

流動化剤を使用したタービン発電機架台コンクリートの施工

Concrete Work with Superplasticizing Admixture, Applied to the Foundation for Turbine Generator

森田 修*
Osamu Morita

片野 襄**
Yuzuru Katano

要 約

関西電力御坊発電所新築工事のうち、タービン発電機の架台は、その心臓部に当たるため、高品質のコンクリートを要求されている。この架台施工で問題となったのは、マスコンクリートに該当するための水和熱によるひびわれ対策と異種生コンの使用である。

前者の問題は、流動化剤を使用して単位セメント量を少なくし、水和熱の低減を図った。後者の問題は、生コンプラントの供給能力と地元の経済振興から、採用6社の品質管理体制の強化を行い、品質の均一化を図った。

結果は、温度によるひびわれや生コン品質のバラツキも少なく、良質のコンクリートが施工でき、マスコンのひびわれ対策には、流動化剤の使用は有効な手段といえる。また、異種生コンの使用は、品質管理を十分行うことで、特に支障の発生することは無い。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. マスコンクリートの水和熱対策
- § 4. 異種生コンの品質管理
- § 5. 架台コンクリートの施工
- § 6. 終わりに

§ 1. はじめに

御坊発電所は、関西電力(株)が和歌山県御坊市に新設している火力発電所で、昭和55年より人工島建設を開始し、当建築工事は昭和57年に着手した。タービン発電機は、1号～3号機まであり、各ユニットとも最大出力は60万KWの可変型である。人工島方式による発電所建設は、当所が始めての試みであり、各方面から注目をあびている。また、建築工事におけるコンクリート数量は約18万m³で、土木・建築を合わせると約30万m³に達す

る。その内、タービン発電機架台のコンクリート工事は、1回の打設量が約1,400m³もある大断面の構築物で、マスコンクリートに該当する。マスコンクリートの施工には、ひびわれ防止のため中庸熱、高炉、フライアッシュなどの水和熱発生が低いセメントが良いとされているが、当工事では、客先より地元生コンプラントの使用を義務付けられており、そのプラント能力等もあって普通ポルトランドセメントを使用した。

更に、生コンプラントの供給能力から、異種生コンを採用せざるを得ず、これらの品質管理とあわせて、当現場におけるタービン発電機の架台コンクリート工事について報告する。

§ 2. 工事概要

工事名称：御坊発電所新設工事（1～3号機）のうち
主要建築工事

工事場所：和歌山県御坊市塩屋町南塩屋字富島1～3

発注者：関西電力株式会社

設 計：(株)新日本技術コンサルタント

* 関西(支)関電御坊(出)

