

## 鋼管鉄塔

## 鋼管とコンクリートの合作

住友金属工業KK 乙 骨 英 —\*

## 1. 緒言

従来送電鉄塔の主要構造部材としては、もつぱら等辺山形鋼が使用されてきたが、送電圧が高くなるにつれて鉄塔は大型になり、著しく重量が増加し建設費も膨張するので、これを軽量化する方法が種々研究されてきた。このような場合山形鋼より抗圧力の高い鋼管を使用し、これに更にコンクリートをつめ耐圧強度を持たせて鋼材を節約し、建設費の低下を計る着想は決して新しいものではない。しかし鋼管の結合は山形鋼ほど簡単ではないため、鋼管鉄塔が実現に至らなかつたのであるが、近年溶接技術が急速に発達するとともにその実現を見たのである。

このコンクリート充填鋼管を用いた鉄塔は、スイス Moter Columbus 社により開発されたものであり MC 鉄塔と略称されている。この鉄塔は1946年 Nuferen 線 (150 KV) で実用化し、その後10数年スイスはじめ欧州諸国で電圧 50~400 KV 約4000基の実績をもっている。

わが国でも昭和30年関西電力枚方一日町線で10基、北海道電力札幌連絡線で13基試用された。昭和33年に当社がこの技術を導入して以来鋭意普及に努力した結果、昭和39年3月までに約460基 6000 t 建設され、その間関西電力鳴門・淡路線等超大型鉄塔にも採用されて、第二  
↓台風にも十分耐える事が実証された。

## 2. MC 鉄塔の特徴

MC 鉄塔の特徴を要約すると次の通りである。

1. 抗圧材として理想的な部材である鋼管を使用している。

鋼管は中心軸に対し対称形であり、これはあらゆる方向の力に対し最も合理的な形状である。したがって同一強度に対しては山形鋼よりはるかに少ない重量ですみ、材料費が減少するとともに運搬費等建設費も大幅に減少する。

2. 鉄塔の風圧抵抗が少ない。

鋼管は断面が円形であるため、山形鋼鉄塔に比べて風圧が少ない。即ち円形断面による風圧の減少と、結構が簡単で部材が少ないことにより風圧荷重が 50% 以下にもなる。

3. 美的感覚に富んでいる。

結構が単純であり断面が円形で、自然な形であるため、周囲の景色と調和し美観の点でもっとも優れている。

## 3. MC 鉄塔の特許

以上 MC 鉄塔の一般的特徴を述べてきたが、次の2つが Motor Columbus 社の特許となっている。

1. 鋼管 (トラス状マスト構造部材) にコンクリートを充填すること。

コンクリートの充填は組立て前に行なうかまたは鉄塔の四脚を組立てた後塔上より充填する。強度をそれほど必要としない鉄塔では、主柱だけにコンクリート充填するが、特に大きな強度を要求される場合は斜材にも充填する。

2. MC 継手を使用すること。

MC 継手の構造は図1の通りで、あらかじめ工場て鋼管を溶接しておき、現場で組立てたのち亜鉛合金を注入して完成するものである。

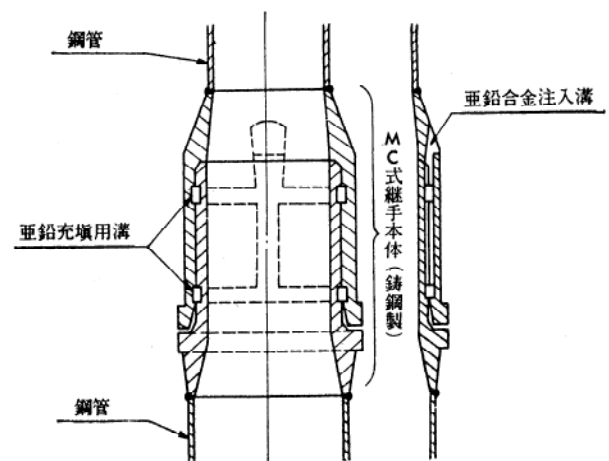


図1 MC 継手

\* 製品開発部技術調査役

#### 4. MC 鉄塔の設計

MC 鉄塔の設計はその順序、方法において山形鋼鉄塔と同じであるが、特に鋼管の特性を生かした設計をし、更に製作および施工容易な構造とすることが望ましい。また部材の結合部はほとんど溶接を採用しているのでこの強度を十分検討する必要がある。以下設計上の特異点を詳記する。

