

◆ 報 文 ◆

最近の道路橋基礎の使用実態調査結果

井落久貴* 中谷昌一** 白戸真大*** 石田雅博****

1. はじめに

現在、道路橋で使用されている基礎構造は、直接基礎、ケーソン基礎、杭基礎、鋼管矢板基礎及び地中連続壁基礎という形式に大別される。それらの基礎形式は、一般的に架橋位置の諸条件や経済性、施工性などを考慮して選定されており、選定後、より詳細な検討を実施した上で細部形式が決定されている。

各形式の基礎の選定要因特性、選定比率及びその変遷を把握し、設計基準の改定や維持管理、耐震補強に関する研究のための基礎資料とするために、土木研究所では、昭和41年度以降、約10年ごとに道路橋工事発注機関に対して、基礎の使用実績調査を実施している^{1)~3)}。今回平成17年度に実態調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査概要

2.1 調査概要と調査方法

実態調査は、土木研究所にて作成したアンケート要領及び調査票の記入を道路橋工事発注機関である国土交通省各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局に依頼し、回収したデータを整理するものである。調査対象は、以下の条件に該当する道路橋基礎である。

- (1) 平成16年度に構造物基礎の全部、または一部を含めて工事発注した道路橋基礎
- (2) 20m以上の支間(スパン)を有する道路橋基礎
- (3) 道路橋基礎のみを対象としているため、歩道橋基礎は対象外とする

回収したデータは、電子データである調査票を単純に集計した「単純集計」、基礎形式選定の要因と考えられる項目を基礎形式ごとに集計した「クロス集計」という2種類の方法で整理を行っている。

2.2 調査項目

実態調査は、下記のように、橋梁の所在地などの一般項目から設計計算上の決定要因などの詳細項目まで、多岐の項目について調査している。

- (1) 橋梁一般項目
橋梁所在地、橋の重要度等
- (2) 各基礎形式共通項目

上部・下部・基礎形式、構造寸法、地盤条件等
(3) 直接基礎

フーチング寸法(平面寸法、厚さ)、基礎規模決定要因等

(4) 杭基礎

杭工法(打込み杭工法、埋込み杭工法、場所打ち杭工法等)、杭種(鋼管杭、既製コンクリート杭、場所打ち杭)、杭径、杭長、杭本数、基礎規模決定要因等

(5) 深礎杭基礎

杭径、杭長、杭本数、基礎規模決定要因等

(6) ケーソン基礎

ケーソン基礎の断面形状(円形、小判形、矩形等)、ケーソン基礎長、ケーソン平面寸法、基礎規模決定要因等

(7) 鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎の断面形状(円形、小判形、矩形等)、鋼管矢板基礎長、鋼管矢板基礎の径(井筒外径)、鋼管径、鋼管本数、基礎規模決定要因等

(8) 地中連続壁基礎

地中連続壁基礎の断面形状、地中連続壁基礎長、地中連続壁の壁厚、基礎規模決定要因等

なお、ここでいう基礎規模決定要因とは、当該基礎が安全であることを照査するにあたり、どのような照査項目で決定しているかを意味するものである。

3. 調査結果

3.1 橋梁数と基礎数

表-1に示すように333橋の道路橋基礎1504基に関しての回答を得た。この結果から、今回調査した橋梁は、平均して1橋梁あたり3~5基の基礎を有する(2~4径間の橋梁)と考えられる。

3.2 主な調査結果

3.2.1 基礎形式別回答数

基礎形式別の回答数及びその割合を表-2及び図-1に示す。全1504基の基礎の内訳は、杭基礎が1097基(72.9%)、直接基礎が328基(21.8%)となっており、ほとんどの基礎形式が上記2形式であることがわかる。なお、ケーソン基礎は33基(2.2%)、鋼管矢板基礎は3基(0.2%)であり、地中連続壁基礎の回答はなかった。

