात अशा आकृत्या मिळतात यामुळे भूमिगत पाणी समुद्रास कोठे मिळते ते कळते त्यावरून पाण्याचा उगम शोधता येतो. तेथे विहीर खणून ते पाणी उपलब्ध करून घेता येईल.

कृत्रिम पाऊस :

भारतातील पावसाचा लहरीपणा आपल्या चांगलाच परिचयाचा आहे. कित्येकदा पाऊस देणारे काळे ढग आकाशात येऊनही पाऊस पडत



नाही. परंतु आता शास्त्रज्ञांनी अशा ढगांपासून पाऊस पाडण्याचे तंत्र साधले आहे. शास्त्रीय संशोधनात असे आढळून आले आहे की, हे ढग जेव्हा अतिशय थंड होतात, तेव्हा पाऊस पडू लागतो. यामुळे तपमान योग्य तितके खाली गेले नाही तर पावसाचा ढग असूनही त्यापासून पाऊस पडू शकत नाही. तेव्हा ढगाचे तपमान खाली आणण्याचे काम शास्त्रज्ञ

कृत्रिम रीतीने करतात. हे काम ढगांवर शुष्क हिमकण (घन कार्बनडा-यॉक्साइड) अथवा मिठाच्या वारीक चूर्णाचा किंवा सिल्व्हर आयोईड धुराचा मारा करणे. हे काम विमानद्वारा किंवा हल्ली फुग्याच्या (बलुन्स) द्वारे करतात. या पदार्थांमुळे तपमान खूप खाली येते व पाऊस पडतो. परंतु या कामासाठी ढगाचे तपमान वर्फबिंदूखाली ७ ते १२ अंश इतके कमी असावे लागते. अमेरिकेसारख्या थंड प्रदेशात १॥ ते २ मैल उंचीवर या तपमानाचे ढग आढळतात. परंतु आपणाकडे ४ मैल उंचीवर असे ढग सापडतात. तेव्हा फुगे इतक्या उंचीवर जायला पाहिजेत.

कृत्रिम पावसाचा शोध कसा लागला याचा इतिहास मनोरंजक आहे. ढग अतिशय थंड झाल्यावर त्यातून थेंब गळू लागतात असे १९३३ साली बर्गेरॉन या शास्त्रज्ञाचा लक्षात आले. परंतु प्रत्यक्ष शोध लँगमूर या शास्त्रज्ञाने १९४६ साली लावला. त्या वेळी दुसरे महायुद्ध चालू होते. बॉंब टाकण्यासाठी विमाने जेव्हा उंच उडत तेव्हा काही वेळा त्यावर बर्फाचे थर जमत तर काही वेळा जमत नसत हे असे का व्हावे याचा शोध लावण्याचे काम डॉ. लँगमूर याचेकडे सोपविण्यात आले. प्रयोगशाळेन यश मिळाल्यावर प्रत्यक्ष प्रयोग १३ नोव्हेंबर १९४६ रोजी करण्यात आला.

१९५३ पासून भारतीय हवामान खात्याने कृत्रिम पावसाचे प्रयोग चालू केले. दिल्लीच्या नॅशनल फिजिकल लॅबोरेटरीत याविषयक एक स्वतंत्र विभागच उघडलेला आहे.

वरील पद्धतीने पाऊस जसा पाडता येतो तसेच वाजवीपेक्षा अधिक प्रखर मारा केल्यास ढग वरच्यावर उडून जाऊन पडणारा पाऊस थांबवता येतो. म्हणजे अतिवृष्टीलाही आळा घालता येईल.

समुद्राचे खारे पाणी गोडे करणे :

समुद्रकिनाऱ्याच्या भागात या पद्धतीचा चांगला उपयोग होईल आपण वरती पाहिले की, समुद्रात पृथ्वीवरील एकूण पाण्याच्या ९७ टक्के

पाणी आहे. परंतु यापैकी किनाऱ्यालगतच्या पाण्याचाच फक्त गोडे पाणी करण्यासाठी उपयोग करणे शक्य आहे. अनेक तऱ्हेच्या पद्धतीने खाऱ्याचे गोडे पाणी करता येईल वाष्पीभवन हा आपणाला माहीत असलेला उपाय आहे. तसेच समुद्राचे पाणी गोठवले की, गोड्या पाण्याच्या बर्फाचे तुकडे तयार होतात. ते मिठापासून वेगळे करावयाचे व वितळवायचे. शिवाय गोठवण्याच्या क्रियेला शक्तीही कमी लागते. खारे पाणी गोठविण्याची क्रिया काही रसायनाद्वाराही करता येते. तसेच खाऱ्या पाण्याच्या भांड्यावर प्लॅस्टिकचे कापड घट्ट बसवून यंत्राने आतील हवेचा दाब खूप वाढवायचा त्यामुळे प्लॅस्टिकच्या कापडातून गोड्या पाण्याचे थेंब बाहेर पडतात. या पद्धतीस व्युत्क्रमी तर्पण (Reverse osmosis) असे म्हणतात. याशिवाय विजेचा उपयोग करूनही खाऱ्या पाण्याचे गोडे पाणी करता येईल.

या सर्व क्रियांतून जे प्रचंड निरुपयोगी मीठ तयार होते त्याची विल्हेवाट कशी लावायची हा मुख्य प्रश्न आहे. कारण १५० दशलक्ष गॅलन पाणी शुद्धीकरणास घेतले तर त्यापासून एका दिवसात २३००० टन मीठ निर्माण होईल. याला उपाय एकच आणि तो म्हणजे हे मीठ समुद्रातच दूरवर नेऊन टाकणे.

अशा तऱ्हेच्या कारखान्यासाठी लागणारी यंत्रे व प्रत्यक्ष कारखाने तयार करण्याचे काम दि वेस्टिंग हाऊस इलेक्टिक इंटरनॅशनल कंपनीने चालू केले आहे. अमेरिकेत तसेच कुवेतमध्येही असे कारखाने चालू झाले आहेत. फ्लेरिडामधील कीवेस्ट येथील कारखाना जगातील सर्वांत मोठा असून दररोज २६२००० गॅलन्स गोडे पाणी तेथे तयार होते.

