

最近の岩盤力学の動向

土木学会岩盤力学委員会

委員長 岡本 舜 三*

1. 緒 言

岩盤力学委員会が当土木学会に誕生したのは1962年であるが、さらにその母体をたどるならば、1960年、電力中央研究所、建設省土木研究所等の研究機関の有志を交えた岩盤研究会を想起こす。

岩盤力学という名のもとで Working Group が結成されてから10年目を迎えた今日、過去を振り返りつつ、この間の研究動向を反省し、将来の岩盤力学発展への一助としたい。

2. 岩盤力学に関連した内外の組織

一口に岩盤力学といっても、その実態は多くの専門分野の知識の結集にもとづいている。その意味でも、現在の岩盤力学界がどのような組織で構成され、情報交換が行なわれているかをまず明らかにしておく必要がある。

(1) 国内組織

冒頭に述べたように、当学会の岩盤力学委員会の母体は1960年に発足した岩盤研究会であった。当時黒四ダムを頂点としたアーチダムの建設に関連して、岩盤力学に関する情報交換や討議のため有志が集って結成されたが、その契機は、やはりマルパッセダムが前年1959年暮に崩壊して、内外ともに基礎岩盤の力学的機構の解明の機運が高まっていたことにあったと考えられる。

この研究会が1962年第1回岩盤力学シンポジウムを開催したのが契機となって、本学会の独立委員会として岩盤力学委員会設置の運びとなり、以後毎年シンポジウムが開催され、今日に至っている。

そして、1964年には、日本鉱業会、土質工学会、日本材料学会を加えた4学会共催の合同シンポジウムが開かれる運びとなり、以後3年ごとにこのシンポジウムも

4学会共催の恒例行事として着実に発展しつつある。

他学会へのこのような呼びかけと同時に、土木学会では岩盤研究会以来の研究成果を1966年に“技術者のための岩盤力学”なる単行本に結集して、発表するに至った。

その後、前記4学会が定期的に情報交換を行なうことと、国の外との情報交換の窓口を一本化するという二つの目的を掲げて、日本学術会議の下部組織として岩の力学研究連合委員会が結成され、1968年から実質的な委員会活動に入っている。

ちなみに本年2月の土木学会主催のシンポジウム(学会単独としては第5回、合同シンポジウムを加えると第8回目)への参加者数は約200名の多きに達しており、技術者の岩盤力学に対する関心が深まりつつあることを如実に示している。

(2) 国際的な組織

後述するように最近になって国際岩の力学学会(International Society for Rock Mechanics)が結成され、Rock Mechanicsという標題のもとでの国際組織が統合されつつある。

国際的な情報交換という意味では、1958年の国際ダム会議で岩盤力学のテーマとして、地下構造物が取り上げられたのが最初かと思われる。

その後、雑誌 Geologie und Bauwesen を主唱していた Müller を中心とした国際岩盤力学学会が結成され、翌1963年国際的規模での研究会を開いている。これが今日の I.S.R.M. の母体となっているのは、日本における岩盤研究会と岩の力学研連との関係と類似していて興味深い。

なおこの頃から Rock Mechanics という言葉が、鉱山や採掘関係の国際会議でもしばしば見られるようになり始めたし、また内容的には Rock Mechanics の範囲に入ると考えられる論文を集めた国際会議が随所で開かれている。

* 正会員 工博 東京大学教授 生産技術研究所

たとえば、1963年アメリカ Santamonica での地殻応力に関する会議、1964年アメリカ Colombia 大学での弱層処理に関する岩の力学国際会議等で、これらはいずれも鉱山学会関係の会議としては古い歴史を持っていると想像される。

一方、大ダム会議でもその後の国際会議には、岩盤に関するテーマが引続いて取り上げられるようになっていく。

このように、Rock Mechanics に関しての国際的な気運の高まりを察してか、ポルトガルの Rocha 氏が音頭を取って前述の Müller 氏の組織を発展させ、国際岩の力学学会 (I.S.R.M.) を発足させるに至った。

1966年ポルトガル Lisbon において第1回国際岩の力学学会が開催され、参加論文数が248編、参加者数は800名という大規模な内容に発展した。

以後4年ごとに国際岩の力学学会が世界各国持ち回りで開催されることになっており、第2回目がすでにユーゴスラビアの Beograd できたる1970年に開催されることが決まっている。