一般に、鋼管矢板基礎や地中連続壁基礎は、大型な基礎が必要となる橋梁で大規模な仮設締切り

表-1 各機関別調査結果橋梁数及び基礎数

機関名	橋梁数A	基礎数B	B/A
北海道開発局	47	144	3.06
東北地方整備局	37	181	4.89
北陸地方整備局	14	62	4.43
関東地方整備局	61	313	5.13
中部地方整備局	44	190	4.32
近畿地方整備局	43	247	5.74
中国地方整備局	28	144	5.14
四国地方整備局	18	84	4.67
九州地方整備局	33	100	3.03
沖縄総合事務局	8	39	4.88
合 計	333	1504	4.52

を必要とする場合に採用される傾向である。従って、鋼管矢板基礎の使用割合が少なく、また地中連続壁基礎の使用がなかったのは、調査対象範囲を今回の調査から直轄事業のみとし、大規模な各高速道路会社による事業等を含めていないことが一因であると考えられる。

3.2.2 杭基礎における工法別回答数

ここでは、今回の調査結果にて選定割合が多い、杭基礎の調査結果の詳細を述べる。

杭基礎の分類は、支持機構による分類、材質による分類、工法による分類など、多種の分類ができるが、ここでは、「工法による分類」にて整理を行う。表-3に示すよう、工法による分類は、打込み杭工法、埋込み杭工法、場所打ち杭工法に大別され、詳細施工法により更に細かく分類される。

表-3及び図-2に示す結果から、全杭基礎のうち場所打ち杭工法（深礎工法含む）が8割以上を

表-2 基礎形式別回答数

	件 数	割 合
直接基礎	328	21.8%
杭基礎	1097	72.9%
ケーソン基礎	33	2.2%
鋼管矢板基礎	3	0.2%
地中連続壁基礎	0	0.0%
不 明	43	2.9%
合 計	1504	100.0%

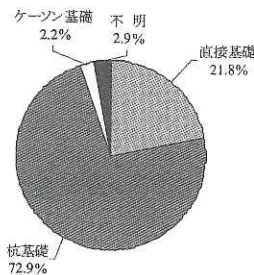


図-1 各基礎形式の割合

占めていることがわかる。また、場所打ち杭工法の中でもオールケーシング工法を使用したものが643基（全杭基礎のうち58.6%）と多く、前述した全基礎数（1504基）と比較しても約43%と半数近くを占めている。従って、今回の調査対象においては、オールケーシング工法による場所打ち杭基礎が、主たる基礎形式であることがわかる。

3.2.3 基礎の深さ

構造物計画位置の支持層の深度は、基礎形式の選定において重要な要素の1つである。図-3に基礎形式別の基礎の深さLを整理した結果を示す。ここに基礎の深さLとは、図-4に示すように、地表面高さから基礎先端までの深さを示す。

整理した結果、直接基礎は、0～10m程度の比較的浅い深度に支持層が存在するような地盤で採用されている傾向であることがわかる。一方、杭基礎、深礎杭基礎及びケーソン基礎は、5m以上の深度を有しているものがほとんどであり、概ね杭基礎では10～40m、深礎杭基礎では5～20m、ケーソン基礎では15～25mに分布していることがわかる。ただ、杭基礎においては、10m以下のものや50mを超えるものも数件あるが、杭が極端に短い場合、設計計算上、杭の軸方向バネ定数 K_v が推定式より算出できないという問題がある。従って、選定方法の手順を示すことや設計法の整備を進める必要がある。また、50mを超えるものは従来、施工が困難であると考えられていたが、実績が増加してきているようである。なお、大深度の

表-3 杭基礎の工法別回答数

工法別による分類			件数	割 合
既製杭 工法 (19.7%)	打込み杭	打撃工法	24	2.2%
	工法(3.2%)	パイプロハンマ工法	11	1.0%
	埋込み杭	中掘り杭工法	98	8.9%
	工法	プレボーリング杭工法	5	0.5%
	(16.5%)	鋼管ソイルセメント杭工法	78	7.1%
場所打ち杭工法 (80.3%)	オールケーシング工法		643	58.6%
	リバースサーキュレーション工法		44	4.0%
	アースドリル工法		0	0.0%
	深礎工法		194	17.7%
合 計			1097	100.0%