जोधपूर येथील संशोधन संस्थेने अलिकडेच नौ सैनिकांना वापरता यावे म्हणून खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी तयार करण्याचे अगदी छोटे

यंत्र शोधून काढले आहे. त्यामुळे ते समुद्रात कुठेही असले तरी त्यांना गोड्या पाण्याची टंचाई भासणार नाही. भावनगर येथील सागरी रसायन संशोधन शाळेतही संशोधन चालू आहे. तेथे मोठ्या प्रमाणावर ही क्रिया कशी करता येईल याचा विचार चालू आहे. मद्रास येथेही एक चाचणी भट्टी उभारलेली आहे.

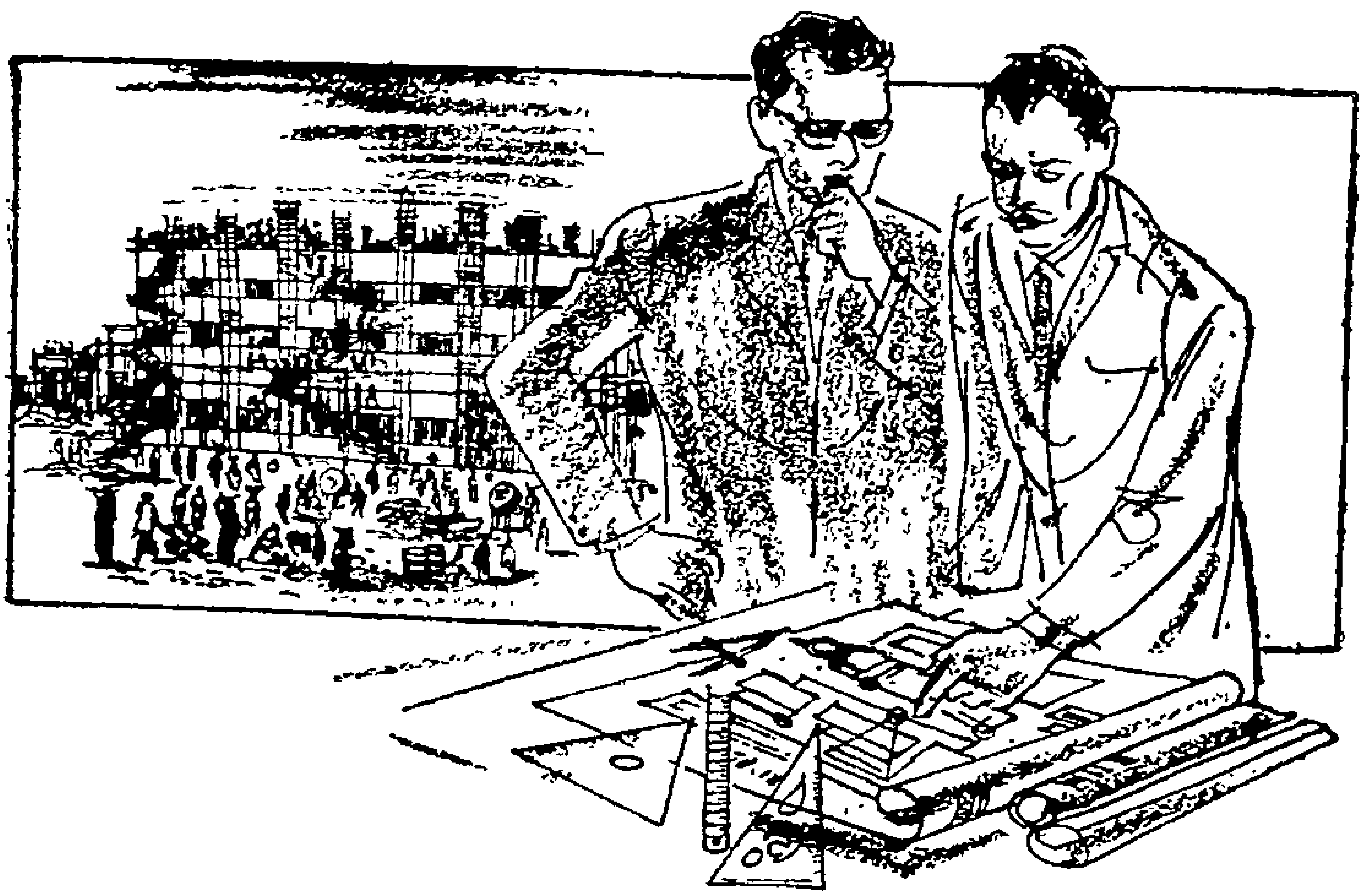
एकंदरीत कृत्रिम पाऊस, खाऱ्या पाण्याचे गोडे पाणी करणे इत्यादी आधुनिक पद्धतींमुळे पाण्याची टंचाई दूर होण्याची बरीचशी शक्यता निर्माण झालेली आहे.

वैभव मिळवून देणारा एक धंदा या दृष्टीने हल्ली बऱ्याच तरुण व मध्यमवयस्क लोकांचेही कंत्राटदारीच्या धंद्याकडे लक्ष जात आहे आणि एका अर्थाने त्यात वावगे असे काहीच नाही. आज इंजिनीअरिंगचा पदवीधरही ३५०–४०० रु. दरमहा पगार घेतो आणि मॅट्रिकही न झालेला साधा कंत्राटदारसुद्धा दरमहा जवळ जवळ एवढेच पैसे मिळवू शकतो. स्वाभाविकच या धंद्याकडे तरुण आकर्षित होतात. एवढेच की, त्यात पडण्यापूर्वी हा धंदा यशस्वीरीत्या चालविण्यासाठी आवश्यक अशा अनेक गुणांची त्याला दखल घ्यावयाला पाहिजे. या दृष्टीने या धंद्यात पडू इच्छिणाऱ्यांना त्याची प्रास्ताविक ओळख व्हावी आणि योग्य ते मार्गदर्शनही व्हावे अशा स्वरूपाची सूचनावजा माहिती प्रस्तुत लेखात दिलेली आहे. ती अधिकांश बांधकामविषयक कंत्राटासंबंधीचीच असली तरी इतर कामाच्या कंत्राटांनाही लागू पडण्यासारखी आहे.