** 関西(支)関電御坊(出)主任

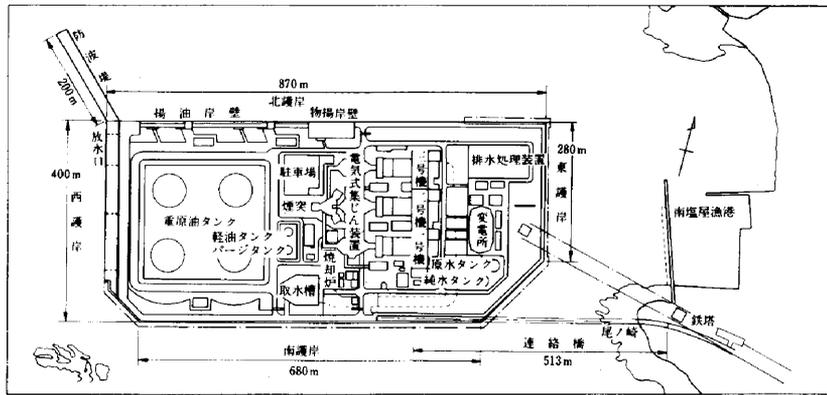


Fig.1 御坊発電所一般平面図

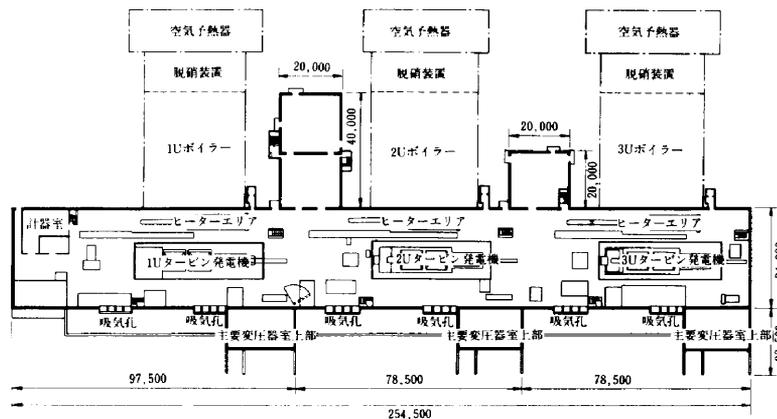


Fig.2 本館3F平面図

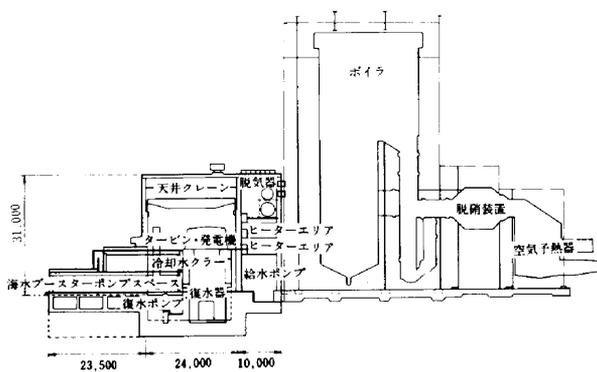


Fig.3 本館断面図

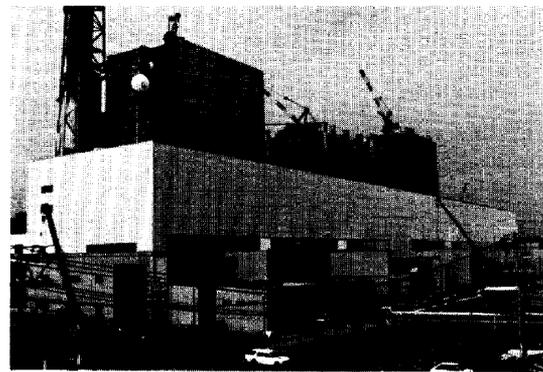


Photo1 建物全景

監 理：関西電力株式会社
 施 工：大林・間・西松・佐藤共同企業体
 工 期：昭和57年1月～昭和60年2月
 構造規模：本館 RC造・S造 6階建
 建築面積 14,154m²
 延床面積 35,635m²

建物概要を Fig.1～3, Photo 1 に示す。

2-1 発電機架台の概要

タービン発電機は、Fig.1 に示すように建物内に3基

並列に設置される。この発電機架台は、1基当たりの面積が550～570m²、高さ7～9m、コンクリート量1,300～1,400m³、鉄筋量150～200tもある巨大な構築物である。架台は、将来この上に重量回転体（発電機）が据え付けられるため、高品質な躯体が要求されている。架台3基の主な数量を Table 1 に、架台の施工状況を Photo 2～Photo 4 に示す。

Table1 タービン架台の主な数量

項目	1号機	2号機	3号機
水平面積	564m ²	556m ²	571m ²
コンクリート量	1,310m ³	1,420m ³	1,380m ³
型枠面積	1,660m ²	1,550m ²	1,580m ²
鉄筋量	200t	150t	170t
打込高さ最高	9.0m	7.5m	7.0m
柱断面最大	1,500×5,700 2,000×3,500	2,000×5,000 3,000×4,000	1,900×3,000 3,300×3,500
梁断面タテ型	H W 4,050×1,750	H W 6,000×1,200-3,000	H W 5,600×1,500-3,000
梁断面ヨコ型	H W 2,600×4,300	H W 2,800×4,700	H W 2,600×3,800
鉄筋量/コンクリート量	152.67kg/m ³	105.63kg/m ³	123.19kg/m ³