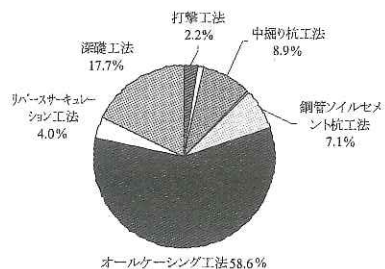


図-2 杭基礎の工法別の割合

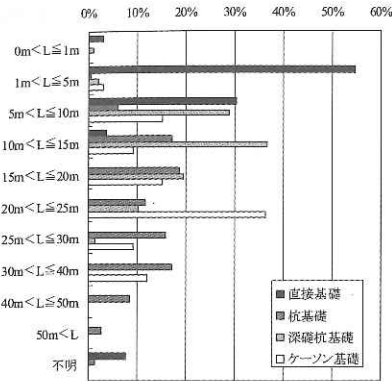


図-3 基礎形式別の基礎の深さLの分布

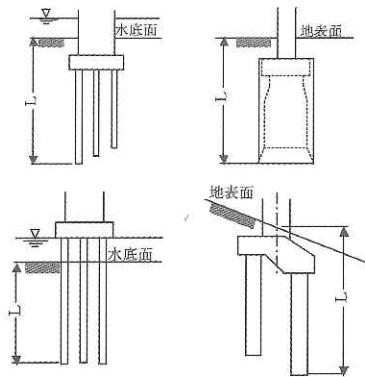


図-4 基礎の深さL

杭基礎は、土質等にも大きく依存するため、基礎形式の選定を慎重に行う必要がある。

3.2.4 基礎規模の決定ケース

基礎の設計は安定に対する設計と部材に対する設計から成り立つ。

基礎の規模は、照査方向（橋軸方向・橋軸直角方向）別に設計で考慮する荷重状態（常時・地震時等）に対して、表-4に示す項目の照査を行い、安定を確保できるように決定されている。

ここでは、直接基礎と杭基礎（深礎杭基礎を除く）の規模の決定要因について取りまとめる。なお、深礎杭基礎、ケーソン基礎、鋼管矢板基礎及び地中連続壁基礎については、紙面の関係上、本報文では省略する。

(1) 直接基礎

直接基礎は、表-4に示すとおり、支持力、転倒、滑動の3項目について、安定照査を行う必要がある。ここでは、表-5に示すように基礎規模決定要因を構造物、照査方向及び荷重状態別に集計整理している。なお、直接基礎の場合、道路橋示方書・同解説IV下部構造編（以下、道示IVという）⁴⁾に解説されているようにレベル2地震時に対する安定照査を省略しても良いと考えられて

表-4 各基礎の安定照査項目⁴⁾

照査項目 基礎形式	支持力		転倒	滑動	水平変位
	鉛	直水			
直接基礎	○	(○)	○	○	-
ケーソン基礎	○	-	-	○	○
杭基礎	○	-	-	-	○
鋼管矢板基礎	○	-	-	-	○
地中連続壁基礎	○	-	-	○	○

() は根入れ部分で荷重を分担する場合

表-5 基礎規模決定要因（直接基礎）

決定要因			構造物 照査方向	橋 脚						橋 台	
				橋軸方向			橋軸直角方向			橋軸方向	
				件数	割	合	件数	割	合	件数	割
荷重状態	常 時	支持力	35	16.6%	19	9.0%	8	7.1%			
		滑動	3	1.4%	0	0.0%	4	3.5%			
		転倒	9	4.3%	5	2.4%	1	0.9%			
	レベル1 地震時	支持力	51	24.2%	59	28.0%	30	26.5%			
		滑動	20	9.5%	25	11.8%	60	53.1%			
		転倒	55	26.1%	40	19.0%	4	3.5%			
その他	下部構造躯体からの最小離れ	0	0.0%	11	5.2%	0	0.0%				
	その方向以外	14	6.6%	25	11.8%	0	0.0%				
	不 明	24	11.4%	27	12.8%	6	5.3%				
合 計			211	100.0%	211	100.0%	113	100.0%			