कंत्राटाच्या विविध पद्धती

एखादे काम कसे करावयाचे याविषयीचा करारमदार करून ते काम करावयास घेणे याला कंत्राट असे म्हणतात. कामाच्या प्रकाराप्रमाणे कंत्राटांच्या विविध पद्धतींचा अवलंब केला जातो. इमारतींना रंग देणे वाळू, मुरूम इत्यादींचा पुरवठा करणे अशा तऱ्हेच्या कामांचा एकदम

दर ठरविला जातो. अशा कामांना " Piece works " असे म्हणतात. यापेक्षा मोठी कामे परंतु ज्यांची किंमत १००० रु. पेक्षा कमी होते अशा कामांसाठी एक निराळी पद्धती (Rate list system) अवलंबिली जाते. या पद्धतीत कामाच्या निरनिराळ्या भागांचे निरनिराळे दर ठरविले जातात. तसेच एका कामावर अनेक ठेकेदार काम करू शकतात. मात्र कोणत्याही



ठेकेदाराकडे १००० रु. पेक्षा अधिक किंमतीचे काम असत नाही. काम किती दिवसांत पुरे व्हावे व एकूण काम अंदाजे किती आहे हेदेखील ठरविलेले असते. अशा तऱ्हेचे अंदाज पहिल्या तऱ्हेच्या कामांच्या बाबतीत केले जात नाहीत. ठरविलेल्या दरावर ठेकेदाराची सही अथवा अंगठा घेतला जातो.

कंत्राटाचा आणखी एक प्रकार म्हणजे एका ठराविक किंमतीत सबंध काम करण्यास कंत्राटदार तयार होतो. या प्रकारास "Lump–sum contract " असे म्हणतात. कामात काही फेरफार करावयाचा असल्यास

ठोक रकमेतही फरक पडतो. तो किती हे कळावे म्हणून अशा संभाव्य फेरफाराविषयीचेही दर ठरविले जातात. ठोक रक्कम ठरविलेली असल्याने कामाची मापे घेण्याची जरूरी नसते. फक्त बांधकामात जे फरक होतील तेवढ्याची मापे घेतली की पुरे.

कंत्राटाच्या मोजमाप-पद्धतीत कंत्राटदार बांधकामाच्या प्रत्येक बाबीचे आपले दर सांगतो. बांधकाम पूर्ण झाल्यावर त्या दरानुसार त्याला पैसे दिले जातात. टक्केवारी कंत्राटपद्धती (Percentage contract) वरीलप्रमाणेच असते. सरकारी वा निमसरकारी खात्यांनी सर्व बाबींचे दर ठरविलेले असतात. त्यावर कंत्राटदार आपली टक्केवारी सांगतो.

कंत्राटदारांच्या श्रेणी

सरकारी खात्यातून कंत्राटदारांची एक यादी असते. त्यांच्या आर्थिक स्थितीनुसार त्याचे A, B, C, D व E असे वर्ग पाडलेले असतात. " ई " वर्गास माल रेल्वे स्टेशनवरून आणणे, माल इकडून तिकडे नेणे इत्यादी कामे दिली जातात. १ लाख रुपयांपेक्षा कमी किंमतीची कामे " डी " वर्गास मिळू शकतात. ५ लाख रुपयेपेक्षा कमी किमतीची कामे " सी " वर्गास, १० लाख रुपयेपेक्षा कमी किमतीची कामे " बी " वर्गास व त्यापेक्षा अधिक किमतीची कामे " ए " वर्गास दिली जातात.

कंत्राटदाराची पात्रता

कंत्राटदार वयात आलेला असला पाहिजे व त्याच्यात कोणत्याही तऱ्हेची मानसिक विकृती असता उपयोगी नाही असा नियम आहे.

टेंडर्स

एखादे काम निघाले म्हणजे ते सुरू होण्यापूर्वी, साधारणतः महिनाभर वर्तमानपत्रातून टेंडर नोटीस देण्यात येते. कोणतेही वर्तमानपत्र चाळल्यास अशा किती तरी नोटिसा दिसून येतील व त्यातील तपशिलावरून

त्याच्या स्वरूपाविषयीचा अभ्यासही करता येईल. अशी नोटीस आल्यावर टेंडर फॉर्म विकत घेऊन (त्याला २ ते ५ रु. पडतात) व तो भरून योग्य तारखेच्या आत सील करून परत पाठवावा लागतो. टेंडर केव्हा फोडले जाईल ते टेंडर-नोटिशीत लिहिलेले असते. त्या वेळी ज्यांनी टेंडरे भरली असतील ते सर्व कंत्राटदार टेंडरे फोडण्याचे जागी हजर राहतात. टेंडर नोटिशीत कामाचे स्वरूप; अंदाजे खर्च; बयाणा रक्कम (Earnest money); तारण रक्कम (Security deposit) इत्यादी तपशील दिलेला असतो. बयाणा रक्कम बहुतेक अंदाजे खर्चाच्या एक टक्का असते तर तारण रक्कम अंदाजे खर्चाच्या ४ टक्के असते. याबरोबरच प्राप्तिकर भरल्याचे किंवा प्राप्तिकराला लायक नसल्यास तसे सर्टिफिकेट व रेव्हिन्यू खात्याने दिलेला सांपत्तिक स्थितीबद्दलचा दाखला (Solvency certificate) जोडावा लागतो.

निरनिराळ्या प्रकारचे टेंडर फॉर्म्स

A1 : टक्केवारी कंत्राटांसाठी.

A2 : बाबीचे दर ठरवून एकदम केल्या जाणाऱ्या कामासाठी.

