土研資料第１２８５号

土木研究所資料

第1285号

構造物基礎形式の選定手法調査

昭和53年３月

建設省土木研究所
構造橋梁部基礎研究室

土木研究所資料第一二八五号　構造物基礎形式の選定手法調査　昭和五十三年三月　建設省土木研究所

785

ま　え　が　き

本資料は，建設省技術研究会における共通部門指定課題「構造物基礎形式の選定手法調査」として，昭和51年度，52年度の２カ年にわたって実施した調査結果をとりまとめたものである。本資料が今後，合理的な基礎形式の選定手法を確立するための参考の一端となれば幸いであると考えている。

なお，本資料の内容は第30，31回建設省技術研究会報告に基づいており，最終年度の報告書を引用したものであるということを付記する。

昭和53年３月

構造橋梁部　基礎研究室長　塩　井　幸　武
主任研究員　古　屋　敏　夫
技　　官　千　野　啓　次

目　　次

調査の背景 …… 1

1. 調査方法 …… 3

1.1 調 査 票 …… 3

1.2 調査票の集計手順 …… 3

1.3 集　　計 …… 3

2. 構造物基礎の設計・施工についての現況 …… 6

2.1 一般事項 …… 6

2.2 上部形式および一般諸元 …… 7

2.3 施工環境 …… 9

2.4 基礎の設計 …… 12

2.5 地盤条件の調査 …… 13

3. 基礎形式別の設計・施工の現況 …… 16

3.1 直接基礎 …… 16

3.2 くい基礎 …… 24

3.3 ケーソン基礎 …… 47

4. 基礎形式の選定と諸要因 …… 58

4.1 上部構造と基礎形式 …… 58

4.2 地盤と基礎形式 …… 60

4.3 水上施工と基礎形式 …… 65

4.4 施工環境と基礎形式 …… 66

4.5 基礎形式の選定根拠 …… 71

5. 基礎形式の選定手法 …… 74

5.1 基礎形式の分類 …… 74

5.2 基礎形式の選定手順 …… 78

5.3 基礎形式の選定表 …… 78

5.4 基礎形式の選定例 …… 82

6. 基礎形式の10年間の動き …… 86

おわりに …… 88

調査の背景

国土の面積が限られ，人口稠密なわが国においては，平地，山岳部，河川，海岸あらゆる場所に，土木構造物が計画され構築される。近年，高速自動車国道に代表される国内の基幹的な幹線道路の整備促進に始まり，国民生活の末端の生活道路の整備，さらには観光地の道路など様々な形で生活空間が広げられていると言える。それに伴って各種の構造物が海岸の沿海，水深の深い河海，人口造成地など施工条件の複雑な場所に計画されることも多くなっている。また都市内においても都市再開発事業の一環として，市街地内の工事も増加している。このような，自然的，社会的に複雑な環境のもとで公共構造物の設計・施工をする場合，当然厳しい条件を課されることになる。半面ではこのことが構造物，とりわけそれをささえる基礎構造物に新しい設計法や施工法を生み出す結果を生じていることも事実である。さらには与えられた条件のもとで公共構造物を計画する場合には，経済的な観点からの吟味も当然考慮されなければならない。私達が構造物基礎を計画し，設計する場合，他の公共構造物と同様，純技術的な観点，環境や施工性の観点，そして経済的観点から最も合理的であると判断した構造形式を選定し，設計し，それを建設することとなる。

一般に，構造物基礎は直接基礎，ケーソン基礎およびくい基礎の３つに区分されている。ただ社会的な要請や技術進歩に伴って，基礎構造物が大型化，多様化し，設計，施工上でケーソンに類似した大口径のＰＣぐいのような中間的な基礎が出現し，それが定着しつつあるし，いわゆる矢板式基礎のように仮締切と基礎本体の機能を兼ね備えた第４の基礎とも言うべきものも一般化されつつある。また固々の基礎形式を採り上げてもくい基礎において既成ぐい，場所打ちぐいといった施工法による分類を加えるならば，数10種類にもなろうし，ケーソン基礎であれば一般的なオープンケーソンおよびニューマティクケーソンに加えて，フローティングケーソンやピアケーソンのような形式もある。さらに使用頻度は現在のところ余り多くはないが，ケーソンとくい基礎を併用した混合基礎も利用されている。

このように基礎を設計しようとする場合，その形式の選定において単純に直接基礎，ケーソン基礎，くい基礎の三者から選択すれば事が足りるのではない。工法の種別を含め様々な角度から判断して最適な基礎形式を選定することが要求される。

設計者は，どのような要因に基づき，いかなる手法，手順によって形式の選定を行なっているのであろうか。特殊な条件下の構造物や，特殊な構造物の基礎の場合でなければ，設計者によって大きな差異が生ずることはないという見方もあろうが，設計者個人の経験，好みが入る余地もあり，純技術的に処理されているとは限らない。

しかも，基礎形式の選定は構造物の耐久性や維持管理の面で，重要な要因となるだけでなく，建設コストや，施工精度，周辺環境に与える影響をも左右するので，個々の基礎形式の設計基準などと並んで選定基準のようなものが確立されることが理想であろう。直接基礎，ケーソン基礎，くい基礎の設計手法が各々別々に発展し，定着したため，理論および設計方法が相互に完全には関連していない。土木研究所においても基礎構造物の設計手法の体系化というテーマで長年研究を行って

いるが，本テーマも広義の合理的な設計法確立の一環と捉えることができる。

1. 調査方法

1.1 調　査　票

本調査は構造物基礎の形式選定手法を確立することを最終目標にしているが，そのために国内において基礎の設計がどのような実態で行なわれているかを基本的な情報として把握する必要がある。すなわちそれによって各構造物が地理的，環境上，地盤上どのような条件のもとで立案され，設計されたかを知ることができる。この目的のため，初年度に，道路橋，堰および水門の土木構造物を対象として，昭和50年度に発注された基礎について，国，県，公団，主要都市関連のものを調査した。道路橋については支間20m以上のものすべて，堰，水門については全数を調査の対象とした。

調査は，図1.1に示す調査票と記入要綱（51年度建設省技術研究会において紹介した）を関係機関に送付し（昭和51年9月），上記構造物の基礎一基ごとに，様式－1，様式－2を各機関に記入してもらい，当研究室宛返送してもらうことによって実施した。様式－1は基礎設計に関する一般事項として，上部構造および一般諸元，施工場所・環境，基礎の選定要因，地盤調査等についての諸事項を調査し，様式－2は，くい基礎，ケーソン基礎，直接基礎の基礎種別ごとに，基礎の断面寸法，地盤定数，変位等についての諸事項を調査した。

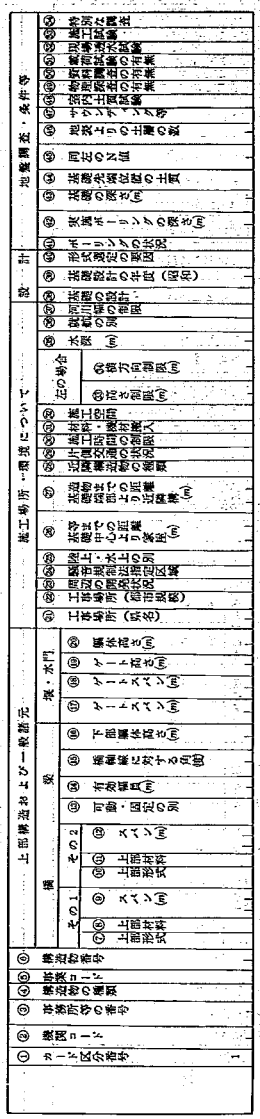


図1.1(1) 調査票 様式－1

1.2 調査票の集計手順

調査票入手から集計までの手順を示したのが図1.2のフローチャートである。調査票を入手した段階でコードの修正，記入方法の誤りの有無を調べ，間違いをなくすように努力した。ファイル作成は初期ファイル作成→データチェック→データ修正→基本ファイル作成という流れで行った。集計表作成は基本ファイルから必要な要因番号を指定すれば行なえるようなプログラムを作成した。

1.3 集　　計

集計は，大きく単純集計と多次元のクロス集計に分けられる。単純集計は，各要因についてのデータの特性をとらえることを

740

くい基礎

①カード区分番号 2
②構造物番号
③くいの種類
④くいの直径(m)
⑤くいの長さ(m)
⑥くいの本数(本)
⑦斜角図
⑧くいの自由長(m)
⑨摩擦ぐいと支持ぐいの区別
⑩設計水平震度
くい頭反力最大値
常時 橋軸方向 ⑪鉛直(t/本) ⑫水平(t/本)
地震時 橋軸方向 ⑬鉛直(t/本) ⑭水平(t/本)
地震時 橋軸直角方向 ⑮鉛直(t/本) ⑯水平(t/本)
⑰最大引抜力(地震時)(t/本)
⑱鋼管ぐいの肉厚(mm)
⑲鉛直支持力の推定法
⑳水平支持力の推定法
㉑くい反力計算法
㉒設計k値
㉓k値の推定根拠
㉔ネガティブフリクション
㉕群ぐいの検討(水平)
㉖群ぐいの検討(鉛直)
㉗フーチングの前面抵抗を考慮
くい頭変位
㉘常時(mm)
㉙地震時(mm)
㉚くいの最小中心間隔(×D)
㉛くいの最大中心間隔(×D)
㉜くい継手箇所数
㉝くい頭部の設計法
㉞kvの算定根拠
㉟フーチングに対する震度の考慮
㊱フーチングに対する震度の考慮
㊲フーチング厚さ(m)
㊳土被り厚さ
㊴くいの施工法
㊵くいの施工管理
㊶くいの腐食代
㊷鋼ぐいの鋼材
㊸特殊な条件(傾斜地など)
㊹ハンマーの規模
㊺くい頭付近の土質
㊻場所打ちぐいのくい頭鉄筋
㊼特殊な工法
㊽発泡の有無
㊾コンクリート室の対策

ケーソン基礎

①カード区分番号 2
②構造物番号
③ケーソンの種類
④ケーソンの形状
⑤ケーソンの断面積(m²)
⑥ケーソンの長さ(m)
⑦ケーソンの地下水位以下の長さ(m)
⑧橋軸方向幅(m)
⑨橋軸直角方向幅(m)
β・ℓの値
⑩橋軸方向
⑪橋軸直角方向
⑫ケーソン本体の地震力
⑬ケーソンの安定計算法
⑭根入れ長さの決定理由
⑮k値の算出根拠
⑯kv値の算出根拠
⑰k値の算出根拠
⑱ks値の算出根拠
⑲回転中心の深さ(橋軸方向)m
⑳回転角(橋軸方向) $\theta \times 10^{-n}$ θ n
㉑設計水平震度
㉒変位の検討
底面反力
常時 ㉓橋軸方向max(t/m²) ㉔橋軸直角方向max(t/m²)
地震時 ㉕橋軸方向max(t/m²) ㉖橋軸直角方向max(t/m²)
㉗底面地盤の種類
㉘同左N値
㉙リット数
㉚シャフト数
㉛フリクションカット
㉜周面摩擦の根拠
㉝載荷面積の根拠
㉞上水槽の状態
㉟中詰の状態(m)
㊱底面コンクリート打設法
㊲支持力の確認
㊳水深(m)
㊴地表よりケーソン天端までの深さ(m)
㊵水底面・地表面地盤の種類
㊶築島の方法
㊷ケーソン厚(mm)
刃口
㊸頂版厚さ(m)
㊹刃口形状
㊺鉄板厚さ(mm)
㊻コンクリート室の対策
㊼特殊な工法
㊽発泡の有無

直接基礎

①カード区分番号 2
②構造物番号
平面寸法
③橋軸方向(m)
④橋軸直角方向(m)
⑤フーチング厚さ(m)
⑥根入れ深さ(m)
⑦突起の有無
⑧突起の図心よりの位置(m)
⑨設計水平震度
⑩フーチングに対する震度の考慮
⑪土被りに対する震度の考慮
⑫側面抵抗の考慮
⑬許容支持力の推定法
⑭水平力と鉛直力の比(橋軸方向,地震時)
底面反力
常時 ⑮橋軸方向max(t/m²)
地震時 ⑯橋軸方向max(t/m²) ⑰橋軸直角方向max(t/m²)
安全率(極限値/作用力)
常時 ⑱支持力(橋軸)
地震時 ⑲滑動(橋軸) ⑳支持力(橋軸) ㉑滑動(橋軸)
支持力の計算
㉒c値(t/m²)
㉓φの値(度)
㉔Df値(m)
㉕c値
㉖φの根拠
㉗摩擦係数の値
㉘水平震度の計算
㉙鉛直震度の計算
㉚水深
㉛支持力の確認
㉜締切の方法
㉝支持力の確認
㉞その他の特殊な条件
橋台(L型,逆T型,控壁式)
寸法比

㉟B/H ㊱Lf/B ㊲Lr/B ㊳ν
㊴後フーチングへの土圧の鉛直分力
㊵前壁前面設計時の土砂の抵抗力

図1.1(2) 調査票様式－2

741

目的としている。また，多次元クロス集計は，有意な要因間の関連性を見るために行なうものである。この場合，量的な要因は類型化を行っておく必要があり，これは単純集計結果を基礎に行なった。また多次元クロス集計に基本ファイルを直接用いると，量的要因の集計では，その都度類型化を行なわなければならないので，基本ファイルの類型化ファイルとして質的ファイルを作成した。さらに基本ファイルのコントロールのためのファイルとして，制御ファイルを作成した。これらの関連を示したのが図 1. 3 である。

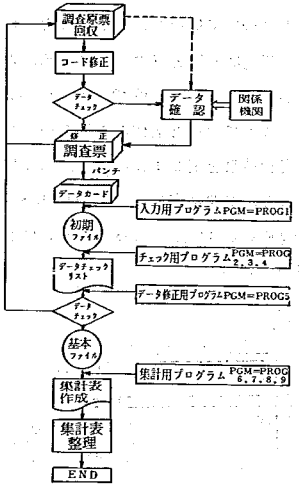


図 1. 2　データ集計フロー

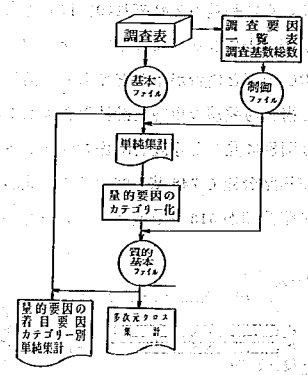


図 1. 3　集計用ファイル関連図

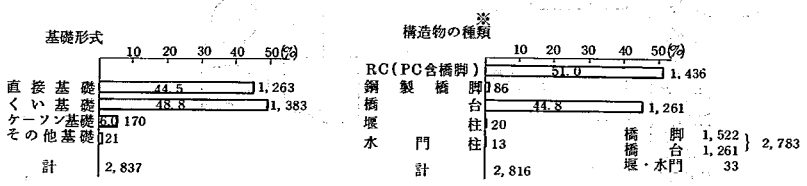
742

2. 構造物基礎の設計・施工についての現況

昭和51年9月に調査票を各機関に配布し，同年12月末までにほぼ全数を回収することができた。その結果，総数で2,837基となっており，そのうち道路橋基礎2,804基で，全体の99%を占め，堰水門基礎が33基となっている。以下に各項目についての集計結果を紹介する。

2.1 一般事項

一般事項として基礎形式，構造物の種類および機関コードについて集計した。基礎形式別に見ると直接基礎，くい基礎がそれぞれ40%以上を占め，ケーソン基礎は6%と少ない。直接基礎の占める割合が予想以上に多かったことと，ケーソン基礎が少なかったことが印象的である。構造物の種類別ではRC橋脚と橋台が殆んどである。河川構造物基礎は基数で33基と全体の1%を占めている。基礎形式と構造物種類の単純集計結果を図2.1に，クロス集計結果を表2.1に示す。図2.2に示すように，機関別に見ると建設省関係528基（18.6%），県および主要都市で1,471基（51.8%），公団および道路公社で748基（26.4%），北海道開発局で90基（3.2%）となっており，個別機関では日本道路公団が513基と最も多く，全体の18.1%を占めている。



※ 構造物種類別基数にはその他基礎（21基）を除いてある。

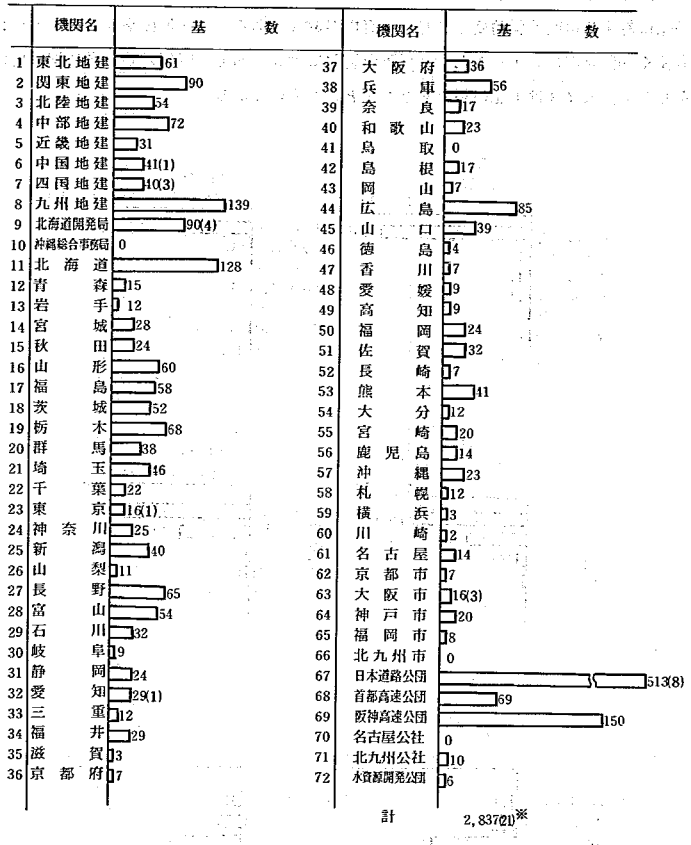
図2.1 基礎形式と構造物種類別基数

表2.1 基礎形式別構造物種類別基数

構造物種類＼基礎形式		直接基礎	くい基礎											ケーソン基礎									合計
			既成くい					場所打ぐい		深礎	不明	小計		オープンケーソン			ニューマティクケーソン				小計		
			鋼管	H	RC	PC	木	合成	RC	RM				I	II	計	I	II	III	計			
橋梁	道路橋脚 RC(PC含)橋脚	487	241	3	0	86	0	0	438	0	46	0	814	90	2	92	31	11	1	43	135		1,435
	鋼製橋脚	22	33	0	0	2	0	0	24	0	0	0	59	5	0	5	0	0	0	0	5		86
	計	509	274	3	0	88	0	0	462	0	46	0	873	95	2	97	31	11	1	43	140		1,522
	橋台	738	234	5	7	30	0	3	165	0	50	0	494	24	1	25	1	3	0	4	29		1,261
	小計	1,247	508	8	7	118	0	3	627	0	96	0	1,367	119	3	122	32	14	1	47	169		2,783
堰・水門	堰柱	12	3	1	2	1	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0		20
	水柱	4	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	1	1	0	0	1	1		13
	小計	16	8	1	3	3	0	0	0	0	0	1	16	0	0	1	1	0	0	1	1		33
合計		1,263	516	9	10	121	0	3	627	0	96	1	1,383	119	3	123	33	14	1	48	170		2,816

オープンケーソン (I)：一般のもの
(II)：プレキャスト壁体を組合せて施工するもの

ニューマティクケーソン (I)：一般のもの
(II)：ピアケーソン
(III)：フローティングケーソン



※ （　）内はその他基礎の基数

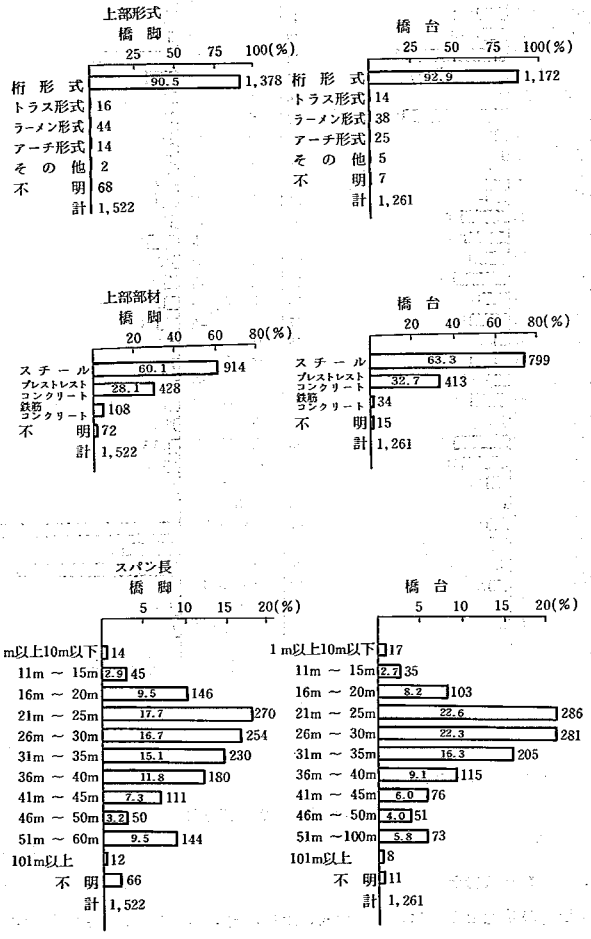
図 2.2　機関別の基礎構造物基数

2.2　上部形式および一般諸元

上部形式および一般諸元としては，上部形式，上部部材，スパン長，可動・固定の別，有効幅員，橋軸線に対する角度，下部構躯体の高さの7項目について集計した。上部形式はほとんど桁形式であり，全体の90%を占めており，部材ではスチール（鋼橋）が60%となっている。スパン長では21

744

～25mの範囲が最頻値である。沓の可動固定の状態で見ると，橋脚の場合＜F－M＞タイプが最も多く，50%近くになっている。有効幅員は，2車線道路の8～10mが40%を占め最も多い。下部躯体の橋軸線に対する角度（斜角度）で見ると直橋が56%である。下部躯体高さでは，8～10mの範囲が最も多く30%を占め，1m以上15m以下の範囲に90%分布し，躯体の高い構造物は比較的少ないことがわかる。図2.3は上記の諸元をとりまとめたものである。



745

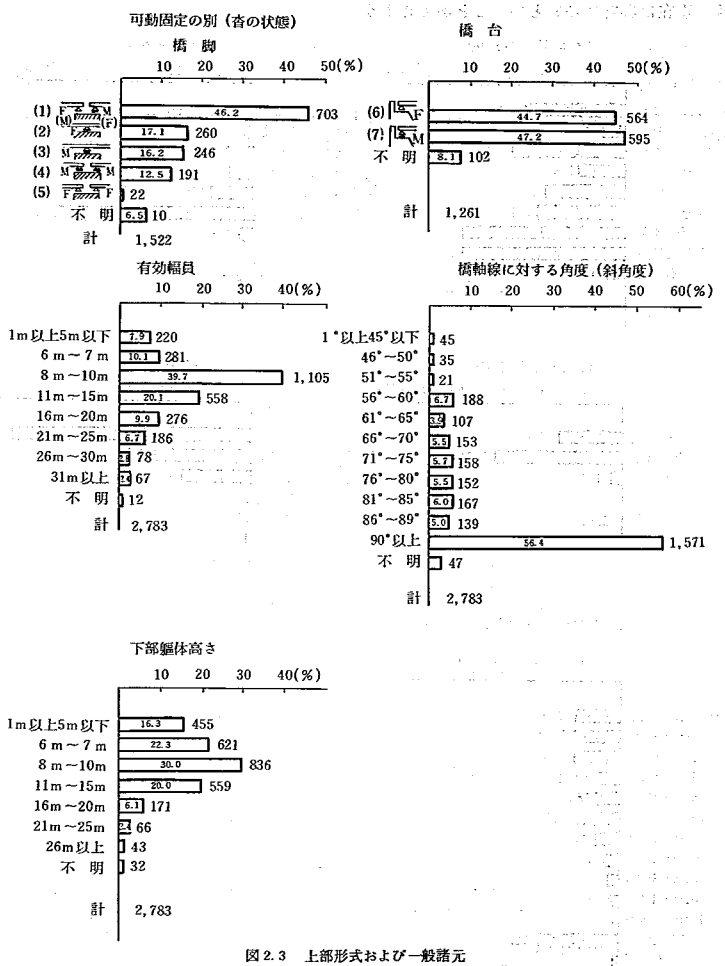


図 2.3　上部形式および一般諸元

2.3　施工環境

構造物基礎の建設位置における環境的な側面については，施工場所，施工位置，周辺の状況，騒音規制の有無等について調査した。都市規模10万以上の市部では35%，3万未満の町村部で40%となっている。また用途地域内での施工が全体の37%を占め，そのうち住居地域が最も多くなっている。また騒音規制法指定区域は全体の30%を占めている。これらのことから周辺の開発の進んだ地域における施工，言い換えると環境面で何らかの配慮を払う必要のある地域での施工が数字のうえ

746

からも，現在は非常に多いということができよう。

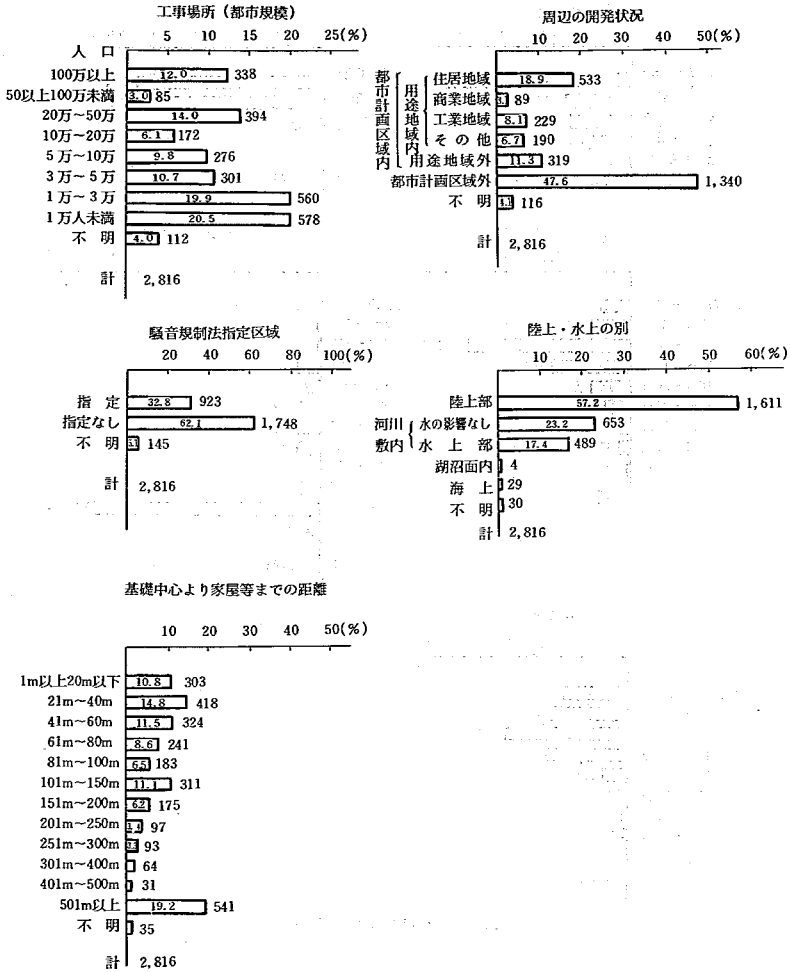


図 2.4　施工環境〔1〕

施工位置を陸上と水上の別に見ると，陸上部が約60%で河川，湖沼，海上の水上部（水の影響のない河川敷内も含む）で約40%となっている。水上部のうちでは，河川敷内がほとんどであるが，海上でも29基施工されている。周辺の人家までの距離を見ると，20m以下で非常に近くにあるのが10%であり，逆に 500 m 以上離れている基礎は20%程度である。図 2.4 は以上の集計結果を示した