いるため、本調査では、レベル2地震時の荷重状態についての回答を求めている。

表-5より、直接基礎の基礎規模決定要因の傾向としては、レベル1地震時の荷重状態で決定しているケースが多いことがわかる。また、橋台の場合は滑動、橋脚の場合は支持力または転倒により決定している傾向である。これは、躯体背面から土圧が作用する橋台は、橋脚に比べ、底版下面に発生する水平力と鉛直力の比が相対的に大きいことが要因と考えられる。

(2) 杭基礎

杭基礎は、直接基礎とは異なり、支持力（押込み力、引抜き力）と水平変位からなる安定照査を行う必要がある。

杭基礎の基礎規模決定要因は、工法や杭種により支持力特性や杭の変形性能（剛性）が異なるため、工法別に整理する必要があると考える。ここでは、選定割合の高い工法（中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、場所打ち杭工法）の集計結果を紹介する。

表-6～表-8に示すとおり、中掘り杭工法及び鋼管ソイルセメント杭工法においては、レベル1地震時の水平変位により基礎規模が決定しているものが多い。一方、場所打ち杭工法については、レベル2地震時の基礎の降伏①（全ての杭において杭体が塑性化）やレベル1地震時の軸方向押込

み力にて決定しているものが多い。これは、前述したように、工法により支持力特性や杭の変形特性が異なることが要因であると考えられる。

3.2.5 水平変位の制限値を緩和した杭基礎

常時、暴風時及びレベル1地震時の杭基礎の許容水平変位量は、道示IV⁴⁾では、「杭径の1%または1.5m以下の杭基礎については15mm」とされ

表-6 基礎規模決定要因 (中掘り杭工法)

決定要因	構造物 照査方向	橋 脚				橋 台			
		橋軸方向		橋軸直角方向		橋軸方向		橋軸方向	
		件数	割合	件数	割合	件数	割合	件数	割合
荷重状態	常 時	軸方向押込み力	4	6.0%	4	6.0%	3	8.3%	
		軸方向引抜き力	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
		水平変位	0	0.0%	0	0.0%	1	2.8%	
		杭体応力度	0	0.0%	0	0.0%	4	11.1%	
	レベル1 地震時	軸方向押込み力	1	1.5%	1	1.5%	5	13.9%	
		軸方向引抜き力	2	3.0%	0	0.0%	0	0.0%	
		水平変位	14	20.9%	13	19.4%	7	19.4%	
		杭体応力度	0	0.0%	0	0.0%	9	25.0%	
	レベル2 地震時	基礎の降伏①	3	4.5%	3	4.5%	0	0.0%	
		基礎の降伏②	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
		基礎の許容塑性率	0	0.0%	0	0.0%	2	5.6%	
		基礎の許容回転角	1	1.5%	30	44.8%	0	0.0%	
その他	その方向以外	32	47.8%	6	9.0%	0	0.0%		
	不 明	10	14.9%	10	14.9%	5	13.9%		
合 計		67	100.0%	67	100.0%	36	100.0%		

基礎の降伏①：全ての杭において杭体が塑性化する。

基礎の降伏②：一列の杭頭反力が押込み支持力の上限値に達する。

表-7 基礎規模決定要因 (鋼管ソイルセメント杭工法)

決定要因	構造物 照査方向	橋 脚				橋 台			
		橋軸方向		橋軸直角方向		橋軸方向		橋軸方向	
		件数	割合	件数	割合	件数	割合	件数	割合
荷重状態	常 時	軸方向押込み力	1	1.5%	1	1.5%	1	10.0%	
		軸方向引抜き力	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
		水平変位	5	7.5%	0	0.0%	0	0.0%	
		杭体応力度	0	0.0%	1	1.5%	0	0.0%	
	レベル1 地震時	軸方向押込み力	8	11.9%	0	0.0%	0	0.0%	
		軸方向引抜き力	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
		水平変位	33	49.3%	24	35.8%	4	40.0%	
		杭体応力度	2	3.0%	5	7.5%	2	20.0%	
	レベル2 地震時	基礎の降伏①	16	23.9%	9	13.4%	1	10.0%	
		基礎の降伏②	1	1.5%	9	13.4%	1	10.0%	
		基礎の許容塑性率	0	0.0%	0	0.0%	1	10.0%	
		基礎の許容回転角	0	0.0%	5	7.5%	0	0.0%	
その他	その方向以外	1	1.5%	12	17.9%	0	0.0%		
	不 明	0	0.0%	1	1.5%	0	0.0%		
合 計		67	100.0%	67	100.0%	10	100.0%		