##### 1. 設計風圧

MC 鉄塔の大きな特徴の一つは風圧の少ないことである。

風速と風圧の関係式は

$$P = C \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot V^2$$

P : 風圧 (kg/m<sup>2</sup>)

C : 抵抗係数

ρ : 空気密度 (kg・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

V : 風速 (m/s)

C は受風体の形状、大きさ、面の粗滑度によって異なるばかりでなく、一般には風速 V の大小によっても変化する。また ρ は標準大気圧状態 (気圧 760 mm Hg・温度 15°C、湿度 75%) において 0.125 kg・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> である。

一般に抵抗係数は、風洞実験の結果山形鋼は風速によって変化しないが、鋼管の場合は変化する。

設計に採用されている現行の風圧値は、鉄塔一面の投影面積に対して、風速 40 m/s の場合

山形鋼鉄塔 290 kg/m<sup>2</sup>

MC 鉄塔 170 kg/m<sup>2</sup>

となっている。

##### 2. 断面の性能

コンクリート充填鋼管では、引張力に対してはコンクリートの存在を無視し、圧縮力に対しては弾性係数と断面積の比率で鋼管とコンクリートが力を分担するものと考えて、鋼管に換算し等価断面積を次の様に求める。

$$A_{eq} = A_s + E_c/E_s \times A_c = A_s + 1/n \cdot A_c$$

ここに  $A_s, A_c$  は鋼管およびコンクリートの断面積  
 $E_s, E_c$  はそれぞれの弾性係数  
 $n$  は鋼管とコンクリートの弾性係数比で現在は  $n = 8$  を採用している。

同様にして等価断面二次モーメントは

$$I_{eq} = I_s + 1/n \cdot I_c$$

したがって等価回転半径は

$$i_{eq} = \sqrt{\frac{I_{eq}}{A_{eq}}} = \sqrt{\frac{I_s + 1/n \cdot I_c}{A_s + 1/n \cdot A_c}}$$

この  $i_{eq}$  の値は、鋼管だけの値より小さくなっているが、 $A_{eq}$  が  $A_s$  に比べて著しく大きくなるから、コンクリートを充填することによって圧縮強度は非常に増加する。

鋼管は坐屈、ねじれに対し極めて有効で、薄肉材を使

表 1 長さ 4 m 許容圧縮力 30 t の場合の山形鋼との比較

項目	鋼材	鋼管	山形鋼
材質	STK 50	コンクリート充填 STK 50	SS 50
寸法	φ 139.8×5.5	φ 130.0×4.5	L 150×19
細長比	85	104	138
圧縮強度 (t)	30.9	30.6	35.6
単重 kg/m	18.2	13.9	41.9
重量比	1.31	1.00	3.01

用しても、局部坐屈に対して大きな強度を持っている。(表 1)

##### 3. 鋼管の性能

鉄塔用鋼管には、一般構造用炭素鋼々管 (JIS-G3444) 溶接性の良好な STK 50 が主として用いられるが、一部 STK 41 も用いられる。(表 2 参照)

尚鉄塔は寒冷山岳地に建設される場合が多いので、温における低温衝撃値がすぐれていることが必要である。

表 3 は鋼材の衝撃試験結果を示す。

##### 4. 接合部構造

MC 鉄塔は部材継手が特殊なものとなるため、鋼管

表 2 化学成分および機械的性能

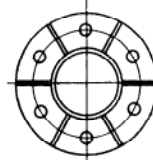
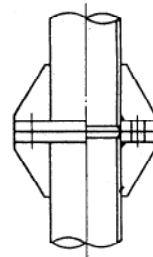
記号	化 学 成 分 (%)					引 張 試 験		
	C	Si	Mn	P	S	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	伸 び %
STK 41	<0.25	-	-	<0.040	<0.040	<41	<24	>18
STK 50	<0.18	<0.55	<1.50	<0.040	<0.040	>50	<32	>18

