

363

推定 K_H , K_V のばらつきがくい基礎の設計に与える影響について

四国建設コンサルタント(株)

村上 哲彦

○右城 猛

1. まえがき

道路橋下部構造としてのくい基礎は、「道路橋下部構造設計指針。くい基礎の設計篇」(日本道路協会)に基づいて、変位法により設計されている。変位法による解析においては、くい軸方向バネ定数 K_V 、横方向地盤反力係数 K_H の推定が極めて重要となる。くい指針では、過去に行なわれた数多くの載荷試験結果を整理し、 K_H 、 K_V の推定式を提案しているが、この式で推定した K_H と実測 K_H との関係は、図-1 に示すように $-50 \sim +100\%$ の範囲で、また、推定 K_V と実測 K_V との関係は、図-2 に示すように $\pm 50\%$ の範囲でばらついているとされている。

本論文は、このばらつきが変位法による解析結果に与える影響を明らかにすることを目的とし、筆者らが最近設計した橋梁20例について、図-1、図-2 に示すばらつきの範囲で K_H 、 K_V を変化させ、変位法により解析し、その結果をまとめたものである。

2. 資料の内容と検討方法

資料は、表-1 に示す橋台9、橋脚11の20タイプの橋梁基礎である。くいの種類は、場所打ちぐいと鋼管ぐいの2種類であり、すべてくい頭剛結の鉛直ぐいである。

検討方法は、くい指針によつて推定した K_H ($=K_{H0}$) を0.5倍、1.0倍および2.0倍した K_H ($=K_{H'}$) と、くい指針で推定した K_V ($=K_{V0}$) を0.5倍、1.0倍および1.5倍した K_V ($=K_{V'}$) とを組合せた表-2 に示す9ケースの K_H 、 K_V を用いて変位法により解析し、この解析値と K_{H0} 、 K_{V0} による解析値の関係を調べた。くいの計算は、無限

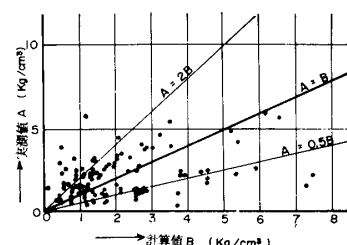
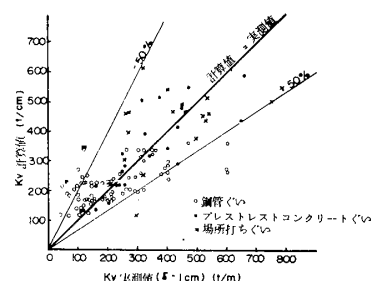
図-1 K_H の推定値と実測値の関係図-2 K_V の推定値と実測値の関係

表-1 資料一覧表

タイプ	くい種	くい径 くい長		くい列数	くい本数	地盤反力係数		外 力			
		(m)	(m)			K_H (t/m ³)	K_V (t/m)	N_0 (t)	H_0 (t)	M_0 (t.m)	
1	橋台	場所打ちくい	1.0	9.0	3	45	2130	34900	4075	2509	6448
2	"	"	1.0	24.0	3	30	2660	42200	2580	1375	2535
3	"	"	1.0	24.0	3	30	2660	42200	3035	1200	2437
4	橋脚	"	1.0	19.5	3	6	2650	42300	1286	228	2220
5	"	"	1.0	19.5	3	5	2650	42300	1206	212	2056
6	橋台	"	1.2	33.0	2	6	1100	51000	1449	464	1775
7	"	"	1.2	33.0	2	8	1100	51000	1333	572	776
8	橋脚	"	1.2	30.5	3	5	1100	51000	1700	295	2033
9	橋台	鋼管くい	0.6	28.3	3	15	4750	24200	1139	635	1347
10	橋脚	"	0.6	23.0	3	9	1040	20900	746	139	1231
11	橋台	"	0.6	15.5	2	8	3640	22500	564	310	540
12	"	"	0.8	63.0	2	6	1350	13500	569	202	423
13	橋脚	場所打ちくい	1.5	60.0	3	5	1430	26400	1467	294	2166
14	"	"	1.5	60.0	3	7	1430	26400	1787	358	2212
15	"	"	1.0	32.0	2	4	1060	43700	379	120	588
16	"	"	1.0	32.0	2	4	1060	43700	379	120	602
17	橋台	"	1.0	36.0	2	8	1420	43700	584	282	348
18	橋脚	鋼管くい	0.8	59.0	3	9	1350	13700	766	153	926
19	"	"	0.8	56.0	2	6	1350	13700	780	156	636
20	"	"	0.8	56.0	2	6	1350	13700	818	164	912