Photo2 タービン架台配筋状況



Photo3 タービン架台コンクリート打設状況



Photo4 タービン架台完成状況

§3. マスコンクリートの水和熱対策

タービン発電機の架台は、1基当りのコンクリート量が1,400m³もあり、これを一度に打設しようとするれば、当然マスコンクリートとして取扱う必要がある。

マスコンクリートを施工する上で注意することは、水和熱によるひびわれがある。この対策としては、一般に次のようなものが上げられる。

- (1)水和熱発生の低い中庸熟ポルトランド、高炉、フライアッシュなどのセメントを使用する。
 - (2)練水に冷却水を用い、コンクリート温度を下げる。
 - (3)骨材寸法の大きなものを使って実績率を上げる。
 - (4)夏季のコンクリート打設を避ける。
 - (5)打設ブロックを小割りにし、小断面のコンクリートにする。
 - (6) AE 減水剤遅延形を使用する。
 - (7)単位セメント量、単位水量を減らしたコンクリートを用いる。
- 以上の諸対策を当現場にあてはめてみた場合、次のことがいえる。

- (1)水和熱の低いセメントの使用は、地元生コンプラントを使う関係上、プラントにそれらを大量に貯蔵する施設、能力がない。
- (2)冷却水の使用は、上記と同様にプラントに冷却水の設備がない。
- (3)骨材寸法を大きくすることは、Photo2でも分かるように、一般の基礎と違って架台の鉄筋量が多く、配筋も密に組まれているため、骨材の最大粒径を25mmに押えないと支障の発生するおそれがある。
- (4)夏季のコンクリート施工を避けることは、当工事の工程上不可能である。
- (5)打設ブロックを小割りにすることは、この上に重要回転体が設置されることを考えると、打継ぎはできるだけ避ける必要がある。

以上の理由により、当工事においては、

- AE 減水剤遅延形を採用する。
 - 単位セメント量、単位水量を減らしたコンクリートを使用する。
- という2項目を採用することに決めた。

3-1 AE 減水剤

AE 減水剤を採用するに当たって、その種類および使用量による水和熱の傾向を把握するため、当現場においてモルタルを使って実験を行った。

実験は、AE 減水剤の標準形 (ポゾリス No.70) と遅延形 (ポゾリス No.8) との比較、減水剤の混入率による

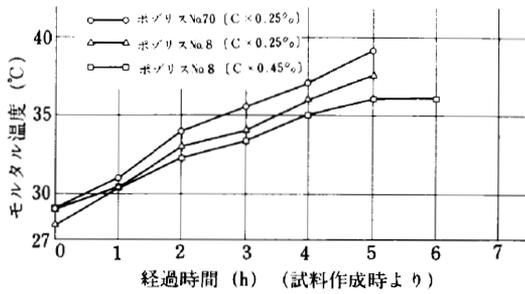


Fig.4 混和剤とモルタル温度の関係 [C:セメント量]

差について実施した。その結果を Fig.4 に示す。

実験結果から、セメント水和熱を低く押えるためには、遅延形の方が有効であることが実証された。

3-2 流動化剤

水和熱の低減を図るために、単位セメント量、単位水量を減らしたコンクリートは、流動性の悪い硬練りコンクリートとなる。一般にマスコンクリートをポンプで圧送することは、流動性を重視するあまりコンクリートの配合まで影響を及ぼすことがあるので好ましくないとされているが、施工場所や作業性など当現場の状況を考えてみると、ポンプ圧送で施工するのが最適である。

更に、高品質のコンクリートを要求されている架台は、鉄筋のみならず埋設金物やスリーブがかなり密に入っており、ジャンカ等の構築物の不具合は、絶対避けなければならない状況にある。

そこで、硬練りコンクリートの配合を変更することなく、ポンプピリティの改善を図るために、流動化剤を使用することにした。硬練り状態のコンクリートは、スランプが8 cmであるが、これを15cmまでに上げ、時間当りのコンクリート打設量を23~28m³に想定した施工計画をたてた。

参考までに、スランプ8 cmのコンクリートを15cmにした場合と、もともとスランプ15cmのコンクリートを単純に配合で比較すると、Table 2のようになり、セメントが29kg/m³、水が16kg/m³少なくてできる。

Table2 配合比較表

記号	呼び強度 (kg/cm ²)	スランプ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤 (kg/m ³)
A	240	15	25	4	54	43.0	335	181	759	1,051	PzNo.8/0.838
B	240	8→15	25	4	54	43.4	306	165	792	1,047	NP10 1.263 PzNo.8 0.765

A: ベースコンクリート B: 流動化剤混入コンクリート

§ 4. 異種生コンの品質管理

当プロジェクトは、海を埋立てた人工島に建設するため、専用の生コンプラントを設置するだけのスペースが確保できず、地域の経済振興ということもあって、地元の生コンプラント6社を採用した。