の性能を生かし、継手効率の良いもの、および工作、組立て容易なものが望ましい。

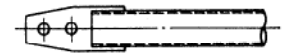
この接合部を分類すると、次の通り

(1) 支柱材継手

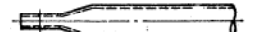
A フランジ継手：最も多く利用されている。



フランジ継手



U字プレート継手



管端つぶし継手

表3 衝撃試験成績

試験温度	衝撃価 kg-m/cm <sup>2</sup>
-60	16~23
-20	25~29
0	26~29
+20	25~30

図 2

表4 鋼管断面性能表

(〔注〕 弾性係数比 n=8 コンクリート比重 2.3t/m<sup>3</sup>)

鋼管寸法		鋼管のみ				コンクリート充填鋼管					
径 mm d	板厚 mm t	断面積 cm <sup>2</sup> As	回転半径 cm is	断面二次モーメント cm <sup>4</sup> is	単重 kg/m Ws	コンクリート断面積 cm <sup>2</sup> Ac	コンクリート断面二次 cm <sup>4</sup> Ic	等価断面 cm <sup>2</sup> Aeq	等価断面二次モーメント cm <sup>4</sup> Ieq	等価回転半径 cm ieq	単重 kg/m Ws+c
48.6	2.4	3.483	1.64	9.319	2.73						
60.5	2.6	4.729	2.05	19.86	3.71						
	2.9	5.248	2.04	21.82	4.12						
76.3	2.6	6.020	2.61	40.92	4.73	39.70	125.4	10.98	56.60	2027	13.9
	2.9	6.687	2.60	45.11	5.25	39.04	121.3	11.57	60.27	2.28	14.1
89.1	2.6	7.065	3.06	66.14	5.55	55.29	243.2	13.97	96.54	2.63	18.3
	2.9	7.853	3.05	73.03	6.16	53.50	236.3	14.67	102.6	2.64	18.7
	3.2	8.636	3.04	79.76	6.78	53.71	229.6	15.35	108.5	2.66	19.2
101.6	3.2	9.892	3.48	119.8	7.77	71.18	409.1	18.79	170.9	3.01	24.1
	3.5	10.79	3.47	129.9	8.47	70.29	393.1	19.58	179.0	3.02	24.7
114.3	3.2	11.17	3.93	172.3	8.77	91.42	665.3	22.60	255.5	3.36	29.8
	3.5	12.18	3.92	187.2	9.56	90.40	650.7	23.48	268.6	3.38	30.3
	4.0	13.86	3.90	211.1	10.9	88.75	626.8	24.95	289.5	3.40	31.3
130	4.5	17.74	4.44	350.0	13.9	115.0	1052	32.11	481.5	3.87	40.3
139.8	4.5	19.13	4.79	438.2	15.0	134.4	1437	35.93	517.8	4.15	45.9
152	4.5	22.72	5.68	734.0	17.8	191.6	2822	46.67	1099	4.85	61.9
	5.0	25.16	5.67	808.1	19.8	189.2	2848	48.81	1064	4.88	63.3
	5.5	27.59	5.65	880.8	21.7	186.7	2775	50.93	1228	4.91	64.6
	6.0	30.01	5.64	952.0	23.6	184.3	2704	53.05	1290	4.93	66.0
190.7	5.5	32.00	6.55	1373	25.1	253.6	5118	63.70	2013	5.62	83.4
	6.0	34.82	6.53	1486	27.3	250.8	5005	66.17	2112	5.65	85.0
216.3	5.5	36.42	7.56	2025	28.6	311.0	8720	77.80	3115	6.32	104.7
	6.5	42.84	7.42	2357	33.6	324.6	8385	83.41	3405	6.38	108.3
	7.0	46.03	7.41	2530	36.1	321.4	8240	86.21	3560	6.43	110.0
267.4	6.5	53.23	9.22	4536	41.8	508.3	20561	116.8	7106	7.78	158.7
	7.0	57.25	9.21	4855	45.0	504.3	20239	120.3	7387	7.84	161.0
318.5	6.5	63.71	11.0	7760	50.0	733.0	42800	155.3	13100	9.18	210.0
	7.0	58.50	11.0	8320	53.8	728.2	42300	159.5	13600	9.23	221.0
	8.0	78.04	11.0	9420	61.3	718.7	41200	167.9	14600	9.33	227.0

