

## 2.6 注入材料・ベントナイト

福住隆二\*

### まえがき

注入材料およびベントナイトは前記の鋼材やアスファルトなどの主要土木材料と異なり、施工法を解決する補助材料的な性格を有するので、これらの材料を工法と無縁に述べることはできない。まず、本節前半では注入工法として最も主要な位置を占める地盤注入面での材料を述べるが、注入工法の目的がたった一つであるにもかかわらず、材料としては現在きわめて多種のものが実用化されている。これは適用される環境条件、すなわち地盤条件が多様であるからである。一方、本節後半に述べるベントナイト材料は基本的には一種類の材料であるが、それに期待する性能はきわめて多く、構造補助材あるいは各種の施工法を側面的に解決する材料として貴重であると考えられる。

### 1. 注入工法と注入材料

注入工法とはいうまでもなく、岩盤あるいは地盤の空げきに材料を充填し、地中水の移動を阻止しあるいは地盤の強化をはかる目的を果たすものである。従って、注入材料として具備すべき基本的性質は、第一に地盤空げきに浸透してゆく能力があること、第二に浸透後流れ去ることなく填充固結する機構を持つこと、第三に固結した材料自身が目的にそった強度あるいは不透水性を有すること、の三点となる。注入材料は、施工法の進歩と相まって以上三点の性能の改善の繰り返しを受け、かつ適用性の拡大がはかられつつ、今日の普及化に達していると見ることができる。

ここではまず注入工法の歴史的背景のもとに材料発展のあとをたどって見よう。注入工法は Charles Bérigny (フランス・1902年)の粘土・石灰注入がその起源といわれている。その後ドイツでセメントが採用されて工法が進展し、わが国でも相当早くからセメント注入が試み

られ、セメントミルクを大量に使用した幾つかの難工事は今なお語り草となっている。セメント・粘土注入は安価ではあるが懸濁液であるために、浸透性に限界がありまた液の流出・溢出の難点がある。この不満が現在の薬液注入工法進展の発端ともなっているのである。しかし反面、セメント注入が世界的に主流的地位をおりないのは、上記の欠陥を解決する必要のない適用地盤が依然として多く存在するためであり、わが国でも現在多くの需要を有している。

薬液注入工法は、昭和初期の Joosten (オランダ) による水ガラスと塩化カルシウムの2液法の発明が端緒となっているが、これは2液会合型をとった意味から注入工法の一大変革を意味する。ただこの場合は、2液が瞬結するということから施工上の困難性が残った。わが国では、戦後の国土開発としての土木工事増大の時流にのって、水ガラスとアルミン酸ソーダによるわが国独自の注入工法が普及し、工法の地位を飛躍的に高めた。その後、水ガラスとセメントによる材料が普及し、現在きわめて広範囲な需要を示している。

水ガラスを主体とする注入材は、上記のほかにも過去30種程度のものが開発されており、その硬化材は現在ほとんど撈りようしつくされた感がある。水ガラス系材料は特に欧州・ソ連において地道な研究が積み重ねられ、世界的に薬液注入工法の支配的材料となっている。しかし、わが国の場合、細粒土地盤を対象とする都市土木工事の隆盛と、合成化学の発達という二つの環境条件から、2液会合によって硬化する各種の合成材料が次々と開発され、きわめてはなやかな展開を見るに至った。

わが国のこのような新しい注入工法の発達のきっかけとなったものは、昭和36年に日本を襲ったAM-9旋風であろう。日本の注入界はAM-9(アメリカ)という材料のあざやかな固結の様相に奇異感すら覚えるものがあつた。前述の水ガラス系材料はその粘性と固結時間調節性にまだ不満があつたが、AM-9に代表されるアクリルアミド系材料は、浸透性は水とほぼ同様であり、所望の時間に合わせて急激な固結化をはかることができるので、その性能を施工に反映させれば材料は経済化され、また注入工法の細粒土への適用性拡張をも可能にする。AM-9は特許関係の事情で現在わが国で使用されていないが、これを機縁として各化学メーカーによる注入材料開発欲がぼつ興し、その競走は熾烈をきわめる結果となった。

昭和40年前後はリグニン系、尿素系その他各種注入材が加わって乱立し、その種類の多様性が需要を上まわった感があつたが、やがて整理期を迎えすぐれたものが残り現在に至っている。そして2液会合型の薬液材料では今後当然飛躍的なものが出現しないようにも推察され

