

交通に伴う騒音と振動

竹崎 忠 雄*

1. まえがき

交通に伴う公害は、最近の交通機関の急速な発達によって、いろいろな形で発生するようになってきた。その中でも、陸上交通機関である自動車・電車などによる騒音や振動は、それが道路や軌道を走行することによって発生するものである。これは発生源である自動車や電車それ自体に問題があるにしても、土木構築物そのもののあり方によっても、これらの公害的な現象に大きな影響を与えるものである。

かつての都市化の過程で、家屋はこれらの交通機関に接近することを最上の利点としたこともあり、市街地の交通機関は、特殊な場合を除いて、家屋に隣接して走行しているため、最近になって多くの問題を投げかけている。大都市における交通公害は急激に増大し、生活環境の悪化を招き、したがって、各種の規制が強化されつつある。

各種の機関が規定している環境の基準には、自動車からの排気ガスによる大気汚染および騒音などがあげられている。しかし振動については、規制基準が十分に整備されていない。これは、測定器自体に未解決な問題が含まれていることと、許容値の設定が、非常にむづかしいということにもよる。本報文は、道路走行自動車による各種の公害の実態を述べるとともに、電車による振動実測例を示し、あわせて、その対策をも検討したものである。

なお、本文の発表にあたっては、東京都土木技術研究所の多

くの方々のご協力を得たので、ここに記して感謝の意を表する。

2. 交通に伴う騒音

最近の交通騒音は、交通量の増大とともに急激に高くなってきた。とくに自動車による道路周辺への騒音は、その発生源が不特定多数の自動車ということで、東京都内の幹線道路における騒音は、道路端で 70~80 ホンで

表-1 都内幹線道路端の騒音レベル

通称名	車道幅(m)	道路端騒音レベル		交通量(台/5分)
		中央値	90%レンジ	
水戸街道	30	71	60~80	268
日光街道	25	80	72~88	390
中仙道	20	76	65~84	358
青梅街道	17	75	67~79	265
玉川通り	32	77	70~82	445
第一京浜	20	73	63~81	204
環7通り	20	77	67~83	304
環8通り	20	69	60~78	77
山手通り	15	73	65~80	224
清澄通り	18	69	61~83	140
東名高速	32	72	62~80	254
中央高速	35	68	60~78	78

注：東京都公害研究所

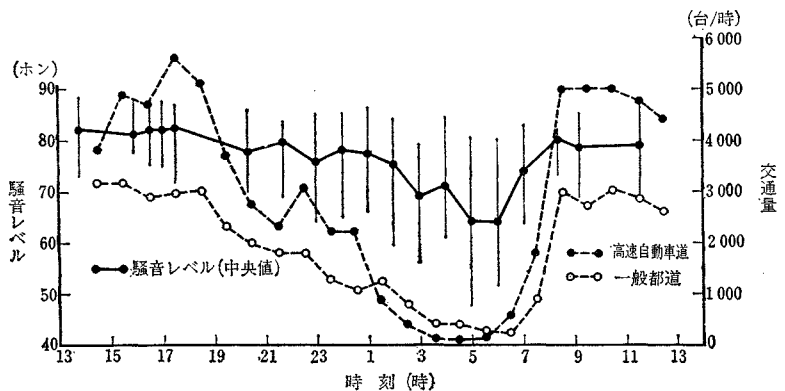


図-1 立体道路の平面道路端における時刻別騒音レベル

* 正会員 岩手大学教授 工学部資源開発工学科、前・東京都土木技術研究所長

ある(表一)。交通騒音は、交通量と車種に影響されるほかに、道路の線形、幅員構成、地形、風向などの影響を受けるわけである。最近の道路は、交通の安全と、それを円滑に処理するという観点から、立体交差やトンネルなどが構築されるようになってきたので、道路の構造が騒音に与える影響は無視できない。