わが国でも、前記の岩の力学研究連合委員会が I.S.R.M. の窓口として現在活動中であり、日本 National Group としての会員数は47名数えをている。

3. 岩盤力学に関する研究の動向

紙面の上での制約もあるので、個々の研究についての詳述を避け、以下にごく概念的に研究の動向を述べることにした。なお主眼点をどちらかというところ“力学”という点に置いたので、地質調査法に関する問題についてはほとんど触れていないし、その他の面でも舌足らずの表現があるが、ご容赦願いたい。

(1) 現地での実験・研究

a) 変形に関する問題

岩盤が構造物の基礎としてどれだけの変形が許されるかという問題に対処する場合で、主としてアーチダムのような不静定構造物の基礎岩盤、また軟弱な岩盤上での大型建屋(原子力、火力発電所、貯油タンク等)の基礎、長大橋の橋脚基礎の設計時に当面する。

これら変形が問題になる場合には、古来の弾性論から求めた Vogt, Boussinesque の半無限弾性体理論にもとづいて、直接現地地盤に荷重を加えて変形を測定し、いわゆる変形係数を求めて直接設計に取り入れている。

この種の試験方法として知られているものには、簡易ジャッキ試験法、水室試験法、支圧試験法などがあり、方法論としての裏付けは一応議論しつくされているようにも思われる。

しかし実際の地盤は、非均質性、異方性に富んでいるために、試験結果は局所的な特性をとらえる恐れが多く、試験の規模、箇所を選定には土木地質的な判断にもとづかねばならない。このような判断規準は、現在のところ現場技術者個々の経験に頼っているのが実情で、得られる結果にはその意味での曖昧さが常につきまといっている。

このような曖昧さを除こうとする努力は、地質調査規準、現地岩盤試験法規準の設定を試みようとする国の内外での委員会活動に現われていて、近い将来には現場技術者に対する何らかの指針が示されよう。

試験方法の基本的な考え方としては、古典弾性論の域を出ていないが、実用目的では現行の試験法が大きく変わるとは思われないので、むしろ結果の解釈や、これに先立つ総合判断についての研究が、今後望まれる点であろう。

b) 応力に関する問題

ここで特に応力を取り上げたのは、いわゆる地下あるいは半地下掘削にともなって、自然の地山の平衡状態を乱したために、周辺の山自体、あるいは構造物の安定に支障をきたすといった類の問題を解決せねばならない場合が多々あるからである。

たとえば、トンネル掘削、地下あるいは半地下式発電所の建設、大型プラントや道路、鉄道建設にともなって生ずる斜面の切り取りなどの設計時には、工事以前にどれだけのポテンシャルを岩盤自身が持っていたかを知る必要がある。

従来この種の問題を取り扱う場合には、Tarzaghi の土荷重表が重用されたり、支保工を利用して応力測定を行なって周辺地山の応力状態を逆算するという方法が用いられていた。最近になって、従来地山の一部分を人為的に応力のない状態にして、この際に何らかの方法によって、この部分のひずみ変化を測定して元の状態を逆算する、いわゆる応力解放法による初期地圧の測定法がいろいろ考案されている。

ストレングージ、光弾性皮膜、ポアーデフォーメーター、フラットジャッキ等、手段として選ばれる測定器具類はいろいろ報告されているが、水、湿気の多いという現場の悪条件を克服して、測定値を得、解析に成功したという例は少ない。

前項の変形試験法とは違って、試験法そのものの実用化に障害があるのが現状といえる。

c) 強度に関する問題

“岩盤が壊れる恐れがあるので、強度を評価する必要がある”——このような発想はごく最近のもので、特に土木関係者の間ではマルバッセダム以来やかましくいわれ出した問題である。

すなわち、構造物の大型化と限られた立地条件とから

従来は地質調査の段階で放棄してきたような地点での土木工事が多くなってくると、基礎岩盤の形状が構造作用上好ましくない場合、岩盤中の断層や破碎帯などの弱点が避け得られない場合等にしばしば遭遇する。

このような場合には、岩盤そのものの強度、あるいは弱層の強度などを、あらかじめ知って、設計に取り入れる必要がある。また最近では、特に上述のような弱点が問題にならない場合でも、一応強度を知り、安全性を確かめておくというのが常識となってきているようである。

