

支圧板形状の違いによるコンクリートの支圧特性

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 ○正会員 築嶋大輔
東日本旅客鉄道(株) 建設工事業部 正会員 大庭光商
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 大槻茂雄

1. はじめに

近年、斜張橋の斜材ケーブル定着方法に、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）が採用されている。しかし、斜材ケーブルを主塔部に曲線配置するため、ケーブル半径方向に作用する腹圧力により、コンクリートに生じる割裂力等に対する設計法には未解明な部分が残されている。

本研究は、サドル構造に関する基礎的な力学的性状を明らかにすることを目的として、ケーブルダクトを想定した円形断面の支圧板を用いた支圧強度試験結果について報告するものである。

2. 実験概要

本支圧強度試験は、支圧板形状に着目し、支圧板に鋼板を用いた試験体1体と円形断面の鋼棒を用いたもの7体、計8体について実施した。なお、試験体寸法は全て30×40×30(cm)である（図-1、表-1）。

A、Bシリーズは無補強、C、D、Eシリーズは補強筋を有する試験体とした。Cシリーズは補強筋量のみを変化させた試験体とし、支圧板からのかぶり(d)が4cmの位置に補強筋を配置した。なお、C-4に限り d=2cmとした。Dシリーズは補強筋(3-D13)をd=4, d'=12cmの位置に2段に配置したもので、Eシリーズはダクトが多段に配置される実橋を想定し、φ78mmのスパイラルシースを用い空ダクトを設けた試験体とした。なお、補強筋の配置位置はFEM解析を行い横方向引張応力の最大となる位置とし、補強鉄筋にはSD295を用いた。

荷重は圧縮試験機により行い荷重時の荷重が均等に作用するよう厚肉の荷重治具を用いるとともに、試験体底面には、摩擦により変形が拘束されないようテフロン板2枚を敷設した（図-2）。

計測項目は、①横方向変位量（ダイヤルゲージにて測定）、② 補強鉄筋ひずみとした。

3. 実験結果

実験結果を表-2に示す。表中の値は、支圧強度はコンクリートの圧縮強度に比例すると考え、 $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ に換算した値である。また、降伏荷重とは、荷重-変位関係において、試験体軸直角方向の開き変形が急増時の荷重とし、この降伏荷重をもって支圧強度とする[1]。なお、無補強の試験体は、降伏と同時に破壊に至っており降伏荷重=破壊荷重と考えた。

表-1 試験体概要

シリーズ	試験体	補強鉄筋量 As (cm ²)	支圧板形状	コンクリートの品質 (kgf/cm ²)	圧縮強度	引張強度	記 事
A	A-1	-	鋼板 400mm	350	23.2	-	
B	B-1	-	鋼棒 100mm	350	23.2	-	
C	C-1	3.801 (3-D13)	鋼棒 100mm	350	23.2	-	d=4cm
	C-2	8.595 (3-D13)	鋼棒 100mm	292	32.2	-	d=4cm
	C-3	11.613 (3-D22)	鋼棒 100mm	292	32.2	-	d=4cm
	C-4	8.595 (3-D13)	鋼棒 100mm	344	42.2	-	d=2cm
D	D-1	7.602 (6-D13)	鋼棒 100mm	350	23.2	-	2段配筋
E	E-1	8.595 (3-D13)	鋼棒 100mm	344	42.2	-	ダクト配筋

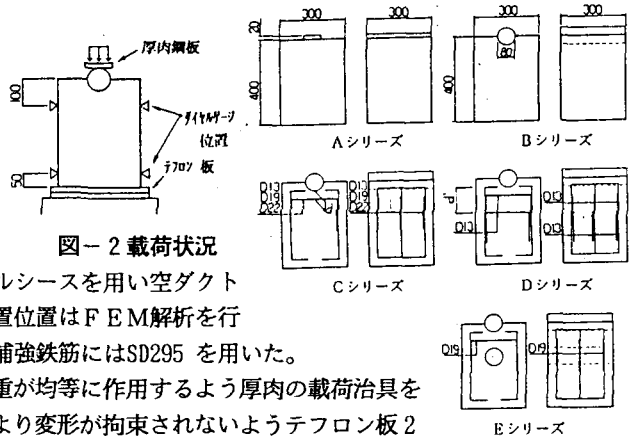


図-2 荷重状況

図-1 試験体配筋図

表-2 実験結果

試験体	補強筋量 As (cm ²)	破断荷重 P _u (t)	降伏荷重 P _y (t)	破壊荷重 P _u (t)	計算値 P _o (t)	P _u /P _y	P _y /P _o	P _u /P _o	P _u /P _o
A-1	-	9.6	84.3	103.8	84.0	0.92	1.00	1.00	1.24
B-1	-	7.3	60.7	73.0	84.0	1.00	1.00	0.72	0.87
C-1	3.801	8.5	81.2	90.5	84.0	1.05	1.11	0.97	1.08
C-2	8.595	7.2	85.1	122.7	84.0	0.85	1.44	1.01	1.40
C-3	11.613	6.6	96.5	129.1	84.0	0.68	1.34	1.15	1.54
C-4	8.595	8.1	76.5	105.0	84.0	1.06	1.37	0.91	1.25
D-1	7.602	8.0	85.1	102.7	84.0	0.94	1.21	1.01	1.22
E-1	8.595	5.1	67.4	95.8	84.0	0.76	1.42	0.80	1.14