長ぐいとして Chang 式によつた。

3. 解析結果

図-3 は、 K_{H0} 、 K_{V0} によつて得られたくい頭変位量 s_x と、表-2 の9 ケースで計算した変位量 s_x' の比の上限および下限を示したものである。ケース5のときくい頭変位量は最も大きく、 s_x の1.8 ~ 1.9 倍となつてゐる。ケース9のときは最も小さく、 s_x の0.6 倍程度である。

図-4 は、 K_H 、 K_V のばらつきが、くい頭曲げモーメントにおよぼす影響を示したものである。横軸に K_{H0} 、 K_{V0} によつて得られたモーメント M_t を、縦軸には表-2 の9 ケースで得られたモーメント M_t' の最大および最少値を示した。 M_t' と M_t の差は、 K_H 、 K_V のばらつきによる誤差モーメントと考えることができる。誤差モーメントは相対的に場所打ちくいが大きく、タイプ6のくいでは120 tf.mも生じてゐる。

図-5 は、 K_H のばらつきと、 K_V のばらつきがくい頭曲げモーメントにおよぼす影響を別々に調べるため、 $K_V = K_{V0}$ の状態では K_H を変化させて求めた誤差モーメントと、 $K_H = K_{H0}$ の状態では K_V を変化させて求めた誤差モーメントを表示してある。 $M_t' > M_t$ での誤差は K_H より K_V の影響が大きい。 $M_t' < M_t$ に対しては K_H による影響が大きいが、これは、 K_V のばらつき範囲を $\pm 50\%$ としたのに対し K_H のばらつき範囲を $-50 \sim +100\%$ としたためであると思わ

表-2 検討した K_H 、 K_V の組合せ

ケース	K_H'/K_{H0}	K_V'/K_{V0}
1	1.0	1.0
2		0.5
3		1.5
4	0.5	1.0
5		0.5
6		1.5
7	2.0	1.0
8		0.5
9		1.5