東京都内で高架の高速自動車道が、一般都道をおおっているような特殊な立体構造にある場所において、そのおのおの交通量と都道の道路端での騒音を測定し、それを時刻別変化で示したものが図一1である。これによると、交通量が急激に減少する夜間でも、騒音はあまり低下していない。このことは、高架道路が一般都道をおおっているため、一般都道では騒音が広く拡散しにくいためであろう。このような特殊な交通騒音による公害現象が各所で発生しつつある。

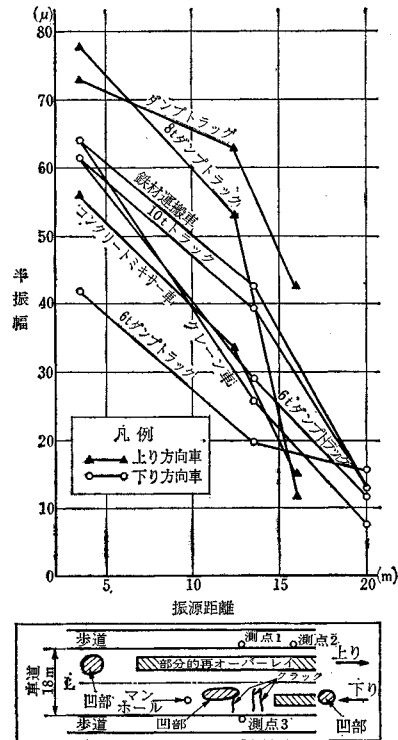
3. 交通に伴う振動

交通による振動が、公害として周辺へ影響を与えるときは、一般に車輪の回転によって発生した振動が、舗装や地盤を媒体として伝播するときで、車両が直接に問題を起こすことは、交通事故などによる特殊な場合を除いてはあり得ない。したがって、道路などによる振動の大小は、路面や地盤の状態などに影響される場合が多く、ついで車種や走行速度によるところが大きい。たとえば、舗装路面に対して数回にわたってオーバーレイを行ない、また部分的には凹部をパッチングしてある東京都内の道路において、歩道上における振源距離による振動変位は図一2のとおりである。なお、自動車の走行速度は、一般交通のため平均30~40 km/hである。これによると、振源距離が小さいときには、重量車ほど振動振幅が大きく、また振源距離が20 mになると、各車種とも振幅が減衰して収れんする傾向がみられる。

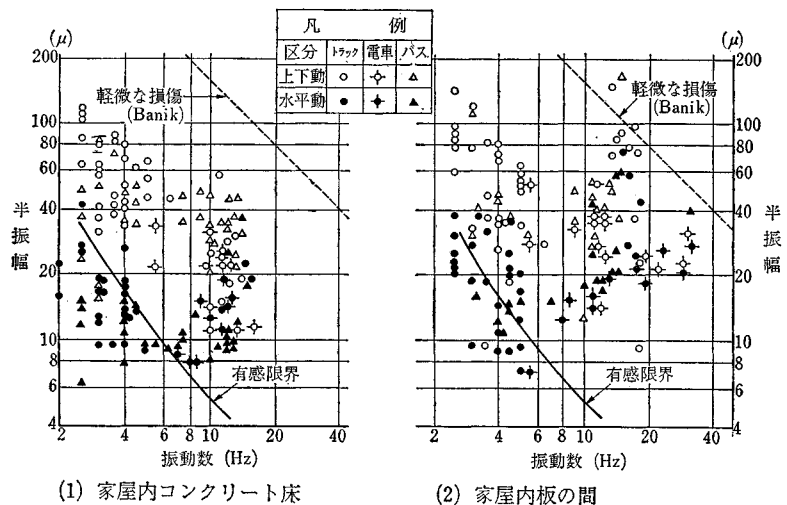
東京都内の道路ぞいの家屋において、コンクリート床と板の間で測定した振動振幅と振動数は図一3に示すとおりである。なおこの測定では、自動車のほかに付近を通る電車の振動も測定している。これによると、振動振幅の大きいものはトラックで、また、板の間のほうが一般に大きい。そして、地盤に密着したコンクリート床の振動振幅は、上下動が水平動に比べて大

