

I-203 鋼管コンクリート杭(鋼管材質SKK50使用)性能試験

日本鉄道建設公団東京支社 正会員 市場一好

正会員 鳥取孝雄

石川謙治

1. 試験の目的

日本鉄道建設公団東京支社では、地盤が流動化すると考えられる軟弱地盤帯においては、高架橋構造物の基礎杭として変形性能の優れたSC杭(鋼管コンクリート合成杭)を用いてきたが、現在使用しているSC杭の鋼管材質はSKK41である。一方、鋼管杭としてはSKK50も規格化されているので、これをSC杭の外殻とすれば、より高い耐力を杭体に期待できるものと思われる。しかしSKK50によるものの施工実績及び実験データは皆無であったので、曲げ性能試験を行ない技術的評価を行なうこととした。

2. 試験項目

試験は外径φ600mm、鋼管厚 $t_s=12$ mmの杭体による「軸力正負交番繰返し曲げ試験」とし、杭体に与える軸力は杭が受ける荷重を想定して $N=0^t, 100^t, 200^t, 300^t$ の4種類とした。試験に用いた杭の種類、本数を表-1に示す。

表-1 くいの種類および本数

(単位:本)					
軸力	0 ^t	100 ^t	200 ^t	300 ^t	累計
SKK50	(A0)	(A100)	(A200)	(A300)	(As)
	1	1	1	1	1
SKK41	(B0)		(B200)		(Bs)
	1		1		1

(注) ()はくいのよび名

3. 試験を行なう杭体

杭体の断面諸元、性能諸元を表-2~4に示す。杭体は、鉄道高架橋におけるSC杭の使用実績、将来予測、SKK41による既存の実験データ等を勘案して選定した。

4. 試験方法

杭に与える軸力の導入は杭中空部に挿入したストランドケーブルを緊張することにより行ない、曲げ載荷は、ラムスレー型のパイル曲げ試験機による2点支持、中央2点載荷の単純梁方式とした。曲げ荷重は正負をもって単位サイクルとして25サイクル与え、26サイクル目の正方向荷重を漸増させ杭の破壊強度を確認した。正負方向の荷重の移行は、杭を曲げ試験機の反力台上で180°反転させることにより行ない、鋼管表面のひずみ測定にはワイヤーストレインゲージ、たわみ測定には撓動型変位計を使用した。

5. 試験結果

(1) 設計破壊曲げモーメントまでの挙動

計算上の破壊曲げモーメント M_u を与える荷重までのたわみ δ およびひずみ ε はSKK50を使用したSC杭(以下A杭)もSKK41を使用したSC杭(以下B杭)も荷重に比例した直線性を示し、残留たわみ、残留ひずみも少なかった。

(2) 破壊サイクルまでの挙動

① 曲げモーメントMとたわみ δ との関係

破壊サイクルでのM- δ 曲線を図-1に示す。A杭のM- δ 曲線は各杭とも軸力の差はあってもほぼ同一の曲線上にある。一方B杭は軸力による差が明りように現われている。最大 M_{max} について、A杭は、軸力の増加に伴いほぼ同程度の値を示しているが、

表-2 くいの諸元

材質	外径 D (mm)	鋼管厚 t _s (mm)	換算断面二次モーメント I _e (cm ⁴)	設計曲げモーメント					
				常時 s=9 M _{s1} (t·m)	常時 n=6 M _{s2} (t·m)	変位 M _{u1} (t·m)	変位 M _{u2} (t·m)	応答 M _{u1} (t·m)	破壊 M _u (t·m)
SKK50	600	12	962500	0	58 ⁰	55 ⁰	88 ⁰	97 ⁰	104 ⁰
				100	63 ⁰	71 ⁰	104 ⁰	113 ⁰	120 ⁰
				200	52 ⁰	61 ⁰	100 ⁰	112 ⁰	127 ⁰
				300	40 ⁰	50 ⁰	90 ⁰	102 ⁰	117 ⁰
SKK41	600	12	962500	0	47 ⁰	48 ⁰	72 ⁰	80 ⁰	83 ⁰
				100	50 ⁰	59 ⁰	89 ⁰	96 ⁰	99 ⁰
				200	39 ⁰	49 ⁰	83 ⁰	93 ⁰	98 ⁰
				300	26 ⁰	38 ⁰	74 ⁰	84 ⁰	88 ⁰

(注) 換算断面二次モーメントの算出に用いたヤング係数 n は6である。

性能諸元の算出に適用した数値は表-3、表-4のとおりである。

表-3 コンクリートおよび鋼管の設計数値

項	目	記号	数値
コンクリート	設計基準強度	f_{cu} (MPa)	800
	圧縮破壊ひずみ	ε_{cu} (%)	0.5
	ヤング係数	E_c (MPa)	3.5×10^4
鋼管	降伏点	σ_{sy} (MPa)	3200
	応力度	SKK50	2400
		SKK41	2400
	ヤング係数	E_s (MPa)	2.1×10^5

(注) ただし常時再重作用時に δ の断面が決定される場合は

$$E_c = 233300 \text{ MPa} (n=9) \text{ とする。}$$

表-4 SCくいの許容応力度

(単位:MPa)