各生コンプラントの供給能力は、Fig.5に示すように時間当たり最高で50m³前後である。当工事で、1回のコンクリート打設量が600m³を超える場合は必然的に2社以上のプラントを使わざるを得ず、異種生コンは避けられない状況にある。

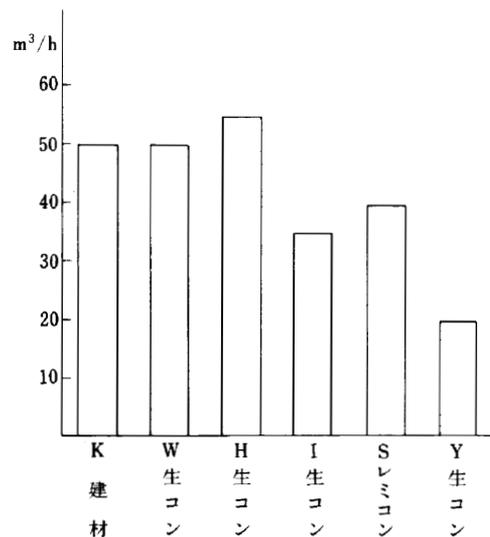


Fig.5 生コン供給能力

そのため、生コンプラント間で品質格差が生じないようにプラントの改善、管理体制の強化を実施した。

4-1 品質管理体制

高品質のコンクリートを要求されている当工事では、異種生コンの上、流動化コンクリートを採用しているため、メーカー、工事担当者、工事管理者がそれぞれの分担を決め、責任範囲を明確にすると共に、万一に備えて速やかに対応できる管理体制をしいた。