B1 : टक्केवारी कंत्राटांसाठी (लहानमोठी मूळ कामे).

B2 : लहान मोठ्या मूळ कामाच्या बाबीचे दर ठरवून केलेल्या कंत्राटांसाठी

C : ठोक कंत्राट (Lump-Sum Contract)

D : मालाचा पुरवठा करण्यासंबंधी केलेल्या कंत्राटांसाठी.

E : मालाची ने–आण करण्याचे कंत्राट

अधिकाऱ्यांच्या मर्यादा

सरकारी टेंडरे स्वीकारण्यासाठी निरनिराळ्या अधिकाऱ्यांना पुढीलप्रमाणे अधिकार असतात :

सब्‌डिव्हिजनल ऑफिसर (डेप्युटी इंजिनीयर) ५००० रु. पर्यंतची टेंडरे.

एक्झिक्युटिव्ह इंजिनीअर—५०,००० रु. पर्यंतची टेंडरे.

सुपरिंटेंडिंग इंजिनीअर — २ लाख रु. पर्यंतची टेंडरे.

चीफ इंजिनीअर—२ लाख रु. वरील टेंडरे.

कंत्राटाच्या अटी

तारण रकमेविषयीचे नियम—

टेंडर भरणाऱ्या सर्व लोकांस बयाणा रक्कम भरावी लागते. टेंडरांचा निकाल लागल्यावर ती परत मिळते. तारण रक्कम मात्र सर्वांनी भरण्याची जरूरी नसते. ज्याचे टेंडर स्वीकारले जाईल त्यालाच ती भरावी लागते. तसेच सबंध रक्कम भरण्याचीही जरूरी नसते; तीपैकी काही थोडा भाग प्रथम भरून उरलेला भाग नंतर हप्त्या-हप्त्याने दर महिन्याच्या बिलातून कमी करून भरता येतो किंवा कंत्राटदार सरकारचे इतर काही देणे लागत असेल तर त्यातून ही रक्कम कापून घेतली जाते.

पैसे भरण्याची मुदत—

१००० रु. अगर कमी किंमतीचे कंत्राट : कंत्राट मिळाल्यापासून एक दिवसात.

१००० ते २००० रु. चे कंत्राट : २ दिवस.

२००० ते ३००० रु. चे कंत्राट : ३ दिवस.

याप्रमाणे रकमेच्या वाढीप्रमाणे मुदतही वाढत जाते. जास्तीत जास्त मुदत १०,००० रु. अगर त्यापेक्षा अधिक किंमतीच्या कंत्राटाला असते व ती १० दिवसांची असते.

ठराविक मुदतीपेक्षा तारण रक्कम भरण्यास अधिक वेळ लागल्यास कंत्राट रकमेच्या १ टक्का अथवा अशाच स्वरूपाचा दंड होतो.

काम योग्य तऱ्हेने होत नाही असे वाटल्यास मालकाचा इंजिनीअर कंत्राटदाराकडून काम काढून घेऊन स्वतः मजूर लावून ते पुरे करू शकतो. या संदर्भात कंत्राटदाराला कोणत्याही तऱ्हेची नुकसानभरपाई मिळत नाही. अशा वेळी दुसऱ्या एखाद्या कंत्राटदारास काम दिले गेल्यास इंजिनीअर कामाच्या जागेवरून मूळ कंत्राटदाराची हत्यारे, यंत्रे इत्यादी तेथून हलवू शकतो. तसेच त्या मालाची विक्री, खाजगीरीत्या अथवा लिलाव करून, करू शकतो.

बऱ्याच वेळा दिलेल्या वेळात काम पुरे होऊ शकत नाही. अशा वेळी लेखी अर्ज करून अधिक वेळ मागून घेता येतो.

काम सर्व प्रकारे पूर्ण झाल्यावर अशा तऱ्हेचे प्रशस्तिपत्र इंजिनीअर-कडून दिले जाते. इमारतीच्या सभोवतालची जागा स्वच्छ करून देण्याचे कामही कंत्राटदारालाच करावे लागते. बहुधा असे काम टाळण्याची कंत्राटदारांची प्रवृत्ती असते; कारण त्यात वेळ घालविणे त्यांना श्रेयस्कर वाटत नाही. पण अशा तऱ्हेची स्वच्छता करून घेऊन वर झालेला खर्च कंत्राटदाराकडून घेण्याचा इंजिनीअरला हक्क असतो.

१००० रु. पेक्षा कमी किमतीचे काम असल्यास ते पूर्ण झाल्यानंतरच पैसे दिले जातात; परंतु त्यापेक्षा मोठे काम असल्यास दर महिन्यास पूर्ण झालेल्या कामावर पैसे मिळतात. कित्येक बाबी अर्धवट पुऱ्या झालेल्या असतात. अशा तऱ्हेच्या बाबींचा ठरलेला दर योग्य त्या प्रमाणात तात्पुरत्या स्वरूपात कमी केला जातो. ती बाब पुरी झाल्यावर ठरलेल्या दराने संपूर्ण पैसे देण्यात येतात.

बहुतेक वेळा कंत्राटदाराला कामाचे नकाशे, काम ज्या दर्जाचे व्हावे अशी अपेक्षा असते त्याप्रमाणे ते व्हावे म्हणून कामाच्या स्वरूपाविषयी केलेले नियम (Specifications) इत्यादी गोष्टी देण्यात येतात. या सर्व गोष्टींबरहुकूम त्याला काम करावे लागते.

कंत्राटदाराला फरशा वगैरे आवश्यक वस्तू अगोदर खरेदी कराव्या लागतात, त्या शेवटी उरण्याचा संभव असतो. अशा उरलेल्या सामानाची कोणत्याही प्रकारे मालक जबाबदारी घेत नाही. तो भुर्दंड कंत्राटदारालाच सोसावा लागतो.

