

都市鉄道と高速バスサービスの経済的比較

Jour. of Transport Economics and Policy /

広島康裕・訳

表面波と内部波の共振干渉

Izvestiya, Atomospheric and Oceanic Physics /

加藤一正・訳

鉄筋コンクリート橋の予備設計と断面決定

Jour. of A.C.I. / 古沢広道・訳

都市鉄道と高速バスサービスの経済的比較

“An Economic Comparison of Urban Railways and Express Bus Services”

Smith, E.

Journal of Transport Economics and Policy

pp. 20~31, January (1973)

(1) はじめに

この論文は、容量的に鉄道を必要とするほどのピーク交通量のある回廊地域に沿った都市鉄道と高速バスサービスの総経済費用を比較することを目的としている。

比較の対象とする都市鉄道としては London Transport の Victoria Line を選んでいる。この Victoria Line は中央ロンドンと南北の地方中心地および郊外を結ぶ延長 21.5 km, 平均駅間隔 1.4 km の地下鉄で、列車は 8 車両連結, 平均速度 39 km/h, 運行回数はピーク時 1 方向 28 本である。1 車両は平均 38 の座席と 90 人分の立ち席もっている。

高速バスサービスは、各バスが回廊地域の全交通需要を満足させるのではなく、さまざまなサービスパターンを考え、極力停車を減らすようにしたもので、郊外から都心部への乗客を対象とするサービスは、郊外部の乗客を乗せたのち、途中では 1 つか 2 つの重要乗換え地点のみで停車し、都心部では乗客を目的地の近くで降ろすために停車を多くし、同時に他のサービスへの乗換えの便も考慮するものとする。そして、都市鉄道と同程度の速度と確実さを確保するために、都市街路では、バスは専用車線をもつものと仮定している。自動車専用道路などでは、バス専用車線は貴重な道路容量を浪費することになるので、走行速度がある限界値になるとオンランプの信号によってバス以外の交通の進入を制限するという方法を用いるものとしている。なお、高速バスサービスのバスは原則として 100 人分の座席、あるいは 75 人が立った状態での 150 人分の容量をもつ 12 m のダブルデッ

キバスを用いるものとしている。

(2) 既存通路での運営費用

仮定により高速バスサービスは、都市鉄道と同程度の速度と容量をもつから、運営費用の比較においては台・キロを単位としている。London Transport の鉄道のネットワークの大部分は前世紀に作られたものであるが、駅間隔、列車長、容量、その他の特性は Victoria Line のものと大差はない。ゆえに、その運営費用は現代都市鉄道の典型的なものであると仮定しうる。また London Transport のバスは混雑した交通の中でしばしば著しいサービスの低下をきたしており、高速バスサービスとは非常に異なるが、運営費用を「固定費用」と「走行費用」とに分離することにより、そのデータは高速バスサービスに対しても適用可能となる。以上の理由から、1970 年における London Transport の鉄道とバスのデータをもとにして鉄道とバスの運営費用を計算している。計算においては、以下のような仮定をしている。それは

- ① 割引率は 10%、償却期間は 25 年とする、
- ② London Transport のバスは大ロンドンの全交通信号維持費用の 10% を分担する、
- ③ 鉄道、バスともにワンマン運転とする、
- ④ London Transport の鉄道は 7 車両連結なので、これを 8 車両連結のものに換算する、
- ⑤ 税金、補助金などは無視する、などである。この計算結果は表-1 のようである。ここでは固定費用が週あたりで算出されているので、これをピークサービスにおける 1 週 1 車両あたりの走行距離の関数として、台・キロを単位として