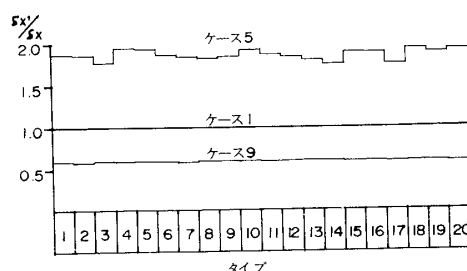


図-3 くい頭変位量のばらつき

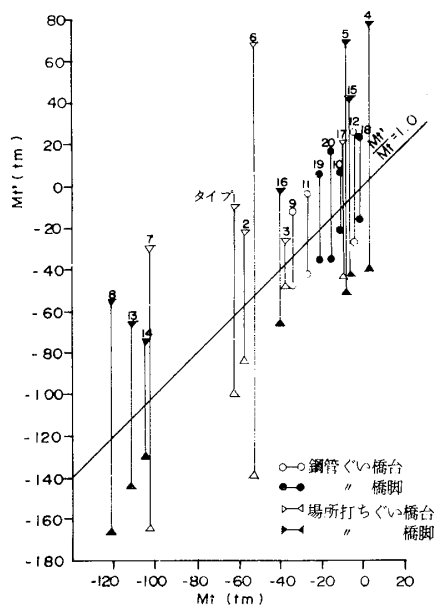


図-4 くい頭曲げモーメントのばらつき

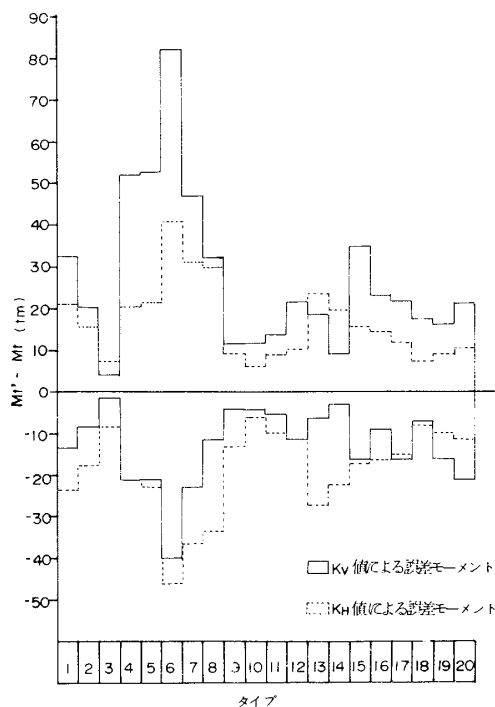


図-5 くい頭曲げモーメントの誤差

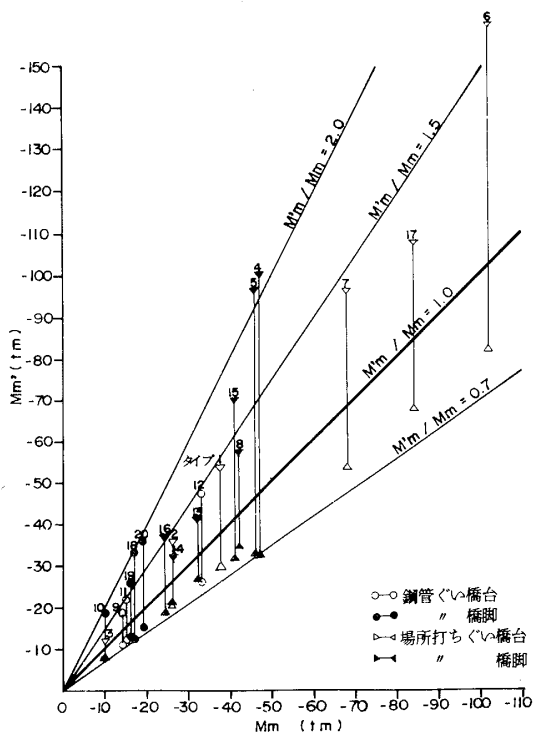


図-6 地中部最大曲げモーメントのばらつき

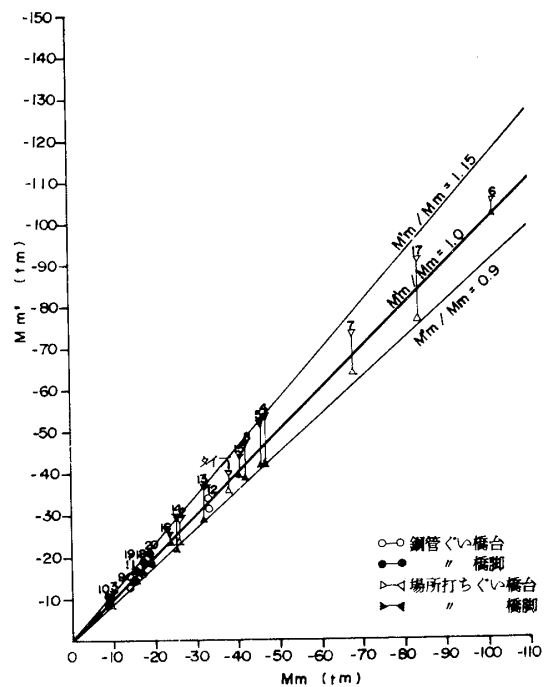


図-7 K_H による地中部最大曲げモーメントのばらつき

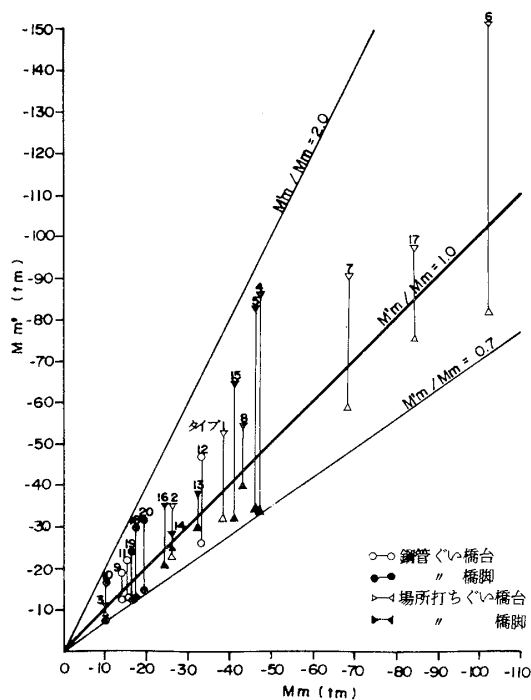


図-8 K_v による地中部最大曲げモーメントのばらつき

れる。

図-6 は、 K_H 、 K_v のばらつきが地中部最大曲げモーメントにおよぼす影響を示したものである。図示の方法は、くい頭曲げモーメントの場合と同様である。ばらつきを考慮して得られた曲げモーメント M_m' は、 K_H 、 K_v による曲げモーメント M_m の 0.7 ~ 2.0 倍となっている。相対誤差 $(M_m' - M_m) / M_m'$ の最大値は、橋台が $1/3$ であるのに対し橋脚は $1/2$ であり、 K_H 、 K_v のばらつきの影響は橋脚の方が大きい。

図-7、図-8 は、 K_H のばらつき、 K_v のばらつきが地中部最大曲げモーメントに与える影響をそれぞれ調べたものである。この図より、地中部最大曲げモーメントに与える影響は K_H より K_v の方が大きいことがわかる。

