

1. 緒言

吊橋塔基部には、施工時に鋼製タワーの自重およびそれと固定させるアンカーボルトなどの締めつけ力、完成時にはタワーの自重、塔頂に作用する力および補剛桁に作用する力がかかる。これらの荷重を鋼製タワーからベースプレートを通じて均等にコンクリート基礎に伝達するために、格子状に設置した多室構造が多く用いられている(図-1参照)。

塔基部での詳細な解析を行なうと、補剛板の高さにもよるが、塔頂から連続している塔柱壁に応力が集中している。しかし、その許容値を規定できないのが現状である。本報告は塔基部コンクリートの支圧強度に及ぼす要因、鉄筋補強効果などについて検討を行なったものである。

2. 塔基部模型実験

コンクリートの支圧強度 σ_{cb} は従来の多くの実験によると、 $\sigma_{cb} = \sigma_c \cdot f(A/A')$ で表現されるものが多い。配合強度 240 kg/cm^2 のコンクリート供試体を用いて実験した場合の支圧強度比 (σ_{cb}/σ_c) と載荷面積比 (A/A') の関係は図-2のようになる。ほとんどすべての実験値は $\sigma_{cb}/\sigma_c = \sqrt{A/A'}$ と $\sigma_{cb}/\sigma_c = \sqrt[3]{A/A'}$ の間にあり、 A/A' が大きくなるにつれて $\sigma_{cb}/\sigma_c = \sigma_{cb}'/\sigma_c'$ の間に近づいている。 A/A' が100になると、 $\sigma_{cb}/\sigma_c = 1.0$ という高い支圧強度比を示している。

既往の吊橋や本州四国連絡橋の吊橋塔基部の A/A' は6~9の範囲に入っている。それらを考慮して表-1に示す塔基部模型供試体を製作した。コンクリート供試体の配合強度は 240 kg/cm^2 とし、粗骨材の最大寸法は10mmとした。ベースプレートとの接触面の平面を保つためにコンクリート打込み時にはその面が下方

にくるようにし、底面型枠の表面精度は10/100mm以下におさえている。コンクリート内部の深さ方向の直みずみを測定するためにゲージ長10mmの埋込型ゲージが設置された。鋼製タワーやベースプレート表面にはゲージ長6mmのワイヤーストレインゲージをはっている。

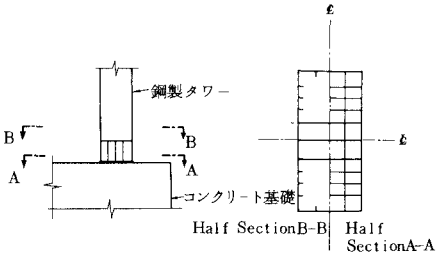


図-1 吊橋塔基部断面形状の一例

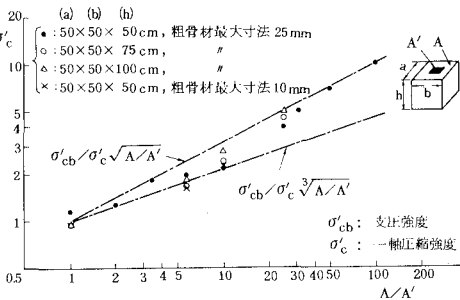
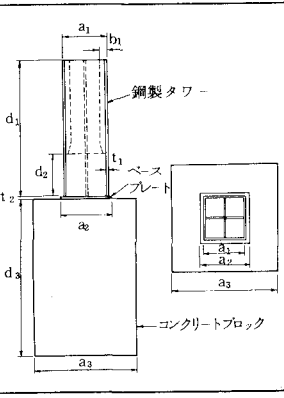


図-2 支圧強度比 (σ_{cb}/σ_c) と載荷面積比 (A/A') の関係

表-1 模型供試体の概要

単位: mm

Type	鋼製タワー					ベースプレート		コンクリートブロック		鉄筋補強
	a_1	d_1	d_2	b_1	t_1	a_2	t_2	a_3	d_3	
L-1	600	2000	0	100	11.8	680	15	1500	2250	なし
M-1	360	1100	360	100	16	410	9	900	1350	"
M-2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
M-3	"	"	0	"	"	410	9	"	"	"
S-1	200	670	200	40	11.8	230	5	500	750	"
S-2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	あり



模型供試体は1000t構造物試験機によって載荷された。荷重は20tピッチでかけられ、その都度タワーおよびコンクリート内部のひずみ測定、塔基部での変位測定を行なった。