項	時	コンクリートの許容圧縮応力度		鋼管の許容引張応力度*	
		SKK41	SKK50	SKK41	SKK50
常時	時	270	1400	1700	
	時 + 時				
死重荷重時		400	2100	2550	
外重荷重時		440	2310	2800	
応答重荷重時		500	2600	3000	

(注) 許容圧縮応力度は許容引張応力度と同じ値とする。

B杭については、軸力が増加すると M_{max} も増加し、設計値と同様な傾向を示した。 δ_{max} については、A杭、B杭とも軸力の増加に伴い減少している。

②くいの破壊状況

A杭、B杭とも M_{max} 時では圧縮側コンクリートの杭内壁面より徐々に圧縮破壊をおこし、コンクリートがはく落した。引張側については、試験終了後鋼管をガス切断し、コンクリートの状況を目視観察したところ、円周方向にひび割れが生じていた。なお鋼管には圧縮側、引張側とも異常な変形はみられなかった。

6. 試験結果の検討(破壊曲げモーメント)

材料試験結果および杭体の実測寸法に基づいた修正破壊曲げモーメント M^* を算出した。計算仮定は、コンクリート・鋼管とも塑性域を考慮しており、コンクリートの圧縮破壊ひずみ ϵ_{cu} に達した時を破壊としている。図-2～3に、設計計算における破壊時の $M-N$ 曲線、実破壊強度及び M^* を示す。

7. まとめ

SC杭の性状としては、設計荷重の範囲内において現行の力学計算によれば軸力が増加するとその破壊強度も増大することになっている。B杭の試験結果では、この力学計算を満足する結果となっているが、A杭についてはB杭の場合と異なり、軸力の増加にかかわらず破壊強度はほぼ一定値となり、理論的には説明できない性状を示した。また、破壊強度 M_{max} については、A杭はB杭に比較して鋼材の強度が増大しているにもかかわらず、期待される程のSC杭本体としての強度は向上していない。以上のことからA杭は、従来広く使用実績もありその性能も確認されているB杭とは別の性状を有しているものと考えられる。

8. あとがき

今回の試験では、試験対象の杭体が6本と少なかったため、上記の現象を十分に説明することはできなかったが、今後も軟弱地盤上の構造物としての使用が考えられるので、上記の曲げ性能に関する基本的な問題についてさらに検討を重ね、SKK50を使用したSC杭の力学的挙動の解明を進めることが必要と考える。本試験においては、計画の段階より東京大学の松本教授にご指導をいただき、また実務においては、コンクリートポール・パイル協会諸氏の協力をお願いした。ここに紙面を借りて感謝の意を表します。

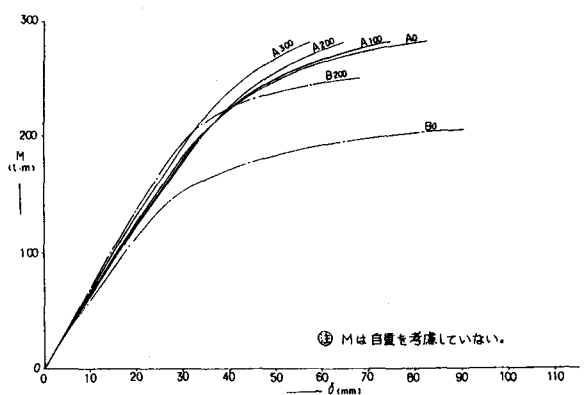


図-1 破壊サイクルにおける 曲げモーメントとたわみの 関係図 (スパン中央点)

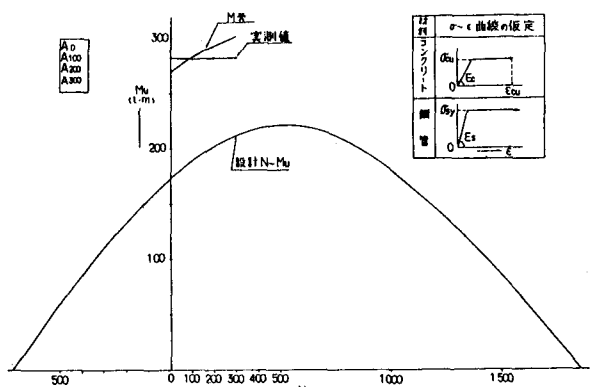


図-2 実測データに基づく破壊曲げモーメントの推定

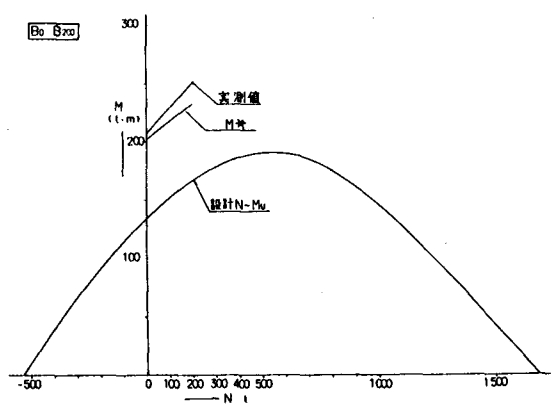


図-3 実測データに基づく 破壊曲げモーメントの推定