\* 正会員 日本開発コンサルタント常務取締役

る。しかしながら、最近数種の加水反応型注入材が実用化の段階に入っている。この範疇に属する材料は地下水自身と会合することによって固結が起り、かつ膨張性、強度などの面でも特異性がある。当然、従来のものとの原理的な差から新しい施工法や適用性の拡張が考えられ、将来の画期的な発展の可能性を持っている。

以上、材料発展の経緯を略述したが、これと相前後して注入技術の進展も行なわれてきている。しかしながら、視覚に頼ることのできない地下の欠陥を処理するという注入工法の本質からして、残念ながらその進歩は材料の性能向上の速度をやや下まわる感がある。注入材料の選定、計画施工法の決定ならびに施工効果の確認法などに関しては、土質調査法・計測法などの進歩と平行して合理化が進められているが、特に画期的な技術開発成果は見あたらない。施工法および管理法については比例配合式ポンプ、圧力流量管理計器など二、三の進歩があるが普及化に至っていない。しかし、材料の個々の特質を認識し取り扱ってきたことによる経験的な技能の体得は貴重であり、その意味ではここ数年の技術進歩は十分なものがあつたということもできよう。セメントしか決め手のなかつた時代にくらべて各種の薬液を取り揃えた現代は、困難な工事上の問題をかなり容易に解決する道が開けているということができよう。

## 2. 注入材料の現状と諸問題

現在、わが国の注入工事量は全体で約 200 億円と推定される。これらを大別すると、① ダム・トンネル工事、② 都市土木工事、③ 地方工事(河川、海岸、アースダムほか)になる。① は主として岩盤を対象とするもので、その技術は多年の経験によりすぐれたものを持っている。ダムにおける注入は一時ほどの需要量はないが、反面トンネル工事における注入はさかんで、六甲トンネルなど大型工事があるたびに注入材も断続的に大量に使用される。③ はあまり大規模な工事ではないが、アースダムの老朽化に伴う補修注入も少なくなく、セメントを主体とする注入が行なわれている。② の都市土木における注入工事量は全体の 50% 以上を占め、土質を対象とすることから薬液注入工法の発展の場となっている。都市土木関係の注入工事は、地下鉄道、上下水道、電電関連ならびに建物基礎などを対象とするが、工種別に見るとまずシールド注入が圧倒的に多く、全都市土木注入の 50% を越えている。それに土留開削式の掘削に伴う止水注入が続き、地下掘削に伴う周辺建物の基礎補強のための強化注入が 10% 程度あると見られる。地方別に見ると、土木工事量と注入工事普及化との関係から、東京・大阪・名古屋の比率は概略 7:2:1 程度と推定され

るが、主として地下鉄工事量を反映して、名古屋その他の都市での近い将来の需要増が予想される。

都市土木注入工事においては、一部場所打ち杭などと関連してセメント・ペントナイト注入が行なわれるが、なんといっても薬液注入が主体をなし全体の 80~90% を占めている。それを薬材別に見ると表-1 に示すように、① 水ガラス系、② アクリル・アミド系、③ 尿素系、④ リグニン系その他の順で使用されている。① の水ガラス系の材料は非常に多く使用され薬液注入全体の 70% 程度を占めている。しかし、② 以下の材料の進出と、今後の細粒地盤注入増大の傾向から見て、減退の方向をとる可能性も考えられる。水ガラス系注入の主体をなすものは L.W. 工法で MI, エリートンなどがこれにつづく。L.W. は交通関連工事においてきわめて多用されているが、その経済性が高く評価されている。

アクリルアミド系の材料では、日東 SS (Nitto-SS) およびスミソイル (Sumisoil) が代表される。前者が全国的に、後者は主として関西の市場を有している。メーカーの本格的な研究開発により、価格も低廉化の方向にある。現在、薬液工事全体の 15% 程度の需要を持っていると推定されるが、将来増大の方向にある。

尿素系材料はアクリル系材料に続き、それに近い市場を占めており、エスロック (S-rock) およびユリロックが代表的ではほぼ同程度使用されている。これらはアクリル系のものにくらべてやや溶液の粘性が高いが、固結液の強度が高く価格もやや低い。その性能に応じた適用面も多いので漸新な材料ということができ、場合によっては腐食その他の問題なしとしない。

リグニン系では、サングラウト (Sungraout) がここ十年地道な需要を持っている。しかし飛躍的な特性もないので、薬液全工事に対する割合はまだ低い。

前述の加水反応型の注入材としてはタックス (TACSS) が発展のきざしを見せている。きわめて強固な材料なので、土留アンカーや基礎補修などユニークな適用性も考えられている。ただ、現状では材料単価がかなり高いことが難点であろう。この系列では別の特性を持つ材料も開発完成途上にあるようであり、画期的な進展が期待される。