各分野における品質管理のフローを Fig.6 に示す。

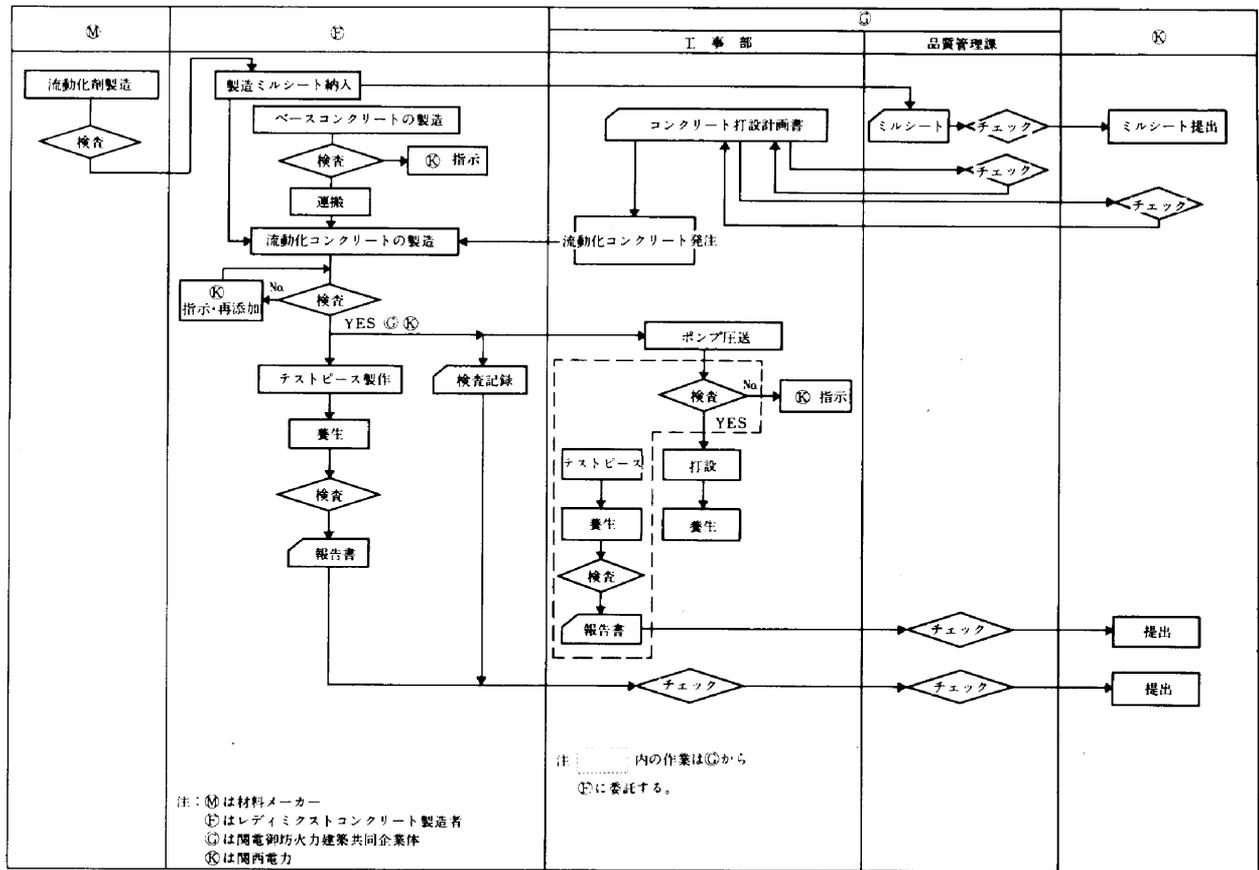


Fig.6 コンクリート業務品質管理フロー

4-2 生コンプラントの品質管理

工事着工に当って、生コンプラントの調査を行った。その内容は、プラントの組織、供給能力、現場までの所要時間などの一般事項を始め、セメント、骨材、混練水、混和剤などの使用材料、練り上がった生コンの性状、製造・運搬等の設備など、延べ81項目について実施した。

この結果、プラントによってその内容、能力にかなりの差があり、生コンに不具合の発生するおそれが十分考えられると判断され、全プラントについて十分な品質管理指導を行うことにした。

コンクリートに関する試験・検査項目を Table 3 に示す。

(1) 材料

セメントは、各プラントともそれぞれ違うメーカーのものを採用していた。しかし、セメントそのものは、品質が均一化されており、問題ないと判断した。

骨材は、コンクリート容積の約70%前後を占める重要な材料であるため、その産地、品質等には十分な注意をはらった。コンクリートに劣悪な骨材が混入した場合、強度的には十分満足しても、乾燥収縮量や耐久性などに大きな影響を与えることがあるため、試験方法や規格の

Table3 コンクリート試験・検査項目

分類	試験・検査項目	試験・検査方法	頻度	
材料検査	セメント	新鮮度	目視・指触・温度計測	入荷時全車
	骨材	異物	目視	入荷時全車
		表面水	JIS-A-1111	2回/日
		粗度・粗粒率	JIS-A-1102, JIS-A-5005	1回/月
		表・裏面での塩分	JIS-A-1103, JIS-A-5005	1回/週
		細骨材中の塩分	JASS-5T-202	1回/週
		比重・吸水率	JIS-A-1109, JIS-A-1110, JIS-A-5005	1回/月
		有機不純物	JIS-A-1105	1回/月
		粘土塊量	JASS-5T-201	1回/月
		管経測定・実積率	JIS-A-5005	1回/月
		安定性	JIS-A-1122	1回/年
		すりへり量	JIS-A-1121	1回/年
軟石量	JIS-A-1126	1回/年		
水	JASS5.14 C1.1.6	水道法第4条に定める方法	1回/年	
混和材料	JASS5T-401.1.6	JASS-5T-401に定める方法	1回/年	
強度検査	コンクリートの性状	スランブ空気量 温度 練混ぜ開始から打込までの時間	JIS-A-1115, JIS-A-1101 JIS-A-1128 棒状アルコール温度計	1回/75m ³ 1回/75m ³ 1回/75m ³ 全数
	コンクリートの強度	製造直後の強度 荷卸地点の強度 打込直前の強度	JIS-A-1108 JIS-A-5308 JASS-5T-603	1回/150m ³ 1回/150m ³ 1回/150m ³

統一を図り、立合検査は入念に行なった。

細骨材は分析の結果、0.04%以上の塩分を含有していることが判明したため、架台コンクリートの水セメント比は55%以下とした。(注)

(2) 調合管理

コンクリートの品質管理を万全に行うため、全生コンプラントに自動印字機を導入させ、セメント量、水、細骨材、粗骨材、混和剤のほか、生コンの数量、日付け、練りませ時刻など8項目を記録させた。

流動化剤の使用は、コンクリートのスランプ、空気量、温度によってその添加量が異なってくるため、品質管理は、荷卸し地点に各社の試験係を立合わせ、75m³毎にその値を確認させた。

