

首都高速道路公団 正員 ○ 松浦 啓三
 鋼管杭協会 竹田 耕一
 同 土谷 正幸
 同 白井 一矢

1. まえがき 都道首都高速葛飾江戸川線は、首都高速6号線と首都高速湾岸線を結ぶ幹線道路として、昭和62年度の供用に向けて昭和56年に着工された。ここでは、すでに120基、鋼材重量 10万t強の鋼管矢板基礎が採用され現在施工中である。従来このように多くの鋼管矢板基礎が施工された例はなく、当公団では、今後の管理資料を得るため、打設時に発生する鋼管矢板頭部の変状および施工状況の調査を行った。また、仮締切部の鋼管矢板の再生利用を目的として、打撃を受けた鋼管矢板の材料特性を把握するため材料試験を実施した。

2. 変状調査結果 調査は表-1に示す項目に沿って行った。変状の有無については目視で比較的容易に視認できる3mmを判定の目安とした。変状発生の直接的要因になり得ると想定される因子のうち施工条件についてみると、ハンマの打撃回数やハンマの打撃力と偏打が考えられるが、調査結果からは打撃回数についての関連性はみられなかった。一方、打撃力と変状発生について、鋼管矢板(以下矢板という)の板厚ごとに、頭部に事前補強(図-1)を施したものと無補強のものとを合わせて図-2に示す。打撃力の大きい80ハンマの場合には、落下高が高くなるに伴って変状率が増加する傾向が顕著である。表-2は補強方法と変状率との関係を示したものである。アングル補強が20.4%と高い変状率を示しているのに対し、バンド補強は2.2%と低い変状率を示しており、バンド補強の効果が推察される。このアングル補強は、アングル4本を配置したものであるが、その取付間隔が広いことから有効な補強効果を示し得なかったものと考えられる。

3. 調査結果の考察 宇都らの打撃応力度算定式1)、岸田らの座屈応力度算定式2)について実績等を含めて検討した文献3)によって、今回の変状実績を検討し打撃力と偏打状況を推定した。杭頭に作用する最大応力度は、 $\sigma_2 = \sigma_0 \cdot e^{-8.04 \frac{A_p}{W_h}} \dots (1)$ ($\sigma_0 = \frac{E_p}{C_p} \sqrt{2gh}$)と与えられる。また、断面変化点において、打撃応力度 σ_2 が断面積の大きい側(A1)から断面積の少ない側(A2)へ入射する場合のA2側の応力度は、 $\sigma' = \frac{2}{1+A2/A1} \sigma_2 \dots (2)$ ($A1 > A2$)となる。一方、偏打を考慮した座屈応力度は、 $\sigma_{max} = \sigma_y (0.86 + 2.7 t/r) \dots (3)$ ($0.01 \leq t/r \leq 0.10$) および $\sigma_c = \frac{\sigma_{max}}{1+A \cdot e/Z} \dots (4)$ となる。[A_p :杭の断面積、 W_h :ハンマ重量、 E_p :杭のヤング係数、 C_p :杭体内の弾性波速度(=5120×10 cm/s)、 g :重力加速度、 h :ハンマ落下高、 σ_y :杭材の降伏応力度(=2400 kg/cm²)、 t :杭の板厚、 r :杭半径、 e :偏心量、 Z :杭の断面係数] 検討に際しては、補強バンドの効果を定量的に把握する必要があり、これについては、行友らの実験結果4)を、(1)、(2)式によって照査し、補強バンドの偏打緩和効果が(1)、(2)式で十分評価できることを確認した。(1)、(2)式による打撃応力度を、この時点での座屈応力度と考え、座屈に対する限界の偏心率(矢板半径に対する偏心量の比率)を求めた。この座屈偏心率を、板厚条件をパラメータとしハンマ重量ごとに示し、その線に変状矢板のハンマ落下高を記したものが図-3である。座屈偏心率を変状時の打撃偏心率と仮定すれば、変状鋼管矢板が受けた偏打の偏心率は5~15%となる。一方、補強バンドの効果についてみると、補強バンド下端部の座屈偏心率は無補強の場合より8~10%高く、偏打による応力集中を緩和する効果が認められる。偏心率とともに考える必要のあるハンマ落下高については、板厚 12,14mmにバンド補強を施した場合の補強下端部および板厚16mmの無補強についての座屈偏心率を、今回の実績の最大偏心率15%を目安として示したものが図-4であり、これによると板厚による違いはあるが、72ハンマで 2.8m、80ハンマで 2.6m程度が落下高の上限であろう。