B-1, はA-1 に対し、表面ひび割れ発生荷重で76%、降伏荷重、破壊荷重は、いずれも70%程度に低下した。これは、鋼棒を用いた場合は、鋼板を用いた場合に比べ水平分力が大きいと思われる。

補強量の違いと、降伏荷重、破壊荷重の関係を図-3に示す。縦軸は荷重、横軸は補強量 (cm) と補強鉄筋の降伏強度 (kgf/cm²) の積である。破壊荷重は補強量に比例して増加し、その相関は(1)式で評価できる。

これに対し、降伏荷重は無補強からは $P_u = 72.1 + 1.7 \cdot A_s \cdot \sigma_{sy}$ (1)

若干増加していくもののC-2 試験体までにはほぼ一定の値となり、幾分増加のみられるC-3 試験体を除いて、降伏荷重に対する補強効果は頭打ちする傾向が認められた。

2 段配筋にしたD-1 は、破壊荷重では1 段配筋のC-1 に対し13%程度増加したが、降伏荷重に関する効果は、ほとんど認められなかった。また、補強位置の違う C-4 試験体はC-2 試験体に比べ変形の進行が早く、降伏、破壊荷重とも幾分低下した。I-1 はC-2 に対し、降伏荷重、破壊荷重とも80%、ひび割れ発生荷重で70%程度に低下した。ダクトに剛性の小さいスパイラルシースを用いたため、断面欠損の影響によるものと思われる。

主な試験体のひび割れ状況を図-4に示す。図中の数字はひび割れ発生時の載荷荷重(tf)である。

無補強の試験体(A-1, B-1) の表面ひび割れは、ほぼ補強筋位置から発生し、FEM解析での最大横方向引張応力の発生位置とほぼ一致していた。その後ひび割れは、両試験体とも鉛直方向に進展し上下に貫通すると同時に脆性的な破壊に至った。支圧板直下に空ダクトを設けたB-1 試験体では、支圧板とダクトの間に載荷荷重P=51tf で鉛直にひび割れが発生し、C-2 試験体に対しひび割れ発生荷重は70%程度に低下した。

4. 支圧強度算定式

支圧面積Aを鋼棒径φと試験体長ℓとの積とし、コンクリート強度には設計基準強度を用い、(2)式にて支圧強度を算定した。

$P_o = f'_{ck} \cdot A$ (2)

鋼棒を支圧板に用いて、補強筋を配置した試験体(B-1を除く) の計算値と降伏荷重の実験値との比は0.97 ~1.15となり(2)式は実験における降伏荷重と良く対応しており、(2)式で降伏荷重は評価できる。また、その場合のひび割れ荷重は実験結果(表-2) より降伏荷重の60%程度と考えればよい。

破壊荷重は、無補強で鋼棒を支圧板に用いた場合(B-1)の降伏荷重の実験値が0.8 Po程度となることから(1)、(2)式によりコンクリートの負担分と補強筋の負担分の総和として(3)式にて求めることができる。

$P_u = 0.8 \cdot P_o + 1.7 \cdot A_s \cdot \sigma_{sy}$ (3)

5. まとめ

今回の円形断面の鋼棒を支圧板に用いた支圧強度試験で以下のことがわかった。

- (1)円形断面の支圧板を用いて、補強筋を配置した場合の支圧強度(降伏荷重)は、(2)式にて評価することができる。この場合のひび割れ発生荷重は0.6 Po程度である。また、無補強の場合の支圧強度(降伏荷重)は(2)式で求めた支圧強度の80%程度とすればよく、破壊強度は、(3)式にて評価することができる。
- (2)円形断面の鋼棒を支圧板に用いた場合の支圧強度は、鋼板を用いた場合の70%程度である。

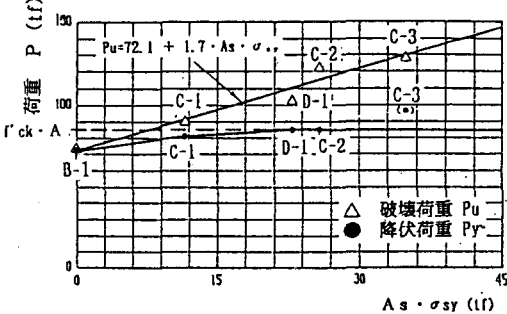


図-3 補強筋量の影響

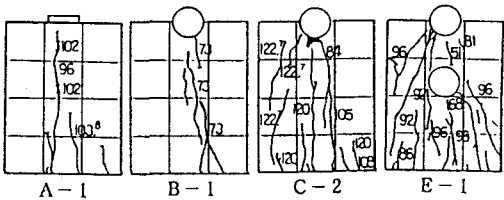


図-4 ひび割れ状況

参考文献
 1) 大庭光商、大園茂雄、石橋忠良：斜張橋のケーブル定置方法の研究、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、1993.9、pp768-769