これらの対策を実施した結果、プラント側では、材料の使用量が正確に把握でき、オペレータの操作ミスが無くなったこと、荷卸し時の品質検査でも、結果のバラツキが少なかったことなど、また、コンクリートの強度についても、一回の打設につき126本のテストピースを採取したが、すべて設計強度を十分満足していたことなど、異種生コン使用による影響もなく、満足できる品質の生コンが確保できた。

§ 5 . 架台コンクリートの施工

5-1 工事計画

発電機架台は、打設するコンクリート量も多い上、生コンプラント数社からの納品や流動化剤の添加など、種々の問題点を抱えている状況で、高品質のコンクリートを得るには、現場サイドの管理が大切である。

そのため、事前に十分検討を重ね、次のような計画・準備を行った。

- (1)コンクリートの打設は、ポンプ車（三菱シュベイングコンクリートポンプ車 A-1000B）4台を使用する。
- (2)ポンプ車の設置位置は、生コン車の運行・待機、流動化剤の投入プラント、洗車ピットなどを考慮してあらかじめ決めておく。
- (3)流動化剤の添加は、投入作業を確実にを行うため、Fig.7のような専用プラントを設置する。
- (4)生コンの出荷及び供試体採取は、連絡忘れやミスを無くするため、あらかじめ各生コンプラントに、各時間毎の出荷量や供試体の採取時期・本数などを書類で明示する。

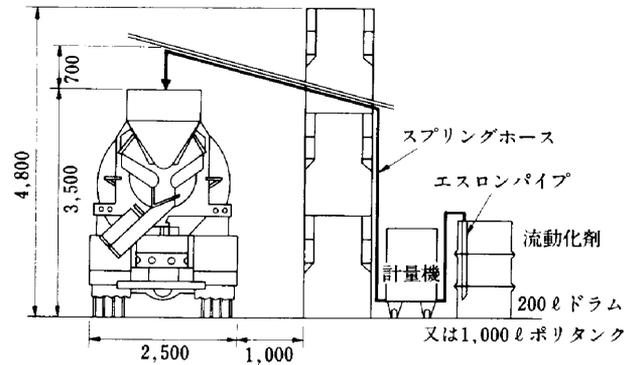


Fig.7 流動化剤投入装置（パイプ設備による投入方法）

- (5)生コン圧送用配管は、段取りがえがスムーズに行くよう先行配管をする。また、架台の最高打込み高さが7.5mもあるため、監督官の了解を得て打設用の仮設開口を設け、そこに縦配管を行い、コンクリートの自由落下高を1m以下に押える。
- (6)万一、不具合が発生しても迅速に対処できる管理体制をとるため、QC、近隣対策、安全対策、鉄筋、型枠、機電、打込み、試験、連絡等の各担当者を決め、その責任範囲を明確にする。

5-2 施工

架台のコンクリート施工に先立ち、打設時のトラブルを避けるために、管理職員には打設計画書を事前に配布し、説明会を開いてその内容を十分理解させた。また、作業員には締固めの方法、打設順序、養生方法、段取りがえの方法、配管ルート、仮設開口部の復旧方法などについて、教育を実施した。

コンクリートの打設は、できるだけコールドジョイントを無くすために、Fig.8に示すような細かい打設計画を組み、打設後2時間以内に必ず前打設箇所には戻るようにした。なお万全を期すため、このことは作業員にも周知徹底させた。

打設箇所には、Fig.9に示すよう、架台全面に水平棚足場を組み、コンクリート打設を行った。なお、柱部には先行して垂直配管を行ったが、その段取りがえにはジブクレーン及びウィンチを使用した。これによって段取りがえの時間は、当初予定した時間よりかなり短縮でき

(注)JASS 5は、細骨材II級以下の塩化物の許容限度を0.10%と定めている。すなわち、塩化物の含有率が0.04%以上0.10%以下であることが確認された場合には、次の①～⑤の処置を少なくとも2～3実施する条件付きで使用可能としている。コンクリート自体の防蝕機能を主力にしたものである。①水セメント比を小さくして入念に施工し、密実なコンクリートをつくる、②かぶり厚さを増す、③良質な防錆剤を用いる、④亜鉛めっき鉄筋を使う、⑤水密性の高い仕上げを施す——などである。なお、建設省住宅局建築