表-1 既存通路での運営費用

固定費用 (ポンド/週)	鉄道		バス		走行費用 (ペンス/台・キロ)	鉄道		バス		
	鉄道	バス	鉄道	バス		鉄道	バス	鉄道	バス	
管 理	中央	21.6	16.6	電気、燃料	1.8	0.3				
	運 転	2.1	2.0	タイヤ	—	0.1				
	維 持	10.3	3.3	清掃、給油、手入れ	0.3	0.8				
使用料、地代など		3.7	3.1	駅の清掃	0.3	—				
	維 持	8.7	2.7	切符と機械	0.1	0.1				
維 持	信 号	9.5	0.2	事故の補償	0.0	0.1				
	リフトなど	4.0	—	車両の修繕	1.7	2.2				
車両の利息	44.1	13.2	通路と構造物の維持	1.2	0.0					
エスカレーターの利息	15.3	—	車両の価値低下	2.0	1.5					
エスカレーターの価値低下	12.3	—	雑費	0.2	0.2					
運転手	17.5	78.0								
交通職員	51.4	16.7								
信号操作	4.1	—								
職員の訓練	2.2	2.8								
計	207	139	計	7.6	5.3					

表-2 既存通路での運営費用 (ベンス/台・キロ)

1週あたり台・キロ	都市鉄道	バス
1200	25	17
1800	19	13
2400	16	11

表わし、走行費用と合わせると表-2 のようになる。

(3) 新しい通路での運営費用

通路の資本費用を台・キロを単位として表わすために、以下のような計算を行なっている。

まず、ピーク時間における走行台・キロあたりの通路資本費用を $E=C/S \cdot Q$ あるいは $E=C/N \cdot V$ を用いて求める。ここに C は通路の資本費用、 S は車線(軌道)長、 Q は1車線1時間あたりの最大交通量、 N はピークサービスにおける最大車両数、 V は平均速度である。次に、建設費が年間11%で償却され、月～金曜日の平均日交通量の年間交通量に対する比率が1/305であるとして、1日の走行台・キロあたりの通路の資本費用を $E \times 0.11 \times 1/305 \times (\text{ピーク時間率})$ によって計算する(ここで、ピーク時間率とは、日交通量に対するピーク時間交通量の比率である)。上記の計算は、都市鉄道については、Victoria Line のデータを用いてなされている。高速バスサービスについては、以下のように考えて計算されている。① バスの通路としては高架の道路を基準とし、 C/S の値は London Westway のものを用いる。② 自動車専用道路では、バスが走行する車線は一般の車によっても利用されるので実際にバス交通量が1000台/時となる回廊地域はないけれども、 Q の値としてはバスの実用容量である $Q=1000$ 台/h を用いる。

以上のようにして計算された結果は表-3 に示されている。この表-3 と表-2 の1800 km/週 の値とから新しい通路での都市鉄道と高速バスサービスの運営費用は表-4 のようになる。この表から、仮定された条件のもとでは、都市鉄道の運営費用は高速バスサービスのその3~5倍となることがわかる。

(4) むすび

以上に加え、乗客の時間費用についても検討し、高速

表-3 新しい通路の費用 (ベンス/台・キロ)

ピーク時間率	都市鉄道	バス
0.10	38	5
0.15	57	8
0.20	76	10
0.25	96	13
0.30	115	16
0.35	134	18
0.40	153	21

表-4 新しい通路での運営費用 (ベンス/台・キロ)

ピーク時間率	都市鉄道	高速バス
0.10	57	18
0.15	76	21
0.20	95	23
0.25	115	26
0.30	134	29
0.35	153	31
0.40	172	34

バスサービスのほうが有利であると結論している。

表面波と内部波の共振干渉

“Resonant Interaction of Surface and Internal Waves”
Nesterov, S.V.

Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics,
Vol. 8, No. 2, April (1972)

本論文は、2層流体における2つの表面波と1つの内部波との共振干渉について理論的に研究したものである。特に著者は、地球物理学的に見て、2層流体のうち下層流体水深が無限の場合の解に意義があるとして、そのような2層モデルに対して理論解を求めている。

速度ポテンシャルを φ 、密度を ρ 、波形を η とし、上層には“1”、下層に対しては“2”の添字を使用している。また上層水深を h としている。流体を非圧縮・非回転として、基礎方程式としては速度ポテンシャルに関するラプラスの方程式を用いる。境界条件は、表面と内部境界面においてそれぞれ同様な型で与えられている。そのうちで後者だけをここに引用しておく。

$$\rho_1 \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial t} + \frac{1}{2} (\text{grad } \varphi_1)^2 + g \eta_2 \right) - \rho_2 \left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial t} + \frac{1}{2} (\text{grad } \varphi_2)^2 + g \eta_2 \right) = 0,$$