कामाचे डिझाईन, नकाशे इत्यादीमध्ये फरक करण्याचे इंजिनीअरला अधिकार असतात. अशा तऱ्हेच्या फरकांचा कंत्राटावर कोणत्याहि तऱ्हेचा परिणाम होत नाही.

अंदाजे किमतीपेक्षा कामाची किंमत वाढत असेल तर त्या प्रमाणात काम पुरे करायाची वेळ वाढवून मिळते.

अयोग्य काम किंवा अशाच अन्य कारणावरून इंजिनीअर काम बंद करू शकतो. असे एकदम काम बंद केल्यास कंत्राटदाराचा अपरिमित तोटा होऊ शकतो. उदाहरणार्थ, एखाद्या कामाच्या अनुरोधाने कंत्राट-दाराने काही सामान आणले असेल तर ते इतर कामास निरुपयोगी ठरण्याचा संभव असतो. अशा तऱ्हेने होणाऱ्या तोट्याबद्दलही कोणत्याही तऱ्हेची नुकसानभरपाई मिळत नाही.

सरकारी कामात सिमेंट, लोखंड वगैरेसारखे दुर्लभ सामान बहुतेक वेळा सरकारतर्फे मिळते. ते मिळण्यास एखाद्या वेळी उशीर झाल्यास व त्यामुळे काही नुकसान झाल्यास सरकार त्याची नुकसान-भरपाई देत नाही.

बांधकामात वाईट सामान वापरले जात आहे असे वाटल्यास इंजिनीअर ते काढू शकतो किंवा ते सामान चालू शकेल असे त्याला वाटल्यास ते तसेच ठेवले जाते; पण त्याचा दर कमी केला जातो.

बांधकामातील काही भागांची मापे केव्हाही घेता येतात तर काही लपली जातात. अशा भागांचे माप घेण्याविषयी कंत्राटदाराने सूचना केली नाही व तो भाग लपला गेला तर तो मापासाठी उघडा करावा लागतो.

काम पुरे झाल्याचे सर्टिफिकेट दिल्यानंतर ३ महिन्यांपर्यंत कामात काही कमी–जास्त झाल्यास ते कंत्राटदाराला नीट करून द्यावे लागते.

रस्त्यात खणलेले खड्डे किंवा अशाच अन्य कामात योग्य खबरदारी न घेतल्यास लोकांना दुखापत होण्याचा संभव असतो. अशा ठिकाणी कुंपण घालणे, दिवा लावणे इत्यादी गोष्टी कंत्राटदाराला कराव्या लागतात. जर एखाद्यास दुखापत वगैरे झाली व त्याने फिर्याद केली आणि कोर्टाचा खर्च व दंड भरण्याची पाळी आली तर तो कंत्राटदाराला भरावा लागतो.

इमारतीचे उंच उंच भाग बांधण्यासाठी लाकडाचे सोट व फळ्या यांच्या साहाय्याने " पहाड " बांधण्यात येतात. हे योग्य तऱ्हेने बांधलेले नसतील तर मजूर त्यावरून पडण्याचा संभव असतो. यासाठी तो दिलेल्या नियमानुसार योग्य तऱ्हेने बांधावा लागतो. तसेच ४५ फुटांच्या-पेक्षा अधिक उंचावर ' पहाड ' गेल्यास त्याला कुंपण (Railing) घालणे आवश्यक असते. तसेच कामगारांना काही धोका निर्माण झाल्यास सुरक्षित स्थळी चटदिशी जाता यावे अशी योजना करावी लागते. मोठमोठे दगड व इतर साहित्य वरच्या मजल्यावर चढविण्यासाठी कप्प्या व तत्सम यंत्रासामग्री उपयोगात आणावी लागते. याचे दोर तुटल्यास मोठाच धोका संभवतो. म्हणून मधून मधून अशा यंत्रसामग्रीची तपासणी करून घ्यावी लागते. तसेच निरनिराळी यंत्रे चालविणारे ड्रायव्हर वयाने १८ वर्षांपेक्षा मोठे असावे लागतात.

लाचलुचपतीला आळा बसावा म्हणून कंत्राट रद्द करणे व तारण रक्कम जप्त करणे असे उपाय योजले जातात.

कंत्राटदार एकटा नसून काही लोकांची फर्म असेल तर अशा फर्ममध्ये होणारे बदल इंजिनीअरला कळवावे लागतात.

खाणीची फी, जकात, जमिनीचे भाडे इत्यादी पैसे कंत्राटदाराला भरावे लागतात. " Workmen's Compensation act, 1923 " या कायद्यानुसार एखाद्या मजुरास काही दुखापत झाल्यास त्याबद्दल कंत्राट-

दाराला नुकसानभरपाई द्यावी लागते. प्रथमोपचाराची साधने तयार ठेवावी लागतात. त्याचप्रमाणे मोठ्या स्वरूपाचा अपघात असेल तर योग्य त्या वैद्यकीय मदतीची योजना करावी लागते. १२वर्षांपेक्षा लहान मुलांना कामावर लावण्यास मनाई असते.

दुष्काळी भागात काम असेल तर दुष्काळाचा तडाखा बसलेल्या लोकांना प्रथम कामावर घ्यावे लागते. गाढवे किंवा इतर जनावरे कामावर लावावयाची झाल्यास ती निरोगी असल्याची खात्री करून घ्यावी लागते. एखादा मजूर व्यवस्थित काम करीत नसेल तर इंजिनीअर त्याला कामावरून काढू शकतो.

कामगार व कंत्राटदार याच्यात मजुरी इत्यादी गोष्टींवरून वाद निर्माण झाल्यास इंजिनीअर त्याचा निकाल देतो.

" Hoarding or Profiteering Prevention Ordinance 1948 " या कायद्यान्वये एखाद्या गोष्टीची भरमसाठ किंमत लावता येत नाही.