747

ものである。

基礎を施工する場合の制限等について述べると，陸上部で沿道との輻輳があるものが662基あり，そのうち「施工部分については交通を遮断し、迂回路を設けた」が416基と，陸上部全基数の25%にもなっている。また材料機械等の搬入搬出に特別の搬入路を設けたものも全基数の26%となって

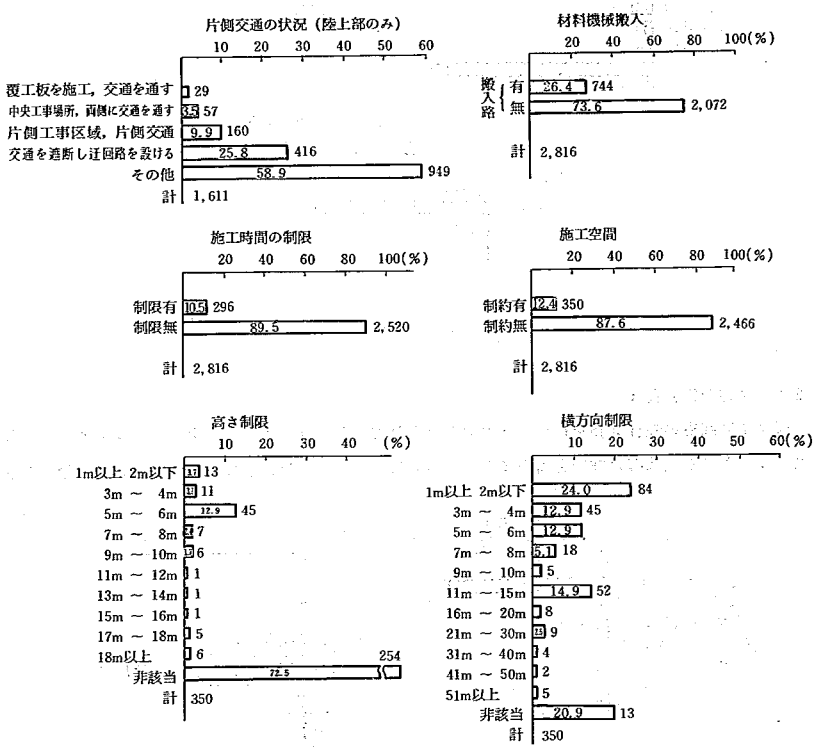


図 2.5　施 工 環 境（2）

いる。さらに施工空間の制約については「設計施工にあたって特に考慮した」とあるのは全体の10%であった。これを高さ方向での制限でみると6 m程度までであり，横方向の制限では20m程度までである。図 2.5 は以上を図に示したものである。

水上施工について見ると，当該基礎周辺の水深は，5 m以上となる基礎は非常に少ない。また「船舶の航行について配慮する必要があった」とした基礎は40基であった。これは，河川敷水上部および湖沼，海上での施工の 8 %に当たる。河川内に設ける橋台，橋脚の中で「躯体幅および施工中の仮設構造物の幅に制限を受け，その値が構造物下部構の設計施工に影響を与えた」としたものは，181 基で，16%あった。図 2.6 にこれらを示す。

248

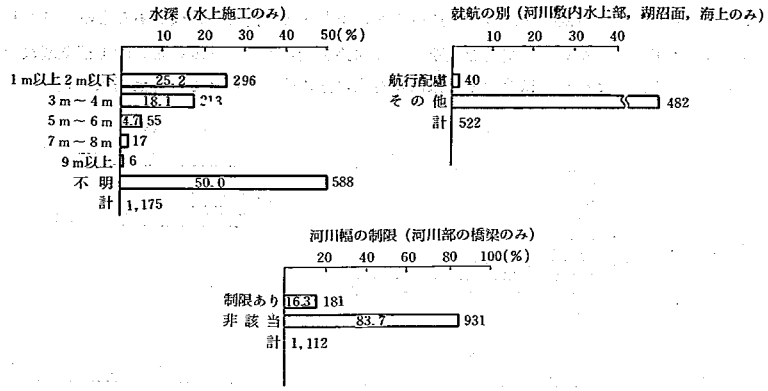


図 2.6　施工環境（3）

2.4　基礎の設計主体

図 2.7 に基礎の設計業務を行なった主体が示されている。図のように「すべてコンサルタント等で行なった」が全基礎の78%を占めており，さらに「一部は，発注者で行なったが，大部分は外注

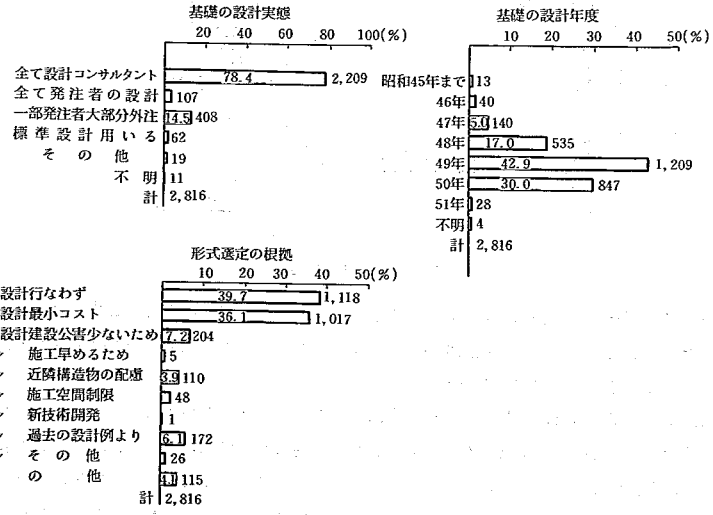


図 2.7　基礎の設計実態

743

した」の15%を加えると93%になる。土木構造物の標準化および省力化を目的として制定されている土木構造物標準設計を用いた例は少く，２%であった。設計年度別に見ると，本調査の対象が昭和50年度中に新規に工事発注したものであるので，必然的に 49, 50 両年度が多く，これら２ケ年で75%となっている。

基礎形式の選定根拠をみると，「上部形式，地盤条件，近隣構造物から判断して採用する基礎は当初から決まっていたため，特に比較設計は行わなかった」が最も多く，40%で，次いで「比較設計した上で最小コストのものを選定した」が36%であった。

2.5　地盤条件の調査

地盤条件としては，ボーリング状況，基礎先端までの土層数などについてとりまとめた。ボーリングを建設予定平面内で実施したものが45%，予定平面外で実施したものが41%と，ボーリングを実施した場合が86%になっており，このときのボーリングの深さは多くが30m以下となっている。基礎の深さでは10m以下が47%となっており，30mを越える基礎は10%程度である。基礎先端位置の土質を見ると，岩盤が41%，砂質土が55%であり，粘性度は２%足らずと少ない。最も多いのは砂礫で40%を占めている。次に基礎先端のN値を見るとN値50以上としているものが63%あり，さらにこれに岩盤等で貫入不能の18%を加えると80%となる。地表面または底面より基礎先端までの土層数を見ると，２層が最も多く，５層以内が63%となっている。図2.8参照。

図2.9に実施した調査について整理してある。サウンディング等については，標準貫入試験のみを行なったが51%で，ボーリング孔内水平載試験を行なったのは14%である。乱さない資料のサンプリングを行なったのが９%である。水平載荷試験ではL.L.T. 法が最も多い。室内土質試験を行なったものは35%で，この中では物理試験のみが最も多く，半数近くを占めている。物理探査を行なったものは少なく，２%である。資料調査を行なったものは35%である。

載荷試験，現場透水試験あるいは施工試験を行なったものは少なく，いずれも10%未満である。現場透水試験では単孔式を行なったものがほとんどである。施工試験では，試験目的をくい等の施工状態を確認するために行なったものが最も多いが，騒音あるいは振動等を調査する目的で行なった場合もかなりある。その他鋼管ぐい等の腐食調査試験が若干行なわれている。

750

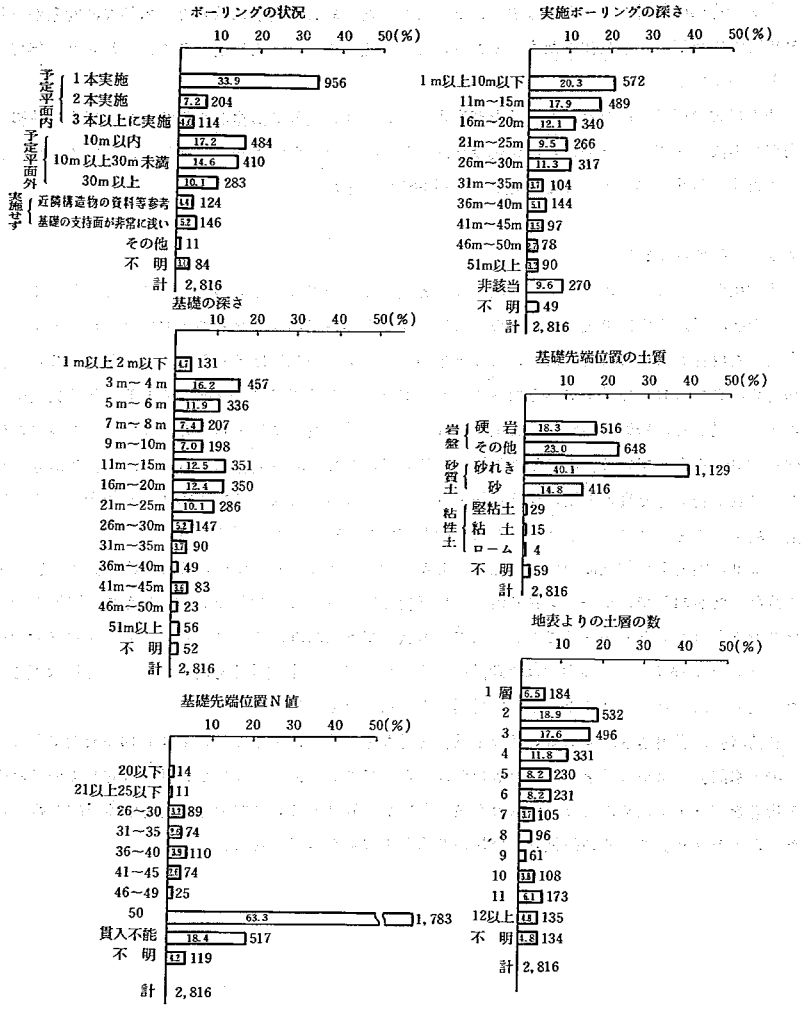

ボーリングの状況
10 20 30 40 50(%)
予定平面内
1本実施 33.9 956
2本実施 7.2 204
3本以上に実施 4.0 114
予定平面外
10m以内 17.2 484
10m以上30m未満 14.6 410
30m以上 10.1 283
実施せず
近隣構造物の資料等参考 4.4 124
基礎の支持面が非常に浅い 5.2 146
その他 11
不明 3.0 84
計 2,816
実施ボーリングの深さ
10 20 30 40 50(%)
1m以上10m以下 20.3 572
11m～15m 17.9 489
16m～20m 12.1 340
21m～25m 9.5 266
26m～30m 11.3 317
31m～35m 3.7 104
36m～40m 5.1 144
41m～45m 3.5 97
46m～50m 2.8 78
51m以上 3.2 90
非該当 9.6 270
不明 49
計 2,816
基礎の深さ
10 20 30 40 50(%)
1m以上2m以下 4.7 131
3m～4m 16.2 457
5m～6m 11.9 336
7m～8m 7.4 207
9m～10m 7.0 198
11m～15m 12.5 351
16m～20m 12.4 350
21m～25m 10.1 286
26m～30m 5.2 147
31m～35m 3.2 90
36m～40m 49
41m～45m 3.0 83
46m～50m 23
51m以上 56
不明 52
計 2,816
基礎先端位置の土質
10 20 30 40 50(%)
岩盤
硬岩 18.3 516
その他 23.0 648
砂質土
砂れき 40.1 1,129
砂 14.8 416
粘性土
堅粘土 29
粘土 15
ローム 4
不明 59
計 2,816
基礎先端位置N値
10 20 30 40 50(%)
20以下 14
21以上25以下 11
26～30 3.2 89
31～35 2.6 74
36～40 3.9 110
41～45 2.6 74
46～49 25
50 63.3 1,783
貫入不能 18.4 517
不明 4.2 119
計 2,816
地表よりの土層の数
10 20 30 40 50(%)
1層 6.5 184
2 18.9 532
3 17.6 496
4 11.8 331
5 8.2 230
6 8.2 231
7 3.7 105
8 96
9 61
10 3.8 108
11 6.1 173
12以上 4.8 135
不明 4.8 134
計 2,816

図2.8 地盤条件

757

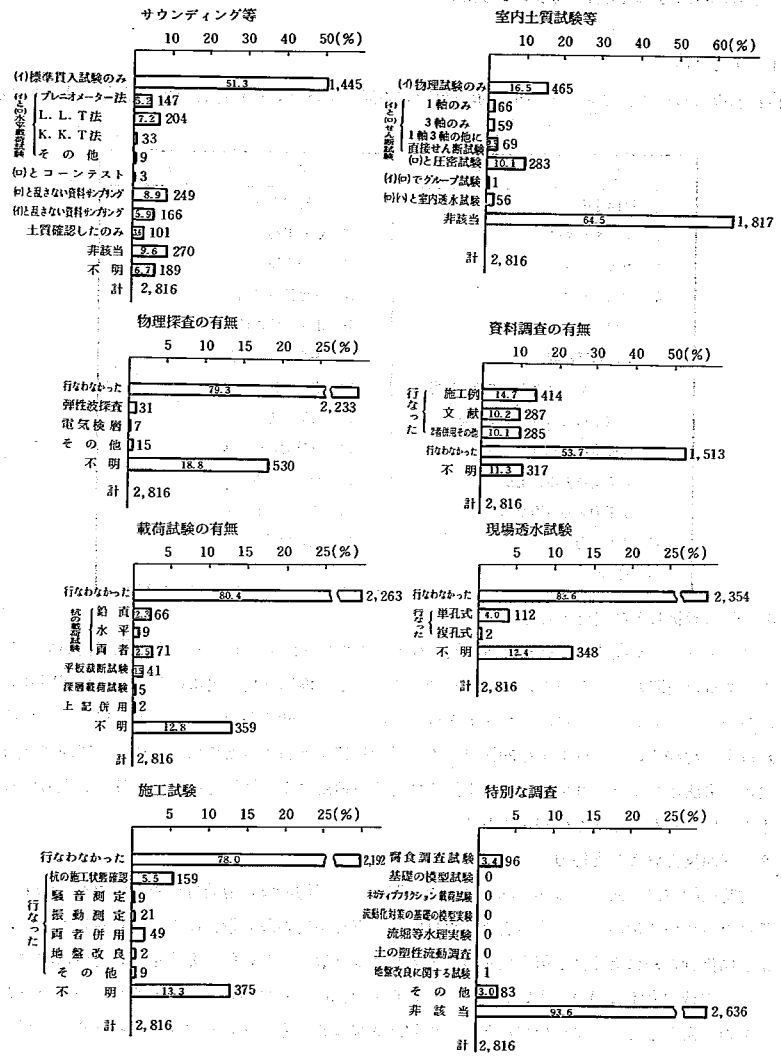


図 2.9 調査の実態

752

3. 基礎形式別の設計・施工の現況

3.1 直接基礎

直接基礎について行なった単純集計項目は次表の通りであり，それぞれの集計結果を図 3.1 に示す。

項　　目	項　　目
① 平面寸法	⑭ 支特力の計算
② フーチング厚さ	⑮ Cの根拠
③ 根入れ深さ	⑯ φの根拠
④ 突起の有無	⑰ 摩擦係数の値
⑤ 突起の図心よりの位置	⑱ 水平変位の計算
⑥ 設計水平震度	⑲ 鉛直変位の計算
⑦ フーチングに対する震度の考慮	⑳ 水　深
⑧ 土被りに対する震度の考慮	㉑ 締切の方法
⑨ 前面抵抗の有無	㉒ 支持力の確認法
⑩ 許容支持力の推定法	㉓ 発破の有無
⑪ 水平力と鉛直力の比	㉔ その他特別な条件
⑫ 底面反力	㉕ 橋台の設計
⑬ 安全率	

(1) 断面形状および支持深さ等

フーチングの平面寸法は橋軸方向に最大45mのものから最低2mのものまで施工例があったが，5～7mの範囲のものが多く，全体の約50%を占める。橋軸直角方向には7～12mの範囲のものが多い。フーチングの厚さは1.0～1.5mの間に全体の約50%が分布している。根入れ深さは6m以下が約80%，6m以上が約20%である。滑動抵抗を増加するためにフーチング底面に突起を設ける方法は余りとられていない。土被りに対する地震による慣性力については設計上考慮したもの70%，しなかったもの30%である。

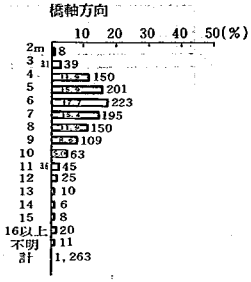
(2) 底面反力および支持力

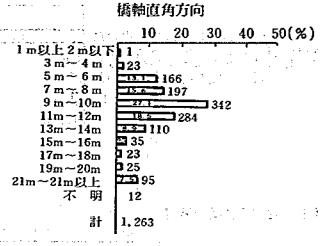
常時橋軸方向底面反力は20～30t／m²の範囲のものが約50%，地震時橋軸方向で30～60t／m²等になっている例が多い。許容支持力の推定は，直接基礎の設計指針によって計算したもの，および同指針の表による推定値を利用したものがほぼ同数で，その他の方法を用いた例は非常に少ない。支持力算定に用いる土質定数C，φの算出根拠は，Cについては経験的な値を用いたとするものが殆んどで，φについてはN値との相関式で求めたものと，経験値を用いたものが相半ばする。

(3) 変位の計算

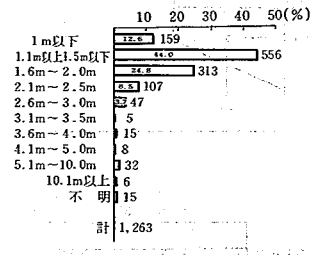
水平，鉛直方向ともに水平変位の計算を行なったものは非常に少ない。

① 平面寸法

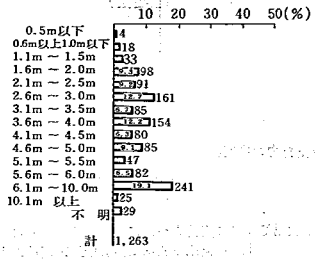




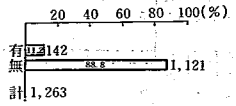
② フーチング厚さ



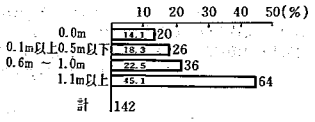
③ 根入れ深さ



④ 突起の有無



⑤ 突起の図心よりの位置



⑥ 設計水平震度

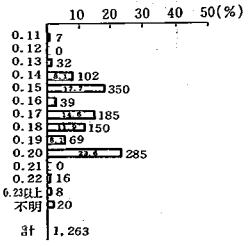
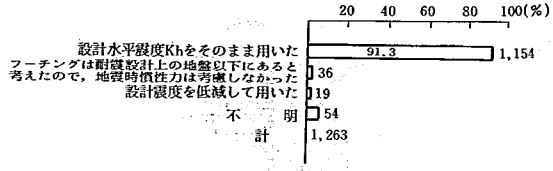


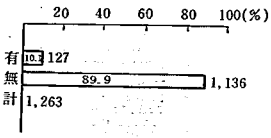
図 3.1 直接基礎の設計・施工の動向

754

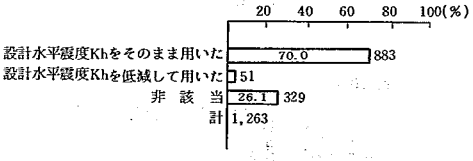
⑦ フーチングに対する震度の考慮

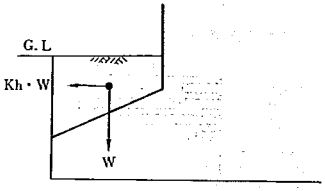


⑨ 前面抵抗の有無

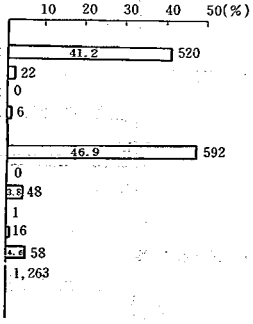


⑧ 土被りに対する震度の考慮

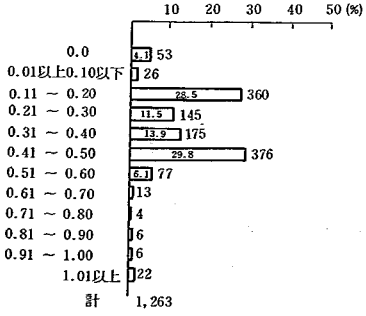




⑩ 許容支持力の推定法

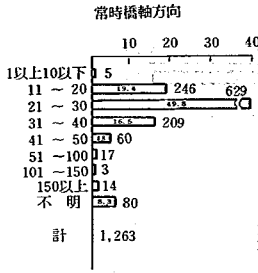


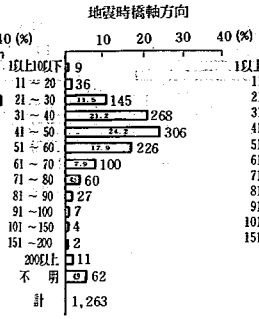
⑪ 水平力と鉛直力の比（橋軸方向地震時）

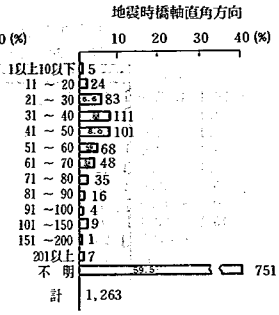


755

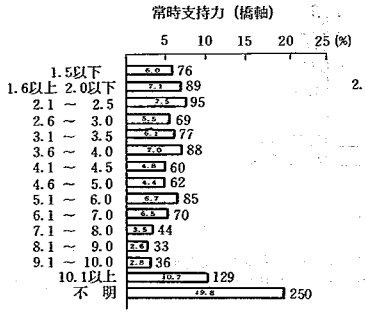
⑫ 底面反力（t／㎡）

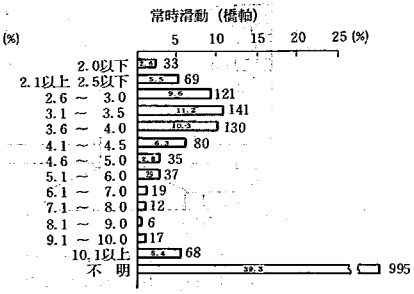


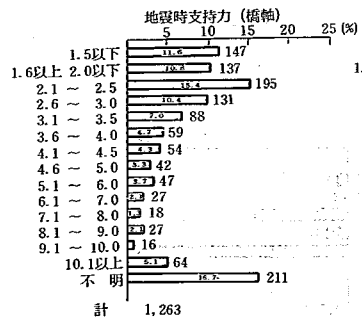


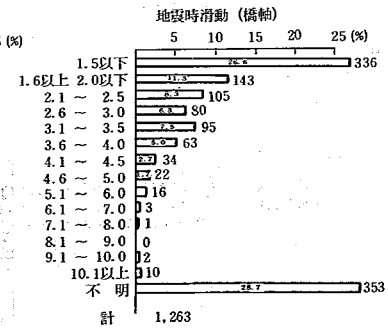


⑬ 安全率（極限値／作用荷重）



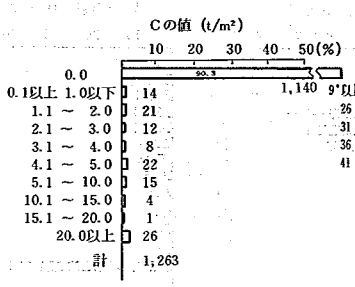


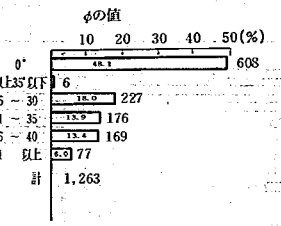


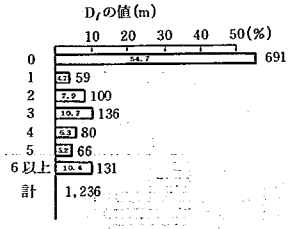


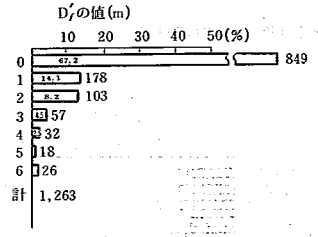
756

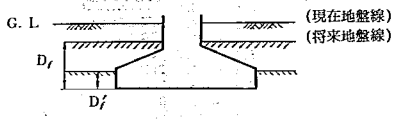
⑭ 支持力の計算







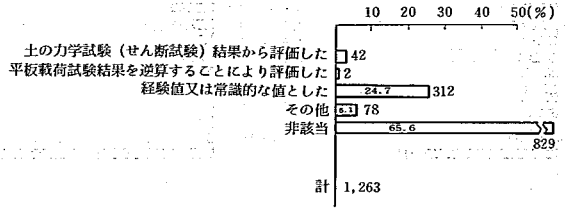




D_f ：基礎の有効根入れ深さで支持力のサーチャージとして考える深さ。

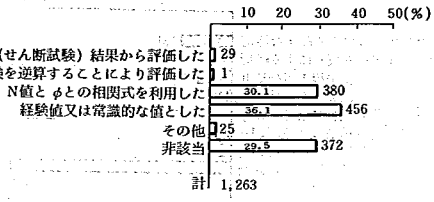
D_f' ：支持層における根入れ深さで前面抵抗を期待したり，又は支持力の根入れが効果を評価する深さ。