図-9 は、 K_H 、 K_v のばらつきが、くい軸方向反力におよぼす影響を表わしたものである。ここで、 P_{max} 、 P_{min} は、ケース 1 による前列くいと後列くいの反力である。また、 P_{max}' 、 P_{min}' は、ケース 2 ~ 8 の中で得られた前列くいの最大および後列くいの最少反力である。 K_H 、 K_v のばらつ

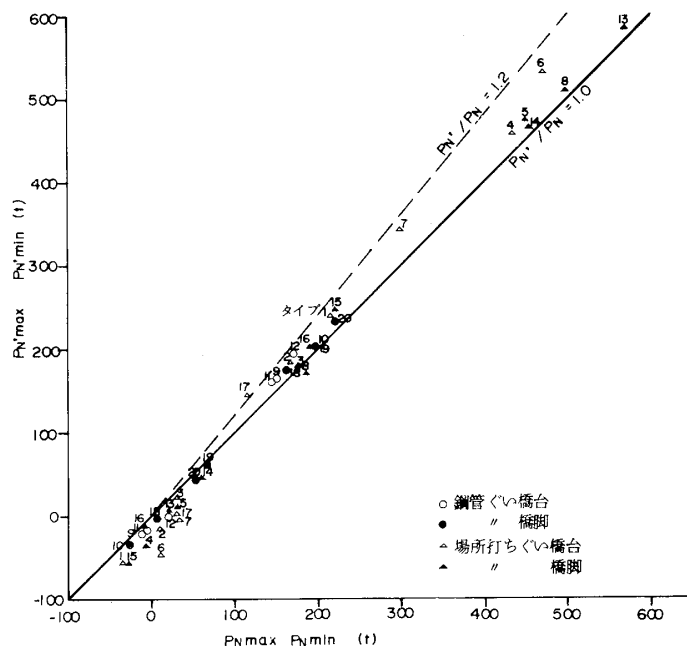


図-9 くいの軸方向反力のばらつき

響をおよぼすかを調べるため、くい頭および地中部最大曲げモーメントの誤差が最も大きかったタイプ4のくいについてケース1とケース8で計算したものである。 K_H 、 K_V のばらつきを考慮して計算した応力度は、 K_{H0} 、 K_{V0} による応力度の2倍近くになっている。

4. あとがき

資料の数が十分でないため、オーダー的には問題があるとしても、今回の検討で次の事が明らかとなった。

(Ⅰ) K_H 、 K_V のばらつきがくいの解析結果に与える影響は大きく、ばらつきを考慮して解析した場合、くい指針で推定した K_H 、 K_V を用いて計算して得られる値に対して、①くい頭変位量は、0.6～1.9倍となる。②くい頭曲げモーメントは、場所打ちくいで、120 tf・mも大きい場合があつた。③地中部最大曲げモーメントは、0.7～2.0倍となる。④最大軸方向反力は、1.2倍におよぶ場合もある。

(Ⅱ) 解析結果に与える影響は、 K_H より K_V のばらつきの影響が大きい。

(Ⅲ) K_H 、 K_V が、そのばらつきの範囲で解析結果に最も影響する値は、表-3に示す状態にあるときである。(表中●印は、くいの規模を左右する状態にある。)

現行の示方書により K_H 、 K_V を推定して解析した場合、その解析結果は非常に大きな誤差を伴っていることになる。この誤差は、示方書類に一般に示されている安全率のなかに含んで考えることができない程大きい場合もあるということを十分認識すべきである。

最後に資料の整理を手伝っていただいた小川君、小野さんに感謝の意を表します。

表-3 最大誤差を生じる K_H' 、 K_V' の組合せ

ケース	K_H' K_{H0}	K_V' K_{V0}	$\sum x$		Mt		Mm		P_N	
			max	min	max	min	max	min	max	min
1		1.0								
2	1.0	0.5								
3		1.5					●			
4		1.0						●		
5	0.5	0.5	●					●		
6		1.5			●		●		●	●
7		1.0						●		
8	2.0	0.5			●			●		
9		1.5		●			●			

きが前列くいに与える影響は比較的少ないようである。しかし、後列くいに対しては、特に負の反力が生じる場合には影響が大きいと考えなければならない。

表-4は、 K_H 、 K_V のばらつきがくいの体応力度に対しどの程度影

表-4 誤差を考慮した応力計算例

		ケース1	ケース8
断面力	Mt (tf・m)	1.9	77.9
	Mm (tf・m)	-45.9	-99.7
	P_{max} (tf)	435.3	389.6
	P_{min} (tf)	-6.5	39.2
使用鉄筋		D22 ～ 18本	
応力度	σ_c (kgf/cm ²)	86	170
	σ_s (kgf/cm ²)	2622	4811