慣用されている現地試験法としては、クーロン・モールの破壊条件曲線を求めるための、せん断試験方法がある。試験体の相手が岩盤そのもの、岩とコンクリートの付着面、断層などの弱点であるかによって、それぞれ、ロックせん断、ブロックせん断、断層せん断などと呼称されている。これらの試験に共通した難点といえば、試験の規模が大きくなること（ジャッキの出力は少なくとも1000t程度が必要となる）が原因となって、労力、経費が膨大になるにもかかわらず、実験の結果は必ずしも所期の目的を満足してくれないという点である。

実験中に生じている局部的な破壊現象を一切無視して、すべて平均的な強度として結果を整理しているという点に学問的には大きな疑点を残しているが、後述の室内実験では、このような局部的、逐次的な破壊に関する研究が進められているので、この方面から結果の解釈に対する今後の指針が期待される。

d) 補強に関する問題

変形試験、強度試験等で予備調査を行なった結果、必要条件との間にへだたりがあれば施工によってこれを解決せねばならない。

このような場合に、施工によって基礎岩盤の応力状態を乱さないようにするという消極的な考え方も、むしろ積極的に基礎岩盤を改良してゆこうとする考え方の二つの対応策がある。

前者に属するものとして、掘削工法とくに爆薬の効果的な使用法に関する研究や、斜面や貯水池での排水工法などの研究がある。特に強度を損わないという点では、水の強度におよぼす効果についての議論が今後ますます盛んになる。

後者に属するものとしては、強度、変形係数の増大や岩盤の均質化を目的とする各種のグラウト工法、地山の緩みを押えようとするロックボルト工法、断層などの弱点を積極的に置き換えてしまう置き換えコンクリート工法など列挙に暇がない。

止水効果が重要視される場合、止水目的の各種のグラウト工法も後者に属する問題である。

このような各種の補強法が、現実には現場技術者にとっては最大の関心事であろう。これら工法の効果は、各

種の実測によって明らかになるものであるが、最近、綿密な実測計画にもとづいたこの種の報告が多く見られるようになってきているのは喜ばしい傾向といえる。

(2) 室内での実験・研究

a) 岩石試験

岩盤力学という概念は、どちらかという現場的な発想を持っているが、ここ数年来の現場での各種の実験や研究の結果が集積されてみると、結果の解釈や、適用に際して上述したような難点もあることがわかってきた。

室内実験で小さな供試体で岩石の物性を求めるという手法も、本質的には、岩盤の場合と同様な曖昧さは残るが、簡便に数多くの数値が得られるという点で、最近土木技術者の間で重用されている。

試験方法に関しても従来のクラシックな方法から改良されてきており、わが国では日本鉱業会がつい昨年、試験法に対する統一見解にもとづいた講習会を実施しているし、国際的にも試験方法の統一の動きがある。

室内実験の特長は、環境を任意に整備しようという点であり、その意味では地点別の比較などに便利であり、すでに、ごく基本的な物理量（単軸圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、比重、吸水率等）については、ある程度統計的な整理がついているようである。

しかし、これらの資料を工学的に現場に応用する際には、これら基礎定数が環境によってどう変化するかということが問題となる。以下、それらの問題を列挙してみる。

① 吸水膨張圧：貯水池や、水圧管路などの周辺岩盤は、構造物が完成すると浸水するが、このときに岩石に膨張、収縮などの現象を生ずると、岩盤から逆に構造物へ力が加わる結果となるので、設計時にこの力を考慮せねばならない。

この種の現象は、鉱山技術者の間では古くから知られていたようであるが、土木技術者にとっては最近気づかれた問題である。ここ二、三年この問題の報告がしばしば見られる。

② 風化度あるいは湿度や温度変化の影響：トンネルの掘削などで岩石が直接外気にさらされたり、氷結や浸水などの影響にさらされるようになると、強度や変形係数が極端に低下する現象がある。鉱物学的には風化度の研究として良く知られているが、工学的には湿度条件をサイクリックに変化させた、湿度サイクルと強度との関係を究明する必要がある、すでに二、三の基礎実験の報告もある。