⑮ Cの根拠

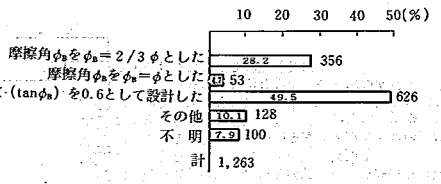


757

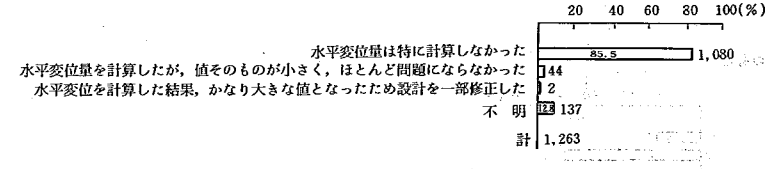
⑯ φの根拠



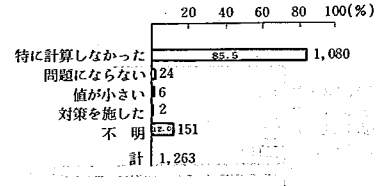
⑰ 摩擦係数（ tan φB ）の値



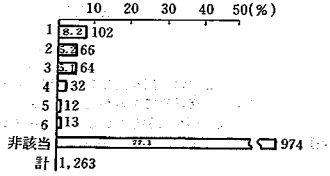
⑱ 水平変位の計算



⑲ 鉛直変位の計算

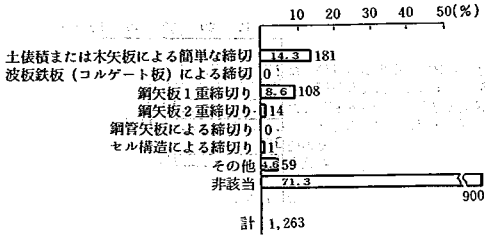


⑳ 水　　深(m)

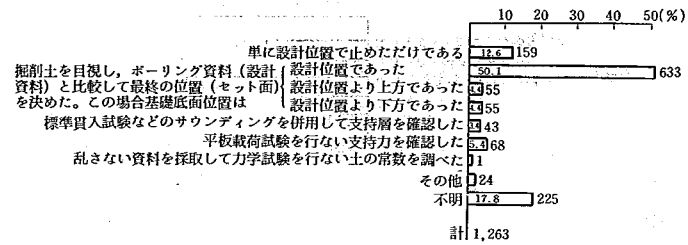


75a

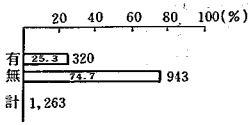
㉑ 締切の方法



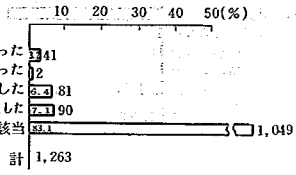
㉒ 支持力の確認法



㉓ 発破の有無

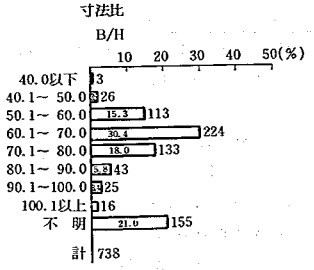


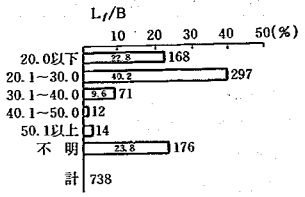
㉔ その他の特別な条件

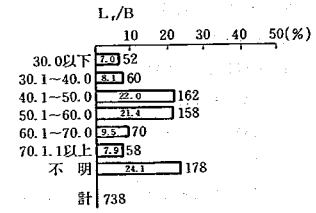


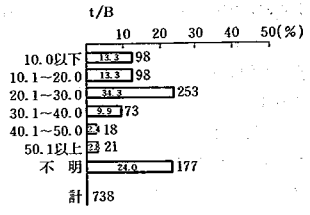
759

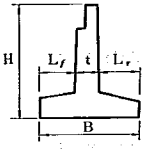
㊇ 橋　　台

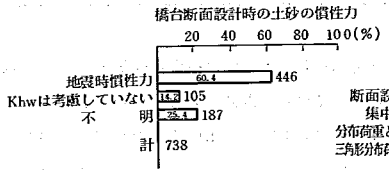

寸法比
B/H
10 20 30 40 50(%)
40.0以下 3
40.1～ 50.0 26
50.1～ 60.0 15.3 113
60.1～ 70.0 30.4 224
70.1～ 80.0 18.0 133
80.1～ 90.0 5.8 43
90.1～100.0 3.3 25
100.1以上 16
不　明 21.0 155
計 738

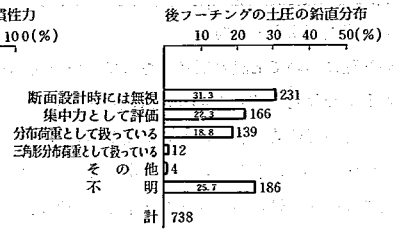

Lf/B
10 20 30 40 50(%)
20.0以下 22.8 168
20.1～30.0 40.2 297
30.1～40.0 9.6 71
40.1～50.0 12
50.1以上 14
不　明 23.8 176
計 738


Lr/B
10 20 30 40 50(%)
30.0以下 7.0 52
30.1～40.0 8.1 60
40.1～50.0 22.0 162
50.1～60.0 21.4 158
60.1～70.0 9.5 70
70.1.1以上 7.9 58
不　明 24.1 178
計 738


t/B
10 20 30 40 50(%)
10.0以下 13.3 98
10.1～20.0 13.3 98
20.1～30.0 34.3 253
30.1～40.0 9.9 73
40.1～50.0 2.4 18
50.1以上 2.8 21
不　明 24.0 177
計 738


H
Lf
t
Lr
B


橋台断面設計時の土砂の慣性力
20 40 60 80 100(%)
地震時慣性力 60.4 446
Khwは考慮していない 14.2 105
不　明 25.4 187
計 738


後フーチングの土圧の鉛直分布
10 20 30 40 50(%)
断面設計時には無視 31.3 231
集中力として評価 22.3 166
分布荷重として扱っている 18.8 139
三角形分布荷重として扱っている 12
そ の 他 4
不　明 25.7 186
計 738

760

3.2 くい基礎

くい基礎について行なった単純集計項目は次表のとおりであり，それぞれの集計結果を図3.2に示す。

集計項目	集計項目
① くいの種類	㉒ フーチング土被りに対する震度の考慮
② 斜角度	㉓ フーチングの厚さ
③ くいの自由長	㉔ 土被り
④ 支持ぐいと摩擦ぐいの区別	㉕ くい頭変位
⑤ くいの直径	㉖ くい最小中心間隔
⑥ くいの長さ	㉗ くい最大中心間隔
⑦ くいの本数	㉘ くい頭部の設計法
⑧ 鉛直支持力の推定法	㉙ くい頭付近の地質状態
⑨ 水平支持力の推定法	㉚ ハンマーの規模
⑩ 設計水平震度	㉛ 特殊な条件
⑪ くいの反力計算法	㉜ 場所打ぐいの頭鉄筋
⑫ 設計K値	㉝ くいの継手箇所数
⑬ K値の推定根拠	㉞ くいの施工管理
⑭ 群ぐいの検討（鉛直）	㉟ くいの施工法
⑮ 同上　（水平）	㊱ くい頭反力最大値（常時橋軸方向・鉛直）
⑯ 鋼管ぐいの肉厚	㊲ 同上　（同上　水平）
⑰ 鋼ぐいの腐食代	㊳ 同上　（地震時橋軸方向・鉛直）
⑱ フーチングの前面抵抗を考慮	㊴ 同上　（同上　水平）
⑲ Kvの算定根拠	㊵ 同上　（地震時橋軸直角方向・鉛直）
⑳ ネガティブフリクション	㊶ 同上　（同上　水平）
㉑ フーチングに対する震度の考慮	㊷ 同上　（最大引抜力・地震時）

(1) くい基礎利用上の動向

くい基礎について上記の項目に従って概要を述べると，①くいの種別は既製ぐいがくい基礎全体の48%，場所打ちぐいが45%，深礎が7%となっている。既製ぐいの中では何と言っても鋼管ぐいの選定が圧倒的に多く，くい基礎全体の37%を占めている。RCぐいの利用が予想以上に少なく，わずか10件に過ぎない。その半面PCぐいは全体の9%となっている。支持ぐい，摩擦ぐいの別では橋梁基礎の場合ほとんど摩擦ぐいは適用されていないことがわかる。くいの径について整理した図によると鋼管ぐいの場合，60cmと80cmで7割を占めている。PCぐいでは大径100cmがPCぐいの40%，次いで50cmの27%が多い。場所打ちぐいの径は100cmのものが最も標準的で70%を占める。深礎ぐいの径では200～250cmの範囲で全体の60%強となる。くい長の利用状況を見ると，鋼管ぐいの場合，10m以下の短かいくいから長尺のくいまで比較的万遍なく用いられていることがわかる。PCぐいの場合は5～10mが多く，大口径のPCぐいでは35～45mの長尺のものもかなり多いことがわかる。場所打ちぐいのくい長は30m以下に比較的万遍なく用い

られている。深礎ぐいは5 mから20m程度までが非常に多いということができる。

(2) 支持力の推定法

くいの鉛直支持力の推定法を図3.2のように10通りに分類して，くい種別毎に整理した。鋼管ぐいの場合は，Meyerhof式，Terzaghi式を用いたものと，種々静力学公式を比較して決めたとしたものが各々25～30％程度である。PCぐいの場合はMeyerhof式とTerzaghi式によったものが鋼管ぐいと同様に多いが，それ以上に静力学公式と他の資料をもとに決定したとするものが全体の36％となっている。場所打ぐいについてはTerzaghi式によるものが最も多く，過去の経験によるものが次いで多い。深礎ぐいについても場所打ちぐいと同様の傾向が見られる。

くいの水平支持力の推定法を同図⑨のように9通りに分類した。鋼管ぐい，PCぐい，場所打ぐいのいずれもK値は一層等分布とし，半無限長くいとして計算した例がほとんどである。くいの反力計算法は新しいくい基礎の設計指針が出る以前に設計されたケースが多いため慣用法によるものが80％以上で，フーチングの剛体変位を考慮した，いわゆる変位法によったものはわずか9％に過ぎない。横方向地盤反力係数の推定根拠は福岡一宇都の算定表を用いたとしたものが全体の34％で最も多く，その他の相関式によったものが18％でそれに次ぐ。水平載荷試験を行ない，逆算してK値を求めた例は3％で非常に少なかった。その他プレシオメータ，L.L.T.法の孔内載荷試験から求めたものがそれぞれ11％ずつとなっている。群ぐい効率については鉛直方向，水平方向ともに検討して支持力を決定したものは極めて少ないことがわかる。

(3) くい頭反力最大値

＜常時・鉛直・橋軸方向（t／本）＞

鋼管ぐいの場合60tから150t程度の範囲が多い。PCぐいの場合，大口径PCの利用がかなり多いため，20t以下から200t程度まで広い範囲にわたって適用されることがわかる。場所打ぐいの場合100tから200tの範囲に85％くらい分布しているものの，100t以下の比較的小さいものから450tまで広範囲にわたっていることがわかる。深礎ぐいの場合50tから500t程度まで万遍なく適用されている。

＜地震時・鉛直・橋軸方向（t／本）＞

鋼管ぐいの場合80tから300t程度の範囲に80％くらい分布していることがわかる。PCぐいの場合20tから300tまで，広く適用されている。場所打ぐいでは，150tから350tの間に多く適用されている。

＜常時・水平・橋軸（t／本）＞

鋼管ぐいの場合，10tから40tの間が多い。PCぐいの場合は6tから30tの間に多く分布している。場所打ぐいの場合，鉛直反力と同様10tから90tの間に広く分布しており，深礎方式の場合では，100～200tくらいの大きな水平力を期待するものから10～40tの比較的小さなものまで区々であることがわかる。

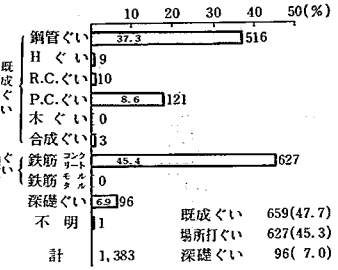
(4) その他設計に関する事項

フーチングの前面抵抗を考慮している例は少ない。またフーチングに対して水平震度を考慮し

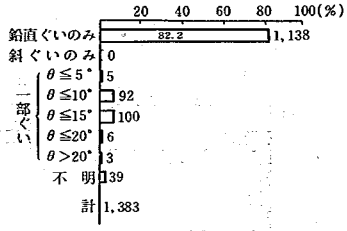
ているとした例は83%である。フーチング上の土被りに水平震度を考慮している例は74%となっている。ここで土被り厚さは1.1～2.0 m程度の例が50%以上となっている。くい頭の変位量の計算値をみると，常時で5 mm以下のものが90%以上，大きくとも10mm以下がほとんどである。地震時では15mm以下にバラツキが見られるが，いずれにしても15mm以下に押えられていることがわかる。くいの最小中心間隔を見ると2.1～2.5 mの範囲に60%程度が分布している。次いで2.6～3.0 mの範囲のものが20%程度である。くいの最大中心間隔は2 mから5 mまでが大半である。くい頭付近の土質状態を見るとN値10から20程度の砂質系地盤が非常に多く，その範囲に50%以上分布している。ハンマーの規模（ディーゼルハンマー）としては2.2 tのものが最も多く利用されているが4 t，3 tハンマーの利用度も高い。くいの継手の数は鋼管ぐいの場合1ケ所が38%，2ケ所が24%，1本もののものが24%となっている。PCぐいは継手を用いているものは皆無である。PCぐいの場合，3ケ所が全体の36%，継いでないものが46%となっている。くい施工時の支持力確認の方法は，既製ぐい（打込みぐい）の場合は打込時の貫入量を測定することによって確認しているものが多いが，鋼管ぐいの場合，設計図書通り忠実に実施し，特に施工時に確認せずに施工したものも14%ほどある。場所打ぐいの場合排土を目視して支持層を確認し，設計時の根入に必ずしもこだわらずに実施したとするものが76%，設計通りに実施したものが11%程度であった。

くいの施工法別の分類によれば，鋼管ぐいの場合打込みぐいがほとんどである。PCぐいの場合，すべて打込みによったものが34%，中掘して先端部を打撃によったものがそれより多く38%で，先掘りしてくいを建込み，しかる後先端のみ打撃を加えたものが13%程度である。場所打ちぐいの場合の施工法で最も多いものは，オールケーシング方式が全体の82%，次いでリバースサーキュレーション方式によったものが12%となっている。

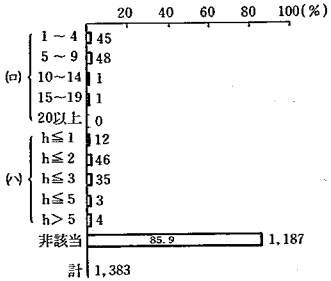
① くいの種類



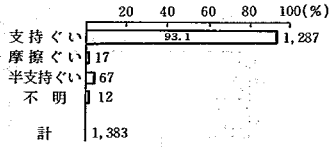
② 斜 角 度



③ くいの自由長(m)



④ 支持ぐいと摩擦ぐいの区別



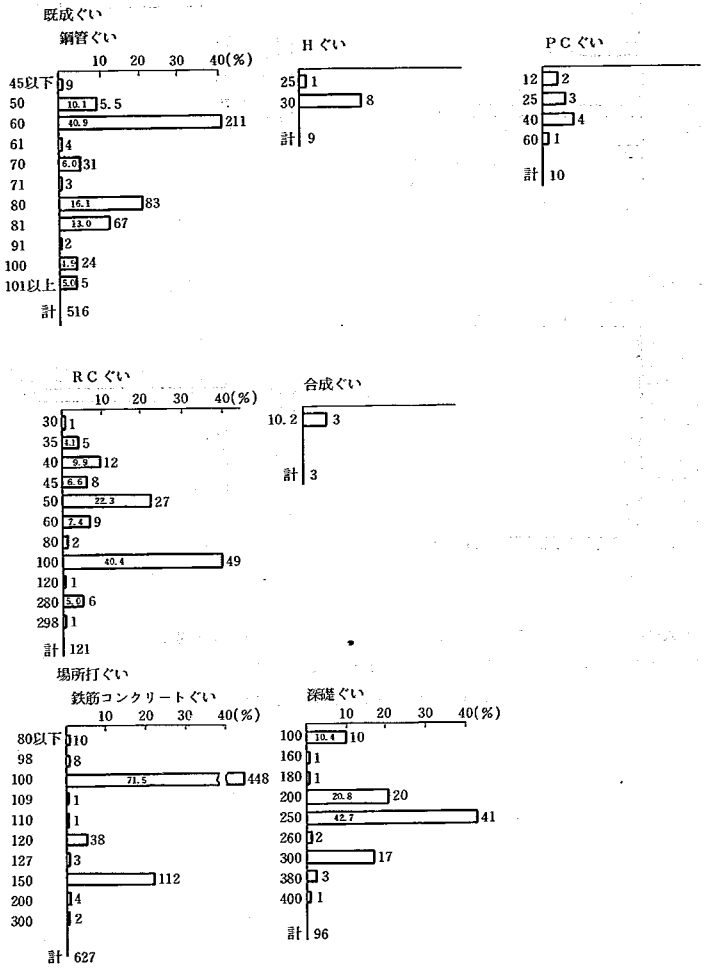
(ロ) 多柱式やバイルベントのようにくいを地面(設計地表面)より突出させている場合

(ハ) くい自体は地中に埋っている設計上くいの一部を突出として扱う場合

図 3.2 くい基礎の設計・施工の動向

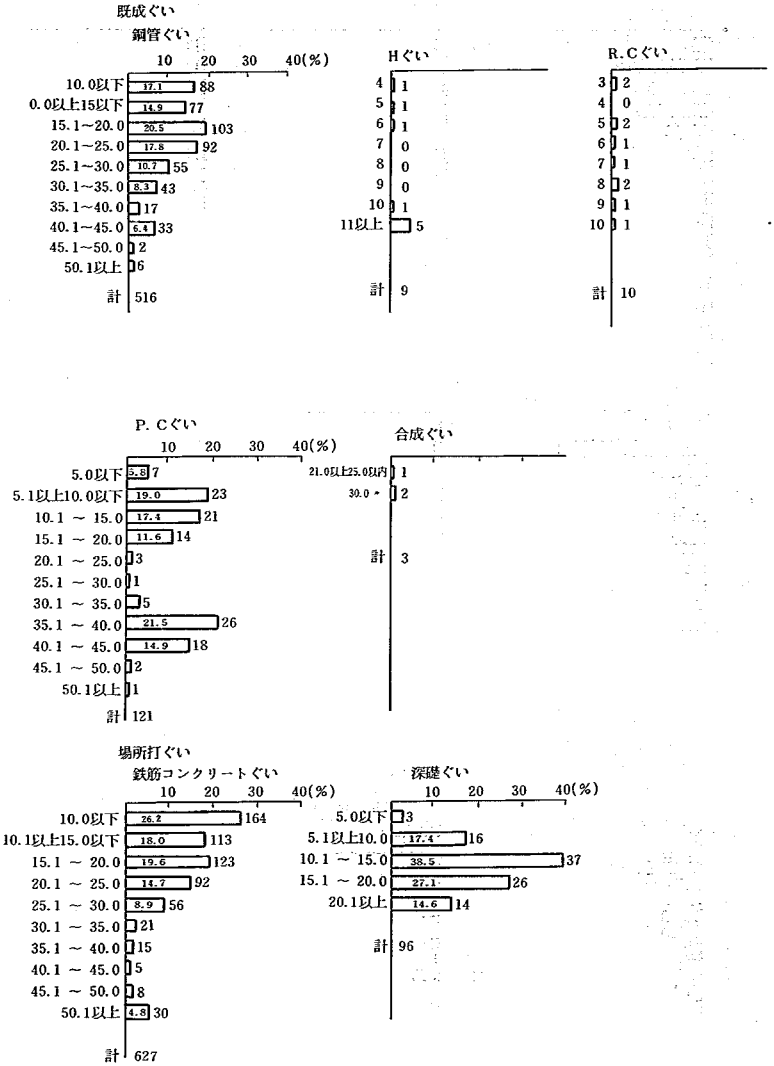
764

⑤ くいの直径(cm)



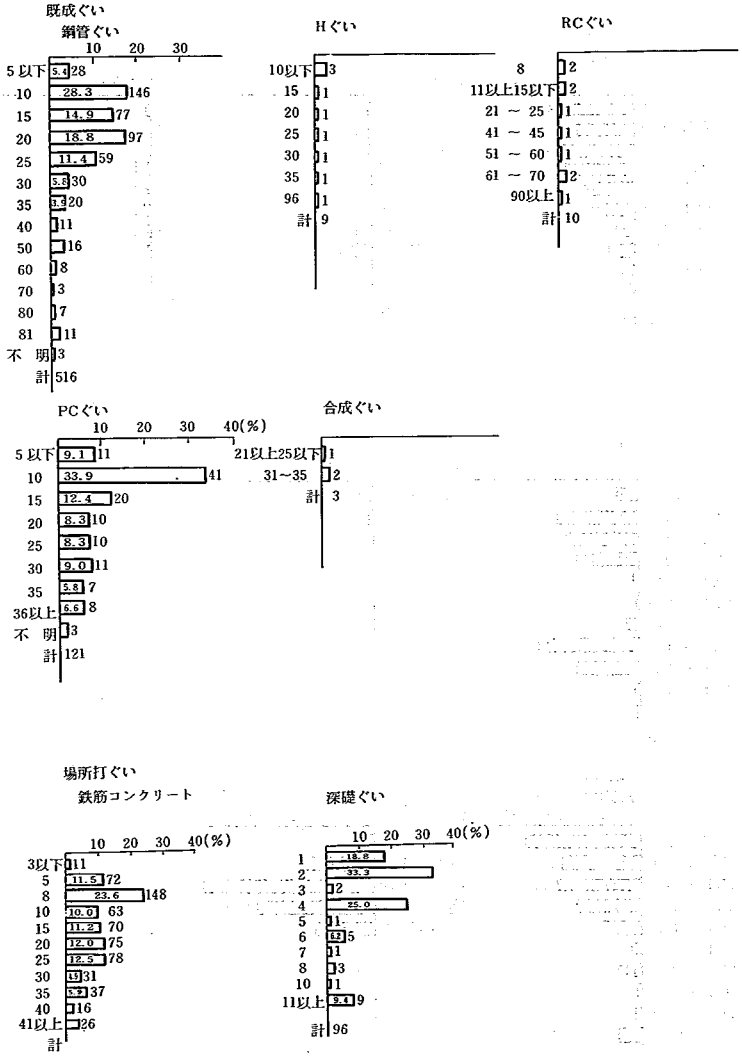
765

⑥ くいの長さ


既成ぐい
鋼管ぐい
10 20 30 40(%)
10.0以下 17.1 88
0.0以上15以下 14.9 77
15.1～20.0 20.5 103
20.1～25.0 17.8 92
25.1～30.0 10.7 55
30.1～35.0 8.3 43
35.1～40.0 17
40.1～45.0 6.4 33
45.1～50.0 2
50.1以上 6
計 516
Hぐい
4 1
5 1
6 1
7 0
8 0
9 0
10 1
11以上 5
計 9
R.Cぐい
3 2
4 0
5 2
6 1
7 1
8 2
9 1
10 1
計 10
P.Cぐい
10 20 30 40(%)
5.0以下 5.8 7
5.1以上10.0以下 19.0 23
10.1 ～ 15.0 17.4 21
15.1 ～ 20.0 11.6 14
20.1 ～ 25.0 3
25.1 ～ 30.0 1
30.1 ～ 35.0 5
35.1 ～ 40.0 21.5 26
40.1 ～ 45.0 14.9 18
45.1 ～ 50.0 2
50.1以上 1
計 121
合成ぐい
21.0以上25.0以内 1
30.0 〃 2
計 3
場所打ぐい
鉄筋コンクリートぐい
10 20 30 40(%)
10.0以下 26.2 164
10.1以上15.0以下 18.0 113
15.1 ～ 20.0 19.6 123
20.1 ～ 25.0 14.7 92
25.1 ～ 30.0 8.9 56
30.1 ～ 35.0 21
35.1 ～ 40.0 15
40.1 ～ 45.0 5
45.1 ～ 50.0 8
50.1以上 4.8 30
計 627
深礎ぐい
10 20 30 40(%)
5.0以下 3
5.1以上10.0 17.4 16
10.1 ～ 15.0 38.5 37
15.1 ～ 20.0 27.1 26
20.1以上 14.6 14
計 96

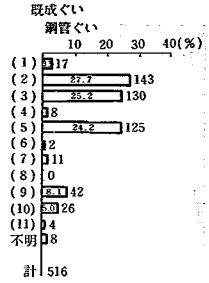
766

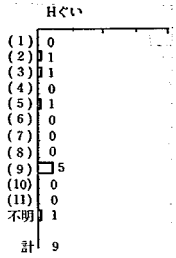
⑦ くいの本数

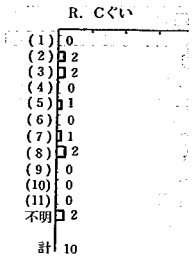

既成ぐい
鋼管ぐい
10 20 30
5以下 5.4 28
10 28.3 146
15 14.9 77
20 18.8 97
25 11.4 59
30 5.8 30
35 3.9 20
40 11
50 16
60 8
70 3
80 7
81 11
不明 3
計 516
Hぐい
10以下 3
15 1
20 1
25 1
30 1
35 1
96 1
計 9
RCぐい
8 2
11以上15以下 2
21～25 1
41～45 1
51～60 1
61～70 2
90以上 1
計 10
PCぐい
10 20 30 40(%)
5以下 9.1 11
10 33.9 41
15 12.4 20
20 8.3 10
25 8.3 10
30 9.0 11
35 5.8 7
36以上 6.6 8
不明 3
計 121
合成ぐい
21以上25以下 1
31～35 2
計 3
場所打ぐい
鉄筋コンクリート
10 20 30 40(%)
3以下 11
5 11.5 72
8 23.6 148
10 10.0 63
15 11.2 70
20 12.0 75
25 12.5 78
30 5.0 31
35 5.9 37
40 16
41以上 26
計
深礎ぐい
10 20 30 40(%)
1 18.8
2 33.3
3 2
4 25.0
5 1
6 5.2 5
7 1
8 3
10 1
11以上 9.4 9
計 96

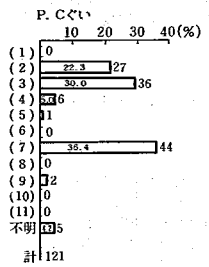
767

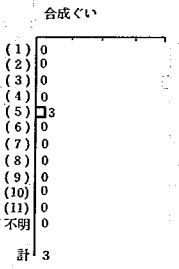
⑧ 鉛直支持力の推定法



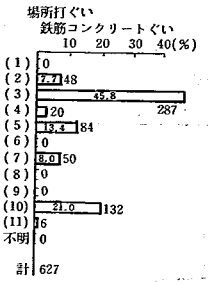


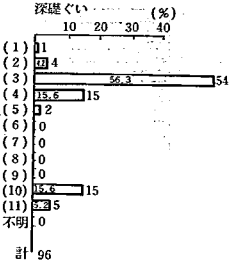






(1) くいの載荷試験を実施し，その結果を主にして決定した。
(2) Meyerhof式
(3) Terzaghi式
(4) その他の静力学公式
(5) 種々の静力学公式の結果を総合比較して決めた。
(6) 施工の段階で載荷試験を実施して設計値を確認した。
(7) 静力学公式と他の資料を基に総合的に決定した。
(8) くい打ち試験による動力学式を基に決定した。
(9) 施工時に動力学公式によって修正した場合
(10) 過去の実績又は経験によって主に決定した。
(11) その他