きな振動となっている。一方、板の間の振動振幅は、小さい振動数では上下動が水平動より大きいが、振動数が大きくなるに従って、水平動の振幅は上下動の振幅に近似してくる。これは板の間の構造による固有の問題であると考えられる。

路面の凹凸が原因で、自動車の走行によって発生する振動は、その路面を整形補修することによって減少させることができる。たとえば東京都内の道路で、路面補修



図一2 路面の状況と振動



図一3 沿道家屋内の振動

の前後に試験車の速度を変化させて走行させたときの道路端での振動振幅は、表-2に示すとおりである。これによると、自動車速度と振動振幅は、単純な関係にはないようである。

表-2 試験車速度と路面補修前後の振動

試験車速度 (km/h)	振動振幅 (μ)	
	補修前	補修後
10	60	76
20	115	48
30	85	51
40	175	70
50	115	68

しかし、補修前後における振動振幅は、自動車の走行速度が大きくなるに従って半減する傾向がみられる。

走行する自動車による振動公害の原因としては、①路面の平坦性、②道路および自動車の共振性、などがあげられる。前者は、路面に凹凸があれば路面を走行する自動車はバウンドし、そのエネルギーによって振動を発生する。また、路面が平坦であっても、自動車タイヤの偏心、不釣合いなどによって振動を発生させる。また後者は、道路の固有振動数(3~20 Hz)と自動車が走行するときの自動車が発する振動数(7~20 Hz)が、一致あるいは近似したときの共振現象によるものである。これらが舗装、路床あるいは地盤を経由して、付近の住民または家屋に、振動としての公害現象を与えるわけである。

東京都内の主要地方道で、一日一方向あたり大型車の交通量が3000台以上(D交通)として設計、施工し、供用後3~8年を経過した環状7号線の一部(延長約40 km間)において、路面の平坦性と振動の関係を6地点で調査した。ここで、路面の平坦性は、3mのプロファイルメータを用いて、輪跡上を延長100~300mにわたって連続的に測定した。そして、凹凸の波形について、基準線からの波高を1.5m間隔で読み取り、標準偏差 σ をもってあらわした。また振動測定は、前記の路面の平坦性測定区間の中間点で、輪跡から1m離れた位置に上下動の振動測定器を設置して、総重量15tのダンプトラックを50 km/hの速度で走行させたときの路面の最大の振動を、半振幅 a_{max} で読み取った。

これによると、路面の平坦性の標準偏差 σ と路面での振源距離1mの上下振動の最大半振幅 a_{max} との間には、図-4に示すA~F(6地点)を結ぶような曲線(破線)の関係が認められる。この図-4で、アスファルト舗装要綱(日本道路協会編)などが規格化している、路面の平坦性についての検査基準値、すなわち一般国道では $\sigma \leq 2.40$ mm、地方道では $\sigma \leq 3.70$ mmの範囲外にあるF点を除いて、他の5点(A~E)を直線式で求めると、実線で示す次の式が得られる。

$$y = 0.192x - 0.023 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、相関係数 $r = 0.999$ $x = a_{max}$, $y = \sigma$
式(1)におおのこの検査基準値 ($y = \sigma = 2.40$ mm