B MC継手：外観も良く強度も十分とれるが工作および組立作業に手間がかかる。

(2) 斜材および補助材と主材の継手

A U字プレート継手：斜材等の応力材の継手に利用される。

B 管端つぶし継手：応力材および補助材の継手に利用され工作、組立てに便利であるが、重要な応力材には、偏心があると剛性が低下するので利用しない。

5. MC 鉄塔コンクリート充填試験

MC 鉄塔の特長の一つであるコンクリート充填は、塔上充填の2方法があるがここでは高所よりの塔上充填について記す。

これについては先に20m高さから充填試験を実施して一応の成果を得たのであるが、更に40mの致験用足場塔を建設し充填試験を行い、作業標準を確立するに至った。

1. 目的

現場作業に適應するコンクリート充填に関する作業標準を作ることを目的にして、下記の事項を調査する。

- (1) 充填高さとコンクリートスランプ値ならびに振動、傾斜等の各要素が充填コンクリートにおよぼす影響
- (2) 打継ぎ充填ならびに長時間振動が、充填コンクリートにおよぼす影響
- (3) 低スランプ値コンクリートの充填性
- (4) 大径管充填コンクリート強度
- (5) 充填コンクリートの強度

2. 使用材料器具

今回の試験に使用した材料、器具、コンクリート調査については下記のとおりである。

- (1) 鋼管  
76.3φ×4.2t×800l
- (2) コンクリート用材料  
使用材料を表5に示す。
- (3) 振動機  
表6に示す振動機を使用した。

3. 致験要領

- (1) 足場塔  
実際に適應せる条件で、充填試験を行なうため写真1のような足場塔(高さ40m)を使用した。
- (2) コンクリート標準調査

- A 条件  
条件は表7のとおりである。
- B 試験混練後の決定配合
  - a 配合  
致験混練後の配合は表8に示す。
  - b コンクリートの圧縮強度
  - c 追加配合

(3) 充填予備試験

A 10m 充填試験

骨材の分離および管面に仕着したモルタルの流下状況を観察するため、装置の管上端より約500kgのコンクリートを投入して下端より流出させる。

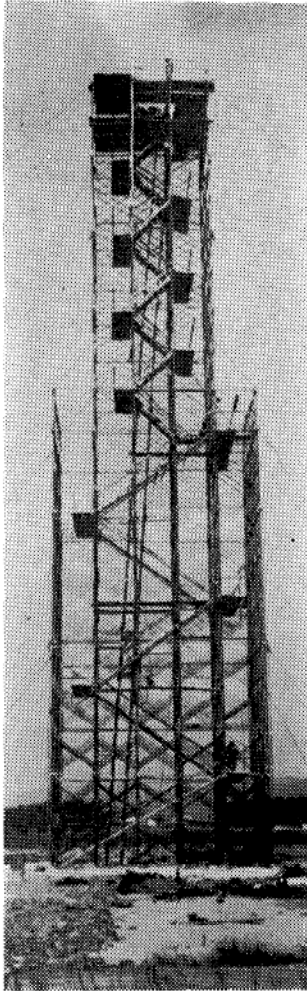
更に図の鋼管下端を密閉して地上に定置し充填を行なう。充填後は3時間位養生して、管を吊り上げ鋼管内の