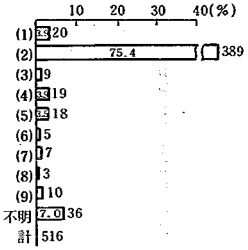


768

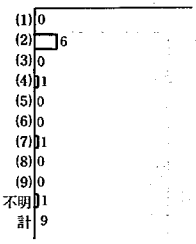
⑨ 水平支持力の推定法

既成ぐい

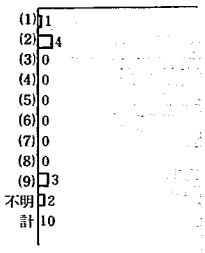
鋼管ぐい



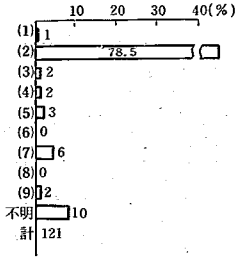
Hぐい



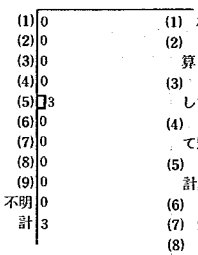
RCぐい



PCぐい



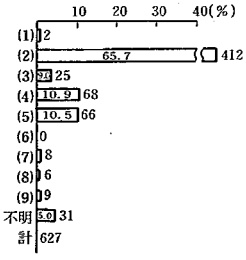
合成ぐい



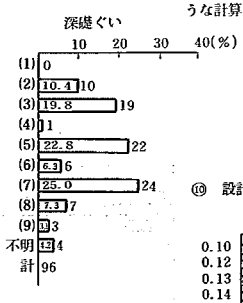
(1) 水平載荷試験から許容水平支持力を推定した。
(2) K値は1層等分布とし半無限長くいとして計算した。
(3) K値を2層以上の分布として半無限長くいとして計算した。
(4) K値を1層分布とし，くい先端条件を仮定して短いくいとして計算。
(5) K値を2層以上の分布として短いくいとして計算した。
(6) 長いくいとして解析した } 地盤の塑性条件考慮
(7) 短いくいとして解析した
(8) その他特別の計算モデルを用いた。
(9) くいには水平力を期待しないので，上記のような計算は行なっていない。

場所打ぐい

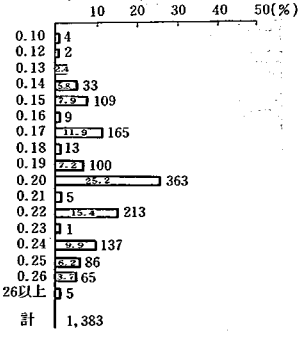
鉄筋コンクリート



深礎ぐい

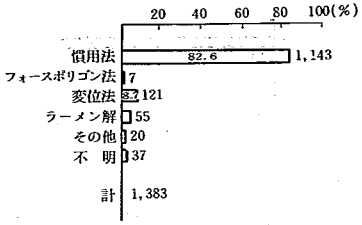


⑩ 設計水平震度

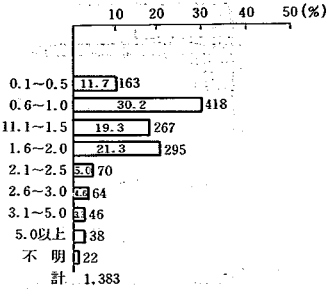


769

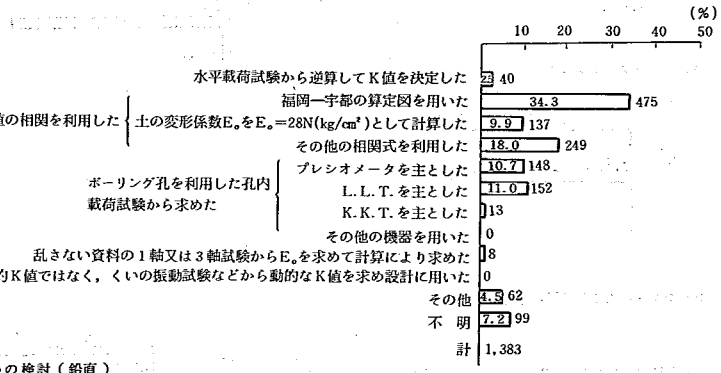
⑪ くいの反力計算法



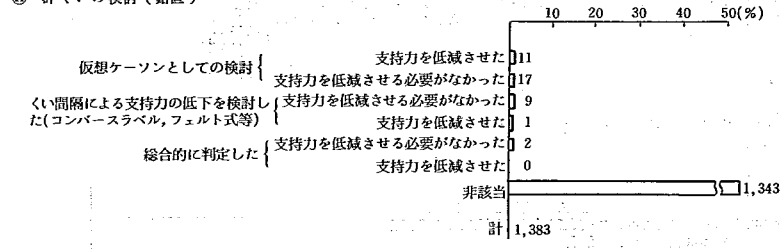
⑫ 設計K値



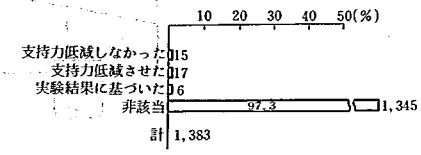
⑬ K値の推定根拠



⑭ 群ぐいの検討（鉛直）

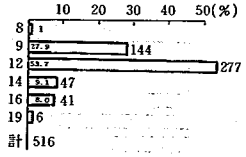


⑮ 群ぐいの検討（水平）

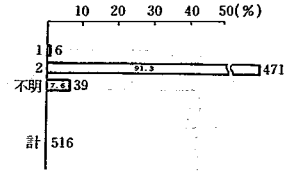


772

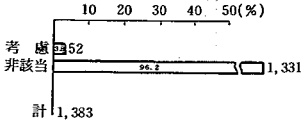
⑯ 鋼管ぐいの肉厚（mm）



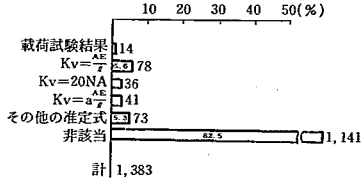
⑰ 鋼ぐい腐食代（mm）



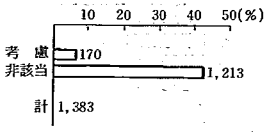
⑱ フーチングの前面抵抗を考慮



⑲ Kv の算定根拠

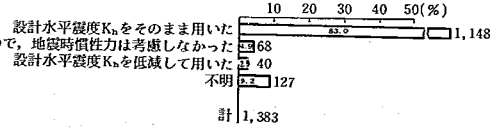


⑳ ネガティブフリクション

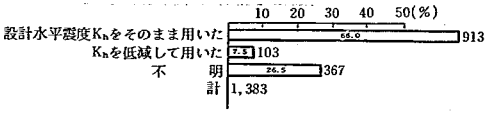


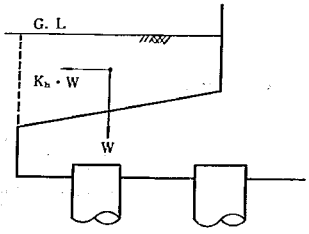
㉑ フーチングに対する震度の考慮

フーチングは耐震設計上の地盤以下にあると考えたので，地震時慣性力は考慮しなかった



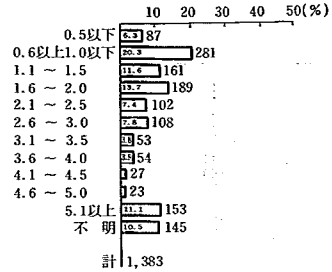
㉒ フーチング土被りに対する震度の考慮



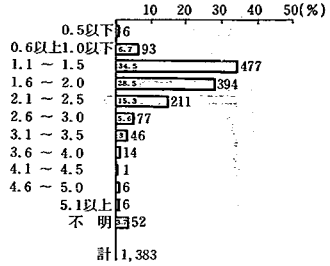


771

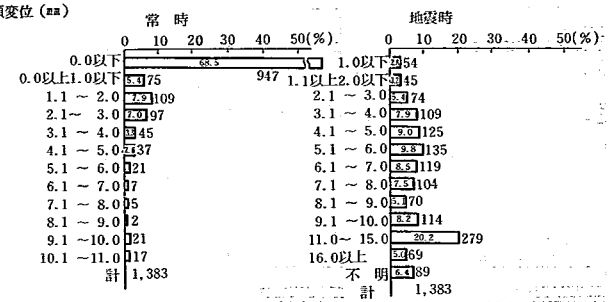
㉓ フーチングの厚さ（m）



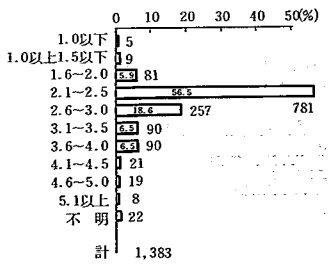
㉔ 土被り厚さ（m）



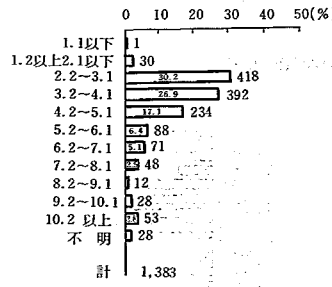
㉕ くい頭変位（mm）



㉖ くいの最小中心間隔

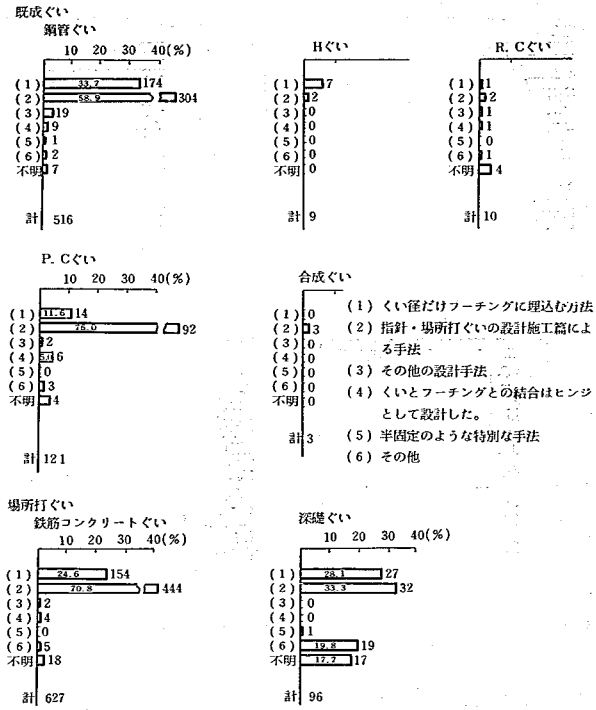


㉗ くいの最大中心間隔

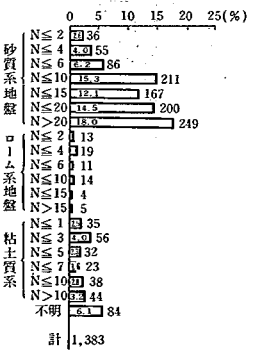


772

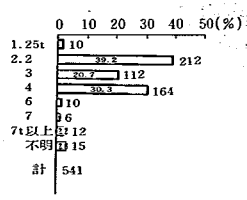
㉘ くい頭部の設計法



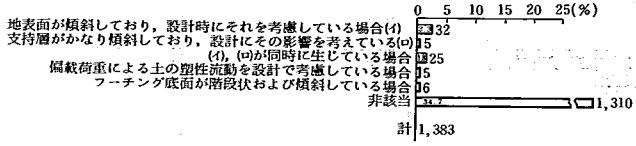
㉙ くい頭付近の土質状態



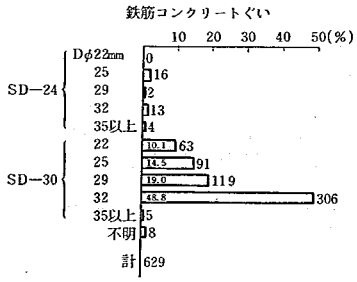
㉚ ハンマーの規模（ディーゼルパイルハンマー使用のみ）

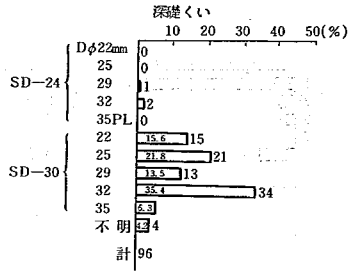


㉛ 特殊な条件

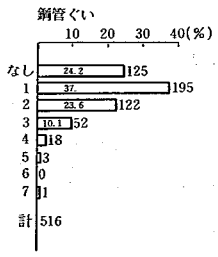


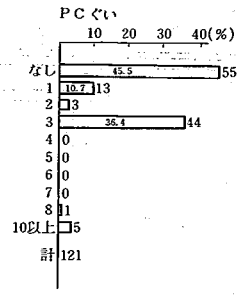
㉜ 場所打くいの頭筋部





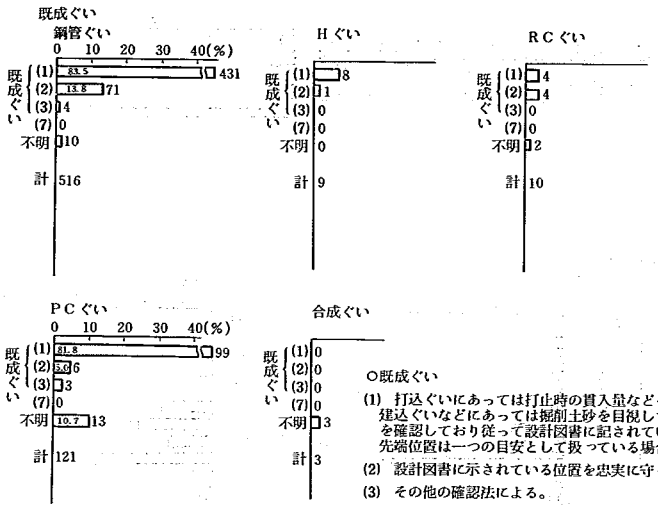
㉝ くい継手箇所数





774

㉞ くいの施工管理

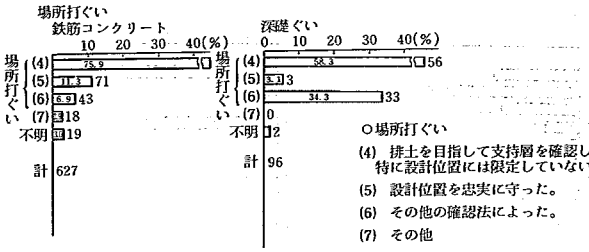


○既成ぐい

(1) 打込ぐいにあっては打止時の貫入量などを測定し建込ぐいなどにあっては掘削土砂を目視して支持層を確認しており従って設計図書に記されているくい先端位置は一つの目安として扱っている場合。

(2) 設計図書に示されている位置を忠実に守った。

(3) その他の確認法による。



○場所打ぐい

(4) 排土を目指して支持層を確認しており，特に設計位置には限定していない。

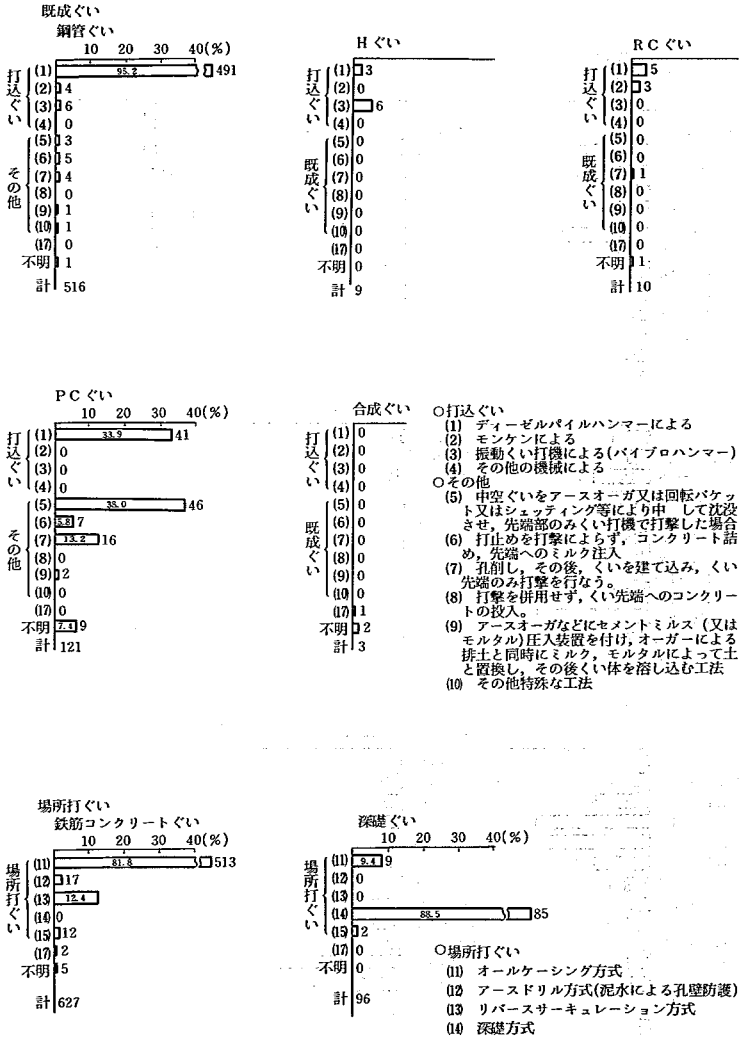
(5) 設計位置を忠実に守った。

(6) その他の確認法によった。

(7) その他

775

㉟ くいの施工法



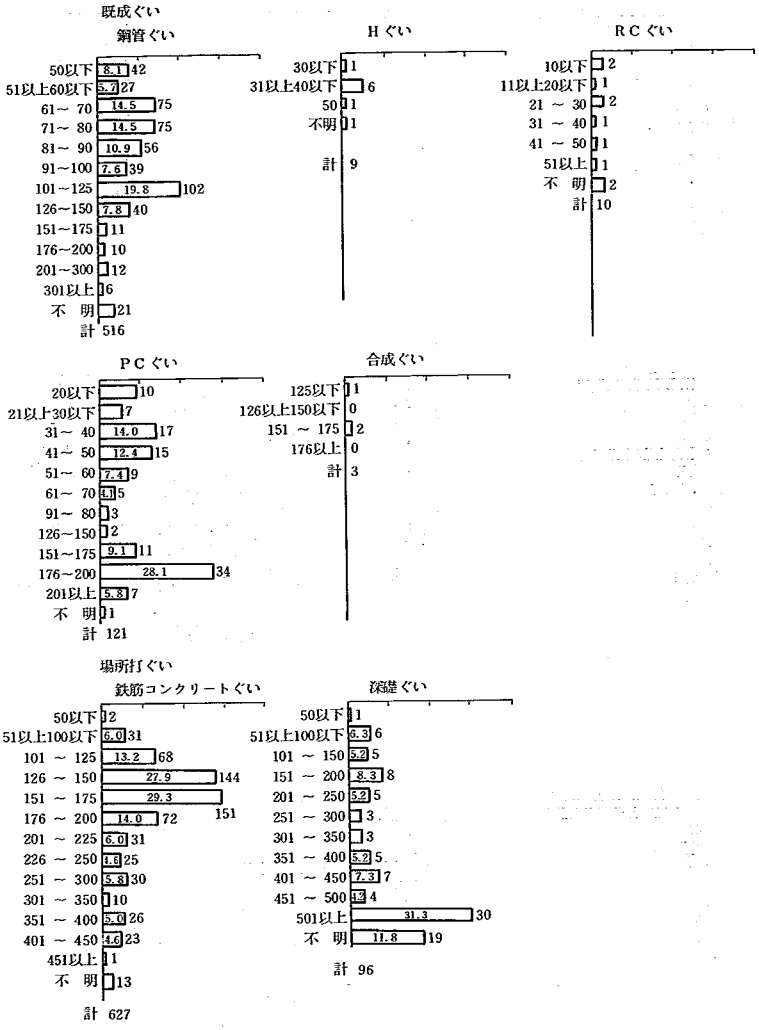
○打込ぐい
(1) ディーゼルパイルハンマーによる
(2) モンケンによる
(3) 振動くい打機による(バイブロハンマー)
(4) その他の機械による

○その他
(5) 中空ぐいをアースオーガ又は回転バケット又はシェッティング等により中　して沈没させ，先端部のみくい打機で打撃した場合
(6) 打止めを打撃によらず，コンクリート詰め，先端へのミルク注入
(7) 孔削し，その後，くいを建て込み，くい先端のみ打撃を行なう。
(8) 打撃を併用せず，くい先端へのコンクリートの投入。
(9) アースオーガなどにセメントミルス（又はモルタル)圧入装置を付け，オーガーによる排土と同時にミルク，モルタルによって土と置換し，その後くい体を溶し込む工法
(10) その他特殊な工法

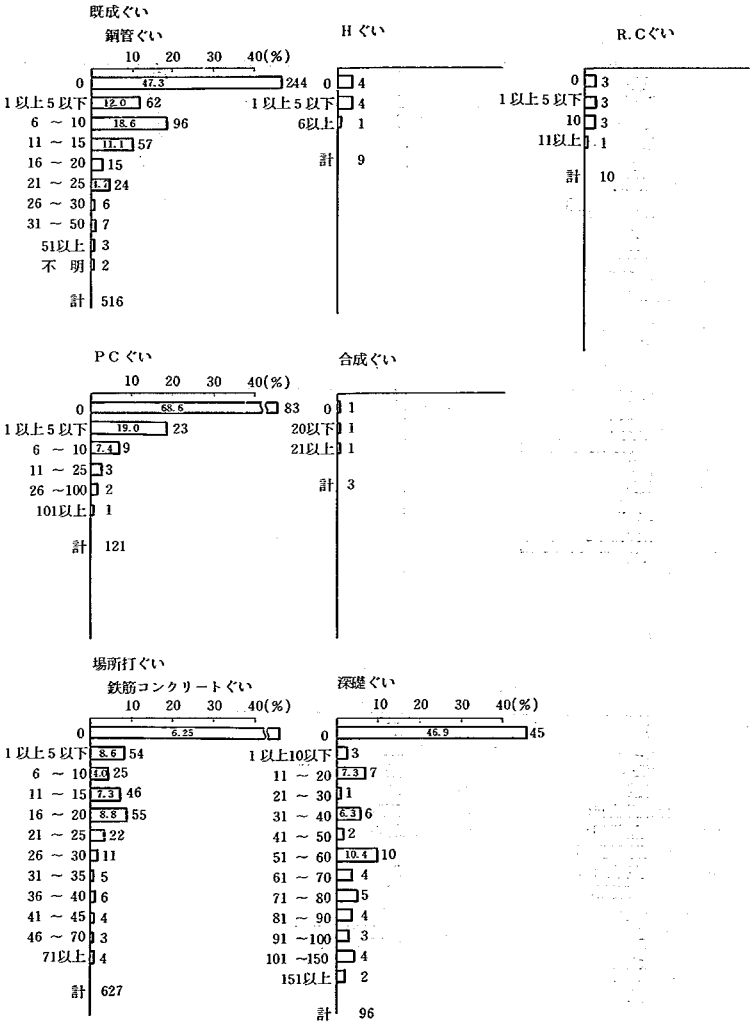
○場所打ぐい
(11) オールケーシング方式
(12) アースドリル方式(泥水による孔壁防護)
(13) リバースサーキュレーション方式
(14) 深礎方式
(15) その他の場所打ぐい
(17) (1)~(15)では分類できない。