बांधकाम खात्यातर्फे कंत्राटदारांना पैसे देण्याची पद्धती

मोटारीने मालाची वाहतूक करणे अशासारखी छोटी कामे असल्यास त्याचे बिल एकदमच (First & Final Bill) करतात. ते पी. डब्ल्यू. डी. अकाऊन्ट फॉर्म नं २४ वर उतरवले जाते. एखाद्या वेळी आगाऊ पैसे द्यावयाचे असल्यास ते बिल फॉर्म क्र. २५ वर उतरवले जाते. अशा बिलाला " Running Account Bill A " म्हणतात. पत्रे, कौले, फरशा असे सामान कंत्राटदाराने आणले परंतु ते प्रत्यक्ष उपयोगात आणले नसले तर " Running Account Bill B " करून फॉर्म नं. २६ वर ते उतरवले जाते. नेहमीचे बिल फॉर्म नं. २७ वर उतरवले जाते त्याला " Bill C " म्हणतात.

सांभाळावयाची अवधाने

एकंदरीत पाहता या धंद्यात अनेक कटकटी कराव्या लागतात. वरील

नियमांवरून असे दिसून येईल की, कामावरील इंजिनीअरला इतके अधिकार असतात की, मनात आल्यास तो कंत्राटदाराचे अपरिमित नुकसान करू शकतो. त्यामुळे त्याला खुष ठेवणे क्रमप्राप्त होते.

या धंद्यात अनेक लोकांशी संबंध येतो. अधिकारी, मजूर व इतर अनेक लोक यांचे आपल्याविषयीचे मत सतत चांगले राहील याची काळजी कंत्राटदाराला घ्यावी लागते. यामुळे तो मनुष्य गोड बोलणारा, मनमिळाऊ, हसतमुख असा लागतो. चिडका, शीघ्रकोपी व मानापमान पाहणारा माणूस या धंद्यास निरुपयोगी ठरतो.

या धंद्यात पडणाऱ्या माणसाला कामाशी एकरूप व्हावे लागते. सतत कष्ट करण्याची सवय पाहिजे. इकडेतिकडे धावपळ करण्याचा कंटाळा येता उपयोगी नाही.

बहुतांशी मजूर अशिक्षित असल्याने ते कामात अनेक चुका करण्याचा संभव असतो. तेव्हा त्यांच्याकडून नीट, व्यवस्थित काम करून घेणाऱ्या सुपरवायझर्सची अत्यंत आवश्यकता असते. कामाच्या दृष्टीने कोणता माणूस कसा उपयोगी पडेल याकडे बारकाईने लक्ष द्यावे लागते.

काही यंत्रसामग्री जवळ बाळगणे अत्यंत आवश्यक असते. तसेच स्लॅब, सेंटरिंगसाठी लाकडाचे मुंदे, लोखंडी पत्रे, सामानाच्या ने-आणीसाठी ट्रक अशा अनेक गोष्टी जवळ असाव्या लागतात. यासाठी खूप भांडवलाची आवश्यकता असते. ज्याला थोड्या पैशावर धंदा सुरू करावयाचा असेल त्याला सुरुवातीला फारच त्रास पडतो; कारण मिळणाऱ्या फायद्यातील बरीचशी रक्कम त्याला भांडवलात गुंतवावी लागते.

काही कंत्राटदारांचा वाईट काम करून पैसे मिळविण्याकडे कल असतो, परंतु या योगाने त्याच्याबद्दल वाईट मत होण्याची शक्यता असते. त्यापेक्षा शक्यतो चांगले काम करून तसा लौकिक मिळविणे अधिक हिताचे होय.

कामाच्या व्यापामुळे या धंद्यात शिरणाऱ्यास खाजगी जीवनात लक्ष घालण्यास कमी वेळ मिळतो. हा या धंद्यातील एक तोटाच होय. पण मोठा कंत्राटदार होण्याची ज्याची महत्त्वाकांक्षा आहे त्याला हे नाइलाजाने स्वीकारावे लागते.

कमी वेळात अधिक काम कसे होईल याकडे कंत्राटदाराचे लक्ष हवे; कारण एखाद्या कामात फार वेळ गेल्यास तेवढ्या वेळात दुसरे एखादे काम करून अधिक पैसे मिळविता येतात. काम करण्यास नोकरांना हुरूप चढावा म्हणून त्यांचा विश्वास संपादन करावा लागतो. तसेच त्यांच्यावर जरब हवी, संपूर्ण ताबा हवा. बोनस देणे, सणासुदीच्या वेळी अगोदर पैसे देणे, अडीअडचणीला पैशाची व अन्य तऱ्हेची मदत करणे, विमा उतरवून देणे, अशा अनेक युक्त्या योजून नोकरांची मने काबीज करता येतात.

गवंडीकामाचे किंवा इतर छोटे ठेकेदार हे कंत्राटदाराला आपल्या हाताखाली ठेवावे लागतात. हे ठेकेदार गवंडी आणण्यासाठी, त्यांच्या पगारासाठी अशा अनेक कारणांनी पैसे घेतात व खूप पैसे त्याच्याकडे राहिले की पळून जातात. अशा लोकांपासून सावध राहावे लागते.

जमीन खणणे, दगड फोडणे, कॉंक्रीट टाकणे. मरूमभरणी करणे अशी कामे वडारी लोक त्वरित व अत्यंत थोडक्या पैशात करतात. यामुळे या लोकांना हाताशी धरणे आवश्यक असते. पण हे लोक वागविणे फारच कठीण जाते. कित्येकदा दारू पिऊन ते मारामाऱ्या करतात. अशा वेळी भांडणे सोडविताना नाकी नऊ येतात. खडक फोडण्यासारखी कठीण कामे या लोकांशिवाय कोणीच करण्यास समर्थ नसल्याने कित्येकदा या लोकांना जामीन राहून त्यांना सोडवावे लागते.