また別の観点から、温度サイクルについても同様な現象を究明することにより、地下構造物（原子炉を地下に収納する等の問題）の設計で熱現象が問題になる場合に

役立つことができよう。

③ 多軸応力状態の影響：すでにコンクリートなどで行なわれているように、2軸あるいは3軸状態での岩石の応力-ひずみ曲線や強度を求めることが、岩盤内の応力解析を行なう際の基礎資料として要求されている。岩盤を構造物の一部と考える、すなわち単なる剛基礎として片付けないという最近の趨勢を如実に示している。

④ 硬度、破砕度：岩石がどの程度の硬さを持ち、どの程度破砕し易いものかは、現場での掘削、ボーリング工事の期間や、経費を決定する重要な因子となるし、ある意味では工事の成否にかかわる問題ともなる。

その意味では、この課題は、今まで存外われわれ土木技術者が見過してきた盲点のような気がする。レーザー光線や核爆発という新鋭の技術に対しても、基礎的な問題として今後発展させるべき分野と考えられる。

b) 模型実験

岩石の集合体としての岩盤の性状を把握するために、一方で現場試験、他方では岩石試験があって、それぞれに特長を生かした研究が進められているわけであるが、いずれの結果も“帯に短したすきに長し”といった感がある。

そこで、岩盤特有の節理、ひびわれ、弱層といった数々の特性を模型的に表現して、実験するという手段が、前述の2つの即物的な手法に増して重要となってくる。

現在までにこういった手法で扱われてきた問題を以下に列挙してみる。

① 節理体の変形、応力伝ば：石膏ブロックや、ゴムブロックを積み上げて、地盤の形を目的に応じて表現して、想定される荷重系態を与えて、定量的な応力測定あるいは目で直接見て変形の実態を把握する。古典的な弾性論ではとうてい説明できない局部的な応力集中や、変形状態が具現される。

なお手法としては、光弾性実験やモアレ法なども有効である。また粒状体としての発想から球を積み重ねたり、円形鉄棒などを積み上げて実験した例もある。

いずれの場合もごくわずかな例を除くと、定性的な解釈に止まっているが、それでも現実の岩盤に対するイメージを与えるには有力な研究といえる。

② ひびわれ体の強度低下、異方性：石膏の供試体に多くのひびわれを表現して、弱点の数や長さや強度の関係を確率論的に取り扱っている例が多い。この種の実験は、岩石と岩盤の強度の関係を量的に説明できるという点にすぐれた特長を持っている。

また層の方向と強度との関係を示す実験が石膏模型で行なわれて、強度の異方性とその機構が明らかにされているが、スレート等の異方性のはっきりした岩石の供試体についての実験例とも良く一致していて興味深い。

この種の基礎的なモデルテストは、ここ二、三年でほぼ出つくしたとの感を受けるほど多くの研究者が扱っている。

③ 地山やその内部空洞周辺の応力分布：初期応力それ自身や、トンネル等の空洞を生じた場合の応力分布の変化を定性的にとらえるために寒天モデルを用いたり、あるいは遠心機を利用した実験が行なわれている。前者は主として変形を扱う手段として、後者は、光弾性しによって定量的な解を求める手段として有効に用いられている。

地山の初期応力状態は、構造地質作用との関係が深いので、一概に模型から想像できない面も多く、アプローチが困難な問題の一つといえる。

(3) 岩盤内の応力・変形の解析手法に関する研究

a) 弾性・塑性基礎理論とマトリックス構造解析法
均質等方の仮定で出発している弾性論が古来われわれの頭から離れていない。Boussinesqueの半無限体理論、これから出発して基礎の変形定数を求めて実用化を計ったVogtの諸式がいまだに各所で用いられている。

ごく単純に扱える問題であれば、上述の古典的な解析法で実用上支障はないと思われる。また、従来のアーチダムの設計はこれらの基本式の応用の一面であった。

しかし、一度問題が複雑（非均質・任意形状）になると、事実上の取扱いは不可能になってしまい、弾性論で取り扱える範囲には限界が見えてきた。

同様な難点は、従来の塑性論やこれから発展した粒状体の理論についても当てはまり、岩盤の力学を研究する上に大きな障害となっていた。

近年になって、マトリックス構造解析法が、電子計算機の発達とともに脚光を浴びるようになり、Clough, Zienkiewicz等が土木分野への応用の道を示して以来、上に述べたような障害は一気に取り除かれた感がある。