$$\frac{\partial \eta_2}{\partial t} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial z} + \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} \frac{\partial \eta_2}{\partial x} + \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} \frac{\partial \eta_2}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial z} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial z} + \left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} - \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} \right) \frac{\partial \eta_2}{\partial x} + \left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} \right) \frac{\partial \eta_2}{\partial y} = 0$$

$$z = -h + \eta_2$$

これらの方程式を解くにあたり、著者はいくつかの仮定をしている。まず非線型境界値問題の解は、3つの干渉波の組として表現できる。そのうち2つは表面波に関するものであり、周波数 Ω_1, Ω_2 、波数ベクトル k_1, k_2 、振幅 A_1, A_2 とする。残りの1つが内部波に関するものでそれぞれ ω, κ, A_3 とする。さらに共振状態として

$$\Omega_1 = \Omega_2 + \omega, \quad k_1 = k_2 + \kappa \dots \dots \dots (1)$$

を満足するものと仮定している。

そうすると、境界値問題の解は、

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{A_1 g}{\Omega_1} \left(\text{ch } k_1 z + \frac{\Omega_1^2}{k_1 g} \text{sh } k_1 z \right) \cos \psi_1 \\ &+ \frac{A_2 g}{\Omega_2} \left(\text{ch } k_2 z + \frac{\Omega_2^2}{k_2 g} \text{sh } k_2 z \right) \cos \psi_2 \\ &+ A_3 (c_1 \text{ch } \kappa z + c_2 \text{sh } \kappa z) \cos \psi_3 + \dots \\ \eta_1 &= A_1 \sin \psi_1 + A_2 \sin \psi_2 + C_3 A_3 \sin \psi_3 + \dots \\ \varphi_2 &= \frac{A_1 g}{\Omega_1} \left(\frac{\Omega_1^2}{k_1 g} \text{ch } k_1 h - \text{sh } k_1 h \right) e^{k_1(h+z)} \cos \psi_1 \\ &+ \frac{A_2 g}{\Omega_2} \left(\frac{\Omega_2^2}{k_2 g} \text{ch } k_2 h - \text{sh } k_2 h \right) \times \\ &+ e^{k_2(h+z)} \cos \psi_2 + \frac{\omega}{\kappa} A_3 e^{\kappa(h+z)} \cos \psi_3 + \dots \\ \eta_2 &= (\text{ch } k_1 h - g k_1 \Omega_1^{-2} \text{ch } k_1 h) A_1 \sin \psi_1 \\ &+ (\text{ch } k_2 h - g k_2 \Omega_2^{-2} \text{sh } k_2 h) A_2 \sin \psi_2 \\ &+ A_3 \sin \psi_3 + \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

ここで、 $\psi_1 = \Omega_1 t - \mathbf{k}_1 \mathbf{r} + \theta_1$, $\psi_2 = \Omega_2 t - \mathbf{k}_2 \mathbf{r} + \theta_2$,
 $\psi_3 = \omega t - \mathbf{k} \mathbf{r} + \theta_3$

$$C_1 = \frac{\omega^2 / \kappa - g(1 - \rho_1 / \rho_2)}{\omega(\rho_1 / \rho_2) [\text{ch } \kappa h - (\omega^2 / g \kappa) \text{sh } \kappa h]},$$

$$C_2 = \frac{\omega^2}{g \kappa} C_1, \quad C_3 = \frac{\omega C_1}{g}$$

これらの解は、振幅の1次に関するものであり、高次のものは省略されている。第1、第2項は、線型理論による表面調和波に対応するものであり、第3項は内部調和波に対するものである。微小振幅であると仮定して式(2)を境界条件式に代入すると、干渉波の振幅と位相の時間変化を決定する次の一連の方程式が導かれる。

$$\begin{aligned} \frac{dA_1}{dt} &= -\sigma_{23} A_2 A_3 \cos \theta, \\ \frac{d\theta}{dt} &= \left(\frac{\sigma_{23} A_2 A_3}{A_1} - \frac{\sigma_{13} A_1 A_3}{A_2} - \frac{\sigma_{12} A_1 A_2}{A_3} \right) \sin \theta \\ \frac{dA_2}{dt} &= \sigma_{13} A_1 A_3 \cos \theta, \quad \frac{d\theta_2}{dt} = \frac{\sigma_{13} A_1 A_3}{A_2} \sin \theta \\ \frac{dA_3}{dt} &= \sigma_{12} A_1 A_2 \cos \theta, \quad \frac{d\theta_3}{dt} = \frac{\sigma_{12} A_1 A_2}{A_3} \sin \theta \\ &\dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