以上わが国における注入材料のすう勢を概観したが、次に注入工法の問題点と研究開発の現状をまとめて述べよう。注入工法の合理化は早くから叫ばれているにもかかわらず、進展しにくい原因はいろいろな角度からとらえることができる。まず第一に、相手地盤の複雑性があげられる。現状では材料およびその使用量は工事目的および地盤の粒度、透水性、間げき比などから経験を加味して簡単に決めることが多いが、地盤空げきおよび地下水の様相は千差万別で、現実の場での材料の浸透の形態

表-1 主なる薬液注入材

| 区分        | グラウト     | 材 料   | 物 性                    |                      |            |  | 最 適 土 質            |
|-----------|----------|---|------------------------|----------------------|------------|--|--------------------|
|           |          |   | 比 重                    | 粘 (CPS) <sup>±</sup> | pH         | 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) <sub>7日</sub> |                    |
| けい酸ナトリウム系 | MI-I     | A: けい酸ソーダ (無色透明液)<br>B: アルミン酸ソーダ (薄赤色液)                                   | 1.30                   | 20~25                | >13        | ⊙ 8.3                                    | 粗砂, 中砂             |
|           | MI-II    | MI-I に同じ  | ≒1.15                  | <2.0                 | >12        | 2.0                                      | 中砂, 細砂             |
|           | LW       | A: けい酸ソーダ<br>B: セメント (ベントナイト) 懸濁液   | 1.15~1.20<br>1.10~1.15 | 7~10<br>2~3          | >13<br>>13 | 11.6<br>6.6                              | 礫, 粗砂, 中砂          |
| リグニン系     | サングラウト   | A: 変性リグニンスルホン酸塩<br>B: (硬化剤) 重クロム酸ソーダ (促進剤) 塩化第二鉄, 他硫酸銅など                  | 1.105                  | 2.5                  | 4.0        | 8.4                                      | 砂質シルト              |
| 尿 素 系     | エスロックU   | A: (主剤) (助剤) 変性尿素系 合成樹脂<br>B: 硬化剤 (白色結晶)                                  | 1.05                   | 1.7                  |            | 15                                       | 土質粒径 0.01 mm       |
|           | ユリロック    | 1)<br>A: 変性尿素ホルマリン樹脂<br>B: 尿素 無機塩塩類<br>2)<br>A: 無色透明液体<br>B: 白色粉末, 白色粉末結晶 | 1.05±0.1               | 2.0                  | 2.0        | ⊙ 6.9                                    | 粒径 0.01 mm         |
| ア ミ ド 系   | スミノイルL   | A: アクリルアミド (淡黄色液体)<br>B: 促進剤 L, 助剤 L, 開始剤 L 安定剤 L (白色粉末) 抑制剤 L (赤橙色結晶)    | 1.01                   | 1.2                  | 6~8        | 3~4 (水中養生)                               | 土 粒 子 径 0.01 mm 以上 |
|           | 日東-SS-30 | A: アクリルアミド (淡黄褐色液体)<br>B: 過硫酸アンモン, 赤血塩 トリエタノールアミン, 硫酸第一鉄 1ジメチルアミノプロピオニトリル | 1.02                   | 1.20                 | 原液 6~7     | 9.02 (日東SSとほぼ同じ)                         | 土 質 粒 径 0.01 mm 以上 |

および方向ならびに空けき充填度などは不明な要素となっており、成果は必ずしも計画と一致しない。脈状機構の注入の場合の計画法に至っては、全くないといわざるを得ない実情である。さらに都市工事においては過去の工事などにより土質が不均質であり、埋設物、道路、建物付近の地盤状態は予想を越えた複雑な条件下にある。このような理由から、材料の性能と地盤の様相とを厳密に関連づけて施工に反映させることがむずかしいのも無理からぬこととなっている。そのために採用する材料は安価なものに走る傾向が生じ、また施工は経験的な能力のみを優先せざるを得ない結果となっている。従って、工法の合理化のためには実施例の科学的集積がきわめて必要と考えられるが、その手段としての調査や効果確認法に関しても技術的に困難な面が多い状態である。