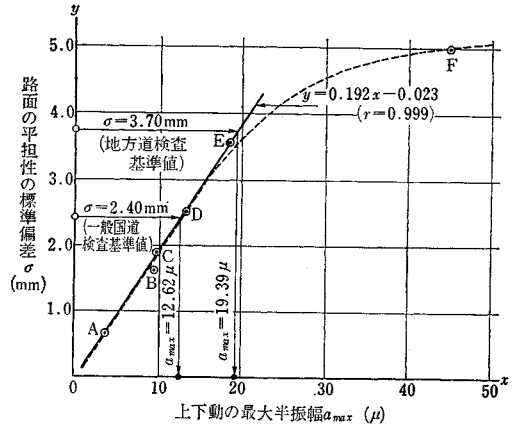


図-4 路面の平坦性と振動

および 3.70 mm) を代入し、そのときの半振幅 a_{max} を求めると、それは振源距離 1 m の路面での検査基準値における半振幅 a_{max} (12.62 μ および 19.39 μ) を示す。このおのおのの半振幅 a_{max} を基準にして、路面周辺への振動減衰をレイレイ波 ($\alpha = 0.06$) として検討すると、それは図-5に示すとおりである。この振動減衰性に基づいて、家屋あるいは人体感覚に与える影響を、既往の恕限度に関する研究資料にあてはめてみると、路面の平坦性に関する検査基準値と振動公害の関係は、次のようである。

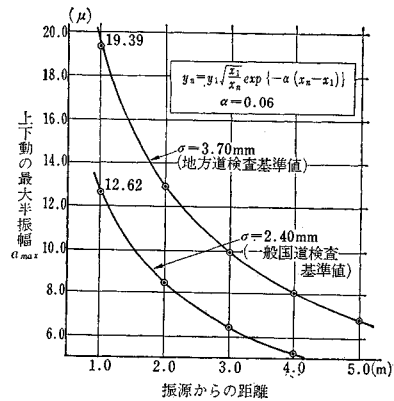


図-5 平坦性検査基準値に対する振動の距離減衰

路面の振動数は、およそ 10~20 Hz であることから、Meister, Banik あるいは Building Research Station の恕限度からみて、これらの実測例では、振源距離 1 m で標準偏差値の大きい地方道での検査基準値をあてても家屋には損傷の生じないことを示している。また、人体感覚に対しては、振源距離 3 m ぐらいまでは“振動がよく感じられる”程度であって、さらに地方道の検査基準値による振源距離 1 m の値をもってしても、生理的な不快感をいだかせるには至っていない。しかし、舗装構造が貧弱な地方道においては、図-4 の一次式の勾配

がゆるやかになることが想定されるので、路面の平坦性の検査基準は、振動公害の見地からも、十分に検討されなければならない。

一方、舗装体の振動は、舗装構造や路床の状況によって異なるものと考えられる。環状7号線において、舗装体を図-6に示すように、同一車線上15mの間隔において2か所(A, B)を階段状に掘削してテストピットを設け、Aの各層、A, Bの中間点およびBの表層上にピックアップを設置し、振動強制体を用いて各層に伝播される振動の測定を行なった。ここで、振動強制体には、①重さ20kgの重錘をBの各層上に約2mの高さから自由落下させる、②総重量15tの試験車を10km/hごとに速度を増して、10~60km/hの間で走行させる、などを用いた。

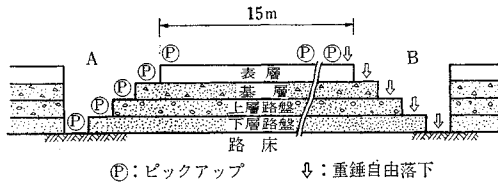


図-6 舗装体内の振動実験図

この測定結果によると、振動伝播速度、振幅および振動数などは各層間に値の開きがほとんどなく、路面と路床面の振幅比および伝播速度比は、ともに1.0に近い値を示している(表-3)。このことから、舗装体と路床面とは一体化した動きをすることがわかる。ただ、路床面以下における振動については、今後調査検討する必要がある。したがって、沿道の家屋に対する走行自動車による振動は、そのエネルギー量からして、舗装下の深層を經由して伝播するものではなく、路面近くの表層波によるものであると考えられる。