$\theta = \theta_1 - \theta_2 - \theta_3$, σ_{ij} は、複雑な計算ののちに求まる正の定数で $k_i(1 - \rho_1 / \rho_2)^{1/2}$ のオーダーである。

式(3)の第1積分は、 H_1, H_2 を定数として、

$$A_1^2 / \sigma_{23} + A_2^2 / \sigma_{13} = H_1, \quad A_1^2 / \sigma_{23} + A_3^2 / \sigma_{12} = H_2$$

.....(4)

ここで、エネルギーは、初期に表面波の方に集中していると考えて、 $H_1 > H_2$ とする。まず A_1 と θ の時間変化を無視して式(3)を積分することにより、

$$A_2(t) = A_0(0) \text{ch } \beta t, \quad A_3(t) = A_2(0) \left(\frac{\sigma_{12}}{\sigma_{13}} \right)^{1/2} \text{sh } \beta t$$

$$\beta = A_1(0) (\sigma_{13} \sigma_{12})^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

式(5)より、初期段階において内部波の振幅は指数関数的に増大し、低周波数表面波の振幅も指数関数的に増大することがわかる。さらに、式(5)の β に対し、実

際現象を考えて妥当だと思われる数値を代入し、数値計算を行なった結果、 $\beta \approx 10^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ となり、これは、内部波振幅が、“e”の率だけ増大するのに約3時間かかることを示している。

また式(4)から、振幅 A_2, A_3 は、振幅 A_1 のエネルギーを消費して増大することがわかる。

最後に、式(3)において A_1 と θ の時間変化も考慮して積分を行なう。この場合、第1種だ円積分に帰着しその結果は次式となる。

$$A_3 = (H_2 \sigma_{12})^{1/2} \cos \varphi, \quad \hat{H}_1 = H_1 \sigma_{12}, \quad \hat{H}_2 = H_2 \sigma_{12}$$

$$\mu = \frac{\hat{H}_2}{\hat{H}_1} \int_{\varphi}^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \mu^2 \sin^2 \varphi}} = \pm t (\sigma_{13} \sigma_{23} \hat{H}_1)^{1/2}$$

$$A_1 = (\sigma_{23} H_2)^{1/2} \sin \varphi, \quad A_2 = [\sigma_{13} (H_1 - H_2 \sin^2 \varphi)]^{1/2}$$

.....(6)

式(6)より干渉波の振幅の時間的変化は、周期的なものであり、式(4)と同時に考えると、 A_3 が最大値となるときは A_2 も最大値となることから、表面波のエネルギーは、すべてが内部波のエネルギーに変換されるというわけではないことがわかる。

これらの結論を裏づけるための観測、および実験は行なわれていない。しかし、海洋における観測がきわめて困難であるとして、実験が可能であることを、定量的に論じており、その実験方法も述べられている。

鉄筋コンクリート橋の予備設計と断面決定

“Preliminary Design and Proportioning of Reinforced Concrete Bridge Structures”
ACI Committee, 443
Journal of A.C.I., Vol. 70, No. 5
 pp. 328~336, May (1973)

(1) 概 要

本報告は、鉄筋コンクリート橋およびプレストレストコンクリート橋を予備設計する場合の手引きとなることを目的としたもので、一般的形式の橋梁構造についての考察と典型的な形状寸法を示したものである。

(2) 考慮すべき要素

ある特定の地域において、構造物の形式を決定するには、次の各項に関連する諸要素を考慮すべきである。

- (a) 幾何的条件, (b) 建設費と維持の容易さ, (c) 安全性, (d) 外観, (e) 水路との交差, (f) 鉄道との交差, (g) プレキャストプレストレス構造に伴う特殊な要素。