表5 コンクリート材料

材 料	比 重	粗 粒 率	吸 収 率	備 考
早強ポルトランドセメント	3.14	—	—	} 和歌山県紀の川産
細 骨 材	2.61	2.85	1.1	
粗 骨 材	2.62	6.61	1.2	
使 用 水	—	—	—	工 業 用 水

表6 使用振動機

記 号	仕 様	出 力 調 査
V <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	2行程ガソリンエンジン外部取付式 50CC, 9500~ 4 " " 200CC, 9000~	回転数による振動数の調整
V <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	モーター式 1/2HP " 200V, 3600~ " 1/4HP " " "	荷重偏心量による振中の調整
V <sub>5</sub> V <sub>6</sub>	電 磁 式 1HP " " " " 1HP " " "	交流抵抗による振中の調整



写1 ビティ式足場塔高さ40m

クリートを叩きながら取出す。これより充填状況および作業性等を観察する。

お試験の充填は次の条件により行なった。

- a コンクリートスランプ 2 cm
- b 傾覆 86° および 85°20'

B 12 m 充填致験

の試験により充填方法の目安と、0.8 m 強度致験片出し下記の試験に使用する。

置は全長 12 m になるごとく同一径の鋼管を接合し、スランプ、傾斜を組合せて充填を行なうが、同一条ものをそれぞれ 3 回実施した。

- a コンクリートスランプ値  
1 cm 2 cm 5 cm AE (5)cm 8 cm  
(ハ) (ニ) (ホ) AE (5) (ヘ)……記号
- b 傾斜 86° 85°20'
- c 0.8 m 試験片

切開観察：養生後パイプを切開し内部のコンクリートを観察する。

圧潰試験：養生後パイプのまま軸方向の圧縮致験をする。

弾性係数：音波法により内部コンクリートのみの弾性係数を測る。

耐圧試験：音波計測の残材によりコンクリートの圧縮致験をする。

切開観察：鋼管のまま 5 cm 間隔で切断し断面を観察する。

なお空気孔として、5 m 材の各フランジ下 50 mm の位置に 6 mm のタップ孔をあけた。これはコンクリー

表7 コンクリート調合条件

セメントの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	所要スランプ (cm)
早強ポルトランドセメント	20	30, 35, 40, 45	0, 1, 2, 5, 8

(注) コンクリート養生は全て気中養生とする。

表8 配 合 表

記号	所要スランプ	水セメント比	単位水量	単位セメント量	単位細骨	単位粗骨材量	絶対細骨材率
	(cm)	W/C (%)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	S/A (%)
イ	0	30	127	423	757	1119	40.4
ロ	0	35	149	''	''	''	''
ハ	0	40	169	423	757	1119	40.4
ニ	2	45	171	380	766	1061	42.0
ホ	5	45	182	403	719	1060	40.5
ヘ	8	45	190	421	682	1061	39.2