第二に、注入工事形態上のネックがあげられる。主体工事の一部としての注入工事という観点から、企業者、建設業者、注入業者およびその下請組織の相互関連を検討すると注入工事の合理化と技術の進展をはじめ、いくつかの問題点が発見される。最近アメリカ土木学会(ASCE)が注入工事の示様書を発表した、その内容は上記の問題点と関係が深い。工事担当者の主体性を高

めることによって、施工技術に関しては、今後注入サービスマンシステムなどによる能率化、ポンプその他機材の新鋭化、電磁流量計をはじめとする科学的管理ならびに中央管理システムなどによる合理化への努力をいっそう期待すべきであろう。

研究開発面では、まず注入機構の理論的、実質的研究がさらに進められる必要がある。その意味で、現在行なわれている大型注入試験機による成果は期待すべきものと思われ、やがてはフランスのソレタンシュ社の持つ屋外実験場に比肩する研究設備態勢を期待したい。また、たとえばシールドクラウンの処理厚さなどについて経験的な考え方で決断し、工事を先行せざるを得ない現状を考えると、注入処理土の土質力学的研究はまだ着手されたばかりの状態とはいえ、焦眉の問題としてその成果を期待したい。材料面に関しては、たとえば海水の影響など注入材の地盤中での化学反応に関する各種の検討や、土中強度や拡散現象による材料の固結性能の検討などが進められている現状にある。製品開発に関しては、先述の加水反応型材料がまず期待されようが、一方比較的進展のない粘土注入における添加材や、界面活性材、発泡材などの利用も一考すべきであろう。

しかし、結論的にいって注入工法に関しては材料開発という化学分野の立場よりも、むしろ計画施工法の合理化という土木技術者の任務の遂行がより切迫した事情となっていることが痛切に感じられるのである。

### 3. ベントナイトとその土木利用

前節までに述べた注入材料の一つとしても利用されているが、ここではベントナイト材料を中心にしてその概況を述べて見たい。ベントナイトは約80年前W. Taylor (アメリカ合衆国)によって初めて市販されたといわれているが、わが国では明治末期に山形で採掘されたのが最初で、昭和に入ってからの本格的な研究開発期を経て各種の用途が開け、現在に至るまで飛躍的な需要の伸びを示している。一代表会社の実績によれば、昭和37年から43年までに売上高が2倍となっており、これを見ても、その発展ぶりが明らかである。

ベントナイトほどきわめて多岐にわたる用途を持つ材料は少ないと思われる。イタリアにおけるS.A.M.I.P. ベントナイト研究所では専門的にこの材料に取り組んでおり、18の分野にわけて基礎応用研究を進めているが、この事実が示すように、ベントナイトはあらゆる産業分野で利用されている。現在、わが国におけるベントナイトの需要量は30万t/年程度と推定されるが、その用途別の比率は表-2に示すごとくである。ベントナイトは

表-2 ベントナイトの利用比率

| 区 分    | 百 分 率        |
|--------|--------------|
| 鋳物成型用  | 28.9%        |
| ボーリング用 | 18.9 (輸出を含む) |
| 農業土木用  | 7.1          |
| 土木工事用  | 10.7         |
| 製鉄用    | 14.3         |
| 農業用    | 14.3         |
| 耐火・粘結用 | 4.0          |
| その他    | 1.8          |
|        | 100.0        |

填充剤、粘結剤、可塑剤として鋳物、製紙、窯業その他に大きな利用分野を持っており、また吸着剤、乳化剤、分散剤として石鹼、印刷、石油精製、塗料に利用され、また吸収剤、殺菌剤、清澄剤などの用途を持つ。かつ、化学反応剤、医薬、化粧品としてわれわれの身近なものにも含まれる。これらのことを考えると、土木利用分野は必ずしもウエイトの高いものでないことが理解できよう。

従って、特殊土の一種であるベントナイトの粘土鉱物的研究は一応用分野のためのみではさらさらなく、むしろ利用面とは無縁な基礎的な立場として早くから進められており、またその構造機構にもとづくベントナイト特

有の膨潤性、吸着性、置換性などの物理化学的諸性質の研究も、すべての利用分野開発の前提として意欲的な進展を見せている。当然土木分野においても、それらの諸性質を反映した使い方がなされているが、土木工事面ではまた別の材料的問題点が数多く存在する。

土木工学的に見て、たとえば地すべり機構の解明などにベントナイト基礎研究の知見はきわめて有用であると考えられるが、いま、ベントナイトを材料的にとらえた場合その利用面は大別して