(3) スパンの構成

立体交差の橋では、橋長は構造物の下を横切っている

施設の断面によって決まる。橋台の位置や形式は、地盤条件、クリアランス、安全性、美観により決定される。長スパンで橋脚数が少ないものは、もっとも上品な構成であり、障害になることが少なく、美観上からも申し分ない。川や峡谷を横切る場合、スパンは以下の各項の組合せにより決定できると思われる。

(a) 地盤条件, (b) 橋脚の高さ, (c) 水路幅および水理学的事項, (d) 船舶の条件, (e) 洪水時に想定される破損, (f) 架設用設備, (g) 経済性。

(4) 構造形式

桁高一スパン比, その他の重要事項

1) 鉄筋コンクリート版橋: スパン 5~14 m (中空スラブの場合 12~20 m) に用いられ, 単純スパンでは桁高一スパン比 (D/L)=0.065, 連続では 0.052~0.042 である。外観はすっきりして単純であり, 施工はもっとも容易である。工期はもっとも短くてすみ, 維持費はほとんど不必要であるが, 将来の拡幅はむずかしい。

2) 鉄筋コンクリートT桁橋: スパンは 9~25 m, 単純スパンで $D/L=0.07$, 連続スパンで 0.065。美観上は底から見ると混乱しているが側面はすっきりしている。施工にあたっては, 表面仕上げに注意すべきである。工期は版橋よりいくぶん長い。維持費は安い。

3) 鉄筋コンクリート箱桁橋: スパンは 25~60 m で単純スパンで $D/L=0.06$, 連続スパンで 0.055。どこからみてもすっきりした外観である。型わく工は複雑となり工期は T 桁橋よりいくぶん長い。維持費は安い。

4) プレストレスト版橋: 場所打ち, ポストテンション方式の場合, スパンは 24 m (中空の場合 45 m) まで, $D/L=0.033$ である。施工はいくぶん複雑となるが他の点は鉄筋コンクリート版橋と同様である。プレキャスト プレテンション方式の場合, スパンは 6~9 m (中空の場合, 9~24 m), $D/L=0.03\sim 0.04$ 。

5) プレストレスト桁橋: 場所打ち, ポストテンション方式の場合, スパンは一般に 24~300 m に適する。単純スパンでは $D/L=0.045$, 連続スパンでは 0.04。スパン 215 m までの箱桁ではスパン中央で 0.02~0.03, 支承では, 0.05~0.07。施工は相当に複雑で, 工期も長い。プレキャスト T 桁, I 桁, 箱桁の場合, スパンは 9~49 m に適する。I 桁で単純スパンの場合には, $D/L=0.055$, 連続の場合 0.050 であり, 箱桁ではそれぞれ 0.055, 0.045 である。施工にあたっては, 桁の取扱いに注意を要する。標準断面のものを用いることが非常に経済的となる。

6) ラーメン橋: 支承上の負の曲げモーメントがスパン中央の正の曲げモーメントおよび橋脚の転倒モーメントを大幅に減ずる。設計は, 支承における桁高をスパン

中央におけるその 2 倍に取ることから始められる。施工にあたっては, 曲線の型わくが必要となる。

7) アーチ橋: 固定アーチの場合, 水平反力がスパン中央の正の曲げモーメントを大幅に減ずる。スパン 300 m のものが建設されたことがある。支承における部材厚はスパン中央の 2 倍よりわずかに大きい。外観上は優美である。工期は相当長くなる。2 ヒンジアーチの場合固定アーチと同様であるがヒンジの設計が複雑となる。タイドアーチも固定アーチと同様であるが, 水平反力はすべてタイが受持つので, 基礎が水平反力に耐えられない場合に用いられる。

8) トラス橋: スパン 35~75 m に用いうる。 D/L は 0.10 以上とすべきである。材料が同量の場合, トラス橋のほうが桁橋よりたわみが少ない。

(5) 初めの断面決定

最外側の主桁からの床版のはね出し長さは, 通常, 桁間隔の $1/3\sim 1/2$ とする。

一般に, 桁間隔は桁高を大とすることによって, できるだけ大きくすることが有利であるが, 通常の場合, T 桁橋では 2~3 m, 箱桁橋では 2~3.5 m, プレキャストプレストレスト I 桁橋では 2.5~5 m, プレキャストプレストレスト箱桁橋では 2~3.7 m が適当である。