ト充填中に鋼管内の空気を逃がす目的であり、コンクリート面が空気孔に来た時、ボルトにて孔を閉める方法で行なった。

C コンクリートの打継ぎ充填試験

鋼管内の充填コンクリートを再振動のもとで打継ぎを行なった物についての強度を調べる

- a 安全時間内充填
- b 危険時間内充填

D 混練コンクリート強度試験

E 充填速度致験

(4) 充填本試験

A 40 m 丸管充填致験

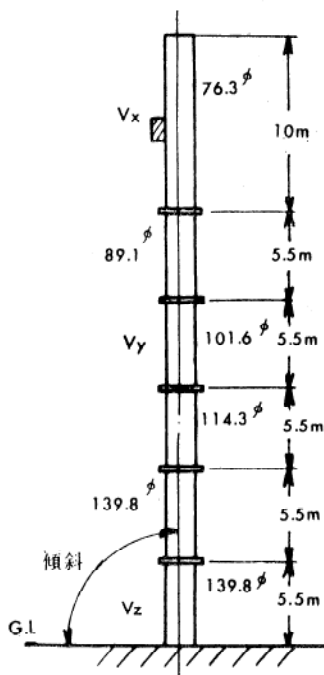
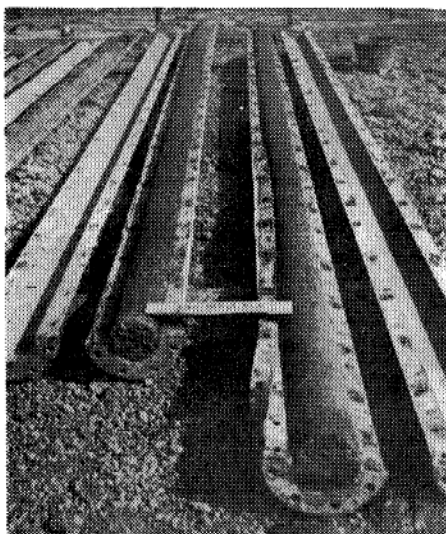


図 3



写 2 ニツ割管充填コンクリート

図 3 のごとく各寸法の鋼管をフランジ接合により組合せ全長 35.7 m とし、上端よりコンクリートを充填する。なお充填の条件は次のとおりである。

a コンクリートスランプ

予備試験時のスランプならびに追加配合に示された各スランプについて行なった。

b 傾斜 86°, 85°20', 83°, 80°

c 振動機 6 台を組合せて使用する。

B 40 m ニツ割管充填試験

第 8 図と同じ鋼管寸法の組合せを用い、鋼管は軸方向に二つ割にしてフランジを溶接し、ボルトで締付けて丸管にした。この充填方法は前項 a と同じであるが、充填後は解体して開くことにより充填コンクリートの状況を正確に観察出来る。

C 大径鋼管の充鋼試験 (写真 2)

まづ目安をつけるため二つ割管試験と同じ装置で、その最下部鋼管のみ片面を取除き通過致験を行ない、コンクリートの堆積状態を調べた。次に本試験の装置で、最下部鋼管のみ撤去して 350 φ 管と入替えて行った。振動機は管の中央部に V<sub>3</sub> (1/2 HP 電動式振動機) のみ 1 台使用した。

D 充填コンクリートの均質度試験

前記 40 m 充填コンクリートの充填観察後のものについて、各寸法鋼管ごとに両端部と中央部のコンクリートを 1 kg 採取して水洗いをし、篩によって骨材のみを篩分け、これが乾燥計量により充填コンクリートの各高さにおける分離状況を調べた。

4. 試験結果

(1) コンクリートの管内通過結果

予備試験の 12 m までの通過においては、骨材分離および各要素の影響については明確な観察が困難であったが、充填を中断するとモルタルのみが管面を伝って流下し、その量もかなり多量であった。このモルタル流下度は振動とスランプ値に比例して増加した。更にモルタル流下は回転しながら流下した。

(2) 充填コンクリートの叩き出し結果

12 m までの充填においては、各条件とも良好な充填状況を示しているが、傾斜の上部に若干肌荒れが見られた。

40 m の充填では、予備試験と相異して骨材の分離および偏析が観察出来た。この分離偏析はスランプに関係し、2 cm 以下では防止出来たが、それ以上のスランプでは必ず発生した。また絶対細骨材率を 46%、スランプ値 2 cm 以下のコンクリートにあっては常に安定した良好な充填状況を示した。

(3) 充填速度試験結果

40 m 充填で各種形状のポッパーを使用して、15分～60分間の所要時間で行った結果は大きな差異はみられなかったが、連続的に投入した高速充填は良好な充填を示した。

なお作業性よりみて、フランジ式で円錐形の大形ホッパーが充填容易であった。

(4) 振動について

振動を加えず充填すれば、骨材の分離がはなはだしく極端なものは、骨材のみ集中して硬化不可能な部分が見られた。ただし、これはスランプ値の大きなものに限って発生し、スランプ値 2 cm 以下では分離は見られなかった。また空隙は各配合とも上部にのみ発生した。