#### ① 透水抑制剤, ② 地盤安定液, ③ その他

となる。透水抑制剤としての使い方は、まず注入剤がこの範ちゅうに入り、また農業土木になるが、池や漏水田対策がある。後者は意外に需要が多く、市販量としても表-2のごとく、かなり大きな数字として表われている。次に、地盤安定液としてはまず古くから利用されているボーリング用泥水があり、ついで場所打ち基礎用泥水がある。表-2に示されたボーリング用としての市販量は輸出が大半で、国内での使用量は大したものではない。一方、基礎工事用の泥水はここ10年爆発的に使用され出したもので、特に連続地中壁工事の進展がこれに拍車をかけている。土木用の80~90%がこれに使われているといわれる。そのほかベントナイトは、その潤滑性を利用してケーソンの沈下や押込管の推進に利用したり、あるいはトラフィカビリティ改善のための吸水剤植生増進のためののり面吹付け材、PVAなどとの相乗効果を期待した土壌改良材などいろいろな利用面がある。以下低数の関係でベントナイト泥水としての用途と問題点のみについて触れて見よう。

ベントナイト泥水をボーリング、場所打ち杭および連続地中壁工事に使用する目的は、施工形式にもよるが、ほぼ同様の意味合いによるもので、① スライムの運搬・固定、② 掘削壁面の安定、③ 被圧水の流入防止、④ ビットの冷却・潤滑とパイプの浮力付与などがあげられる。これらの役割を果たすため、泥水には適当な比重、粘性および降伏値があり、強い造壁能力があり、かつ安定であることが必要である。

これらの性質はベントナイトの持つ膨潤性、イオン交換性、分散性、チキソトロピー性の良否で決められるのであるから、泥水技術における実際上の第一の問題点はいかに良い泥水材料を選択しこれをいかに安定かつ経済的に使用するかにあることは言をまたない。ベントナイト材料は産地によって品質が異なるので、その選定に十分な検討を要するのはもちろんであるが、工事においては適切な配合選定とその取扱法、転用と排棄時期の判断決定、掘りくずの有効な分離法の確立などが主な課題となる。泥水工法の第一の研究開発の焦点もここにあるが、配合に関しては個々の成分の選択と組み合わせ、特に条

件に応じた添加剤の検討が重要と思われる。添加剤には CMC などの安定剤をはじめとして、海水による劣化防止、粘性調整、潤滑、消泡、pH 調節、逸泥防止、比重増加などの目的で各種のものがあるが、地盤状況および施工状況にむすびついた選択は重要であり、きわめてむずかしい。

使用泥水の有効性の判断は、従来泥水の比重や粘度などの物理性に依存していたが、最近ではこれらが泥水の安定度の判断を適確に示す要素にはなりにくいことが明らかとなり、泥水の懸濁状態、微細粒子濃度ならびに含有塩類濃度を測定することによる迅速判定法が確立されている。泥水中に掘削土粒子が増加すると、泥水比重は増大するが安定性がそなわれるばかりでなく、場合によっては掘削能率に大きな悪影響が生ずる。一部の掘削機械ではサイクロン方式をとっているが、サイクロンの分離性能は泥水、掘削地盤の程度などと関係するので、土質面、機械面から各種の検討が進められている。

場所打ち杭や連続地中壁工事における泥水の品質から第二の問題としては、コンクリートとの置換時の泥水の劣化、泥水の存在によるコンクリートの品質低下、鉄筋のボンド低下、壁体ジョイントの密着性などがあり、これらについて各種の実験研究もなわれ所要の対策が立てられている。ただ、一つの大きな問題として排棄泥水の処理がある。泥水槽すら準備する余地のない都市土

木工事において作業場が泥水で汚染されることは極力防止する必要があり、また用済みの泥水の運搬や排棄もかなりの困難がある。これをベントナイトと水に分離できればきわめて有利であるが、まだ研究途上にあり良い解決策がない状態である。

第三に、泥水掘削に関して興味ぶかいことは壁面安定の問題である。ボーリングのような円形掘削の場合はアーチ作用が関与して壁面が崩壊しないのはわかるが、連続地中壁の長大平面掘削において、わずか 1.05~1.10 程度の比重の泥水圧が壁面崩壊を防ぎうる事実は一見奇異である。この安定解析法は世界的な話題となっており、泥水自身の強度を考慮した考え方、マッドケーキ部分の電気化学作用を考慮したもの、その他いろいろ学説が出されている。このような状態であるため、土質状態に応じて安全な掘削長さを決定する明確な手段がまだないのは、工法合理化のための一つの問題と思われる。