この解析法は、考えている境界を細かい要素に分割して、個々の要素では従来の弾・塑性論にもとづいた応力-ひずみの関係式で状態を表現するが、境界全体についての力と変位の関係は、個々の要素に貯えられるエネルギーの総和として表現されていて、最終的には多元一次連立方程式を解くという簡単な形に帰着される。

ここで個々の要素の剛性や、形は全く任意に定められるという格好の条件がある。岩盤のような非均質な物体で、しかも形が全く任意であるという問題の解法としては、まさに魅力ある解析法であった。

この手法が発表されて以来、岩盤の力学的取扱いはあっという間に飛躍したといつてよい。

b) 非均質、任意形状としての取扱

部分的に存在する弱層や、弾性定数が場所的に異なっ

ているというのは、岩盤としてはごく普通の姿であり、もちろん考えている境界も自然に与えられたもので、全く任意のものである。

さらに、岩盤を基礎としている構造物ですら決して均質なものである。

このような非均質さは前記のマトリックス構造解析法では個々の要素の剛性として独立に表現され、境界の形は、全体を多くの三角形要素として表現することにより任意に定まるものである。

得られる解の精度は、最初に仮定した要素の分割の程度や境界の範囲等で定まるが、この解法としての精度の問題については、すでに数多くの研究者が検討をしており、実用上の支障はないとされている。

現在、実用的には、計算機容量や計算時間の点で、問題を二次元として取り扱う場合がほとんどであるが、基本的には三次元解を得ることは容易であり、三次元的な取扱いに移行するのは時間の問題であろう。

c) 逐次破壊、粘塑性的取扱い

岩盤としての物性が、応力の関数、時間の関数として表現される場合、これらに対しても前述の非均質性を考慮して、応力増分や、時間経過に対して、個々の要素の剛性を変えながら計算を進めることが可能である。

最近の応用例としては、地下掘削時の周辺地山のゆるみ問題、ロックフィル斜面の逐次破壊の問題、トンネル掘削にともなうライニングへの応力分担増加の問題などが見られる。

さらに、岩盤という概念を軟弱な地盤にまで発展させると、アースダムのような盛土の問題や、斜面の滑動問題の解析にも応用可能と思われる。

この際、解析に必要な基礎的な物性試験値をいかに正確にとらえるかということが、解の精度を左右することになる。解析法の進歩によって、物性試験の重要性が見直される段階に至っているといえよう。

4. 岩盤力学の将来の課題

ごく概念的に最近までの岩盤力学としての研究動向を述べてきた。10年前を振り返ってみると、正に隔世の感があるが、一方ではいまだに解決されてない多くの問題もあるように思われる。以下重点的に記述してみる。

(1) 現地試験と室内試験との対応

現地において岩盤そのものを対象とした試験を行なうことは最も安心できる手段ではあるが、これに要する労力と費用とは膨大である。一方、解析法の進歩により計算に要求されている物性値はますます精度を必要とする傾向にある。

もし、現場の岩盤の諸物性が簡単な室内実験の結果から容易に推定できれば、非常に能率的に計算処理ができるであろう。

現在、学会の委員会で行なっている現地岩盤試験結果と岩石試験結果との対応を求める調査活動も、この要請に答えるための一つの動きといえる。

しかし、このような統計的な資料の処理のみでは、将来の見通しは必ずしも明るいとはいえない。

岩石と岩盤との特性を関連づけようとする前述の模型的手法と、土木地質的な調査法の研究とが一体となって、岩盤の力学的、地質的なモデルのいくつかのパターンが示されるようになれば理想的と思われる。

現在は、力学的なアプローチがやや先を進んでいるという感がなきにしもあらずで、その意味では、土木地質の方面からのアプローチに一段の進歩を期待したい。

(2) 物性の研究と解析手法との対応

マトリックス構造解析法の出現は、岩盤という複雑な対象物の力学的取扱いを容易にし、ここ数年来の力学としての進歩は目を見はらせるものがある。

解析手段の精度の決め手は、いかに現実に近い物性値を用いるかということにかかっているといても過言ではない。

一方、現場での試験法には、ある程度限界があるので、物性の詳細な検討には、やはり室内での整備された環境下での試験が本命となろう。

岩石試験方法そのものについても、技術的な問題点は多々あるが、この方面での古い歴史を有する鉱物学的な細かい手法の活用にも期待したい。すなわち顕微鏡写真や、鉱物組成試験等の物理・化学的な量と、変形・強度といった力学量との対応づけから複雑な物性が整理されれば、一步前進ではなからうか。