776

⑦ くい頭反力最大値常時橋軸方向・鉛直（ t ／本）

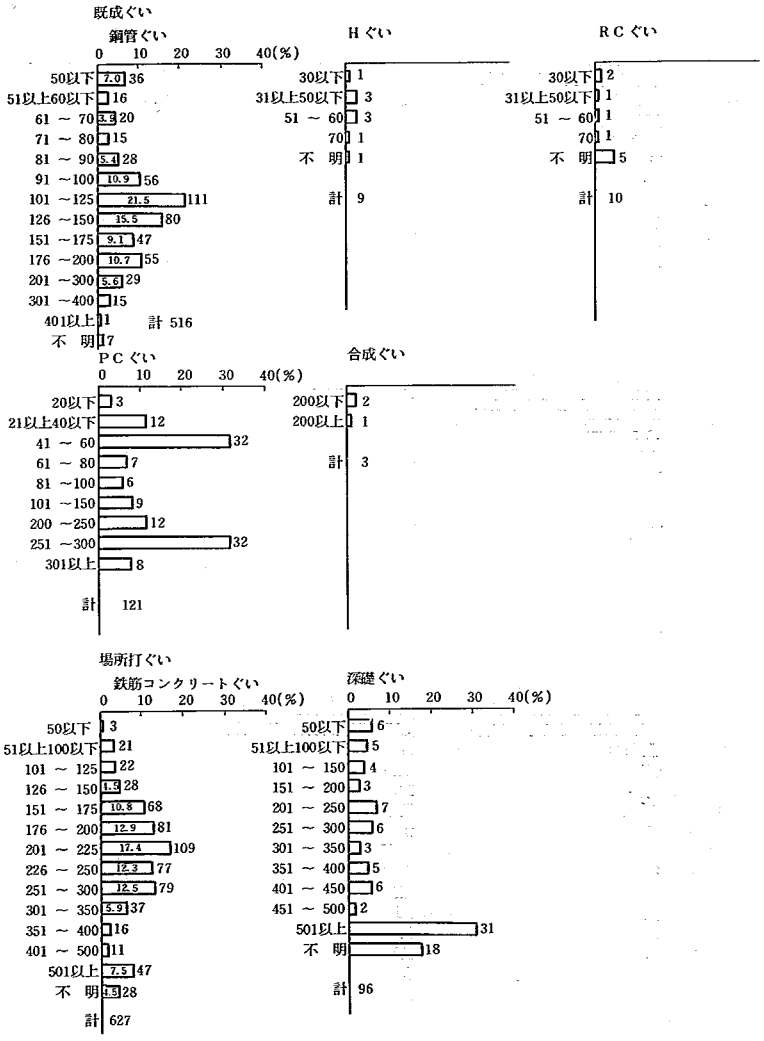


⑦ くい頭反力最大値常時橋軸方向・水平（t／本）



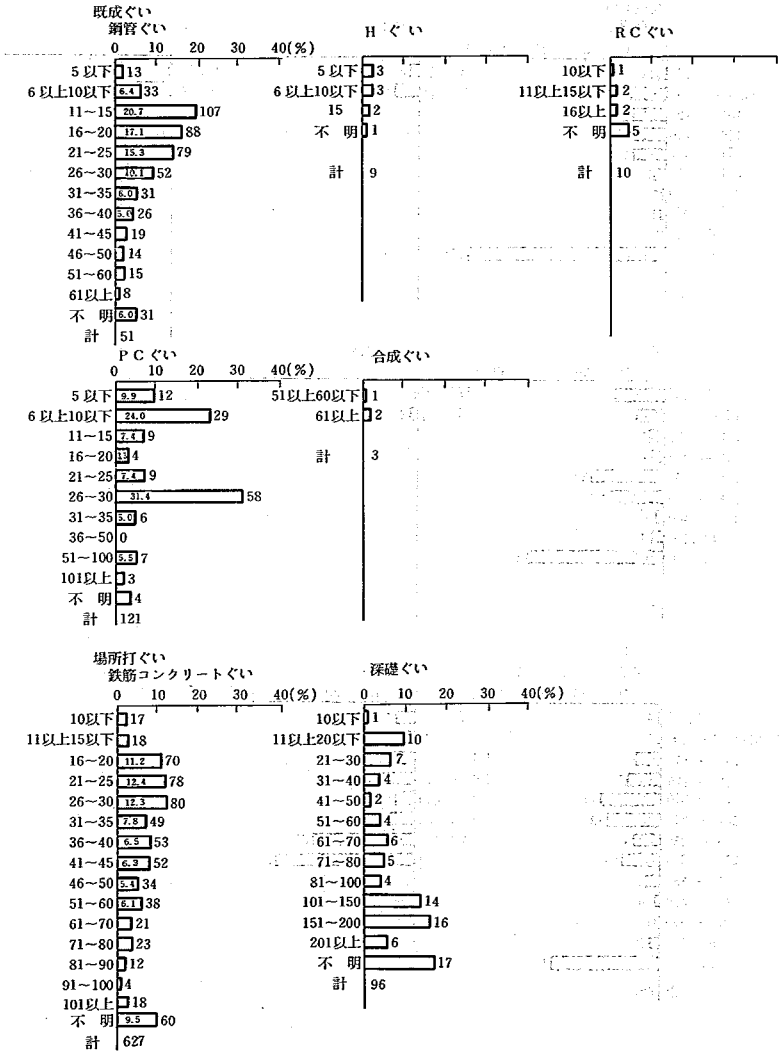
228

⊗ くい頭反力最大値地震時橋軸方向・鉛直（ｔ／本）



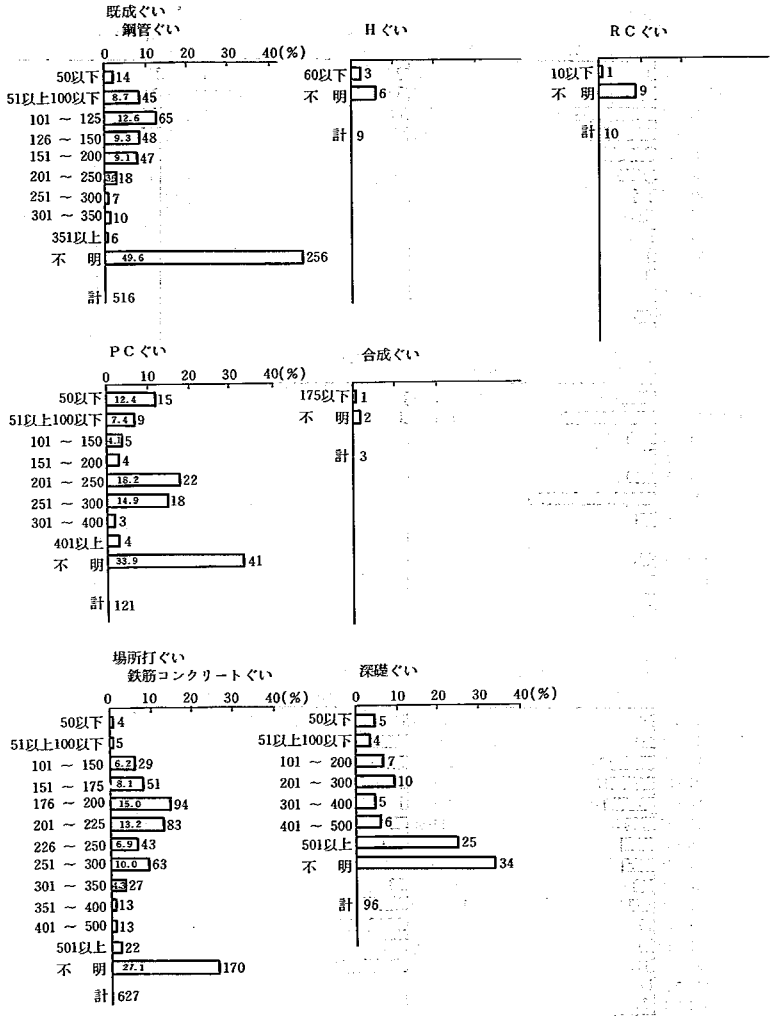
779

㉝ くい反力最大値地震時橋軸方向・水平（t／本）



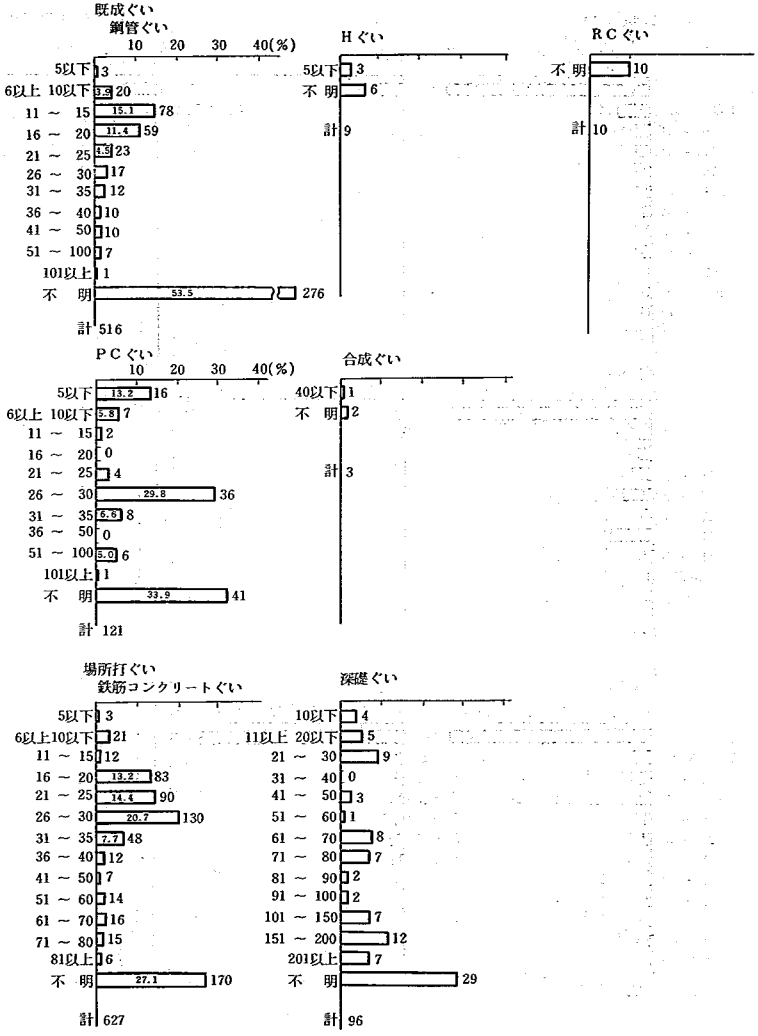
280

㊹ くい反力最大値地震時橋軸直角方向・鉛直（t／本）



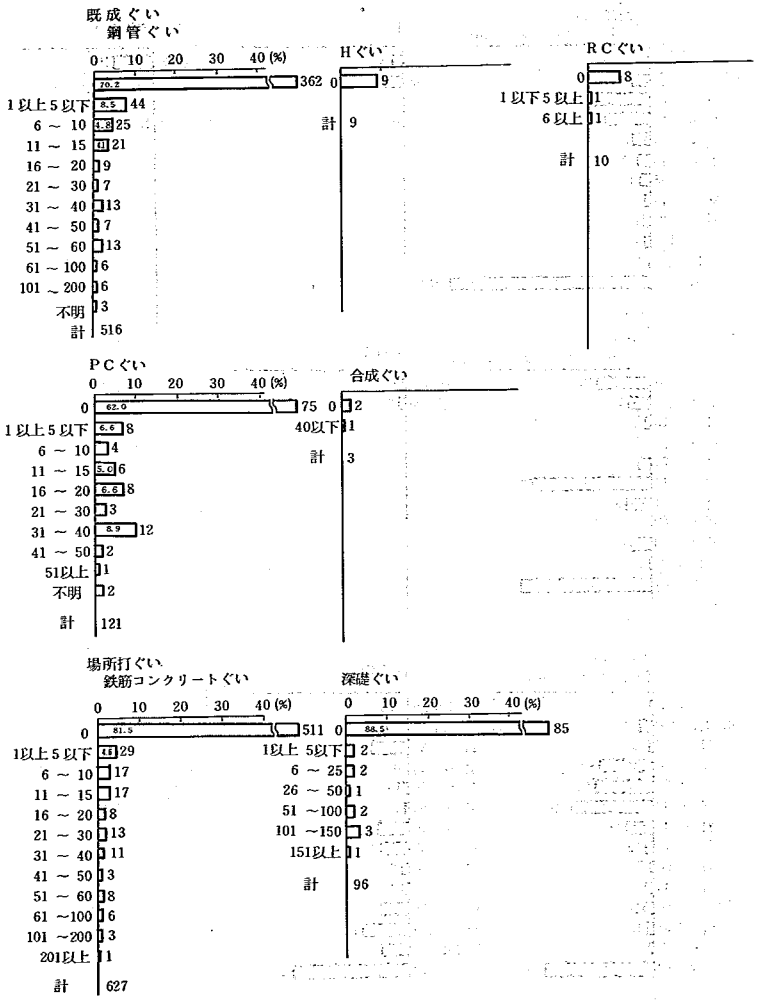
781

㊶ くい頭反力最大値地震時橋軸直角方向・水平（ｔ／本）



782

㊷ くい頭反力最大値最大引抜力（地震時）（t／本）



783

3.3　ケーソン基礎

ケーソン基礎について行なった単純集計項目は次表のとおりであり，それぞれの集計結果を図3.3に示す。

集　計　項　目	集　計　項　目
① ケーソンの種類	㉑ ケーソン天端位置のN値
② ケーソンの断面形状	㉒ リフト数
③ ケーソンの断面積	㉓ シャフト数
④ ケーソンの長さ	㉔ フリクションカット
⑤ ケーソンの地下水位以下の長さ	㉕ 周面摩擦の根拠
⑥ ケーソン幅	㉖ 止水壁高さ
⑦ $\beta\ell$の値	㉗ 載荷荷重
⑧ ケーソン本体の地震力	㉘ 中詰の状態
⑨ ケーソンの安定計算	㉙ 底面コンクリート打設法
⑩ 根入長の決定理由	㉚ 支持力の確認
⑪ K値の分割層数	㉛ 水　深
⑫ Kh 値の算出根拠	㉜ 築島の方法
⑬ Kv 値の算出根拠	㉝ 水底面および地表面地盤の種類
⑭ 底面反力	㉞ 地表よりケーソン天端までの深さ
⑮ Ks 値算出根拠	㉟ ケーソン壁厚
⑯ 回転中心の深さ	㊱ 頂版厚さ
⑰ 回 転 角	㊲ コンプレッサー室の対策
⑱ 設計水平震度	㊳ 刃　口
⑲ ケーソン天端の変化の検討	㊴ 発破の有無
⑳ 底面地盤の種類	㊵ 特殊工法

(1)　ケーソンの種類および断面寸法等

ケーソン基礎は大きく分けてオープンケーソンとニューマティクケーソンの二つに区分されるが，その頻度はおおよそオープン70%，ニューマティク30%の割合で用いられているようである。断面形状は円形および小判型のものが80%を占めている。ケーソンの断面積は25～50m²範囲に多くある。ケーソンの鉛直長さは5mから20mまでのものが80%程度あり，オープンケーソンでは最大55mの施工例がある。ケーソンの幅は，橋軸方向で4～8m程度，橋軸直角方向で4～10mの範囲に多くの施工例がある。ケーソンの壁厚はほとんどの場合50～100cmの範囲で設計されている。頂版の厚さは最小0.8mから最大4mの厚いものまで実施例が見られるが1.5～3.0m厚のものが多いと言える。オープンケーソンの場合のリフト数は4～6が多く，ニューマティクケーソンにおけるシャフト数は1～3が大半である。

(2)　ケーソン施工上の諸元

フリクションカットに関する手当をしている例がほとんどである。ジエッティングを配備した例が24%，フリクションカッターを設けた例が58%である。底面コンクリートの打設方法と

284

しては，オープンケーソンの場合，トレミーによるものが46%で最も多く，次いでコンクリートポンプ，バケットによる打設と続く。ニューマティクケーソンの場合，コンクリートポンプによるのが多く，次いでエアロックからの落下によって施工されている例が多い。中詰の状態は60%は土砂を填充し，27%は水を入れ，19%は何も填充しなかったとしている。ケーソン沈設の際，オープンケーソンの場合で特別な載荷を行なわなかったものは66%，何らかの載荷荷重を用いたものは48%である。ニューマティクケーソンの場合，水荷重のみあるいは特別な載荷を行なわなかったものは55%程度である。沈設作業中に発破を利用したものは約28%である。

(3) ケーソン設計上の諸元

ケーソン本体に地震時の慣性力を考慮していないものが半数以上ある。バネ定数の算出根拠は，水平方向，鉛直方向ともにN値からの相関式によったものが60%で，10数%はボーリング孔内を利用した載荷試験によったとしている。根入長の決定理由は，支持層の位置が地盤構成から判断して明確であり，その位置に先端を置いたとした例が全体の70%以上である。ケーソン底面地盤の土質は，砂れきが全体の63%，固結した砂15%，硬岩8%となっており，ケーソン先端位置のN値は50以上を採っているものが岩盤を含め80%である。支持力の確認のし方については，オープンケーソンの場合は，掘削土砂を目視し，ボーリング資料と比較して最終の沈設位置を決めたという方法を採ったものが最も多く，ニューマティクケーソンの場合は作業室天井スラブを利用して平板載荷試験を行なって支持力を確認したものがほとんどである。

(4) ケーソン底面反力

ケーソン底面における反力度の計算値は常時でおよそ100 t／m²以下，地震時で40～100 t／m²程度の例が多い。オープンケーソンとニューマティクケーソン別では，オープンの場合，常時で40～60 t／m²ニューマティクで40～80 t／m²の範囲のものが多いと言える。

① ケーソンの種類

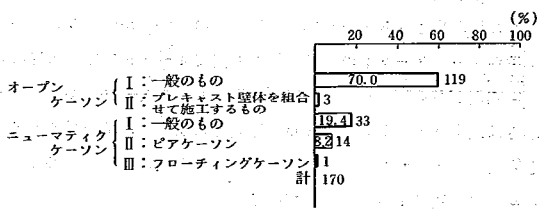
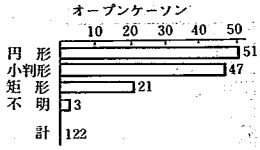
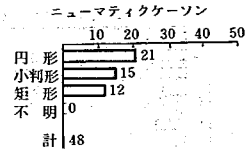