4. 交通に伴う大気汚染

交通に伴う公害として、自動車の排気ガスの問題がある。平坦な一般的な市街地で、排気ガスによる一酸化炭素濃度は、①走行自動車の台数と、エンジンの燃料の種類と気筒容積、②自動車の走行状態、たとえば高速通過・渋滞・増減速など、③風向・風速・気温の分布状態などの自然条件、④道路の位置する地形、周辺の家屋の形状、などによって異なるものである。すなわち、①、②の発生源に対して、③、④の環境条件が一酸化炭素の濃度をいかに拡散するかということである。とくに③の条件は、たぶんに季節的あるいは時刻的に変化する要素を含んでいる。現状では他の交通公害、たとえば騒音・振動などよりは生活環境に与える影響が大きい。

5. 交通公害防止対策

交通に伴って発生する公害のおもなものとして、騒音・振動および排気ガスなどがあげられる。とくに最近では交通量の増加によって騒音も激しく、一酸化炭素の濃度も高くなって光化学スモッグの原因ともなっている。また車両の大型化・重量化は、道路舗装に大きな影響を与え、付近に振動の被害を及ぼすこともある。これらの公害ともいべき現象は、都市のように家屋の密集しているところに道路が伸びている地域に限定されるので、一種の都市公害ともいべきものである。

これらの防止対策としては、都市がもっているいろいろな問題とともに、総合的に行なわなければならない事項が多く、抜本的な対策はむつかしい。次に、防止対策について検討したい。

表-3 舗装体内の振動

測点番号	地質分類	路床土	CBR (%)	振動伝播速度 (m/sec)		路面/路床 伝播速度比	振動数 (Hz)	試験車走行スピード 60km/h における振幅 (μ)					路面/路床 振幅比
				表層	路床			表層	基層	上層路盤	下層路盤	路床	
1	三角州平野	砂質シルト	6.0	158.8	—	—	15.0	9.9	9.4	10.1	9.6	9.2	1.08
2	荏原台	関東ローム	7.4	140.8	153.9	0.91	14.0	9.3	7.6	9.4	—	10.7	0.87
3	荏原台	埋戻ローム	6.2	163.9	167.1	0.98	8.5	10.0	9.4	10.2	11.2	9.3	1.08
4	斜面	関東ローム	2.6	212.3	198.7	1.07	10.0	5.6	4.9	—	5.6	6.4	0.88
5	豊島台	関東ローム	6.3	275.4	236.8	0.96	12.5	19.7	18.0	20.6	21.0	20.5	0.96
6	豊島台	関東ローム	6.6	172.1	160.4	1.07	11.5	13.1	12.3	14.7	13.9	12.6	1.04
7	豊島台	関東ローム	5.6	195.4	199.3	0.98	11.5	13.1	11.6	9.8	10.5	9.5	1.38
8	斜面	関東ローム	5.9	137.8	139.7	0.99	7.5	8.8	8.1	6.7	8.4	8.6	1.02
9	豊島台	関東ローム	10.4	147.7	142.7	1.04	13.0	12.8	11.9	11.6	12.1	12.8	1.00
10	河谷底	シルト粘土	2.9	179.8	187.8	0.96	7.0	18.4	16.9	17.4	—	16.2	1.13
11	河谷底	砂質シルト	13.8	165.6	152.7	1.08	3.0	15.1	14.6	14.1	16.0	14.9	1.01
12	河谷底	砂(盛土)	11.2	144.5	149.2	0.97	3.0	15.9	14.9	15.5	15.3	15.5	1.03
13	河谷底	砂(盛土)	10.4	185.6	—	—	3.0	20.4	20.4	22.6	24.6	24.2	0.89
14	河谷底	砂(盛土)	—	119.3	117.0	1.02	3.0	44.7	42.2	43.9	46.6	—	0.96
15	河谷底	砂(盛土)	5.2	164.3	173.4	0.95	3.0	9.6	14.0	13.8	12.2	10.7	0.90