基礎の降伏①：全ての杭において杭体が塑性化する。

基礎の降伏②：一列の杭頭反力が押込み支持力の上限値に達する。

ている。これは、過去の杭の載荷試験データを分析した結果に基づいているものであり⁵⁾、計算モデルもこの変位量までの杭の挙動を把握できるように設定されている。しかし、許容水平変位量は、杭種ごとに異なる傾向があり⁵⁾、また、地盤条件や杭種によっては、杭基礎の変位を許容変位以下にしようとする、杭体応力度や鉛直支持力に著しく余裕が生じるような場合がある。平成14年の道示IV⁴⁾から、このような場合には、橋脚の杭基礎に限り、地盤抵抗の非線形性を考慮した計算モデルを用いることにより、基礎に与える影響を検討し、変位量の制限値を緩和した設計を行って良いこととされた。そこで、今回、地盤抵抗の非線形性を考慮した解析法による照査（許容水平変位量の緩和）を実施している杭基礎の割合がどの程度を占めているか調査した。

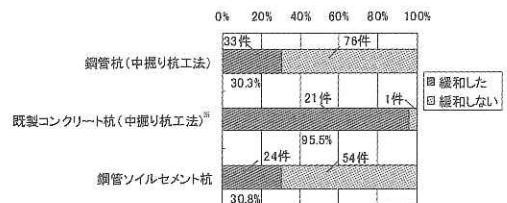
調査の結果、鋼管杭や既製コンクリート杭では、地盤抵抗の非線形性を考慮した解析法を用いて照査しているものが比較的多いことがわかった。図-5に結果を示す。

表-8 基礎規模決定要因 (場所打ち杭工法)

決定要因	構造物 照査方向	橋 脚				橋 台			
		橋軸方向		橋軸直角方向		橋軸方向		橋軸方向	
		件数	割合	件数	割合	件数	割合	件数	割合
荷重状態	常 時	軸方向押込み力	58	11.2%	34	6.6%	41	24.6%	
		軸方向引抜き力	3	0.6%	3	0.6%	1	0.6%	
		水平変位	0	0.0%	0	0.0%	1	0.6%	
		杭体応力度	8	1.5%	3	0.6%	6	3.6%	
	レベル1 地震時	軸方向押込み力	96	18.5%	88	17.0%	22	13.2%	
		軸方向引抜き力	0	0.0%	0	0.0%	1	0.6%	
		水平変位	29	5.6%	18	3.5%	11	6.6%	
		杭体応力度	78	15.0%	47	9.1%	57	34.1%	
	レベル2 地震時	基礎の降伏①	100	19.3%	93	17.9%	6	3.6%	
		基礎の降伏②	6	1.2%	11	2.1%	0	0.0%	
		基礎の許容塑性率	5	1.0%	12	2.3%	14	8.4%	
		基礎の許容回転角	5	1.0%	3	0.6%	0	0.0%	
その他	その方向以外	54	10.4%	129	24.9%	0	0.0%		
	不 明	77	14.8%	78	15.0%	7	4.2%		
合 計		519	100.0%	519	100.0%	167	100.0%		

基礎の降伏①：全ての杭において杭体が塑性化する。

基礎の降伏②：一列の杭頭反力が押込み支持力の上限値に達する。



※水平変位量の制限値を緩和した既製コンクリート杭は、SC杭のみであった。

図-5 緩和規定の適用割合 (杭種別)

表-9 各基礎形式別の基礎先端地盤の分布

	岩盤	砂・砂れき	粘性土	不明	合計
直接基礎	184	118	6	20	328
杭基礎	245	602	53	3	903
深礎杭基礎	178	15	0	1	194
ケーソン基礎	9	23	0	1	33
鋼管矢板基礎	1	2	0	0	3
不明	—	—	—	43	43
合計	617	760	59	68	1504
割合 (%)	41.0	50.6	3.9	4.5	100.0