図3.3 ケーソンの設計・施工の動向

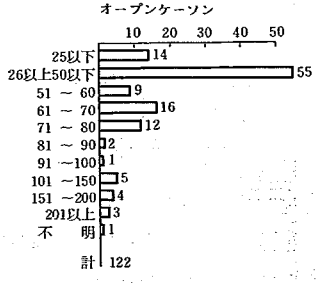
785

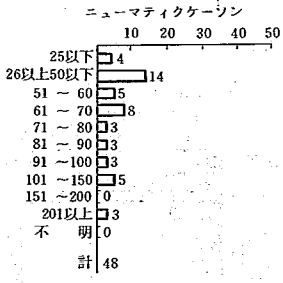
② ケーソンの断面形状



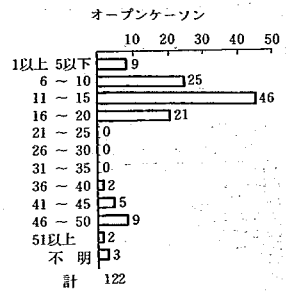


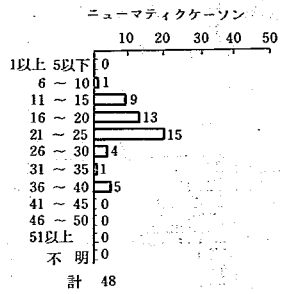
③ ケーソンの断面積（m^2）



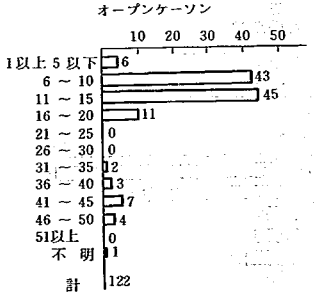


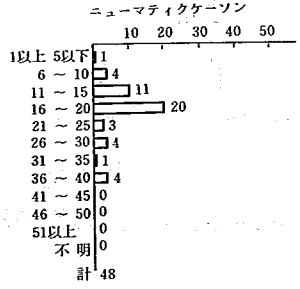
④ ケーソンの地下水位以下の長さ





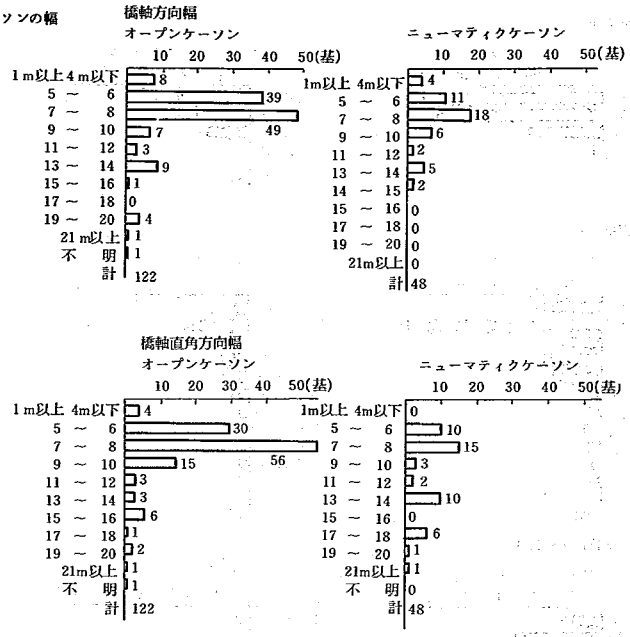
⑤ ケーソンの長さ



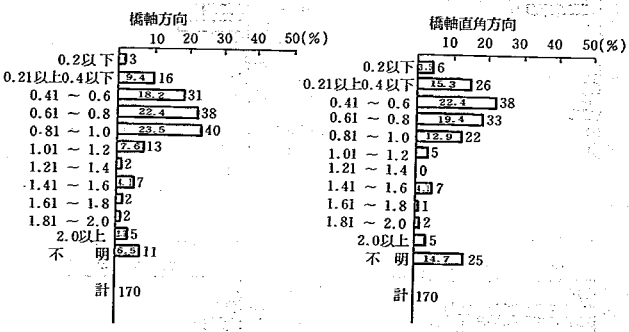


786

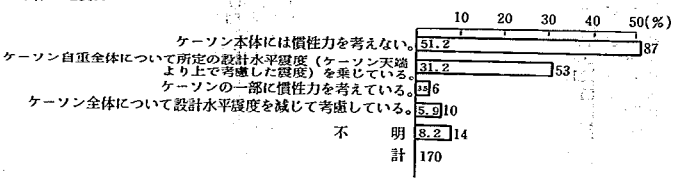
⑥ ケーソンの幅



⑦ $\beta\ell$ の値

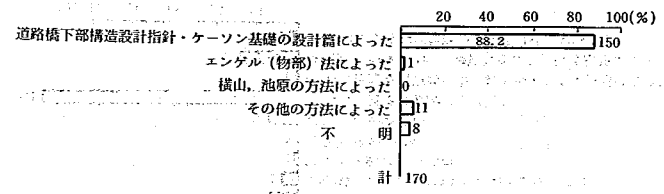


⑧ ケーソン本体の地震力

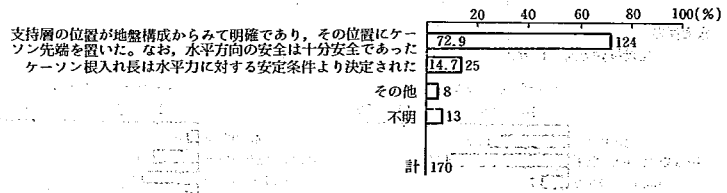


787

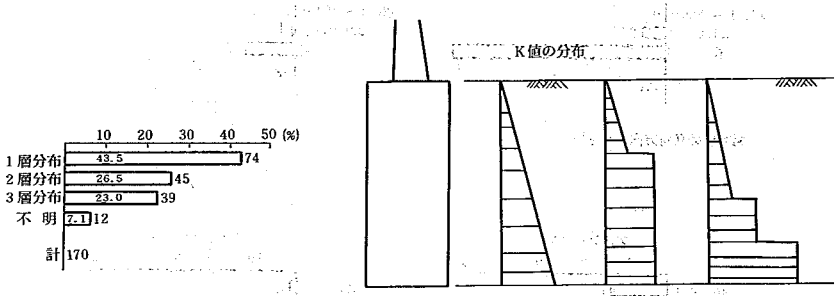
⑨ ケーソンの安定計算法



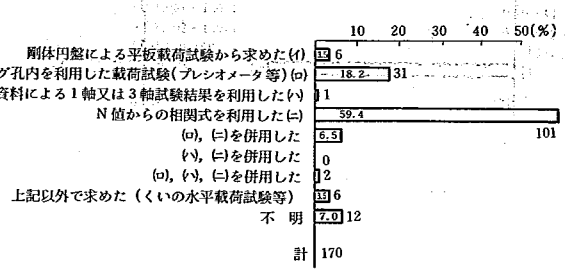
⑩ 根入長の決定理由



⑪ K値の層数

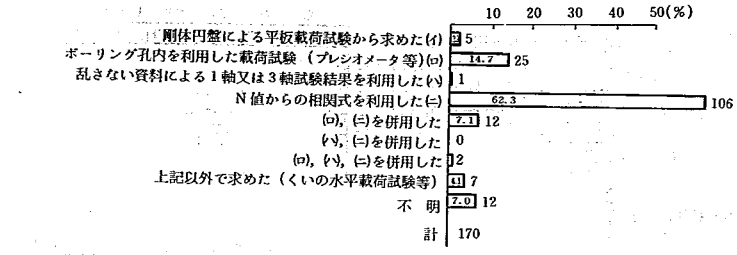


⑫ K値の算出根拠



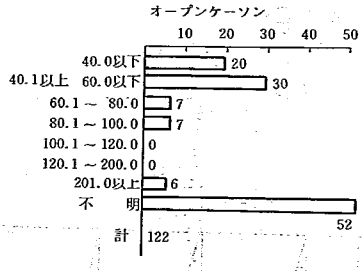
788

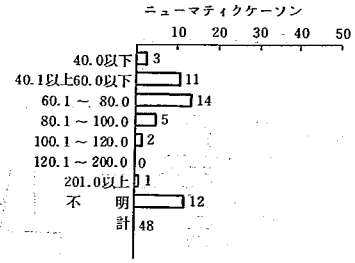
⑬ Kv 値の算出根拠



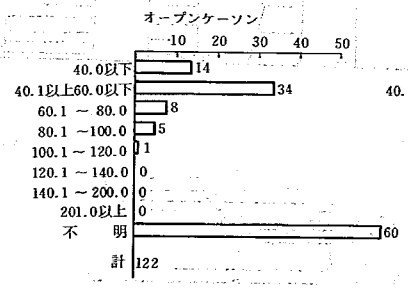
⑭ 底面反力

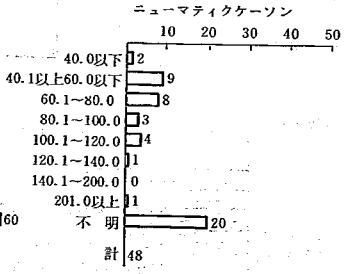
常時橋軸方向（t/m^2）





常時橋軸直角方向（t/m^2）

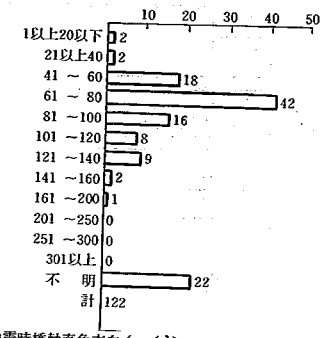




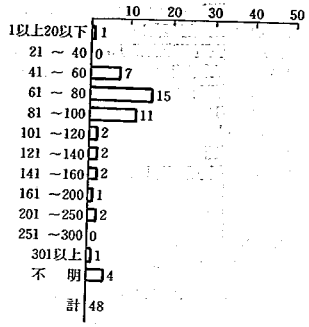
789

地震時橋軸橋方向（t/m²）

オープンケーソン

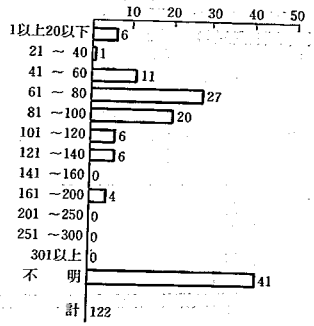


ニューマティクケーソン

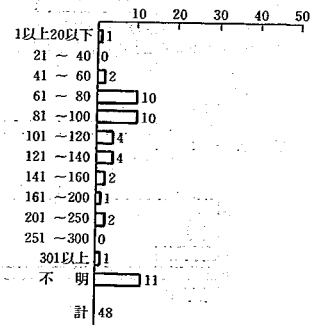


地震時橋軸直角方向（t/m²）

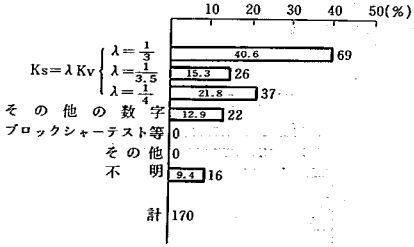
オープンケーソン



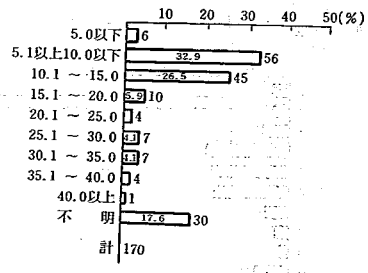
ニューマティクケーソン



⑮ Ks 値の算出根拠

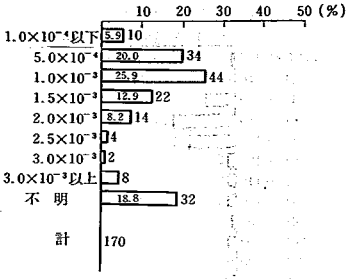


⑯ 回転中心の深さ（橋軸方向）（m）

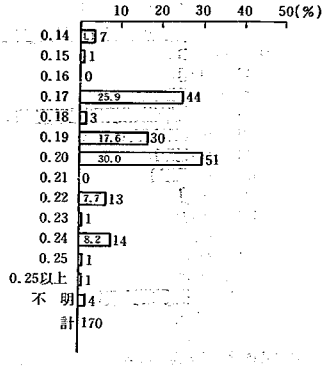


790

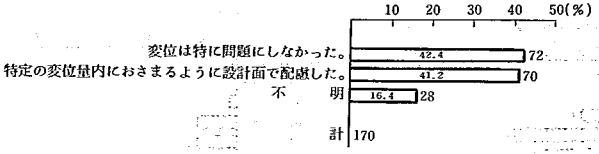
⑰ 回転角（横軸方向）



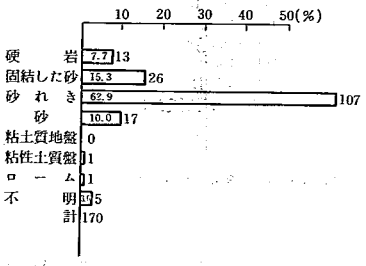
⑱ 設計水平震度



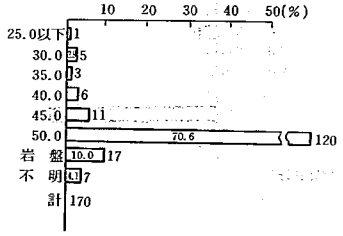
⑲ ケーソン天端の変位の検討



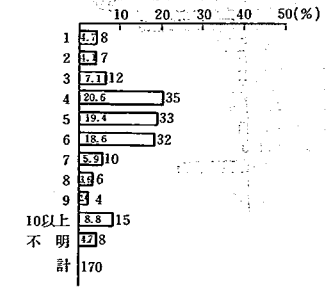
⑳ 底面地盤の種類



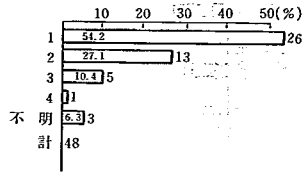
㉑ ケーソン先端位置のN値



㉒ リフト数

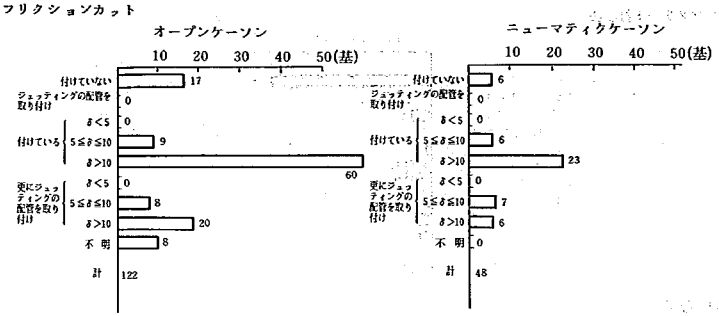


㉓ シャフト数（ニューマティクケーソン）

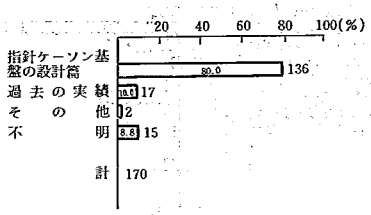


791

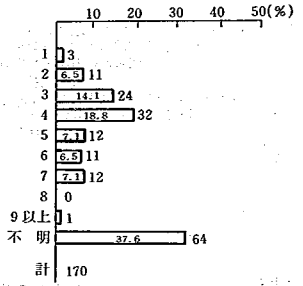
㉔ フリクションカット



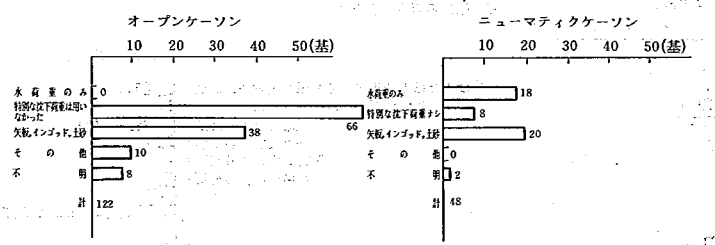
㉕ 周面摩擦の根拠



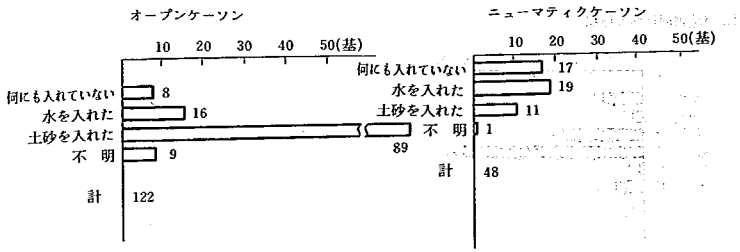
㉖ 止水壁高さ



㉗ 載荷荷重

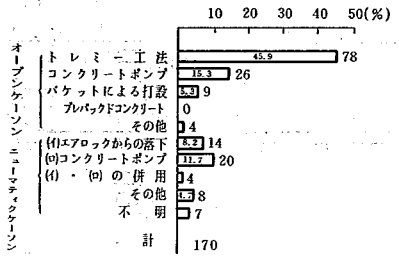


㉘ 中詰の状態

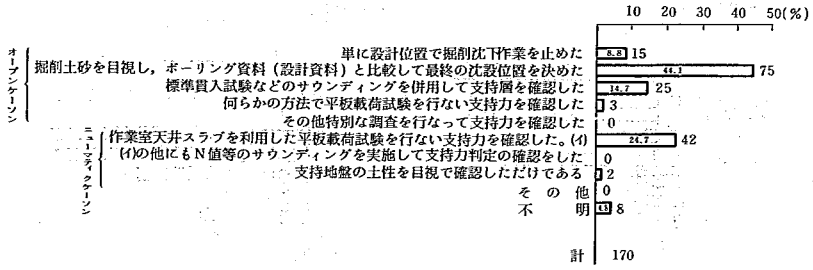


282

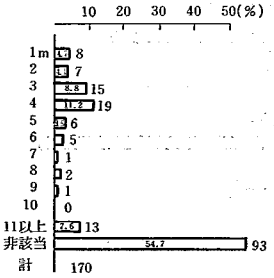
㉙ 底面コンクリート打設法



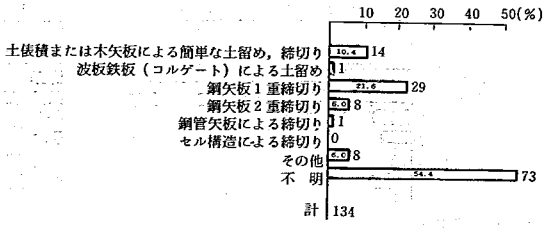
㉚ 支持力の確認



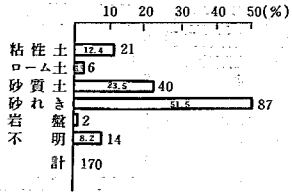
㉛ 水深（水上部）



㉜ 築島の方法（水上部）

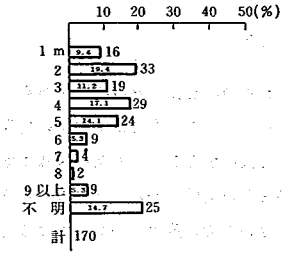


㉝ 水底面及び地表面地盤の種類

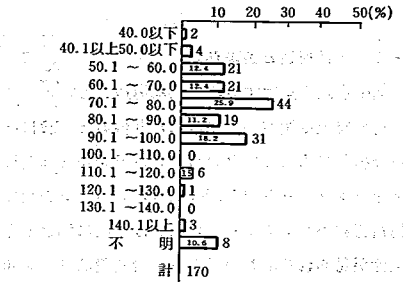


783

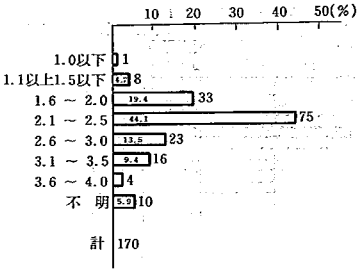
㉞ 地表よりケーソン天端までの深さ



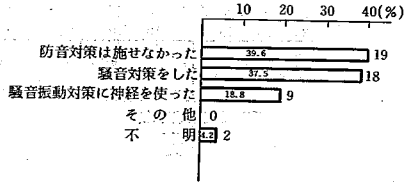
㉟ ケーソン壁厚(cm)



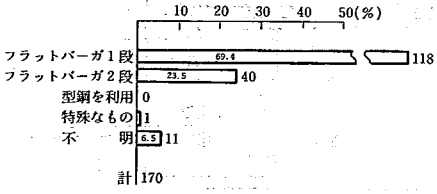
㊱ 頂版厚さ

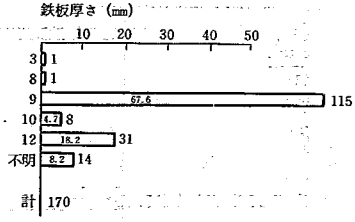


㊲ コンプレッサー室の対策（ニューマティクケーソン）

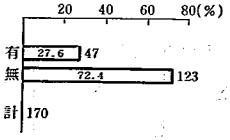


㊳ 刃 口

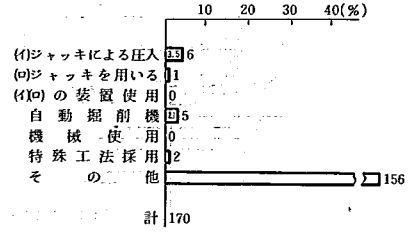




㊴ 発破有無



㊵ 特殊工法（掘削沈下）



798

4　基礎形式の選定と諸要因

4.1　上部構造と基礎形式

基礎形式を選定する際，上部構造とどのようなかかわりをもつかを見てみる必要がある。上部工の荷重規模は選定の一要因になり得ると一般に言われている。今回の調査では上部工の荷重規模が，調査項目に入っていないので，スパン長と基礎形式の関係で代用することにした。図 4.1 は上部構造をコンクリート橋と鋼橋に分け，スパン長別に各基礎形式との関係を表わしたものである。上部構造部材がコンクリートの場合は一般に鋼よりも重量が大きいので，適用スパンにおける明確な対照性が見られる。この図から直接基礎はスパン40m以内の適用が非常に多いということができる。鋼管ぐいの場合はスパンに関係なく広く適用されていることがわかる。場所打ちぐいのうちベノト

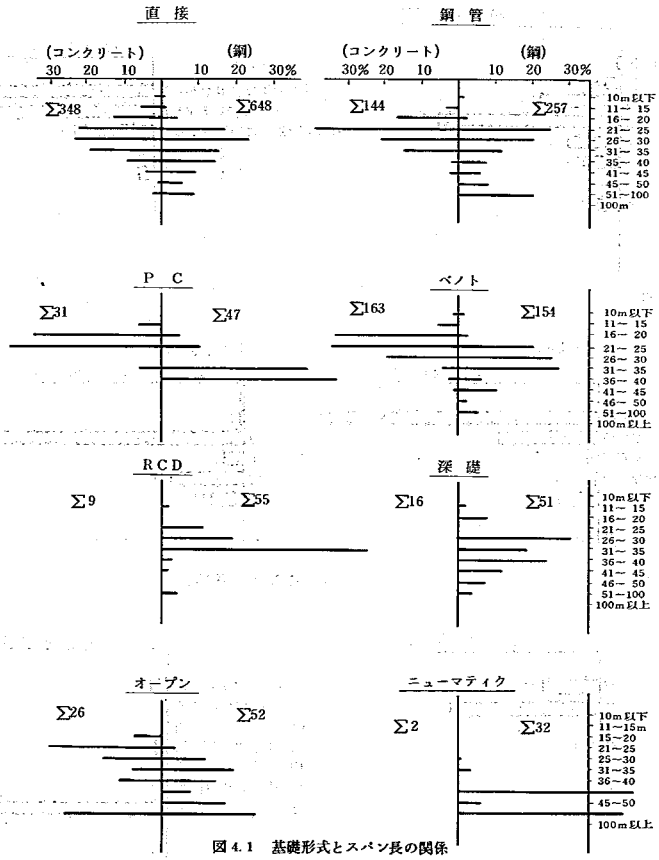


図 4.1　基礎形式とスパン長の関係

795

ぐいは，コンクリート橋の場合スパン 15 ～ 30 m，鋼橋の場合 20 ～ 35 m の範囲に非常に多く分布している。ケーソンの場合の一つの傾向として，オープンケーソンではスパン 25 ～ 60 m の間で全般に用いられているが，ニューマティクケーソンにおいては40m以下の短かいスパンではほとんど適用例がないことがわかる。あくまでも上部工荷重と基礎形式の関係で議論すべきところであるが，便宜的にスパンとの関係で述べたが，ある程度の傾向はつかめるものと思われる。

表 4.1 は上部工の形式，部材とスパン長の関係を示したものである。

表 4.1

部材＼スパン長	形式	1 m以上～10 m以下	11m以上～15 m以下	16m以上～20 m以下	21m以上～25 m以下	26m以上～30 m以下	31m以上～35 m以下	36m以上～40 m以下	41m以上～45 m以下	46m以上～50 m以下	51m以上～60 m以下	161 m 以上	不明
スチール	桁	10	13	80	378	497	481	379	252	137	129	118	1
	トラス	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	32	7
	ラーメン	0	0	0	5	6	2	12	1	2	7	9	0
	アーチ	5	4	3	4	4	0	0	0	2	0	27	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0
	不明	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
	計	15	17	83	389	507	483	392	253	142	143	194	8
プレストレスコンクリート	桁	10	34	145	424	261	177	78	39	4	11	25	2
	トラス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラーメン	4	3	0	0	13	2	4	3	3	2	19	0
	アーチ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	不明	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	計	15	38	145	424	275	179	82	42	8	13	44	2
鉄筋コンクリート	桁	4	53	156	1	2	2	0	1	0	0	1	0
	トラス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラーメン	9	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アーチ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	13	64	165	1	2	2	1	1	0	0	1	0
不明	桁	1	5	0	10	3	0	1	2	1	0	1	0
	トラス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラーメン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	アーチ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	不明	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	134
	計	1	5	2	10	3	0	1	2	1	0	2	134
合計	桁	25	105	381	813	763	660	458	294	142	140	145	3
	トラス	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	32	7
	ラーメン	13	14	10	5	19	4	16	4	5	9	29	0
	アーチ	6	5	3	4	4	0	1	0	2	0	27	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0
	不明	0	0	2	2	1	0	1	0	1	0	0	134
	計	44	124	396	824	787	664	476	298	151	243	156	144

296

4.2　地盤と基礎形式

(1)　支持地盤の深さ

図4.2は各基礎形式と支持層の深さの関係を示したものである。○印は全基礎の分布を示したものである。直接基礎は当然のことながら10m以下がほとんどである。鋼管ぐいは10～30m程度に多くが分布しているものの広く全般にわたって適用されていることがわかる。ＰＣぐいの場合は，５～20mの範囲に非常に多く適用されている。また最近多く使用されている大口径ＰＣぐいが40～50mの範囲で適用されていることがわかる。リバースぐいの場合は20m以上，特に50m以上の深い支持層に適用されていることが図から読みとれる。それに対しベノトぐいの場合は10m

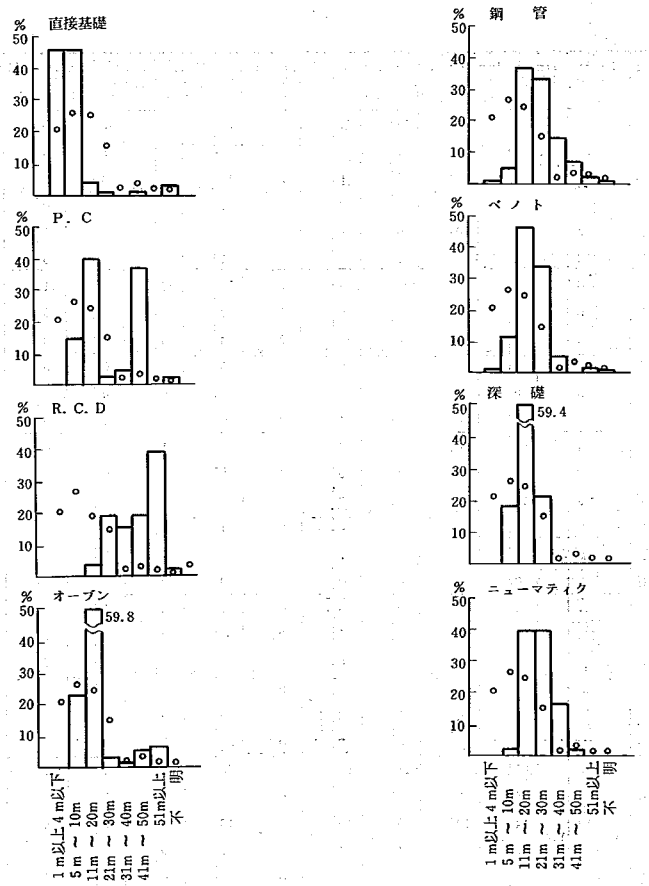


図4.2　基礎形式と支持地盤深さの関係

から30mの範囲の適用が非常に多い。深礎の適用は10mから20mの範囲が特に多く，それより浅い場合および深い場合にも利用されている。ケーソン基礎は，オープンケーソンが5mから20mに多く適用されているのに対し，ニューマテックケーソンの場合は若干深いところ，10mから40m程度に適用例が多いことがわかる。ただし，50mを越えるとオープンケーソンしか適用例がないのは地下水位が40mを越えると作業室内の圧力の問題があってニューマテックケーソンが使用不可能になるという別の理由によるものと思われる。

(2) 基礎先端の土質

図4.3は基礎形式別に基礎先端（支持地盤）の土質の種類を表わしたものである。直接基礎の

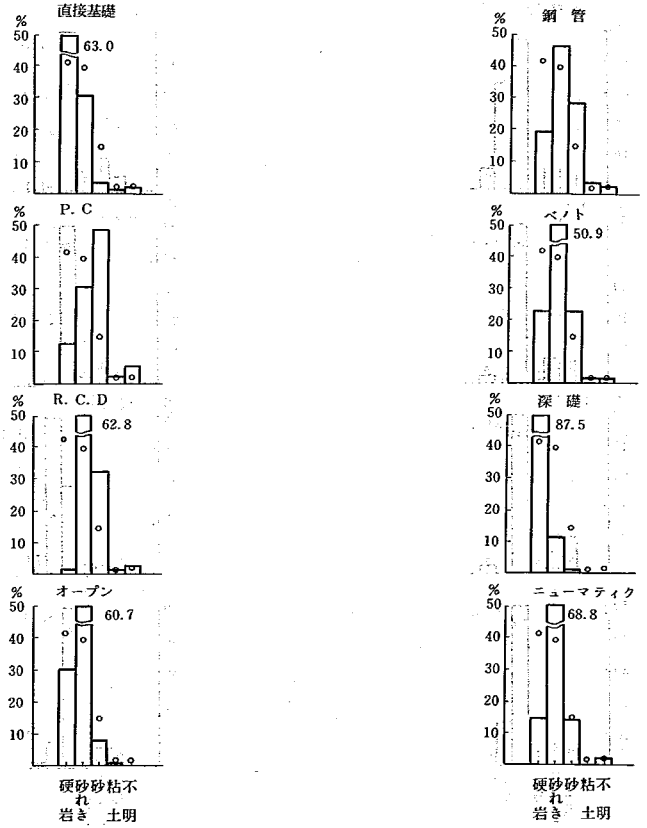


図4.3 基礎形式と基礎先端土質の種類

798

場合は明らかに岩着したものが多く，全体の63％を占めている。岩着の傾向が特に強いのは深礎の場合で，約90％は硬岩が支持層に選ばれている。その他は特に際だった特徴は見られず，砂地盤あるいは砂れき地盤が基礎先端支持層に選ばれている傾向が強い。

(3) 基礎先端のN値

図 4.4 は基礎形式と基礎先端N値の関係を表わしたものである。この図から明らかなことは，いずれの基礎形式にしても，N値50以上のところに支持層が選ばれている傾向が極めて強いことである。このことは大規模化する荷重のため，従来から一応の支持層の目安と考えられてきたN値30ないし40より大きいところを支持層に選定したためと考えられる。

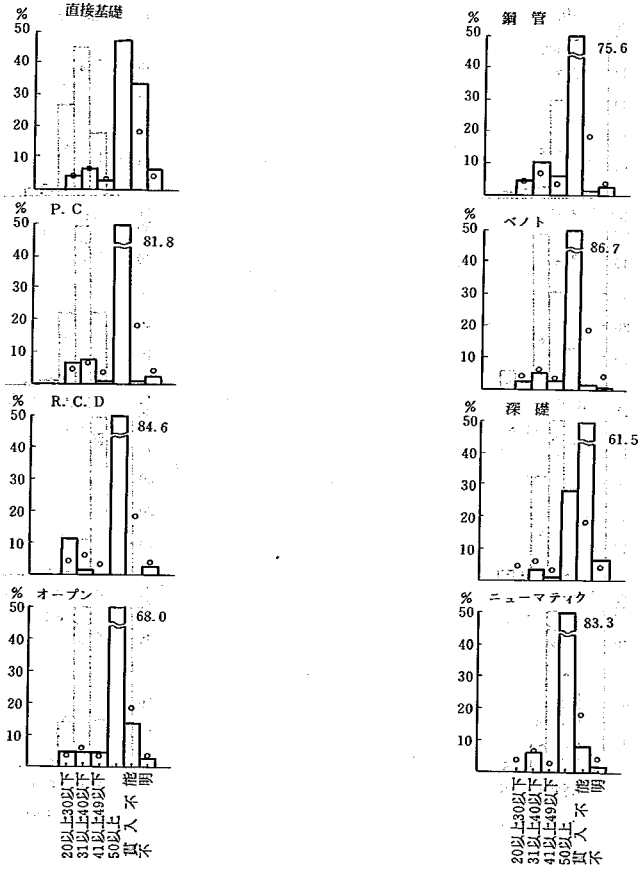


図 4.4 基礎形式と基礎先端地盤のN値

759

(4) 表 層 地 盤

表 4.2は基礎形式と表層の土質およびN値の関係を示したものである。鋼管ぐいの場合は軟弱な地盤からN値20以上の比較的堅固な土質まで多岐にわたっているが，PCぐいの場合は，N値6～15程度の中位の強さの表層に用いられている。ベノトぐいの場合，比較的堅固な表層地盤の場合が多い。しかしこれらは基礎形式選定上あまり重要な選定要因にはならないと考える。

表 4.2 基礎形式と表層地盤

(a) く い

		鋼 管	H	R.C.	P.C.	合 成	ベノト	アースドリル	リバース	深 礎
砂質土	N ≦ 2	21	0	0	8	0	5	1	1	0
	N ≦ 4	32	0	0	0	0	11	6	1	5
	N ≦ 6	24	0	0	4	1	22	6	28	1
	N ≦ 10	69	4	0	68	0	52	0	8	10
	N ≦ 15	57	0	2	10	0	69	2	12	5
	N ≦ 20	61	1	2	3	0	124	0	1	6
	N ＞ 20	43	2	3	17	2	134	0	1	45
ローム土	N ≦ 2	13	0	0	0	0	0	0	0	0
	N ≦ 4	14	0	0	0	0	3	0	2	0
	N ≦ 6	5	0	0	0	0	3	0	2	1
	N ≦ 10	1	0	0	0	0	6	0	0	7
	N ≦ 15	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	N ＞ 15	2	0	0	0	0	1	0	0	2
粘性土	N ≦ 1	13	0	0	0	0	20	0	0	2
	N ≦ 3	34	0	0	0	0	10	0	12	0
	N ≦ 5	13	0	0	2	0	7	0	10	0
	N ≦ 7	17	0	0	1	0	3	0	0	2
	N ≦ 10	22	0	0	2	0	12	2	0	0
	N ＞ 10	22	0	0	1	0	19	0	0	2
不 明		51	2	3	5	0	10	0	0	8

(b) ケーソン

	オープン	ニューマティク
粘 性 土	17	4
ロ ー ム 土	5	1
砂 質 土	24	16
砂 れ き	60	27
岩 盤	2	0
不 明	0	0
不 明	14	0

(5) 図 4.5はくい基礎について，表層の土質とN値，支持層の土質とN値，くい根入れ深さの関係を頻度分布で表わしたものである。

890

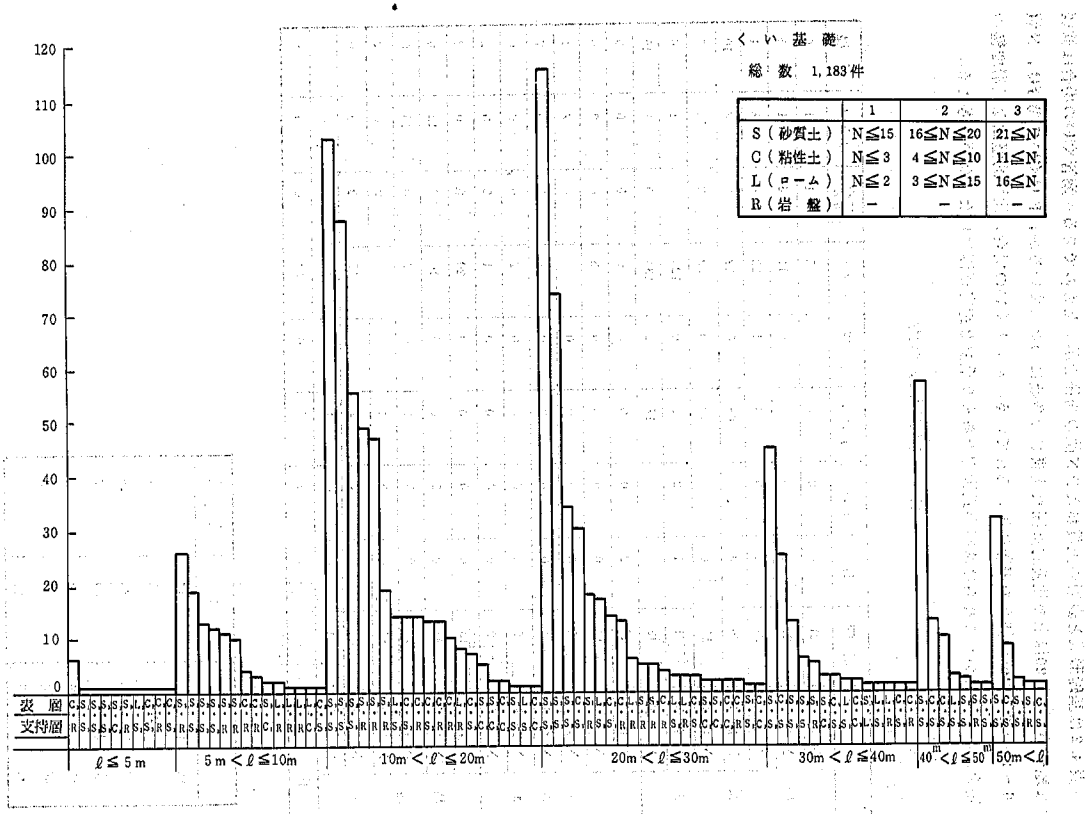


図 4.5 根入深さおよび基礎地盤の種類

4.3　水上施工と基礎形式

図4.6は各基礎形式と水上，陸上施工の別および水上施工の場合の水深（施工計画に際して想定する最大水深）との関係を表わしたものである。ケーソンの場合，施工上の特長から当然のことながら50％以上は水上施工である。オープンケーソンの場合の水深は6m以下が大半で，ニューマティクケーソンは9m以上の施工例もある。直接基礎の場合は水深4m以下の施工例が大半である。鋼管ぐいおよびPCぐいの場合は陸上施工が主であるが水上施工も20％以上ある。深礎は水中施工は不可能なので実施例はない。