床版の厚さは, HS 20 荷重を用いる場合, 表-1 のとおりとする。

表-1 有効スパンと床版の厚さ

有効スパン (m)	厚さ (cm)	有効スパン (m)	厚さ (cm)
1.8	16	3.4	20.5
2.1	16.5	3.7	21.5
2.4	18	4.0	22
2.7	19	4.3	23
3.0	20	4.6	25
		4.9	25.5

桁幅は鉄筋 8 本までは最小 28 cm であって, 連続ばりの支承付近では, 圧縮力を考えて増大することが必要となる。プレストレスト桁では, 2 列の PC 鋼材に対して最小 30 cm が望ましい。

下部のスラブの厚さは, 純スパンにおけるウェブの $1/16$ くらいとすべきで, 上部スラブの厚さ以下とする。下部スラブの厚さは, 連続ばりの支承付近では, 増してもよい。

箱桁構造ではウェブの最小厚さは 20 cm とする。プレキャスト箱桁では幅 0.9~1.2 m, 高さ 0.5~1.2 m とするのが普通である。

[このほか, 橋台, 橋脚についての記述があるが省略した]

実地試験唯一の参考書

一級 土木施工管理技士 実地試験問題の解き方

B6判・250頁・定価1,200円・千150円

■実地試験をうけるために必要な基礎知識を出題傾向にそって詳述。44～47年の出題問題と解答例を掲載。

仮設工事ガイドブック 全4巻

第1巻 建設工事の段取り

松尾友也 著
定価1,500円・千250円

第2巻 コンクリート工事の段取り

越野二男・高瀬邦夫・小笹太郎 共著
定価2,300円・千250円

第3巻 建設現場の受電・送気・
給排水の設備計画と実例

宮原春樹・森田哲也・野村 醇 共著
定価2,500円・千250円

第4巻 仮設工事の積算見積り

柴崎健太郎 著
定価1,400円・千250円

新しい仮設工事の設計と施工
建設工事の仮設計画と実例

八島 忠 編
B5判・上製530頁・定価4,200円・千300円

富樫凱一 監修
B5判・上製600頁・定価4,800円・千300円

東京都千代田区富士見
1-7-12 千102

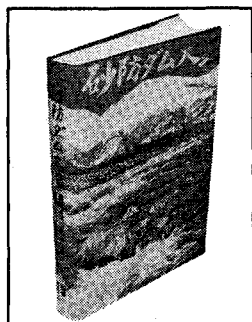
近代図書株式会社

電話(263)3871-2
振替東京 23801

東京都新宿区細工町15 ☎162

山海堂 * 図書案内

振替東京194982 ☎269-4151



詳細内容見本呈
A4判上製/640頁
頒価 6000円

建設省河川局砂防部監修
全国治水砂防協会刊行

砂防ダム大鑑

直轄事業、補助事業により施工された代表的砂防ダム約300基を収集。一世紀にわたる砂防の歴史書として、また参考書として技術者必携の書。

目次●直轄砂防事業による堰堤

最上川/阿武隈川/北上川/利根川/鬼怒川/富士川/渡良瀬川/荒川/信濃川(下流、上流)/姫川/黒部川/常願寺川/神通川/手取川/天竜川/安倍川/木曾川/狩野川/揖斐川/六甲山系/瀬田川/木津川/重信川/川辺川/大淀川 補助砂防事業による堰堤

生活と国土
坂野重信著 380円

関門橋 9月刊
大工事に挑戦した男たちの記録
村上己里著 680円

道路建設
講座④巻 道路土工(II) 盤処理
軟弱地 上田・山村・近藤・三谷・中山著
A5判 1600円

合成桁の理論と設計

嶋田静雄・熊沢周明著
A5判 1500円

地下鉄建設ハンドブック
遠藤浩三・田中康夫他
A5判616頁 4500円

地下鉄道の計画当初の段階に始まり、設計・施工の各分野にわたって詳述 発売中