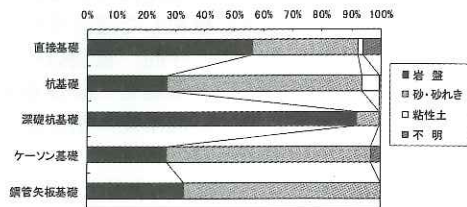


図-6 各基礎形式別の基礎先端地盤の分布

この結果と3.2.4で述べた「基礎規模決定要因」を関連付けて整理すると、比較的杭体の耐力が大きい鋼管杭や既製コンクリート杭の場合、基礎規模が水平変位にて決定される傾向が現れやすいことより、道示IV⁴⁾に示される、「地盤抵抗の非線形性を考慮した解析法を用いて照査してもよい」という考え方が採用されていることがわかる。

3.2.6 岩盤を支持層とした基礎

基礎は、良質な支持層に支持または根入れすることが原則である。そこで、各基礎形式別の基礎先端地盤の実態調査結果を表-9、図-6に示す。

ここで特筆すべき結果は、岩盤を支持層とした基礎の割合が約41.0%と比較的多い点である。なお、本調査における岩盤とは、硬岩、中硬岩、軟岩、土丹、固結した砂のことを意味する。

岩盤は、不連続面や亀裂、風化の度合などの影響により、支持層として評価できない場合もある。また、どの程度の支持力を得ることができるかについても、不明確な点が多く、支持力評価法が基準類に示されていない場合がほとんどである。これらに関しては、現場で経験に応じた様々な判断がなされているが、今回、その件数がかなり多いことがわかった。今後、岩盤に対する支持力評価法に関して、早急な対応が必要である。

4. 考察

前述したように、基礎形式の選定に関する調査は、昭和41年度以降、約10年に1度の間隔で実施しており、今回の調査が5回目の調査となる。

この間に、環境問題、建設コストの削減、新技術の開発など、社会資本整備を取り巻く情勢が

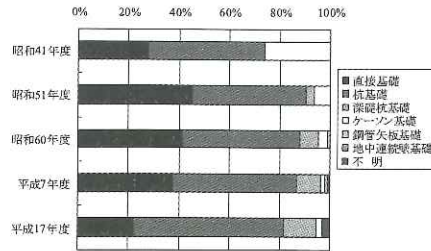


図-7 基礎形式使用実績の推移

表-10 基礎形式使用実績の推移

調査年度	昭和41年度 (1966年)	昭和51年度 (1976年)	昭和60年度 (1985年)	平成7年度 (1995年)	平成17年度 (2005年)
基礎形式					
直接基礎	125	1263	1526	1869	328
杭基礎	207	1287	1724	2457	903
深礎杭基礎		96	272	485	194
ケーソン基礎	117	170	145	81	33
鋼管矢板基礎			30	59	3
地中連続壁基礎				8	0
不明				38	43
合計	449	2816	3697	4997	1504

※空欄は未調査

刻々と変化しており、それにより基礎形式選定の考え方も大きく変化していると考えられる。

ここでは、基礎形式の選定の変化を把握することを目的に、今回の調査結果と過去に実施した結果を比較する。なお、調査結果の比較は、調査年度により回答母数が異なるため、使用割合にて比較を行った。