また水セメント比 30% 以下のコンクリートは、充填時の振動を強力にしないと締固めが不十分になっていたが、30% 以上であれば表面肌の良いのが得られた。

(5) 切開ならびに切断面の観察

充填コンクリートを硬化、養生後に切開ならびに切断して、その充填状況を正確に観察した。切開における表面肌はスランプの大きい物ほどきれいであった。切断結果は、スランプ 2 cm 以下のものでは骨材分布が均一であったが、スランプ値の大きい物は、モルタルの多い所と少ない所の差が見られた。なお長時間振動および振幅 2 mm×2 の強力振動等についても、スランプ 2 cm 以下の物は分離、偏析、強度等についての問題は生じなかった。

(6) コンクリート圧縮強度試験結果

各充填試験の際に混練コンクリートをバッチサンプルに採取し、標準圧縮試験を行った結果は配合を除いて材令 7 日で 326 kg/cm<sup>2</sup> 516 kg/cm<sup>2</sup> であった。

(7) 動弾性係数および圧縮強度試験結果

動弾性係数は鋼管を切開して、内部コンクリートを取り出し音波法により測定した。このコンクリート使試体は  $\phi 6.3 \times 400 \text{ mm}$  である。この試料を更に 135.6 mm 切断し、両面キャッピングをし圧縮試験を行った。各試料の養生はすべて気中放置であり、これらの結果はとくにコンクリート協力度 n 値は 8 以下である。

(8) 充填鋼管の坐屈試験結果

単位セメント使用量が 250 kg の配合でコンクリート協力度は 8.9 である、その他は 3.57～7.3 の範囲に入

っている。よく詰りさえすれば十分安全であることを示した。

(9) 大径管の充填結果

目安として行った通過試験における堆積は直径約 1200 mm の円筒堆積を得た。また大径管の充填コンクリートの表面肌は良好であり、平均強度は 727 kg/cm<sup>2</sup> であった。詳細は表 9 のとおり。

(10) 打継ぎ充填および長時間の振動結果

施工上より考慮して、打継ぎまたは長時間振動が考えられ、打継ぎ際は 1 日以上と数時間の経過のものが予想される。結果は次のとおりで打継ぎ目のレイタンスの存在は無視出来ることを示した。

時間 (hr)	n の値
6	6.2
24	5.4

次に長時間振動は 12 m の接合管試験方法により V<sub>3</sub>、V<sub>4</sub> を用いて充填をし、1 時間ならびに 4 時間の連続加振を行った。結果を表 10 に示す。

表 10 長時間振動の充填コンクリート圧縮強さ

n	1 時間振動		4 時間振動	
	上部供試体	下部供試体	上部供試体	下部供試体
kg/cm <sup>2</sup>	936	1006	882	972

(11) 充填コンクリートの均質性試験結果

各試料を水洗いして、各高さにおける骨材の分離を調べた結果、砂利の分離は甚しく全般に叩き出しや切開観察と合致して、セメントと砂は高さに比例しており、砂利は逆になる傾向を示している。

(12) コンクリートの調査結果

各種の配合、充填方法を行った結果その調査については、追加配合の(基)に示すものを使用し、その混練時材料投入は砂利・セメント・砂・ $\frac{1}{2}$  の水ごとき順で混練中残余の  $\frac{1}{2}$  水を注入する調査が最適であった。また混練中は、砂利にモルタルが強固に付着した粒状の状態になるまで混練した物が容易に最良の充填を得られた。

表 9 大径充填コンクリートの圧縮強さ

材令 (日)	使試体形状 $\phi \times l$ (mm)	重量 (kg)	破壊荷重 (kg)	圧縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	試料採取位置	備考
11	150×300	12.490	143.0	809 (809)	下部	} $\frac{1}{3}$ 振動
11	150×280	11.475	115.0	651 (645)	中央部	