सरकारी व बिनसरकारी कामासंबंधीचे नियम

तसे पाहू गेल्यास सरकारी व बिनसरकारी कामे यात विशेष फरक

नसतो. सरकार ज्याप्रमाणे कामाच्या देखरेखीसाठी अधिकारीवर्ग नियुक्त करतो त्याप्रमाणे बहुतेक सार्वजनिक संस्था आपल्या कामासाठी ' सल्लागार इंजिनीयर 'ची (Consulting Engineer) नेमणूक करतात. कंत्राटाविषयी नियम ठरविणे या इंजिनीअरच्या हाती असते. काही थोडे फेरबदल सोडल्यास एकंदरीत नियमाचे स्वरूप सरकारी नियमांच्याप्रमाणेच असते. फरक एवढाच की हा इंजिनीअर मधूनमधून कामाला भेटी देत असला तरी सरकारी कामाप्रमाणे त्याची कामावर सतत देखरेख असत नाही. सार्वजनिक संस्थांबाबत हे खरे असले तरी, समजा, एखाद्या इसमास बंगला बांधावयाचा आहे तर तेवढ्यासाठी काही तो एखादा सल्लागार इंजिनीयर नेमत नाही. अशा वेळी इमारतीचे नकाशे तयार करण्याचे काम कंत्राटदारालाच करावे लागते. तेव्हा निरनिराळ्या तऱ्हेचे नकाशे संग्रही असणे चांगले. सरकारी कामात अथवा सार्वजनिक संस्थांच्या कामात असे नकाशे बहुधा पुरविले जातात.

हल्ली बहुतेक इमारती अगर इतर स्वरूपाच्या बांधकामातून सलोहकॉंक्रीट व लोखंड यांचा उपयोग सर्रास केला जातो. सलोह कॉंक्रीट व लोखंड यांचे खांब, तुळया इ. चे आकार ठरविण्याची विशिष्ट पद्धती असते. हे आकार ठरविण्याचे काम सरकारी इंजिनीयर व सल्लागार इंजिनीयर बहुधा करतात. परंतु ज्या कामाची संपूर्ण कामगिरी कंत्राटदारावरच पडलेली असते (उदाहरणार्थ, वरील बंगला) तेथे हे काम त्यालाच करावे लागते. अर्थात यासाठी इंजिनीअरिंगचा पदवीधर हाताशी असणे अत्यावश्यक असते. अशा तऱ्हेच्या खाजगी कामात कंत्राटदाराला खूपच स्वातंत्र्य असते.

बांधकामात अद्ययावत वस्तूंचा उपयोग

साधारणतः बांधकामासाठी दगड, विटा, लाकूड, सिमेंट ह्या वस्तू लागतात. त्या सहज उपलब्ध होतात. परंतु बांधकामाचे शास्त्र हल्ली

बरेच प्रगत झालेले असल्याने अनेक नव्या वस्तूही बांधकामासाठी वापराव्या लागतात. निरनिराळया तऱ्हेचे रंग, वेगवेगळया प्रकारच्या कड्या, कोयंडे, कुलुपे व तत्सम वस्तू (Builder's hard wares) लाकडापासून बनविलेल्या विविध वस्तू (प्लायवुड, अग्निविरोधक व आवाजरोधक बोर्डस इत्यादी) संडासाची, मुतारीची भांडी, हातधुण्याची भांडी इत्यादी आरोग्यसंबंधित वस्तू (Sanitary wares), सांडपाणी व पावसाचे पाणी वाहून नेण्यास लागणारे नळ, विविध तऱ्हेची रासायनिक द्रव्ये निरनिराळया फरशा, अशा हजारो वस्तू बांधकामात वापराव्या लागतात. ठराविक वस्तुसमुच्चयाचे उत्पादन करण्याचे काम निरनिराळया कंपन्या करीत असतात. अशा कंपन्यांच्या जाहिराती मासिके व वर्तमानपत्रे व विशेषतः तांत्रिक विषयांच्या नियतकालिकांतून येत असतात. त्यांच्याकडून माहिती-पुस्तिका मागवून त्या सर्वांचा अभ्यास करता येईल. अशांपैकी काही कंपन्या आपल्या मालाचा प्रचार व्हावा म्हणून फुकट तांत्रिक सल्लाही देत असतात. त्याचाही फायदा घ्यावा. काही तांत्रिक विषयावरील मासिके :–

(1) The Indian Architect. (2) Forrum. (3) The Indian Concrete Journal. (4) Bhagirath. इत्यादी.

एकंदरीत पाहता कंत्राटदार होणे हे एखाद्या येऱ्यागबाळयाचे काम नसून खूप दगदग सोसू शकणाऱ्या, अत्यंत चतुर, धूर्त, निरनिराळया बारीकसारीक गोष्टींचाही सूक्ष्म विचार करणाऱ्या अशा माणसाचाच यात टिकाव लागेल हे नीट समजून-उमजूनच त्यात पदार्पण करावे.

कंत्राट व कंत्राट

BVBK-0400968

आमची आणखी प्रकाशने

भूगोलावरील साहसी-प्रवासी (भाग १-२)
वि. आ. मोडक

भूगोलावरील काही विचित्र प्राणी
वि. आ. मोडक

भूगोलावरील वनस्पतींचे प्रदेश
वि. आ. मोडक

भारतीय बांधवांचे भूप्रदेश
वि. आ. मोडक

निसर्गावर मात
अविनाश फगसळकर

सुबोध उपासना
पृथ्वीराज भालेराव

उपासना-महात्म्य
पृथ्वीराज भालेराव

बा. वा.
१९६८

ंडमध्ये औद्योगिक क्रांती झाल्यानंतर हळूहळू जगातील इतर ांतही तिचा शिरकाव झाला. त्यामुळे मोठमोठ्या कारखान्यांत निराळ्या तऱ्हेचे पदार्थ मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागले. पूर्वीची बारा तेदारांची पद्धत नष्ट झाली. एकाच ठिकाणी सर्व तऱ्हेचा माल डाथोडा होण्याऐवजी विशिष्ट ठिकाणी एकाच तऱ्हेचा माल अधिक ाणात निर्माण होऊ लागला व तो सर्वत्र प्रसारित केला जाऊ गला. यामुळे रस्ते, लोहमार्ग, जहाजे इत्यादी दळणवळणाच्या साधनांत धारणा करणे जरूरीचे भासू लागले. अर्थात यंत्रशास्त्रज्ञ व स्थापत्य-ास्त्रज्ञ स्वस्थ बसले नव्हते. कितीही जोराचे दळणवळण असले तरी ते रक्षितरीत्या व झटपट करण्यासाठी स्थपतींना अनेक युक्त्या योजाव्या ागल्या. हलणारे पूल ही त्यांतीलच एक युक्ती होय.