4. 材料試験結果 表-4は材料試験結果の要約であり、表中の第2シリーズは例外的な打撃回数の矢板であるが、バンド補強を施しているため変状は生じなかった。打撃履歴が材料特性に影響を与えるか否かを検証するため特異な例も含めた材料試験を行ったが、表-4に示すとおり、いずれのシリーズも規定値等をクリアしており、打撃回数の相違による有意差もみあたらない。材料試験の結果から、再生利用に関して材料特性上の問題点がないことを確認した。

5. あとがき 現実の状況確認が不可能な偏打について、文献3)の算定式を用いることによってある程度明確な推定を行うことができた。今回の推定実績では表-3に示すように、偏心率10%以下の偏打が全変状

数の約90%を占めており、かつ、変状の発生率が約10%であったことを考えると、比較的良好な施工管理が行われたといえる。変状防止対策としては継手部とラップ長を有するバンド補強が有効と思われる。また、ハンマ落下高を過大にしないこと、キャップとアンビルおよび鋼管との芯ずれに注意するなど偏打に対して特に留意して打設することが重要である。偏打については、偏心率10%以下を目標とし最大でも15%程度以下とする必要がある。

参考文献 1) 宇都・冬木:波動理論による打込み時くい頭応力の算定式について、第30回年次学術講演集、土木学会、1975 2) 岸田・高野:鋼管ぐいの座屈と端部補強、日本建築学会論文報告集、No.213、1973 3) 鋼管杭協会特別技術委員会:鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ、1982 4) 行友・三好・原:鋼管杭頭部の局部座屈に関する実験的研究、川崎製鉄技報、Vol.1, No.2, 1974.4

調査項目	調査項目
1) 鋼管基礎形状	基礎形状
2) 鋼管基礎仕様	(1) 外径 (φ1000) (2) 板厚 (3) 長さ 他
3) 打込み記録	(1) ハンマー仕様 (2) 打撃回数 (3) 打止め記録 ・最終打込量 ・リバンド数 ・ハンマー落下高 (4) 打込み状況
4) 変状杭 打設時に杭頭に変状 を生じた鋼管基礎	(1) 数量及び位置 (2) 鋼管基礎仕様 (3) 打込み記録 上記 3) と同一内容 (4) 変状状況と変状後の対策と補強方法 (5) 継手間隔 他

	板厚 12mm		板厚 14mm		板厚 16mm	
	ハンマ 7.2t		ハンマ 7.2t		ハンマ 8.0t	
	無補強	バンド補強	無補強	バンド補強	無補強	バンド補強
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3.0						

図-2 変状発生率 (%)

	t 12(72ハンマ)			t 14(72ハンマ)			t 16(80ハンマ)			総 計		
	総数	変状数	変状率 (%)	総数	変状数	変状率 (%)	総数	変状数	変状率 (%)	総数	変状数	変状率 (%)
無補強	24	3	12.5	172	15	8.7	155	28	18.1	351	46	13.1
バンド補強	68	0	0									
ハンマ 7.2t												
ハンマ 8.0t												
ハンマ 9.0t												
ハンマ 10.0t												
ハンマ 11.0t												
ハンマ 12.0t												
ハンマ 13.0t												
ハンマ 14.0t												
ハンマ 15.0t												
ハンマ 16.0t												
ハンマ 17.0t												
ハンマ 18.0t												
ハンマ 19.0t												
ハンマ 20.0t												
ハンマ 21.0t												
ハンマ 22.0t												
ハンマ 23.0t												
ハンマ 24.0t												
ハンマ 25.0t												
ハンマ 26.0t												
ハンマ 27.0t												
ハンマ 28.0t												
ハンマ 29.0t												
ハンマ 30.0t												
ハンマ 31.0t												
ハンマ 32.0t												
ハンマ 33.0t												
ハンマ 34.0t												
ハンマ 35.0t												
ハンマ 36.0t												
ハンマ 37.0t												
ハンマ 38.0t												
ハンマ 39.0t												
ハンマ 40.0t												
ハンマ 41.0t												
ハンマ 42.0t												
ハンマ 43.0t												
ハンマ 44.0t												
ハンマ 45.0t												
ハンマ 46.0t												
ハンマ 47.0t												
ハンマ 48.0t												
ハンマ 49.0t												
ハンマ 50.0t												
ハンマ 51.0t												
ハンマ 52.0t												
ハンマ 53.0t												
ハンマ 54.0t												
ハンマ 55.0t												
ハンマ 56.0t												
ハンマ 57.0t												
ハンマ 58.0t												
ハンマ 59.0t												
ハンマ 60.0t												
ハンマ 61.0t												
ハンマ 62.0t												
ハンマ 63.0t												
ハンマ 64.0t												
ハンマ 65.0t												
ハンマ 66.0t												
ハンマ 67.0t												
ハンマ 68.0t												
ハンマ 69.0t												
ハンマ 70.0t												
ハンマ 71.0t												
ハンマ 72.0t												
ハンマ 73.0t												
ハンマ 74.0t												
ハンマ 75.0t												
ハンマ 76.0t												
ハンマ 77.0t												
ハンマ 78.0t												
ハンマ 79.0t												
ハンマ 80.0t												
ハンマ 81.0t												
ハンマ 82.0t												
ハンマ 83.0t												
ハンマ 84.0t												
ハンマ 85.0t												
ハンマ 86.0t												
ハンマ 87.0t												
ハンマ 88.0t												
ハンマ 89.0t												
ハンマ 90.0t												
ハンマ 91.0t												
ハンマ 92.0t												
ハンマ 93.0t												
ハンマ 94.0t												
ハンマ 95.0t												
ハンマ 96.0t												
ハンマ 97.0t												
ハンマ 98.0t												
ハンマ 99.0t												
ハンマ 100.0t												