場所打ち杭では、アースドリル (Earth-Drill) を中心とした各種工法があり、連続地中壁工法では OWS-Soletanche, KCC, ICOS, BW など、きわめてにぎやかな現状であるが、たとえば OWS 工法を例にとっても、施工量はすでに 20 万 m<sup>2</sup> を越えており、ベントナイト泥水の使用量もぼう大なものとなる。土木技術者はベントナイト材料の性質をより理解把握することに務め、さらに適確な使用法と処理法を確立する必要がある。

## 鹿島研究所出版会 専門分野別在庫目録

### 土木・都市・建設経営・施工管理

#### ●都市調査と政策計画

シノア、フェーギン共編／磯村英一訳  
A 5 判・328頁・¥1,400

#### ●都市と空間

L. ウィンゴ、ジュニア編／佐々波秀彦訳  
A 5 判・260頁・¥1,300

#### ●現場技術者のための基礎工法

エルンスト・バックス著 鹿島技術研究所訳  
福田秀夫＝翻訳監修 A 5判492頁・¥3,200

#### ●地盤注入＝基本理論と施工技術＝

H. カンプフォール著／斉藤・福住共訳  
A 5 判・450頁・¥2,600

#### ■土木一般

- 土木年鑑1969…………… ¥3,500
- 薬液注入工法—指針と解説— …… ¥1,400
- 土木工事のり面保護工 …… ¥1,500
- 鉄筋コンクリートの耐久性 …… ¥430
- 基礎反力の解法 …… ¥800
- 高速道路計画論 …… ¥2,400
- 土木・建築の防錆防食 …… ¥1,200

- 現場技術者のための土質工学 …… ¥2,500
- 土地造成 …… ¥1,000
- トンネル施工の問題点と対策 …… ¥1,300
- 軟弱粘土の圧密 …… ¥800
- 軟弱地盤における建築の地下掘削工法 …… ¥590
- 井筒基礎 …… ¥450
- 簡易索道の計画と設計 …… ¥980
- 荷役・運搬の計画と設計 …… ¥1,200
- アースドリル基礎工法 …… ¥600
- 道路土工の調査から設計施工まで …… ¥1,300
- シールド工法 …… ¥1,600
- 水底トンネル …… ¥840
- 爆破一付ANFO爆薬 …… ¥900
- インターチェンジの計画と設計 …… ¥4,500
- 土木新技術選書〈全5巻〉 …… ¥1,000~1,400

#### ■都市工学

- 増補都市問題事典 …… ¥3,500
- 都市問題概説 …… ¥950
- 都市開発講座〈全3巻〉 …… 各 ¥980
- 駐車場の計画と設計 …… ¥2,500
- 新都市の計画 …… ¥2,500
- 都市の自動車交通 …… ¥5,300
- 新しい都市の未来像 …… ¥920
- フランスの都市計画 …… ¥900
- 都市の新しい運輸計画 …… ¥750
- オランダの総合開発計画 …… ¥2,000
- 東京2,000万都市の改造計画 …… ¥1,500

- 都市の土地利用計画 …… ¥3,200
- 国土と都市の造形 …… ¥5,600
- 高蔵寺ニュータウン計画 …… ¥2,700
- ランドスケープアーキテクチャ …… ¥5,300
- 敷地計画の技法 …… ¥1,600
- 高速道路計画論 …… ¥2,400
- 都市のデザイン …… ¥6,300
- 新しい都市理論 …… ¥1,200
- 前産業型都市 …… ¥1,200
- 地域再開発 …… ¥1,200
- 変動する大都市 …… ¥1,000
- 英国の都市画法 …… ¥1,200
- 近畿圏—その人文・社会科学的研究— …… ¥5,700
- アメリカ大都市の死と生 …… ¥1,300
- 都市経済学序説 …… ¥1,700

#### ■建設経営・施工管理

- 工事管理 …… ¥800
- 工事原価管理 …… ¥650
- わかりやすいPERT・CPM …… ¥1,600
- 新しい工程管理 …… ¥1,300
- 建設業成功の秘訣 …… ¥680
- 新版ジョイント・ベンチャー …… ¥480
- 国際ジョイント・ベンチャー …… ¥1,500
- 工事入手から未収金回収まで …… ¥480
- 建設経営入門 …… ¥750
- 道路経済学 …… ¥1,400
- 建設業経営選書〈全13巻〉 …… ¥700~1,500

鹿島研究所出版会

■ 東京都港区赤坂六丁目5-13 電話(582)2251 振替東京180883