4.1 基礎形式の変遷

図-7及び表-10に基礎形式の使用実績の推移を示す。図-7より、基礎形式選定の変化について、以下のような傾向があると考えられる。

(1) 直接基礎

昭和51年度以降、減少の傾向にある。今回の調査での使用割合は、全基礎の2割程度にまで減少している。

(2) 杭基礎（深礎杭基礎含む）

年々使用される割合が増加しており、今回の調査においては、7割以上の割合を占めている。

(3) ケーソン基礎

昭和41年度の調査では2割以上の使用割合を占めていたが、今回の調査では、2%程度にまで減少している。

(4) 鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎

特殊な条件の際に採用される基礎形式であるため、使用割合が少ない。

4.2 杭基礎における工法別使用実績の変遷

図-8及び表-11に杭工法別使用実績の推移を示す。図-8より、杭基礎における工法別使用実績の変

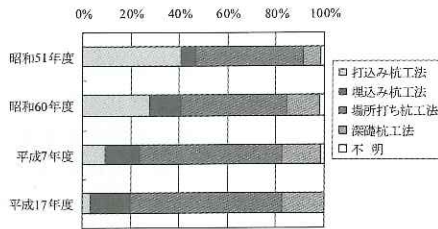


図-8 杭基礎の工法別使用実績の推移

表-11 杭基礎の工法別使用実績の推移

調査年度	昭和41年度 (1966年)	昭和51年度 (1976年)	昭和60年度 (1985年)	平成7年度 (1995年)	平成17年度 (2005年)
基礎形式					
打込み杭工法		559	554	277	35
埋込み杭工法		86	254	407	181
場所打ち杭工法		620	877	1734	687
深礎杭工法		96	272	485	194
不 明		22	39	39	
合 計		1383	1996	2942	1097

※空欄は未調査

化について、以下のような傾向があると考えられる。

(1) 打込み杭工法

年々減少しており、今回の調査での使用割合は、3%程度まで減少している。これは、打込み杭工法が騒音・振動などの環境に対する影響が大きいことから選定されにくい状況になってきていることが考えられる。

(2) 埋込み杭工法

年々増加しているが、大きく増加していない。

(3) 場所打ち杭工法

年々増加しており、今回の調査では杭基礎全体の約60%を占めるまで増加している。

(4) 深礎杭工法

大きな変化は見られないが、年々微増している。

5. まとめ

基礎形式選定の実態調査を実施し、各形式の基礎の選定要因特性、選定比率及びその変遷につい

て、以下のような傾向が把握できた。

- (1) 選定している基礎形式は、杭基礎が約72%、直接基礎が約22%と、ほぼどちらかの基礎形式であることがわかった。
- (2) 杭工法別の分類は、オールケーシング工法を用いた場所打ち杭が全杭基礎の約59%を占めており、使用割合が非常に高いことがわかった。
- (3) 直接基礎及び杭基礎（深礎杭基礎を除く）の規模の決定要因は、基礎形式や工法により相違があるが、概ねレベル1地震時及びレベル2地震時の荷重状態で決定される傾向であった。
- (4) 鋼管杭や既製コンクリート杭の場合は、高頻度で、地盤抵抗の非線形性を考慮した解析法を用いて検討を行い、許容水平変位量を緩和していることがわかった。
- (5) 支持力に関して不明確な点が多い岩盤を支持層としている基礎が比較的多いことがわかった。
- (6) 近年では、打込み杭工法がほとんど選定されていないことがわかった。

なお、今回の調査結果は、土木研究所資料として取りまとめる予定であるため、詳細結果については、土木研究所資料を参照されたい。

最後に、本調査の実施にあたり、多大なご協力を頂いた国土交通省各地方整備局、北海道開発局及び沖縄総合事務局ならびに関係機関の各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：構造物基礎形式の選定手法調査、土木研究所資料、第1285号、1978.3.
- 2) 建設省土木研究所：構造物基礎形式の選定手法調査、土木研究所資料、第2528号、1988.1.
- 3) 建設省土木研究所：橋梁基礎形式の選定手法調査、土木研究所資料、第3500号、1997.1.
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV、2002.3.
- 5) (社)日本道路協会：杭基礎設計便覧、1992.10.
- 6) 塩井幸武：基礎形式の選定上の留意点、基礎工、Vol.28, No.5、総合土木研究所、2000.5.

井落久貴*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所構造物研究グループ基礎チーム交流研究員
Hisataka IOCHI

中谷昌一**



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所構造物研究グループ基礎チーム上席研究員
Shoichi NAKATANI

白戸真大***



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所構造物研究グループ基礎チーム主任研究員
Masahiro SHIRATO

石田雅博****



国土交通省総合政策局国土・環境調整課課長補佐(前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所構造物研究グループ基礎チーム主任研究員)
Masahiro ISHIDA