(1) 発生源対策

a) 騒音

騒音は、車両の改良・規制の強化その他いろいろなことが考えられるが、問題点が多くて十分な効果をあげることは、むづかしいようである。

b) 振動

自動車の車体振動としては、① ばね上・ばね下・懸架系の振動、② ボデーの弾性振動、③ エンジン系の振動、④ 駆動系の振動、などが考えられる。これらの振動が励起共振され、タイヤ面から舗装体に振動を伝えることになる。車両などが道路に対して振動を励起するときに、いちばん問題となるのは路面の凹凸であり、ついでタイヤの形状とエンジンおよび駆動系である。この中で、自動車自体は乗りこちや積みくずれ防止、機械損耗の防止などの点で、振動の発生を極力おさえるように努力しているが、車体全体での固有振動数が7~20 Hzになることなどを考えると、舗装体の固有振動数とのかね合いで防止対策を検討する必要がある。

(2) 媒体対策

a) 騒音

道路周辺の騒音予測値は、① 道路構造、② 交通量、③ 走行速度、④ 周辺条件、などによって異なる。日本音響学会道路騒音調査研究委員会による騒音予測値の算定式を用いて、東京都内のある道路について、これをトンネルとするとときと、オープン掘削式の掘削道路とするときの、周辺へ及ぼす騒音分布を求めた事例についてその対策を検討すると次のとおりである。

トンネル区間を設けた場合には、両端開口部から放射される騒音が、とくに道路に近い地域に対して大きな影響を与える。トンネル内壁を吸音性材料で処理することによって、両端開口部などの騒音を低減しうるが、他の部分の騒音に比べて大きいので、開口部周辺では問題となってくる。

トンネル区間を掘削のオープンとした場合には、道路周辺地域の騒音の状態は全線ほぼ同様となり、騒音レベルの値もトンネル構造のときの開口部付近以外と同程度となる。しかし、道路にごく近い2階建て以上の家屋があって、道路を走行する自動車が見とおせる位置では、平面道路での騒音と同じになり、掘削の効果は少ないものとなる。

したがって、トンネル構造、掘削構造ともに一長一短がある。しかし、これらの構造にしないで現在の地盤面に沿った平面道路にするよりは、騒音低減に対して効果が期待される。

これらのことから、騒音の低減ということではトンネ

ルや掘削とすることが望ましいが、さらに大気汚染などについての考察も、交通に伴う公害に対処する道路としては検討する必要がある。なお、トンネルや掘削構造物としたときには、その内壁を吸音性材料で内装することが、より効果をあげる方法でもある。

b) 振動

道路は、走行する自動車を対象として構築され、とくに舗装の設計においては、その力学的特性を基本としている。路面に凹凸がなく舗装に破壊が生じていない時期には、そこから発生する振動などは、ほとんど影響を及ぼさない。しかし路面に凹凸が生じ、とくに路面の平坦性が検査基準値を越えるようになったときなどのように供用性が低下したときには、振動の発生によって周辺の環境に悪い影響を与える。このようなときには、距離減衰を考慮する必要がある。距離減衰を効果的に行なうには、① 舗装構造を変える、② 振動伝播径路に遮断・吸収構造物を設ける、などが考えられる。

ある幹線街路での事例では、たまたま路床土の軟弱地盤対策として採用した、剛体によるサンドウィッチ式の特殊舗装が振動防止対策上にも有効であった。しかし道路交通による振動公害の防止対策の主要なものは、路面の凹凸をなくすことである。一方、電車の走行に伴う振動による影響も大きいので、今後は公害問題として取り扱わざるを得なくなってくるであろう。

6. あとがき

交通機関の急激な発展によって、自動車や電車による交通公害ともいべき騒音・振動および大気汚染などが顕著にあらわれ、われわれの生活環境を、反面において悪化させるようになってきている。

このような交通公害の防止対策としては、他の公害と同様、発生源において対策を講ずることが最も有効である。しかし、現実問題として、発生源のみでは十分な対策が講じ得ない場合もある。たとえば、振動などは、道路の場合に路面の性状によって大きくもなり、また小さくもなるものである。したがって、公害防止対策は、総合的に検討することによって効果があらわれるものである。その場合、初歩的ではあるが最も基本的なことは、発生源に対して拡散・減衰させる空間的距離を設けることである。すなわち、これには都市計画という枠の中で対処する必要がある。