表-4 材料試験結果

T. P. No.	板厚 (mm)	断面積 (mm ²)	打撃回数 (H)	引張試験		引張試験		引張試験		衝撃試験	
				引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)
第1シリーズ 490151-8	12	474.4	9,653	102.0	-41.4	27.0	30	45.3	42.3	3.8	7.0
第2シリーズ 491851-8	12	474.4	36,938	97.3	-38.6	26.5	30	45.3	44.3	5.1	7.7
第3シリーズ 500751-8	14	564.2	5,227	98.3	-40.7	23.4	—	46.0	47.0	3.7	7.6

表-3 ハンマ落下高と変状発生率

板厚	補強	ハンマ落下高別変状数、変状率 (%)										計
		2.5 2.6m	2.6 2.7m	2.7 2.8m	2.8 2.9m	2.9 3.0m	3.0m ≤	2.5 2.6m	2.6 2.7m	2.7 2.8m	2.8 2.9m	
72	無	総数						24				24
		変状数						3				3
		変状率						12.5				12.5
	有	総数						39	100	67	102	308
		変状数						5	1	0	1	7
		変状率						12.8	1.0	0	1.0	2.3
114	無	総数	34	93	12	33	34					206
		変状数	1	0	12	2	5					20
		変状率	2.9	0	100	6.1	14.7					9.7
	有	総数						36	36	70	142	
		変状数						0	0	3	3	
		変状率						0	0	4.3	2.1	
16	無	総数						48				48
		変状数						7				7
		変状率						14.6				14.6
	有	総数						144	158	153	20	478
		変状数						36	14	23	20	96
		変状率						25.0	8.9	15.0	100	20.1

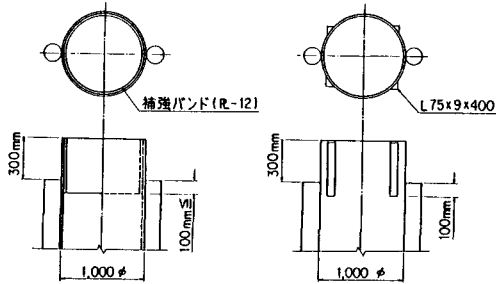


図-1 事前補強杭断面図

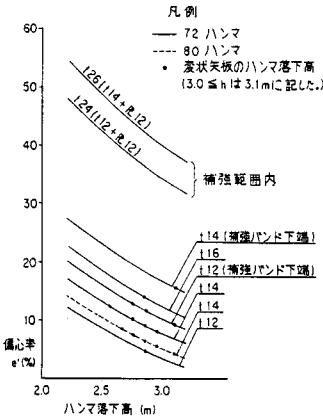


図-3 変状発生率のハンマ落下高と変状発生率の関係

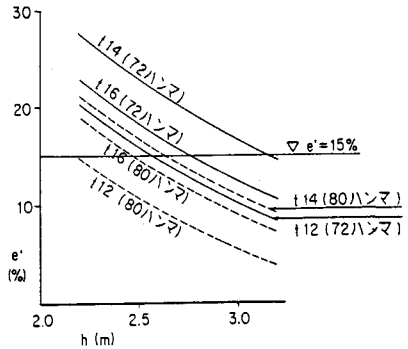


図-4 ハンマの打撃力と変状発生率