生産と技術

5. 結果の検討

(1) 充填結果とnの関係

予備試験によるコンクリート充填管の坐屈試験を行った結果および、それから算出したnの値を示せば表11の

表11 充填コンクリートのn値

採取位置		スランプ (cm)			
		0	2	5	8
坐屈荷重 (t)	下部	63.1 (4.3)	50.2 (7.3)	56.2 (5.4)	53.9 (5.8)
	上部	58.9 (5.0)	51.2 (6.3)	51.8 (6.7)	56.2 (5.2)

「注」( )内はnの値

表12 MC 鉄塔の建設実績

竣工年月	線路名	電圧KV	回線数	使用電線ACSR	基数基	重量ton	継手	主柱コンクリート充填
30. 7	関西電力(枚方一向日町)	70	2	100 <sup>□</sup> H.D.C.C	10	22	フランジ式	1回
30. 9	北海道電力(札幌連絡)	60	"	410 <sup>□</sup>	13	36	"	"
	住友共同電力(菊本)	60	"	330 <sup>□</sup> H.D.C.C	3	19	MC式	"
35. 7	関西電力(北大阪)	250	"	330 <sup>□</sup> ×2	9	81	"	2回
34. 7	北海道電力(新苫小牧)	170	"	240 <sup>□</sup>	20	76	MC式 フランジ式	"
35. 8	電気試験所	600	1	-	1	8	フランジ式	地上
35. 11	電力中央研究所	400	2	330 <sup>□</sup> ×2 240 <sup>□</sup> ×2	1	8	"	2回
35. 2	四国電力(香川)	60	"	200 <sup>□</sup> (特)	3	20	"	上1木地上
36. 6	関西電力(鳴門一淡路)	170	"	730 <sup>□</sup> (特)	2	435	"	下部1節ごと上部地上
36. 8	電源開発(尾鷲)	140	"	240 <sup>□</sup>	12	39	"	1回
36. 8	九州電力(東福岡)	220	1	410 <sup>□</sup>	5	25	"	地上
36. 10	中部電力(南勢北勢)	140	2	240 <sup>□</sup>	3	14	"	"
37. 3	関西電力(西飾磨)	70	4	610 <sup>□</sup>	2	321	"	"
37. 11	住友共同電力(西条)	170	2	330 <sup>□</sup>	50	347	"	"
37. 11	関西電力(新神戸)	250	2, 4, 6	330 <sup>□</sup> ×2	46	570	"	地上部3節打ち
37. 11	和歌山共同火力	70	2	610 <sup>□</sup>	9	67	"	地上
38. 4	住友電工(熊取)	700	1	-	2	66	"	"
38. 8	関西電力(伊丹)	140	2	200 <sup>□</sup> H.D.C.C	3	23	"	"
38. 10	関西電力(向日町)	70	4	330 <sup>□</sup>	26	152	"	"
建設中	関西電力(姫路東)	250	2, 6	410 <sup>□</sup> ×2	54	800	"	"
"	九州電力(人吉)	110	1	160 <sup>□</sup>	26	48	"	"
"	関西電力(木曾)	140	2	180 <sup>□</sup>	1	5	"	"
"	関西電力(新加古川)	250	2, 6	410 <sup>□</sup> ×4 410 <sup>□</sup> ×2	156	2830	"	"
合計					457	6012		



ようになる。

この場合のコンクリート配合は次のとおり

スランプ値 0 : 2 : 5 : 8

配合, 記号 ロ : ニ : ホ : ヘ

上記の如く実験結果も  $n$  は 8 以内に入っている。

また打継ぎ充填や長時間の加振等についての  $n$  の値も打ち継ぎ目のレイタンスおよび硬化時の振動等がある場合でも  $n$  の値は心配ない。

## 6. MC 鉄塔の実績

わが国における MC 鉄塔の建設実績を表12に示す。

## 6 結 言

以上 MC 鉄塔の概要ならびに実験結果を述べて来たが、近年 MC 鉄塔の優秀性、優れた経済性等が認識され、表12にも見られるとおり昭和39年3月現在で 6000 t 以上の実績を持ち、更に大量の建設が予定されている。