一方、現実の問題として、現在の都市で公共的空間を確保することはむづかしくなっている。したがって、発生源対策を強化するとともに、道路ぞいの家屋に対しては、交通に伴う公害が侵入しないような処置をほどこすよう規制することも必要になってくる。しかし、公害の

発生源対策が基本であり、それを補なう意味において都市計画的な観点にたつて処理し、それを道路・舗装および鉄道などの交通工学が分担し、総合化の中で対策を樹立するべきである。

参 考 文 献

- 1) 別所正彦・達下文一：道路による振動および騒音障害とその対策について、都土木技研報告，No. 41，1962.
- 2) 畑中元弘：地盤振動の測定，土と基礎の調査と計測，土質工学会関西支部，1964.
- 3) 日本音響材料協会：騒音対策ハンドブック，技報堂，1966.
- 4) 日本音響学会道路騒音調査研究委員会：道路騒音調査報告書，1969.

- 5) 東京都公害研究所：公害と東京都，東京都，1970.
- 6) 竹崎忠雄・内田喜太郎：市街地における振動障害について，都土木技研報告，No. 46，1970.
- 7) 竹崎忠雄：道路工事と騒音・振動公害，道路，No. 12，1970.
- 8) 小林正雄・今泉信夫・中村信一：環七通り沿線の交通騒音について，東京都公害研究所年報，1971.
- 9) 東京都土木技術研究所：環状8号線騒音振動測定報告書，都土木技研資料，1971.
- 10) 内田喜太郎・草野 郁：環状7号線と振動公害，第10回日本道路会議論文集，1971.

(1972.1.22・受付)

(1972.2.28・再受付)

コンクリート・ライブラリー 31
PC工法小委員会編
新 刊

OSPA工法設計施工指針案

●B5・106ページ 定価 1100円 会員特価 1000円(〒110)

コンクリート・ライブラリー 32
PC工法小委員会編
新 刊

OBC工法設計施工指針案

●B5・92ページ 定価 1100円 会員特価 1000円(〒110)

コンクリート・ライブラリー 33
PC工法小委員会編
新 刊

VSL工法設計施工指針案

●B5・88ページ 定価 1000円 会員特価 900円(〒110)

コンクリート・ライブラリー 34
終局強度設計方法小委員会編
近 刊

終局強度設計方法 仮題

●B5・158ページ 予価 1500円 47年8月末刊行予定

土木 施工技術 雑誌

9月号 8月20日発売 定価 260円 40円

〈特集〉 大口径化の基礎掘削工法を探る

大口径掘削機	石川島播磨重工	東瀬次郎
KFF工法	鴻池組	京牟礼和夫
水中掘削機	富士機械製作所	藤木朝雄
ジャイアント・ボーラー	奥村組	河野 要
ロッドレス・リバースサーキュレーション工法	利根ボーリング	植田進武
ビットを改良した大口径ボーリングマシン	京浜急行	中川英一

〈主要記事〉

PCボックスカルバートによる110mの押込み推進工法	豊田市役所	長谷川利男	川澄義高
ネットワークテクニックの実務	久保田建設	野木貞夫	
現物計測技術ノート	関組	藤田圭一	

発売中

施工管理の基礎知識

吉野技術士事務所 吉野次郎著

A5判 210ページ

定価 1,200円(〒150)

従来単なる経験技術として扱われてきた施工管理技術は、「工事の大規模化、複雑化にともない、その基礎となる近代的管理技術を持たねば対処できなくなった。本書は各章に諸検定試験問題を含む演習を加え、基本的な施工管理技術を解説。

■主要目次

1. 施工管理と管理技術
2. 工程管理
3. 品質管理
4. 原価管理
5. 安全管理
6. 建設機械の運用と管理
7. 施工管理のシステム化と情報処理

日刊工業新聞社 東京都千代田区九段北1-8-10