

V-371 斜張橋のケーブル定着方法の研究

東日本旅客鉄道 建設工事部 正会員 大庭光商
 東日本旅客鉄道 東北工事事務所 正会員 大槻茂雄
 東日本旅客鉄道 東京工事事務所 正会員 石橋忠良

1. はじめに

斜張橋の斜材ケーブルの定着は、主桁側と主塔側にそれぞれ設けられるのが一般的であり、主桁～主塔～主桁へと連続したケーブルを用いて主桁側のみに定着する構造（以下サドル構造と記す）例は少ない。

サドル構造は定着具の減少によるコストダウンとスレンダーな主塔形状による景観の向上等、多くのメリットを有するものの、斜材ケーブルを主塔部で曲線配置するため、ケーブル半径方向に働く腹圧力によるコンクリートの割裂力等に対する設計法に未解明な部分が残されている。

本研究は、サドル構造の採用にあたり、主塔部で曲線配置されたケーブルの力学的性状を明らかにすることを目的としており、このための模型実験の結果について報告するものである。

2. 実験概要

実験は主塔サドル定着部に着目した基本モデルとし、3シリーズ6試験体について実施した（表-1、図-1）。Aシリーズは、ダクト直下に割裂補強筋を配置しないモデルで、ダクト種別と曲げ半径が異なる。

Bシリーズは、割裂補強鉄筋を配置したモデルで、ケーブルの曲げ半径が異なる。なお、補強筋量は2次元FEM解析により得られたコンクリートの引張応力度に対して、鉄筋応力度を1000kgf/cm²（B-2、C-1）、2000kgf/cm²（B-1）程度に制限して算出した。Cシリーズはダクトを上下2段に配置したモデルで、緊張鋼材の下に未緊張のダクトが存在する。なお、試験体と支持台の間にはテフロンシートを配置し、試験体底面の変形が拘束されないようにした。コンクリートは載荷時の目標圧縮強度を240kgf/cm²として配合を定め、早強ポルトランドセメントを使用し蒸気養生を行った。

実験時の荷重載荷を図-2に示す。載荷は4サイクルとし、各サイクルの目標荷重は次のように設定した。

- 1回目：解析上のひびわれ荷重 2回目：設計荷重(0.7Pu)
 3回目：300tf 4回目：破壊または載荷能力の上限(386tf)

なお、実験に先立ち各試験体の試験緊張を実施し、摩擦による軸入力損失を測定し、試験時の載荷荷重を補正した。

3. 実験結果

実験結果を表-2に、主なひびわれ、ならびに破壊状況を図-3に示す。なお、表中の降伏荷重とは軸直方向のダクト近傍での変形が急増時の荷重と定義した。表面ひびわれは主にダクト軸に沿って鉛直に発生

表-1 試験体種類と諸元

シリーズ番号	試験体番号	試験体諸元(mm)	曲げ半径R(m)	補強鉄筋	ダクト種別	コンクリート品質(kgf/cm ²)	
						圧縮強度	引張強度
A	A-1	40×70×113	2	D13-150	鋼管	209	22.2
	A-2	40×70×113	2	D13-150	シース	209	19.3
	A-3	40×70×62	1	D13-150	シース	232	21.1
B	B-1	40×70×62	1	D19-125	鋼管	229	19.3
	B-2	40×70×113	2	D19-125	鋼管	229	19.0
C	C-1	40×70×113	2	D19-125	鋼管2段	229	19.3

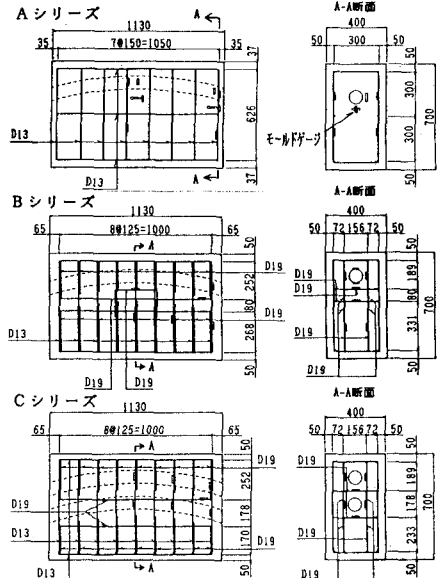


図-1 試験体配筋

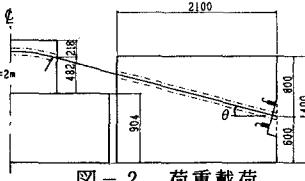


図-2 荷重載荷

した後、そのひびわれが上下方向に貫通した。無補強の試験体は、その後、高い荷重レベルにおいてケーブル軸に沿った水平方向のひびわれが発生した。割裂補強筋を配置しないA-3の試験体は、表面ひびわれの発生後間もなく脆性的な破壊に至った。