3. 実験結果および考察

L-1供試体載荷試験におけるコンクリート内部のひずみ分布の一例を示したのが図-3である。200t載荷時のコンクリートの内部ひずみ実測値はFEM三次元弾性解析結果と全般によく合っている。埋込ゲージの測定精度上、コンクリート表面直下には設置できず、表面直下でのひずみの実測値はないが、FEM解析によると塔柱壁直下に応力集中しているのがわかる。特にコーナーでは200 kg/cm²の圧縮応力が生じている。L-1供試体の試験後、タワーのかわりに低い中空の正方形断面の鋼板(ベースプレート接地面での側板の厚さは14mm)で載荷した場合、

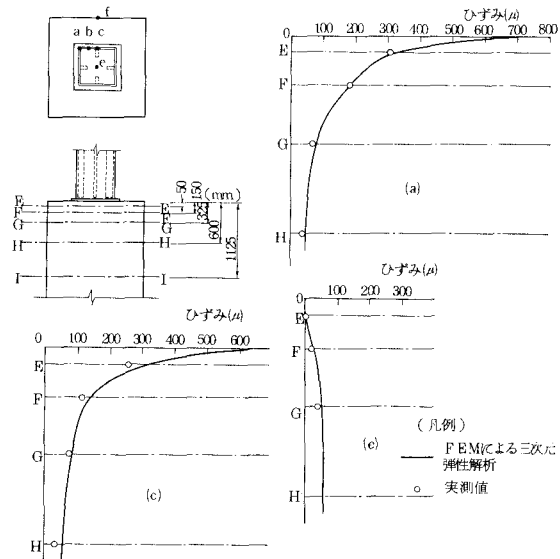


図-3 コンクリート内部のひずみ分布(L-1, 200t載荷)
1720tで破壊した(L-1供試体コンクリートの一軸圧縮強度 $\sigma'_c = 333 \text{ kg/cm}^2$)。

M-Type供試体の破壊試験結果を表-2に示している。それによると補強板とベースプレートがある場合、塔柱壁と補強板直下に応力が集中しているにもかかわらず、平板載荷の場合とほぼ同じ支圧強度である。補強板なしでベースプレートと介して載荷した場合(M-3)、平板載荷の支圧強度に比べ、約20%強度が低下した。試験終了後の内部ひびわれ観察によると、各タイプ共、応力集中直下すなわち塔柱壁および補強板直下にくさびが生じて破壊していた。くさび上面に応力が集中していることより、M-3供試体の破壊時にはそれに1400 kg/cm²の応力が生じており、コンクリートの一軸圧縮強度($\sigma'_c = 241 \text{ kg/cm}^2$)の約6倍である。

表-2 支圧強度に及ぼす塔基部断面形状の影響

	破壊荷重 P(t)	P_{M-1}/P_{M-4}	σ'_c (kg/cm ²)	備考
M-1	640	1.01	256	
M-2	552	0.87	250	ベースプレートなし
M-3	501	0.79	241	補強板なし
M-4*	637	1.00	250	平板載荷

* 図-2より推定

無筋コンクリート供試体と比較するために鉄筋補強コンクリート供試体(S-2)の破壊試験も行なった。鉄筋の配置は図-4に示すように塔基部近傍と、タワー幅と同じ深さの位置に集中させた。無筋コンクリート供試体(S-1)の場合、コンクリートブロックに縦ひびわれが発生すると同時に破壊($P_{max} = 213 \text{ t}$)したが、横方向鉄筋を補強した場合、無筋の場合より約10%大きい荷重(=240t)で供試体側面に縦ひびわれが発生し、310tでコンクリート上面より深さ15cmのところに横ひびわれが発生し、破壊に至った。少量の横方向鉄筋を補強することによって破壊強度は無筋コンクリート供試体の1.5倍もでいた。

なお実験に際し、川崎製鉄(株)構造技術センターの行友、金子両氏の御協力と得ました。

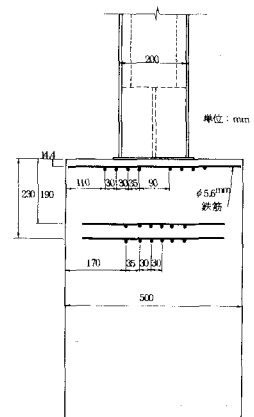


図-4 補強鉄筋配筋図