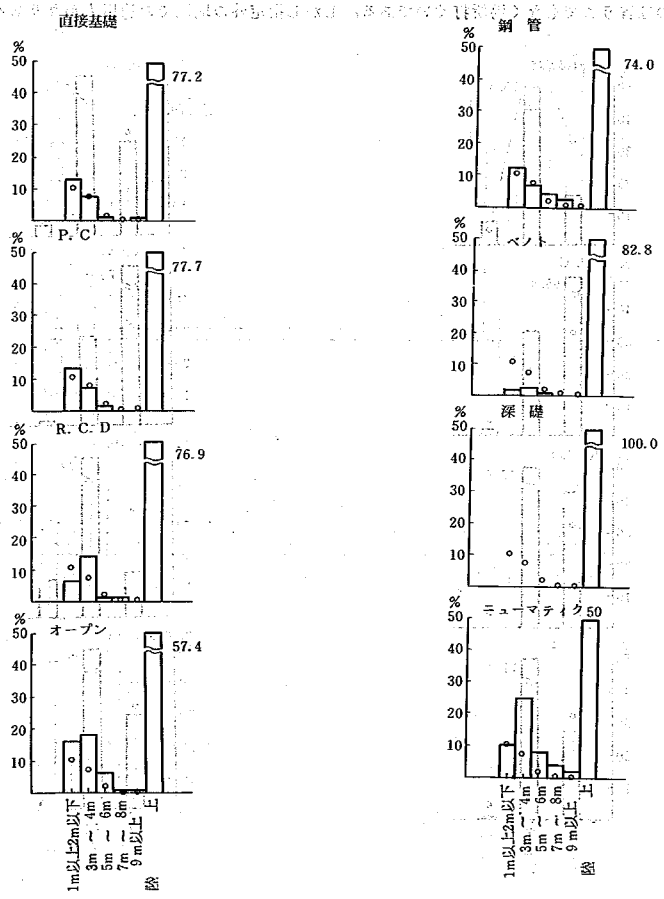


図4.6　基礎形式と水上施行

4.4　施工環境と基礎形式

施工環境という言葉には，大きく分けて二つの意味が含まれる。一つは施工中の騒音，振動が周辺環境に与える影響が大きい場合には，当然それが基礎形式もしくは施工法の選定要因の一つとなり得るということ，二つ目は施工空間の制約，交通との錯綜，地形的な条件等が基礎選定の要因となるということである。

(1) 騒音規制の有無

図 4.7 は騒音規制と基礎形式との関係を示したものである。騒音規制法の指定区域で施工例が多いのは言うまでもなく場所打ぐいである。しかし指定外の地域での適用もかなりあることから，

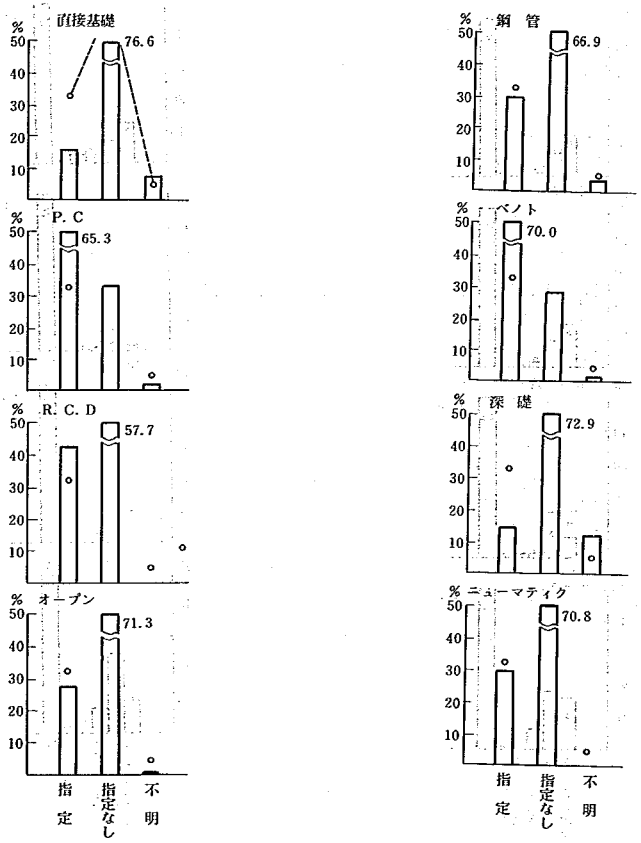


図 4.7　基礎形式と騒音規制の関係

無騒音無振動の利点のみをもって選定されたのではないことがこの図からわかる。鋼管ぐいは指定地域，指定外地域にかかわらず適用されている。その他の基礎については特に有意な関係は見出せない。

(2) 周辺の開発状況

図 4.8 は基礎形式とその周辺の開発状況を表わしたものである。ベノト，リバース工法の場所打ぐいが用途地域内で用いられていることが顕著に表われている。直接基礎は都市計画区域内で用いられている例が多い。鋼管ぐい，ケーソン基礎については顕著な傾向は見うけられない。PC

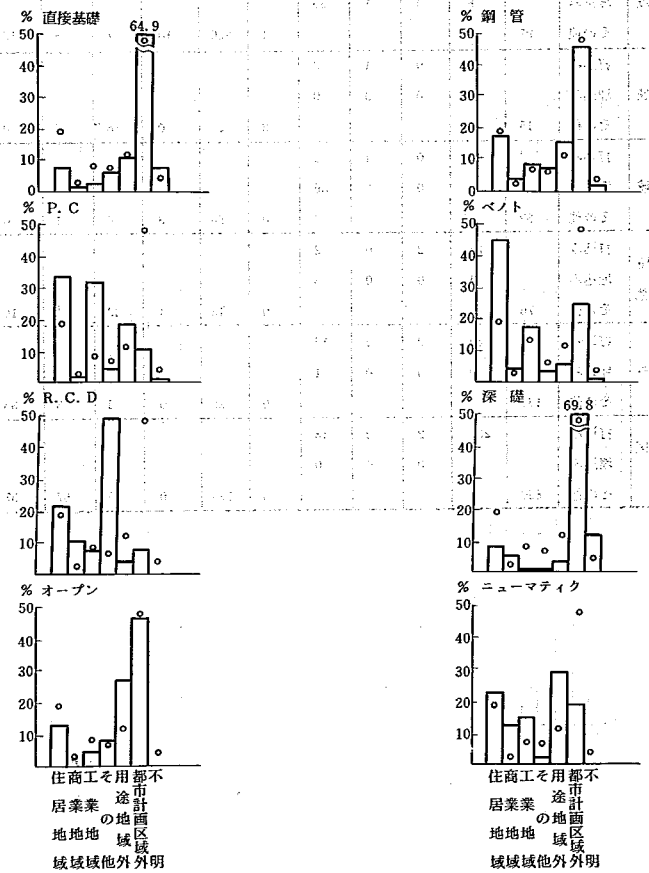


図 4.8 基礎形式の選定と周辺の開発状況

ぐいは明らかに用途地域外では打込み式を採用し，用途地域内では中堀り式を適用していることが表 4.3 からわかる。

表 4.3　基礎形式と周辺の開発状況

	施工方法	直接基礎	くい基礎									ケーソン基礎	
			鋼管	H	R.C.	P.C.	合成	ベノト	アースドリル	リバース	深礎	オープン	ニューマティック
住居地域	打込み		81	5	2	7							
	埋込み		8	0	1	30							
	その他	97					1	230	10	7	8	16	11
商業地域	打込み		19	0	1	2							
	埋込み		0	0	0	0							
	その他	15					2	22	0	8	5	0	6
工業地域	打込み		42	0	1	2							
	埋込み		3	0	0	36							
	その他	32					0	88	3	6	1	6	7
用途地域その他	打込み		36	2	0	2							
	埋込み		1	0	0	3							
	その他	76					0	16	4	38	1	10	1
用途地域外	打込み		82	0	2	15							
	埋込み		0	0	0	1							
	その他	131					0	29	0	3	3	33	14
都市計画区域外	打込み		231	2	2	13							
	埋込み		2	0	0	0							
	その他	820					0	126	0	6	67	57	9

805

(3) 基礎と周辺家屋との距離

図 4.9 は基礎中心から家屋までの距離別に，基礎形式ごとに整理したものである。図から明らかなように，家屋が近傍にあればあるほどベノト，リバース等の場所打ぐいの適用傾向が強く現われている。鋼管ぐいの場合はそれとちょうど反対傾向にあるのは，一般常識を裏づけるものである。

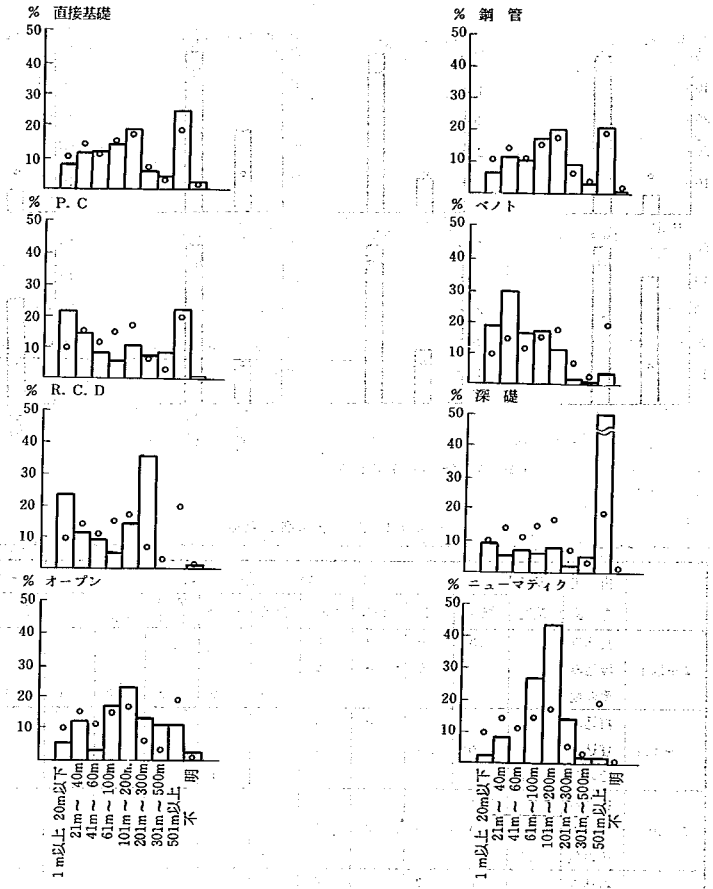


図 4.9 基礎中心と家屋までの距離

806

(4) 施工期間

図 4.10は基礎形式別に施工空間に制限があった場合，なかった場合の別を示したものである。さらに表 4.4，表 4.5 はそれぞれ高さ方向の制限と横方向の制限の有無に分けて整理してある。一般的に言えることは，高さ制限が 5 m以上であればすべての基礎形式が適用できる。また直接基礎は比較的狭い空間でも施工可能であるが，くい基礎の中ではＰＣぐいは施工空間を制約されやすく，鋼管ぐいは比較的空間的な制約を受けにくいものと認められる。

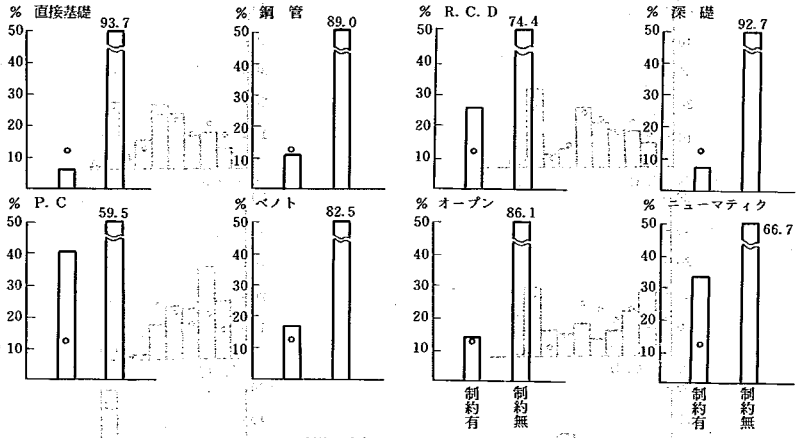


図 4.10 施行空間の制約の有無

表 4.4 施工空間高さ制限

	施工方法	直接基礎	くい基礎 鋼管	H	R.C.	P.C.	合成	ベノト	アースドリル	リバース	深礎	ケーソン基礎 オープン	ニューマティック
2 m以下	打込み		3	0	0	0							
	埋込み		4	0	0	0							
	その他	0					0	0	0	0	0	6	0
3～4 m	打込み		2	0	0	0							
	埋込み		0	0	0	1							
	その他	4					0	1	0	0	0	0	2
5～10m	打込み		12	0	0	3							
	埋込み		1	0	0	0							
	その他	26					0	9	0	1	1	3	0
11m以上	打込み		6	0	0	0							
	埋込み		1	0	0	0							
	その他	6					0	0	0	0	0	1	0

807

表 4.5 施工空間横方向制限

	施工	直接	くい基礎									ケーソン基礎	
	方法	基礎	鋼管	H	R.C.	P.C.	合成	ペット	アースドリル	リバース	深礎	オープン	ニューマティック
2m以下	打込み		8	0	1	1							
	埋込み		0	0	1	1							
	その他	22					2	34	5	4	0	2	2
3～6m	打込み		18	0	0	0							
	埋込み		2	0	0	1							
	その他	16					0	34	0	9	1	4	4
7～10m	打込み		0	0	0	3							
	埋込み		1	0	0	0							
	その他	9					0	4	0	5	0	0	0
11～20m	打込み		4	0	0	0							
	埋込み		0	0	0	44							
	その他	0					0	4	0	0	8	0	0
21m以上	打込み		0	0	0	0							
	埋込み		0	0	0	0							
	その他	10					0	4	0	0	0	2	4

4.5 基礎形式の選定根拠

図 4.11は，基礎形式を選定した根拠について設計者が明示したものを整理したものである。選定の根拠は以下の項目について調査した。

(イ) 比較設計した上で最小コストのものを選定した……①

(ロ) 上部工形式，地盤条件，近隣構造物等から判断して，採用する基礎形式は当初から決まっていたので，特に比較設計は行なわなかった……②

(ハ) 比較設計をしたが，最小コストのものではなく，主として以下の事項で決定された。

○騒音，振動等の建設公害を少なくしたいため……③

○工期等に制限があり，施工速度を速くしたいため……④

○近隣構造物への配慮を考えて……⑤

○河積および施工空間等に制限されたから……⑥

○新技術の開発をめざしたから……⑦

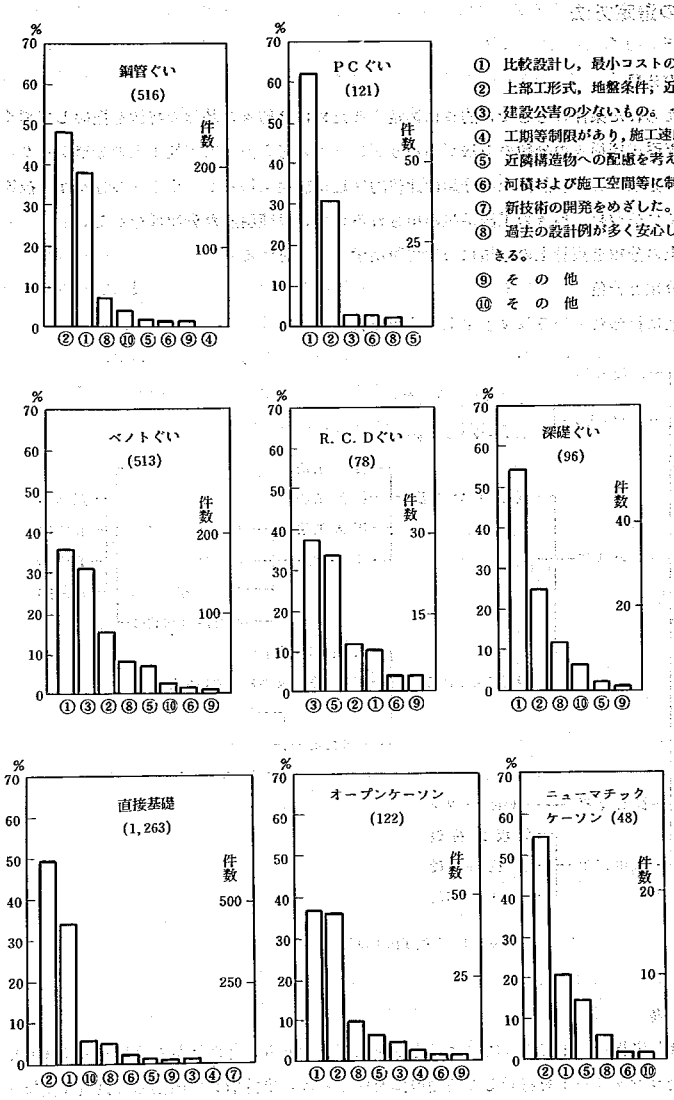
○過去の設計施工例が多く安心して設計施工ができるから……⑧

○そ　の　他……⑨

図 4.10から明らかに，基礎形式の選定の根拠として，直接基礎，鋼管ぐい，ニューマチックケーソンの場合は②の理由を最も多く選んでいる。この項目は，「設計条件，施工条件から総合的に判断して，必然的に単一の基礎形式が選ばれた」と言い換えることができる。しかし，この場合，総

合的にどのような検討を加えて意志決定がなされたかを知ることが，私達の当該テーマにおける重要なポイントであるので，アンケートの質問の仕方に，もっと工夫の余地があったかもしれない。しかし別の見方をすれば，常識のある経験豊富な橋梁技術者であれば誰でもそうしたという意志決定がここに表われていると言うことができる。次に，①比較設計をした結果，最小コストの形式を選定した，が最も多い理由になっているのが，ＰＣぐい，ベノトぐい，深礎ぐい，オープンケーソンであり，中でもＰＣぐいの選定理由に，この①をあげたものは全体の62％にもなっているのが特徴的である。直接基礎の場合も浅い位置に良好な支持層があるときは，直接基礎が最も経済的であるから，経済性を最大の理由にしているのが多いのは当然である。さらに鋼管ぐいの場合も経済性を理由に選定されている例が非常に多いことがわかる。場所打ぐいの場合は，建設公害を避けるために選定する傾向は，この図からも読み取ることができる。本調査からは，比較設計を行った場合の比較対象が何であったかは明らかでないが，オープンケーソンの場合は，比較の対象に上げられたのはニューマチックケーソンと見るのが妥当であろう。それは鋼管ぐい等と同列の経済比較をするとほとんどの場合，オープンケーソンのコストが大きくなるからである。

809



① 比較設計し，最小コストのもの。
② 上部工形式，地盤条件，近隣構造物等から判断。
③ 建設公害の少ないもの。
④ 工期等制限があり，施工速度の早いもの。
⑤ 近隣構造物への配慮を考えて。
⑥ 河積および施工空間等に制限された。
⑦ 新技術の開発をめざした。
⑧ 過去の設計例が多く安心して設計施工できる。
⑨ その他
⑩ その他

比較設計しコストでなく左記による。

図 4.11 基礎形式の選定根拠

810

5. 基礎形式の選定方法

5.1 基礎形式の分類

基礎形式を与えられた条件のもとで，的確に選定するためには種々の基礎の特徴を把握しておく必要がある。基礎形式は種々の分類の方法があろうが，一つの考え方として施工上の分類があり，二つには設計上の分類がある。設計上の分類は比較的明確に説明し得るが，施工上の分類は，技術開発や社会的要請に基づき，種々の工法が生み出されるので，単純明解な分類は難かしい。

ここでは施工上の分類と設計上の分類にわけて説明することとする。

(1) 施工上の分類と特色

図 5.1 は一般に行われている基礎工法上の分類である。

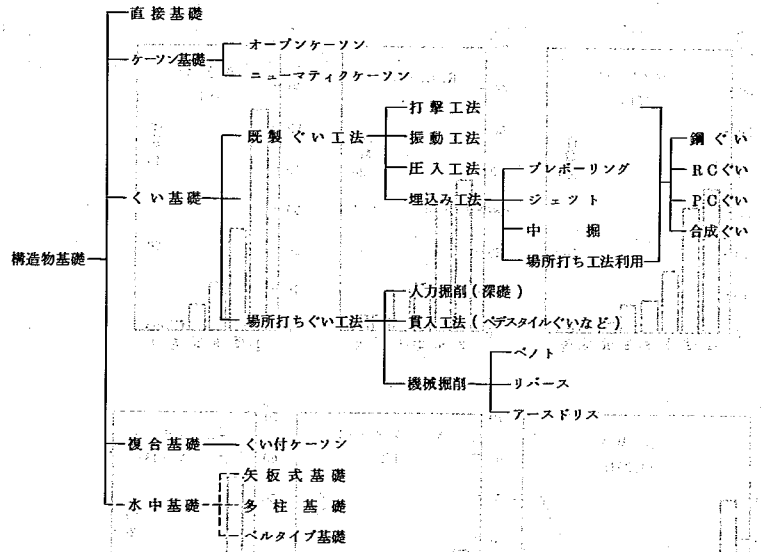


図 5.1 基礎工法上の分類

(i) 直接基礎

直接基礎は基礎構造の中で原理的には最も簡単な基礎であり，基礎地盤を比較的広く浅く掘削して，直接コンクリートを打設して基礎躯体を作る。浅い支持層まで開削して良質な支持層を直接確認することができるので，信頼性もあり，最も経済的な基礎形式ということができる。良質な地盤の定義は，構造物の種類や重要度によって異なるので，定量的な表現は困難であるが，一般的には，岩盤，砂れき層，締った砂層を指すと考えてよい。砂れき層でも河床の表層

811

に埋積していて容易に移動する可能性のあるものは良質な支持層とは言えない。岩盤といってもいわゆる土丹と呼ばれている硬質粘土あるいは，泥岩，き裂の発達した岩，風化した岩なども含まれるので一概に良質ときめつけることはできない。

(ii) ケーソン基礎

ケーソン基礎とは断面寸法の比較的大きい中空の躯体を，底面から土砂を排土しながら所定の支持層まで沈下させる基礎をいう。躯体内部をクラムシェルなどの機械で掘削する工法がオープンケーソン工法であり，躯体底部付近に作業室天井を作り，圧搾空気を送りながら主に人力掘削する工法がニューマティクケーソン工法である。このようにケーソン基礎は中空断面の躯体内部を掘削することによって沈設するので，必然的に最小平面寸法が大きくなる。そのため上部構重量が大きい場合や大きな支持力を必要とする場合に適する。同じ荷重条件では一般にくい基礎よりも平面寸法を小さく設計できるので，用地の狭い場所，河川敷内では占有幅が制限されている場所に適する。また表層地盤が硬く，既製ぐいが打込めないような地盤に適する。矢板などで締切って開削する必要がないので水処理のしにくい地盤にも適し，支持層が地表面や水面から30m程度の場合最適である。

(iii) くい基礎

工場で製作した比較的小径で長い躯体を，おもに打撃，振動，圧入などにより所定の支持層に貫入させるか，あらかじめ地盤を機械や人力により深く掘削して，コンクリートを直接打設して躯体を地中で造る基礎をいう。一般に前者を既製ぐい工法，後者を場所打ちコンクリートぐい工法という。既製ぐい工法にも，打撃や振動を与えて施工する打込み工法と，躯体内部を掘削しながら所定の位置まで沈設させる埋込み工法がある。埋込み工法には，この他にジェット圧力水を利用したり，あらかじめ孔をあけて沈設する方法や，2.3の工法を併用する方法が用いられている。このように基礎形式の中で，工法上様々な工法が存在し，地盤条件や施工条件に応じて適用できる最も汎用性のあるのがくい基礎である。現在使用されている主な3種類のくいの特徴は次の通りである。

(a) 鋼ぐい

鋼ぐいには鋼管ぐいとH型ぐいがあるが，前述の実態調査を見るとH型ぐいの使用頻度は非常に少ない。H型ぐいは特に荷重条件に方向性がある場合のように特別な事情があるとき以外には今後あまり多くは利用されないものと思われる。鋼管ぐいは強度が大きく，比較的硬い中間層を打ち貫いて深い支持層に根入れさせることが可能なので最も信頼性の高いぐいと言うことができる。ただしコンクリートぐいに比較して，鋼の腐食の問題が起こり易いので，そのため特別の配慮を要することがある。

(b) 既製鉄筋コンクリートぐい

既製鉄筋コンクリートぐいは，普通の鉄筋コンクリートぐいとプレストレスを導入したPCぐいがあり，いずれも遠心力締固め成形方式がおもである。既成コンクリートぐいは，工場で所定の品質管理のもので大量に生産されるものであるから，品質的には鋼ぐいに匹適する

材料であるが，比較的硬い中間層を貫入する場合や，支持層に十分根入させる必要がある場合は鋼ぐいより施工性が劣る。

(c) 場所打ちコンクリートぐい

場所打ちコンクリートぐいは，現場で掘削し，鉄筋と生コンクリートによってくいを築造するもので，機械掘削と人力掘削による工法がある。この場所打ちぐい工法は，騒音や振動などの建設公害を軽減させるために既製ぐいの打込み工法の代替工法として発展してきたが，掘削を行うため必然的に直径が大きく，したがって比較的大きな鉛直，水平支持力が期待できることから，大規模な基礎に採用されている。しかし掘削による先端地盤のゆるみや躯体築造の際の品質管理に若干不安があり，設計上支持力や応力度を割引いて使用される場合が多い。

(V) その他の基礎

(a) 水中基礎

最近，海洋や湖水のような水深の深いところに橋梁を建設をする場合が往々にしてある。水中基礎としては,矢板式基礎,多柱基礎,ベルタイプ基礎が次第に使われてきた。多柱基礎は仮締切を省略できるところに特色があり，残りの二者は本体構造と締切構造を兼用することができるところに特長がある。したがって，いずれもある程度水深が大きく，流速が速い河海でも施工可能である。中でも矢板式基礎はくい基礎と同様の施工法で，なおかつケーソン的な剛性を期待できる第4の基礎として登場して約10年になるが，今後さらに利用度が高まるものと思われる。

(b) 複合基礎

複合基礎はケーソンとくい基礎を組み合わせて一体とした基礎で，大きな水平支持力を必要とするが，ケーソン工法では支持地盤が深くて先端地盤まで掘削できない場合などに用いられることがある。しかしくいとケーソンの結合部に問題が生じ易いので現在のところ余り多くは用いられてない。