一方、断層材料などのような塑性的、粘性的性質の強い材料については、土質力学で用いられてきた手法を活用する必要があると思われる。特に水が関係してくる場合には、圧密、間げき水圧といった土質力学的な概念が問題解決の鍵をにぎっていると思われるからである。

岩盤というマクロな概念から出発した分野ではあるが結晶、粒子といったごくミクロな概念に立戻って、再出発すべき状態に立ち至ったと思われる。

(3) 施工への指針と実測の重要性

いろいろな問題をかかえながらも、着実に進歩してきた岩盤力学も、実際に応用されて初めて意義がある。

その意味では、現場技術者への指針を与える努力が常に行なわれねばならない。

その意味では、現在国の内外で行なわれている各種の

調査、試験法の基準化の運動は、歓迎されてよい。

しかし一方では、このような基準の考え方は、実際の現場での検証、すなわち実測によって真偽を確かめるための努力があって初めて正当化されるものである。

特に、地山の初期応力、止水グラウト効果、等のように、従来から経験に頼っていた面が多い部門については今後の計画的な実測資料の集積と、これにもとづいた正確な判断方法の確立が急務と考える。

5. む す び

岩盤力学約 10 年の歩みを振り返って、ごく概念的な論述により、傾向と展望を述べたつもりである。

何分多くの専門分野の研究から成り立っているのですが、十分な論述とは思われない点が多かったようであるが、お許し願いたい。

個々の研究内容については、1962 年以降のシンポジウム集や、国際会議の論文集を参考にされればと考える。これら文献については、当岩盤力学委員会の取りまとめた、岩盤力学関係文献目録集を参照願えば幸である。

またごく最近の情報としては、“日本大ダム会議のダム技術講演討論会テキスト、1969 年 2 月”や、“発電水力講習会テキスト、1962 年 2 月”に、本文と同様な主旨で、より具体的な内容が示されている。

(1969.7.28・受付)

出 版 案 内

第 5 回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要	体裁：B 5 判 53 ページ 定価 600 円 送料 60 円
第 5 回衛生工学研究討論会講演論文集	体裁：B 5 判 169 ページ 定価 1 200 円 送料 80 円
第 9 回地震工学研究発表会講演概要	体裁：B 5 判 103 ページ 定価 700 円 送料 70 円
第 13 回水理講演会講演集	体裁：B 5 判 120 ページ 定価 800 円 送料 70 円
混相流シンポジウム講演前刷集	体裁：B 5 判 600 ページ 定価 600 円 送料 60 円

交通工学総論

日本大学理工学部教授 谷藤正三著 A 5・386 頁 1,500 円

土木工学は理工学の方野に比べるとあまりにも分化している。複雑化して雑学科のようになり、どれも焦点がぼやけた形態になっている。併しよく検討して見ると二つの大きな流れがあることである。昔から国を治めることは水を治めるにあるといわれるように治水、利水を主流とした国土保全の学を修める面と、近代産業の基盤整備として最近特に急務とされる輸送の学を修める面とがある。

国土保全、地域開発計画によって狭い国土を十分に生かし、世界経済の荒波に向っていくためには、どうしても究めなければならない問題である。同時に地域開発の進展のためには、基盤整備の第一線に交通体系の整備が緊要である。我が国の交通政策(道路、鉄道、海運、航空)の不徹底は、四大工業地帯の交通の混乱を生み、遠隔地における産業不振をまねき、後進性を脱却しきれない状態に陥らせている。そのためには公共投資が行われることがきわめて重要な問題である。本書は著者の関係した建設省、首都圏整備委員会、北海道開発庁、経済企画庁、運輸省などの各種委員会の審議課程における資料を多く使わせてもらってまとめたもので、土木工学関係者の一読をお奨めしたい本である。

□主要項目□ 近代交通への歩み 交通の本質 交通機関と輸送構造 国土開発の長期構想と交通 道路 鉄道 港湾 空港 大都市交通 交通政策 協同一貫輸送のための交通計画。

技報堂

東京都港区赤坂1-9-4
電585-0166 / ☎107

土質力学 土木学会監修
土木工学叢書
最上武雄編著 B 5・1,060 頁 7,500 円