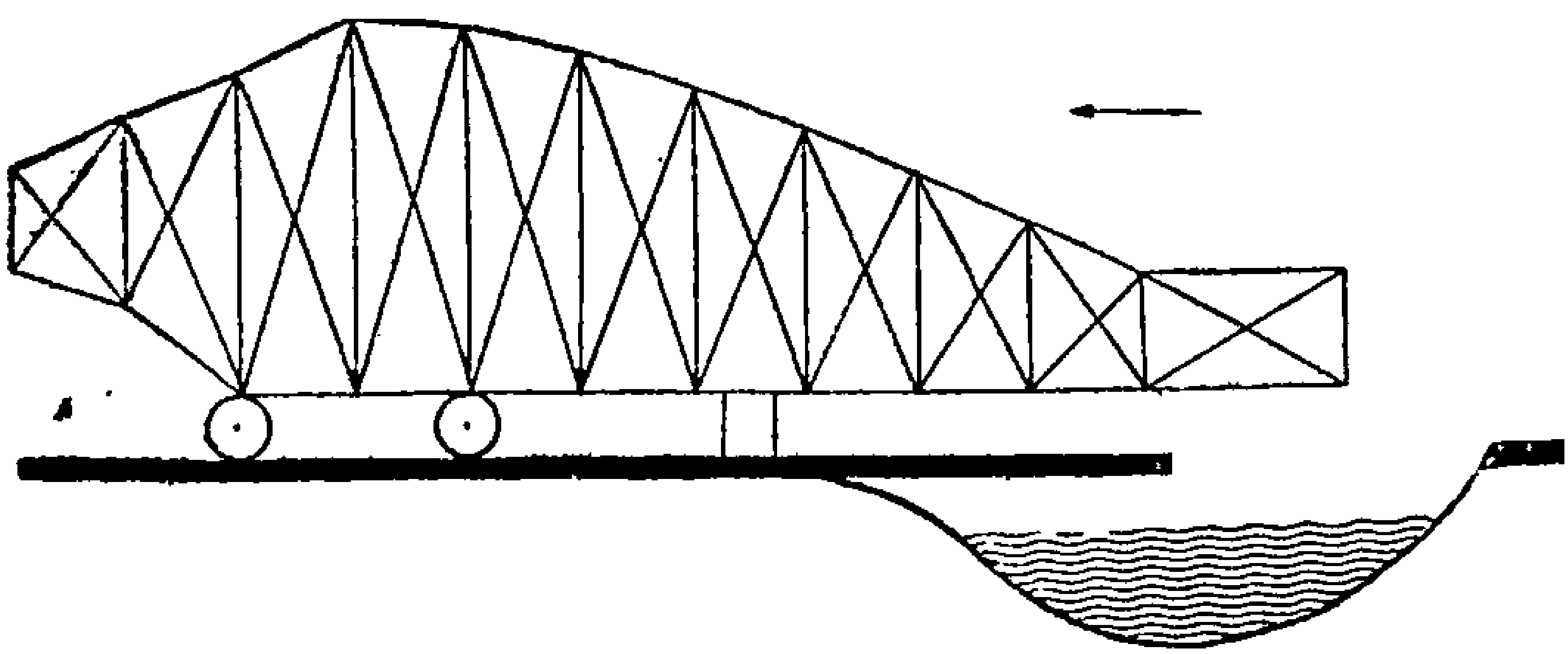
जगातील मोठमोठ्या नद्यांतून जहाजांची वाहतूक चालू असते. तसेच या नद्या ओलांडून अनेक लोहमार्ग वा रस्ते जात असतात. ोटींची उंची एवढी असते की, एवढ्या उंचीवरून पूल नेणे शक्य नसते. हणून पूल नेहमीच्याच उंचीवर बांधलेला असतो. परंतु एखादी बोट आल्यास तो उचलण्याची अगर बाजूस सरकवण्याची अथवा नदीच्या प्रवाहाबर समांतर करून ठेवण्याची सोय केलेली असते.

अवाढव्य पूल हलविणे म्हणजे काही सोपी बात नव्हे. त्यास स्थापत्यशास्त्रज्ञांना बरेच डोके खर्च करावे लागले आहे; अ काळजीपूर्वक काम करावे लागले आहे.

अशा तऱ्हेचे हलणारे पूल एकाच तऱ्हेचे नसून त्यांत अनेक प्र आहेत. काही वर उचलले जाणारे, काही सरकवले जाऊन किनाऱ्या तात्पुरते जाणारे, काही नदीच्या मध्यात प्रवाहाच्या दिशेस समांत होऊन राहणारे, काही दाराप्रमाणे उघडले जाणारे, तर काही पाळण्य प्रमाणे लोंबळणारे व नदीच्या एका काठाहून दुसऱ्या काठास जाणा असे विविध पूल आहेत.

सरकणारे पूल

दुकानात पदार्थ ठेवलेल्या कपाटाच्या सरकत्या दाराप्रमाणे हे पू असतात. त्यांना खाली चाके असतात. एखाद्या जहाजास पुलाच्य पलीकडे जावयाचे असेल तर हा पूल नदीच्या एका काठावर खाली



आ. नं. १

चाकांवरून सरकवत नेऊन ठेवता येतो (आकृती क्र. १) जहाज निघून गेल्यावर परत तो नदीवर आणून ठेवता येतो. पूर्वी अशा तऱ्हेचे पूल दक्षिण युरोप व न्यूयॉर्कमध्ये फार बांधले गेले. सध्या अशा तऱ्हेचे पूल बांधण्यात येत नाहीत.