A-1, A-2 試験体の比較より、ダクトに鋼管を使用したものはシースに比べて降伏荷重で15%程度大きくなった。シースでは鋼管に比べて応力が局部的に集中する傾向にあるためと思われる。

曲げ半径の異なる A-2とA-3 (補強筋無)、および B-1とB-2 (補強筋有) 試験体では、腹圧力とダクト直下の軸直角方向のコンクリートひずみ、およびダクト位置における軸直角方向の変形量は良く対応しており曲げ半径の違いは単位長さ当たりの面内力で評価できる。

割裂補強筋の配置したB-1の降伏強度は、補強筋の無いA-3に対して1.7倍程度、表面ひびわれ発生荷重と降伏荷重との比は補強筋が無い場合は1.1倍程度であるのに対し、B-1では1.48倍と大きくなった。

ケーブル曲げ半径2m、割裂補強筋の配置したB-2は、載荷上限荷重においても表面ひびわれは発生しなかったが、ダクト2段配置のC-1は、ダクト間にひびわれが発生する等、幾分異なる結果となった。

4. 主塔サドル部の設計

今回の実験結果より、支圧面積はダクト直径と試験体長さの積とし、またコンクリート強度は設計基準強度 f'_c を用い(1)式にて支圧強度 P_0 を算定した。

$$P_0 = f'_c \cdot A \quad (1)$$

(1)式にて算定した支圧強度と実験で得られた降伏強度との相違はダクト種別、補強鉄筋の有無等によるものと考え、これを支圧面積(有効ダクト幅)のみにて評価した。なお、実橋ではクリープ的な損傷を生じないように、降伏強度をもって支圧強度とするのが良いと考える。

表-2より計算値と実験値の比は0.61~1.00となり、ダクトに鋼管を使用し、補強鉄筋を配置したB-1の場合、支圧面積算定時の有効ダクト幅はダクト直径までが有効と考えられる。また、無補強でダクトに鋼管を用いる場合は、有効ダクト幅をダクト径の0.7倍程度、ダクトにスパイラルシースを用いる場合の有効ダクト径は0.5倍程度を用いれば良いと思われる。しかしながら、実橋にて表面ひびわれの発生を抑えるためには、補強筋を配置し降伏強度に対して2程度の安全率で設計すれば良いと考える。これは、表面ひびわれに対しても1.3程度の安全率を有する。

5. まとめ

ケーブルを曲線配置した主塔サドル定着部の基本的な実験の結果、以下の事柄がわかった。

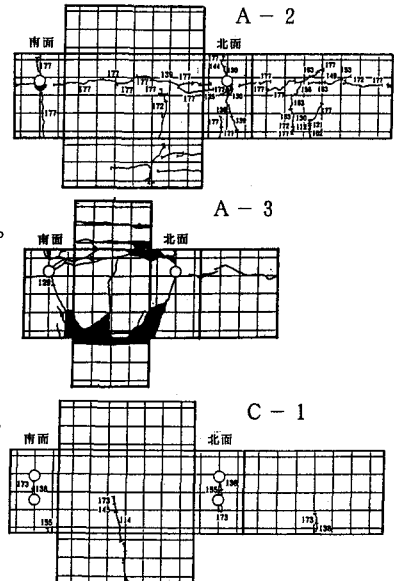
ダクト、補強筋量の違いにより支圧強度は異なるが、設計上はコンクリート強度を設計基準強度、支圧面積は有効ダクト幅と試験体長さの積とし、その場合の有効ダクト幅は、補強筋を有し、鋼管ダクトを用いた場合は1.0φ、無補強・鋼管ダクトは0.7φ、無補強・スパイラルシースは0.5φ程度とすれば良い。さらに、実橋では表面ひびわれの発生を考えると、補強筋を配置し降伏強度に対して2程度の安全率で設計すれば良い。本研究は平成3年度吉田研究奨励金により行われたものである。また、本研究をまとめるにあたり東北大学尾坂芳夫教授よりご懇切なるご指導を賜った。ここに謹んで感謝の意を表する次第である。

表-2 実験結果

試 験 体 番 号	試験体 番 号	引張荷重 P_c (tf)	降伏荷重 P_y (tf)	$P_0 = f'_c \cdot A$ (tf)	P_y / P_0	P_y / P_0
A	A-1	152	168	221.3	1.11	0.76
	A-2	156	146	200.8	—	0.73
	A-3	67	74*	122.3	1.10	0.61
B	B-1	86	127	126.4	1.48	1.00
	B-2	179以上	179以上	242.5	—	0.74以上
C	C-1	119	178以上	242.5	1.50以上	0.74以上

*破壊荷重

$P_y, P_y = P \cdot \sin 2\theta / \cos \theta$
P: 摩擦を考慮した平均導入力



*比較のため図中の数値は腹圧力
($P \cdot \sin \theta / \cos \theta / l_0$)を示す

図-3 表面ひびわれ・破壊状況