(2) 設計上の分類

基礎を設計上分類すれば，浅い剛体基礎，深い剛体基礎，深い弾性体基礎の三種類に区分され，それぞれ直接基礎，ケーソン基礎，くい基礎がおおむね対応し，後二者の中間的な性格を有するのが前述した矢板式基礎である。浅い剛体基礎は，基礎に作用する外力をおもに基礎底面を通じて地盤に伝える。この時基礎本体は剛体として挙動するからそれ自身回転や沈下はするが，曲げ変形は起こさないとして設計される。深い剛体基礎は，基礎の頂部に作用するモーメントや水平力に対して基礎本体の前面と底部が協同で抵抗する。その時基礎は剛体として回転は起こすが，曲げ変形は起こさないとして設計される。深い弾性体基礎は，基礎頂部に作用するモーメントや水平力に対して基礎の曲げ変形で抵抗させる。施工上の分類と明らかに異なる点は，たとえば大口径のＰＣぐいのように形状や施工法はくいに類似していても，口径が大きくなって剛性を増すほど剛体的な挙動を示すから，剛体として設計しなければならない場合があるし，逆に工法上ケーソ

ンであっても，形状が細長くなって，弾性変形を無視することができない場合，弾性体基礎として設計しなければならない。このように従来，直接基礎，ケーソン基礎，くい基礎と言えば即，上述の設計上の分類をあてはめて設計を行なって，実際上問題になることがなかったが，現在基礎の規模が大規模になるとともに，工法が多様化してきたため，設計上の分類をあらかじめ定めて構造設計にあたることが必要である。

それでは深い基礎の場合，剛体と弾性体を設計上どのように区別するか。現在通常行なわれている方法は以下の通りである。

$\beta \ell > 3$　　半無限長のくい

$1 < \beta \ell \leqq 3$　　有限長のくい

$\beta \ell \leqq 1$　　ケーソン

ここに

$$\beta = 4\sqrt{\frac{K \cdot D}{4EI}}$$

D：基礎の短辺幅

K：横方向地盤反力係数

ℓ：根入長

EI：基礎の曲げ剛性

浅い剛体基礎と深い剛体基礎の設計上の区別は，基礎頂部に作用する水平力による底面での回転モーメントを底面地盤の反力による抵抗モーメントでほとんど負担する場合に浅い基礎とし，その逆に底面の抵抗モーメントの負担割合が小さくなり，それを根入れ部分で負担する割合が大きくなれば深い基礎とする。このことをわかりやすく説明すると

$$\alpha = \frac{MR}{H \cdot \ell} = \frac{\text{底面の抵抗モーメント}}{\text{転倒モーメント}}$$

ここに

H：基礎頂部に作用する水平力

ℓ：根入長

MR：底面の抵抗モーメント

とすると，

鉛直および水平方向の地盤反力係数の比率によって異なるが，おおむね根入れと基礎幅の比 ℓ／Dが0.5より小さくなるとαの値は95％以上の値になる。すなわち ℓ／D＜0.5が浅い基礎の範囲ということになる。以上の関係をまとめると図5.2のようになる。

814

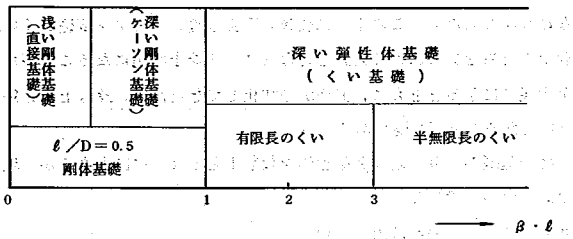


図 5.2　基礎の設計上の分類

5.2　基礎形式の選定手順

基礎の形式選定の手順を流れ図で示せば図 5.3 のようになろう。基礎形式選定は，まず上部構造の形式，材料，規模が一つの要因となり得ることは前述した。それと予備調査によって得られた，地盤条件，施工環境条件に関する情報から設計者は選定の対象たり得る形式を，試算設計等を特に行なうことなくいくつか選び出すことができよう。経験の豊富な技術者であれば，直感的に頭の中に描くことができるところであろう。次に設計・施工のための本調査を行なって，地盤条件，環境条件，施工条件を勘案して，比較設計を必要とする程度の範囲まで候補形式をしぼる。騒音や振動による周辺環境への影響については当然把握しているはずであるので，不適当な形式，工法は，この段階で除外されていなければならない。次に比較設計を行なうのに必要な情報は，上部工荷重，支持層深さ，中間層の性状，表層の性状，地下水位，水深，施工空間が主なものである。比較設計の目的は，工期と工費の算定にある。工期の制限があってできるだけ時間のかからない基礎形式や工法を選択しなければならない場合がある。最後に経済性の比較をして最終的な基礎形式が選定される。上記流れ図に示されるように，基礎構造の場合，経済性は重要な要素ではあるが，形式選定に関する様々な要因が検討されて，最後に経済性比較するのが合理的であると考える。

5.3　基礎形式の選定表

基礎形式の選定と諸要因の関係から明らかなように，一義的な要因で最適な形式が決定することにはならない。個々の関連する要因ごとに，各形式の適・不適のおよその検討はつけられそうである。本調査で対象にした橋梁等の基礎の数は前述のように 2,800 以上の多くの実施例で，しかも一ケ年ではあるが，全数の調査を行なったので，鋼H型ぐいのように施工例の少なかった基礎以外は，諸要因ごとの適用性の全般的傾向が表われていると考えられる。これらの調査から得られた，主として使用頻度を中心とし，調査によってカバーできないものは若干の技術的判断によって補完して得たのが，図 5.4 の基礎形式の選定表である。この選定表は，現場の諸条件に対する基礎形式の適合性を，条件に適している（○），不適合ではないが検討する（△），不適当である（×）の 3 段階に分けて評価したもので，流れ図における「比較設計のための基礎形式の選定」までを行なうこ

815

とができる。また図 5.5 は基礎の種別と基礎形式の関係を，図 5.6 はくい種別と径の関係を実際の適用例をもとにとりまとめたものである。

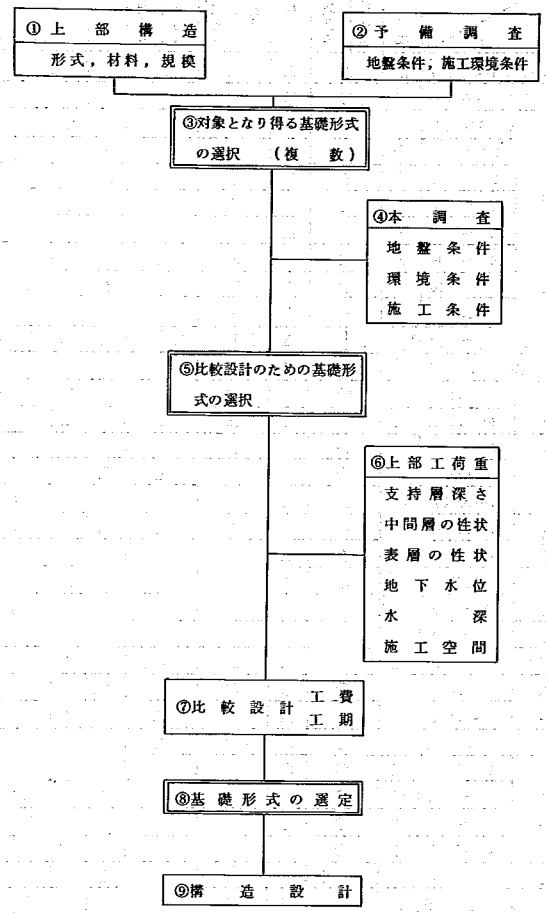


図 5.3　基礎形式の選定手順

816

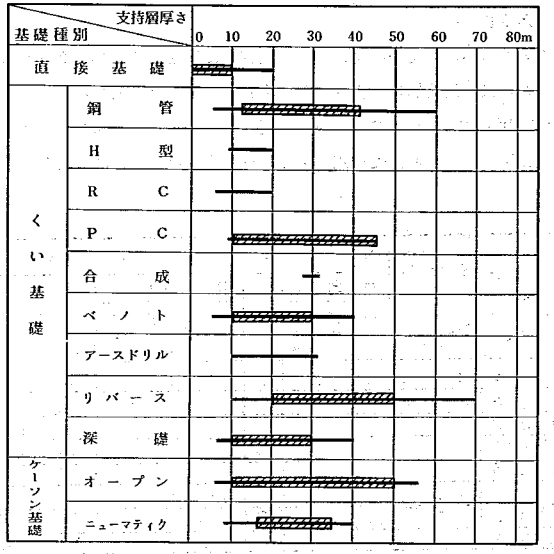
設計条件 ＼ 基礎形式			直接基礎	くい基礎 鋼管 打込み	鋼管 埋込み	H	R.C. 打込み	R.C. 埋込み	P.C. 打込み	P.C. 埋込み	ベノト	アースドリル	リバース	深礎	ケーソン基礎 オープン	ケーソン基礎 ニューマチ
スパン(荷重)	20以下(m)(200ton以下)※		△	△		△	△		△		△	△	△	△	×	×
	20～50 (200～600)		○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	50以上 (600以上)		○	○		△	△		△		○	○	○	○	○	○
地盤 支持層 深さ	5以下(m)		○	×		×	×		×		×	×	×	×	×	×
	5～10		○	△		○	○		△		△	△		△	△	×
	10～20		△	○		○	○		○		○	○	△	○	○	△
	20～30		×	○		△	×		○		○	○	○	○	○	○
	30～40		×	○		△	×		○		△	△	○	×	○	○
	40～50		×	○		△	×		○		△	×	○	×	○	△
	50以上		×	△		△	×		△		×	×	△	×	△	×
	不完全支持			○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	摩擦支持			△	×	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×
	傾斜	30°以下	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
		30°以上	△	○		△	△		△		○	△	△	○	△	○
地質 中間層	粘性土	N＝5～10		○		○	△		○		○	○	○	○	○	○
		N＝10～20		○		○	×		△		○	○	○	○	○	○
		N＝20以上		△		△	×		×		○	○	○	○	○	○
	砂質土	N＝15～30		○		○	△		○		△	○	○	○	○	○
		N＝30以上		△		△	×		△		△	○	○	○	○	○
	砂れき	10以下(m)		△		△	×		×		○	△	○	○	○	○
		10～30		×		×	×		×		△	△	△	○	○	○
表層	粘性土	N＜2	△	○		△	△		△		○	△	△	○	○	○
	砂質土	N＜10	△	○		△	△		○		○	△	△	○	○	○
	傾斜	10°以下	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
		10°以上	△	△		△	△		△		△	△	△	△	△	△
地下水・水深	水上施工		○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
	水深	2以下(m)	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
		3～4	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
		5～6	△	○		○	△		△		△	×	○	×	○	○
		7以上	△	○		○	×		×		×	×	△	×	○	○
環境	騒音振動		○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	△
	泥排水処理		△	○		○	○		○		○	×	○	○	○	○
施工性	施工空間 高さ制限	5以下(m)	○	△		△	△		△		△	△	△	○	○	○
		5以上(m)	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	横方向制限	狭い	△	△		△	△		△		△	△	△	△	△	△
		広い	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○

※ 上部工スパンは鋼桁を対象とする。
上部工荷重は死荷重＋活荷重TL－20（幅員10m）

(○)：条件に適合している。
(△)：不適合ではないが検討を要する。
(×)：不適合である。

図 5.4　基礎形式の選定表

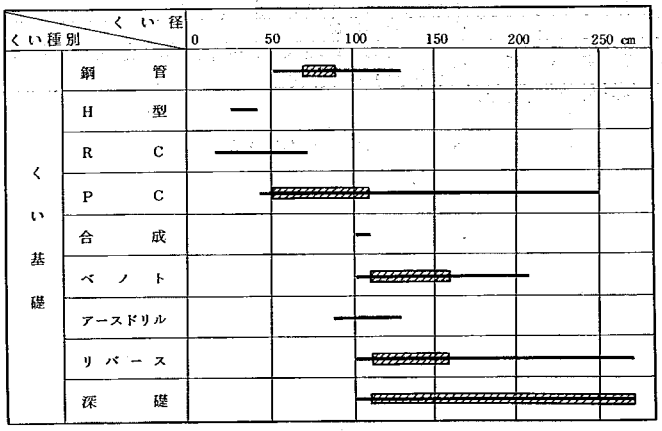
817



適用例あり（最大，最小1％除く）

適用頻度高い（最大，最小10％除く）

図 5.5　基礎形式と支持層深さ



適適例あり（最大，最小1％除く）

適用頻度高い（最大，最小10％除く）

図 5.6　くい種別とくい径

818

5.4 基礎形式の選定例

実際に図 5.4 をいくつかの現実の橋梁基礎の形式選定に適用してみた。そのうちの 7 例を図 5.7 (1)～(7)に示す。その結果，最終的に採択されたいずれの形式も選定表から選ばれる候補形式に入っていた。また，総合判定欄において全ての設計条件に適合している基礎形式が 2，3 例選ばれているが，比較設計（工費，工期）のための基礎形式の選定を行なう段階としては満足のいくものと思われる。

選定要因 ＼ 基礎種類				直接基礎	くい基礎										ケーソン基礎	
					鋼管		H	R.C.		P.C.		ベノート	アースドリル	リバース	深礎	オープン	イニュークマチ
					打込み	埋込み		打込み	埋込み	打込み	埋込み						
スパン			41 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
地盤・地質	支持層	深さ	2 m	○	×		×	×		×		×	×	×	×	×	×
		支持方法															
		支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	中間層の土質																
	表層	土質															
		表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	地下水	水上施工	水上	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
	水深	水深	1 m	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
環境	騒音振動		指定有	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	△
	排水処理																
施工性	施空	高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	工間	横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
総合判定				○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
使用基礎				直接基礎													
形式選定の理由				上部工形式，地盤形式，近隣構造物等から判断して，採用する基礎形式は当初から決まっていた。													

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(1) 基礎形式の選定例（A橋）

819

選定要因 ＼ 基礎種類				直接基礎	くい基礎										ケーソン基礎	
					鋼管		H	R.C.		P.C.		ベノト	アースドリル	リバース	深礎	オープン	ニューマチック
					打込み	埋込み		打込み	埋込み	打込み	埋込み						
スパン			25 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
地盤・地質	支持層	深さ	27 m	×	○		△	×		○		○	○	○	○	○	○
		支持方法	完全	／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	中間層の土質																
	表層	土質	砂質 10＜N≦15	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
		表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	地下水	水上施工	水上	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
	深	水深	5 m	△	○		○	△		△		△	×	○	×	○	○
環境	騒音・振動		指定無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	排水処理																
施工性	施空	高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	工間	横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
総合判定				×	○	○	△	×	×	△	△	△	×	○	×	○	○
使用基礎				鋼管ぐい													
形式選定の理由				比較設計した上で，最小コストのものを選定													

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(2) 基礎形式の選定例（B橋）

選定要因 ＼ 基礎種類				直接基礎	くい基礎										ケーソン基礎	
					鋼管		H	R.C.		P.C.		ベノト	アースドリル	リバース	深礎	オープン	ニューマチック
					打込み	埋込み		打込み	埋込み	打込み	埋込み						
スパン			34 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
地盤・地質	支持層	深さ	43 m	×	○		△	×		○		△	×	○	×	○	△
		支持方法	完全	／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	中間層の土質																
	表層	土質	砂質 6＜N≦10	△	○		△	△		○		○	△	△	○	○	○
		表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	地下水	水上施工	陸上	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	深	水深	0 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
環境	騒音・振動		指定有	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	△
	排水処理																
施工性	施空	高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	工間	横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
総合判定				×	×	○	×	×	×	×	○	△	×	△	×	○	△
使用基礎				P.C.ぐい													
形式選定の理由				比較設計した上で，最小コストのものを選定 くいの施工法－中空ぐいを中掘して沈設させ，先端部のみくい打機で打撃													

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(3) 基礎形式の選定例（C橋）

820

選定要因 ＼ 基礎種類				直接基礎	くい基礎												ケーソン基礎	
					鋼管		H	R.C.		P.C.		ベノト	アースドリル	リバース	深礎		オープン	ニューマティック
					打込み	埋込み		打込み	埋込み	打込み	埋込み							
スパン			35 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
地盤・地質	支持層	深さ	16 m	△	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
		支持方法	完全	／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
		支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	中間層の土質																	
	表層	土質	砂 4＜N≦6 粘	△	○		△	△		○		○	△	△	○		○	○
		表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	地下水	水上施工	陸上	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	水深	水深	0 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
環境	騒音・振動		指定無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
	排水処理																	
施工性	施空	高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	工間	横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
総合判定				△	○	○	△	△	△	○	○	○	△	△	○		○	○
使用基礎				ベノトぐい														
形式選定の理由				比較設計したが最小コストのものではなく，主として近隣構造物への配慮を考えて選定。														

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(4) 基礎形式の選定例（D橋）

選定要因 ＼ 基礎種類				直接基礎	くい基礎												ケーソン基礎	
					鋼管		H	R.C.		P.C.		ベノト	アースドリル	リバース	深礎		オープン	ニューマティック
					打込み	埋込み		打込み	埋込み	打込み	埋込み							
スパン			28 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
地盤・地質	支持層	深さ	33 m	×	○		△	×		○		△	△	○	×		○	○
		支持方法	完全	／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
		支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	中間層の土質																	
	表層	土質	砂 10＜N≦15 粘	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
		表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	地下水	水上施工	水上	○	○		○	○		○		△	×	○	×		○	○
	水深	水深	3 m	○	○		○	○		○		△	×	○	×		○	○
環境	騒音・振動		指定有	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○		○	△
	排水処理																	
施工性	施空	高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
	工間	横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○		○	○
総合判定				×	×	○	×	×	×	×	○	△	×	○	×		○	△
使用基礎				リバースぐい														
形式選定の理由				比較設計をしたが，最小コストものでなく，その他の理由により選定														

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(5) 基礎形式の選定例（E橋）

821

選定要因 ＼ 基礎種類			直接基礎	くい基礎 鋼管 打込み	鋼管 埋込み	H	R.C. 打込み	R.C. 埋込み	P.C. 打込み	P.C. 埋込み	ベノト	アースドリル	リバース	深礎	ケーソン基礎 オープン	ケーソン基礎 ニューマティック
スパン		43 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
地盤・地質	支持層 深さ	19 m	△	○		○	○		○		○	○	△	○	○	△
	支持層 支持方法	完全		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支持層 支持層の傾斜	傾斜	△	○		△	△		△		○	△	△	○	△	○
	中間層の土質															
	表層 土質	砂 20 < 粘 N	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	表層 表層の傾斜															
	地下水 水上施工	陸上	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	地下水 水深	0 m	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
環境	騒音・振動	指定無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	排水処理															
施工性	施工 高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	施工 横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
総合判定			△	○	○	△	△	△	△	△	○	△	△	○	△	△
使用基礎			深礎ぐい													
形式選定の理由			上部工形式，地質条件，近隣構造物等から判断して，採用する基礎形式は当初から決っていた。													

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(6) 基礎形式の選定例（F橋）

選定要因 ＼ 基礎種類			直接基礎	くい基礎 鋼管 打込み	鋼管 埋込み	H	R.C. 打込み	R.C. 埋込み	P.C. 打込み	P.C. 埋込み	ベノト	アースドリル	リバース	深礎	ケーソン基礎 オープン	ケーソン基礎 ニューマティック
スパン		100 m	○	○		△	△		△		○	○	○	○	○	○
地盤・地質	支持層 深さ	43 m	×	○		△	×		○		△	×	○	×	○	△
	支持層 支持方法	完全		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支持層 支持層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	中間層の土質															
	表層 土質	粘性土														
	表層 表層の傾斜	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	地下水 水上施工	水上	○	○		○	○		○		△	×	○	×	○	○
	地下水 水深	9 m	△	○		○	×		×		×	×	△	×	○	○
環境	騒音・振動	指定無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	排水処理															
施工性	施工 高さ制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
	施工 横方向制限	無	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○
総合判定			×	○	○	△	×	×	×	×	×	×	△	×	○	△
使用基礎			オープンケーソン													
形式選定の理由			上部工形式，地盤条件，近隣構造物等から判断して，採用する基礎形式は当初から決まっていた。													

注） 空欄は今回の調査に含まれない。

図 5.7(7) 基礎形式の選定例（G橋）

822

6. 基礎形式の10年間の動き

構造物基礎の形式選定については，10年前の昭和42年，第20回建設省技術研究会でも調査研究がなされたが，

1） 技術基準・指針が以前より整備された。

2） 構造物が大型化し，一方施工の急速化が求められるようになってきた。

3） 劣悪な地盤条件のもとでの構造物の施工が増加してきた。

4） 施工法に機械化・多様化傾向が見られる。

5） 施工法に伴ういわゆる建設公害への対応が必要となり，さらに騒音規制法，振動規制法による規制条件が強化された。

6） 基礎形式が多様化し，新しい型の基礎が登場してきた。

7） 設計計算の電算化，標準設計および自動設計が進歩してきた。

8） 材料単価と労務単価のバランスが変化してきた。

9） 発注者における設計，施工管理業務に占める人員，時間が相対的に減少してきた。

など，この間の情勢変化は大きい。したがって，両者を比較して形式選定に関する考え方の変化を見ることは意義のあることと思われる。前回の調査は各地方建設局や都道府県，市，公団のすべての橋梁基礎を対象としたものでなかったので，本調査結果と完全に対応するものではないが，表6.1に基礎形式別基数とその割合を，表6.2にくい種別基数とその割合を示す。

表6.1 基礎形式割基数の内割（橋梁，堰柱および水門）

基礎形式 ＼ 基数・比率	昭和42年調査		今回調査	
	基数	比率(%)	基数	比率(%)
基接基礎	125	27.8	1,263	44.5
くい基礎	207	46.1	1,383	48.7
ケーソン基礎	117	26.1	170	6.0
その他	0	0	21	0.7
合計	449	100.0	2,837	100.0

表6.2 くい種別基数の内訳（橋梁，水門および堰柱）

くい種類 ＼ 基数・比率		昭和42年調査		今回調査			
		基数	比率(%)	基数		比率(%)	
既成ぐい	鋼管	—	55	516	525	37.3	38.0
	H			9		0.7	
	R・C		20	10		0.7	
	P・C		10	121		8.7	
	合成	0	0	3			
場所打ぐい	ベノト	—	15	513	704	37.1	50.9
	アースドリル			17		1.2	
	R・C・D			78		5.6	
	深礎			96		6.9	
不明		0	0	20		1.5	
合計		207	100	1,383		100	

823

一つの傾向としてはケーソン基礎が相対的に非常に減少していることである。その理由として考えられることは，一つに，前回の調査報告書に述べられているように，当時はケーソン基礎が経済性の面の不利より，基礎の支持力，耐震性等の面からの有利さから，設計者に最も信頼され頻繁に用いられていた。それに対しては現在は大口径の既製ぐいや，場所打ちぐいが実用化され，鉛直方向の支持力や横方向の支持力も十分期待できることから，一部ケーソンにとって代わられてきた。二つには従来ケーソン基礎が選定されてきたところに，矢板式基礎や多柱基礎のような新しい，いわゆる水中基礎が利用されていることが理由として考えられる。

つぎに，ＰＣぐいの利用が非常に高まっているのに対して，ＲＣぐいの利用が非常に少なくなっている。三つ目の大きな情勢変化として，10年前にわずか10数例だった場所打ちぐいが実に700余例を数え，くい基礎全体の１／２以上を占めるようになった。中でもベノトは基数にして鋼管ぐい基礎とほとんど同じ数になっている。このような低振動，低騒音工法として登場した場所打ぐいは橋梁基礎の中で，少なくとも使用例の上では基礎工法の代表格になったわけである。

矢板式基礎を代表とする，従来の３形式以外の基礎については，まだ使用例が少ないので今回の選定要因の分析の対象からは省き，表6.3の一覧表をかかげるに留める。矢板式基礎はその施工実績も100を上回ったと聞く。今後設計法，施工法に改善が加えられつつ，橋梁基礎としての地歩を固めて行くものと思われる。

表6.3　その他基礎一覧表

機関	基礎	断面形状	外径(幅)(m)	鋼管径(mm)	長さ(m)
1.道路公団	鋼管矢板	円形	10.5	1,016	5
2. 〃	〃	〃	10.5	1,016	4
3. 〃	〃	〃	10.5	1,016	8
4. 〃	〃	〃	10.5	1,016	8
5. 〃	〃	〃	10.5	1,016	8
6. 〃	〃	〃	10.5	1,016	8
7. 〃	〃	〃	10.5	1,016	7
8. 〃	〃	〃	10.5	1,016	8
1.北海道開発局	深礎	円形	4.0		16
2. 〃	鋼管矢板	〃	10.8	800	12
3. 〃	〃	〃	18.5	1,000	17
4. 〃	〃	〃	18.5	1,000	17
1.四国地建	深礎				19.5,16.0
2. 〃	〃				23.0,17.0
3. 〃	〃				23.0,16.0
1.大阪市	鋼管矢板	長方形	9.9×37.3	1,000	14
2. 〃	〃	〃	9.9×37.3	1,000	14
3. 〃	〃	〃	9.9×37.3	1,000	14
1.中国地建	置換基礎	長方形			
1.東京都	鋼管矢板	〃	11.1×9.9	1,016	15
1.愛知県	〃	円形	9.1	914	25

824

おわりに

構造物基礎の形式が選定された後には，個々の設計指針や技術基準があるので，同じ設計条件のもとでは誰が設計してもそれほど大きな違いがでてくるとは考えられない。道路の計画がなされ，架橋位置が決まったら，上部，下部を含めた橋梁の計画が始まる。その段階から基礎形式の選定のための作業が始まる。従って構造物基礎の選定作業は，橋の計画と設計の間を埋めるものである。選定手法を確立することが私達の10年来の目標であり，色々な書物，雑誌，あるいは機関によって，この問題が取り組まれている。本調査においては，単年度とはいえ，道路の橋梁を中心とした全数調査という前例のない調査を行うことができた。その結果，基礎形式の選定，設計，施工に関する全般的なすう勢を把握することはできた。しかし基礎構造物の設計・施工に直接・間接に関連する要素は余りにも多く，純技術的な観点からだけでも一概に割り切って決定できないことが多い。設計方法に関していえば，直接基礎，ケーソン基礎，くい基礎など個々の設計法はそれなりに合理的に整理されていても，相互の関連性になると矛盾する点が色々残っている。さらに新形式基礎が加わり事は複雑である。施工法においては，社会の要請もあって様々な工法が生まれ，それなりの利点を発揮しているが，当初予定されていた支持力が確実に得られているか確認しないままに現場で利用されるようになることは無論避けなければならない。

当研究室においては今回現場から得られた貴重な資料を基に，さらに研究を進めていきたい。

最後に，本調査を進めるにあたり，膨大な資料を提供していただいた各地方建設局ならびに関係機関の各位に深謝いたします。

参考文献

(1) 建設省，構造物基礎形式の選定について，第 20， 21 回建設省技術研究会報告昭和 41， 42 年
(2) 建設省，構造物基礎の選定手法調査，第 30， 31 回建設省技術研究会報告昭和 51， 52 年