指導課より昭和52年10月出された海砂使用に関する通達には、より具体的な防錆剤処置が示されている。例えば、細骨材の塩分含有量が0.04%を超え0.1%以下のとき、①水セメント比が55%以下でスランプが18cm以下であること、または水セメント比が50%以下でスランプが21cm以下であること、②適切な防錆剤が使用されていること、③または床の下端鉄筋のかぶりは3cm以上であり、AE減水剤が使用されていること——などである。

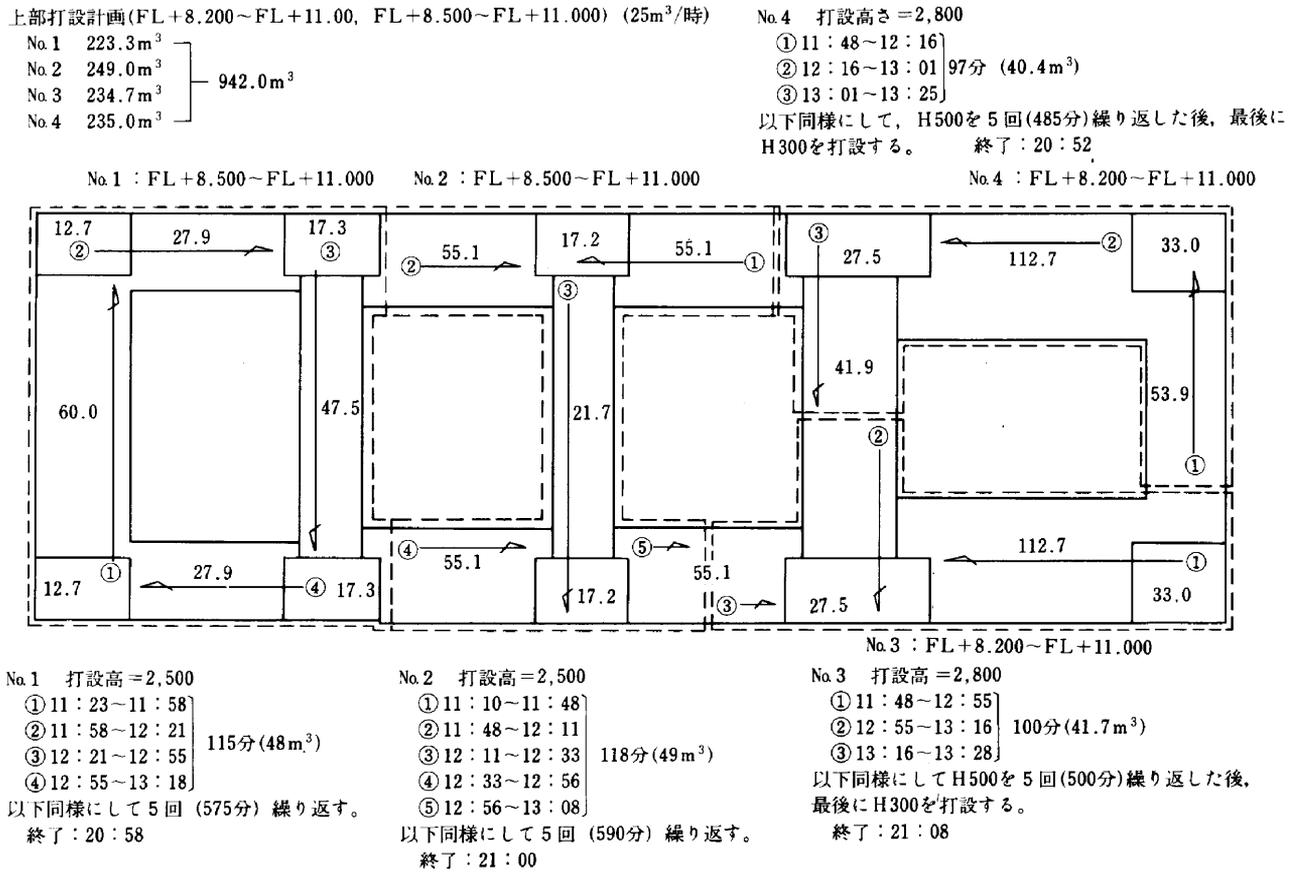


Fig.8 架台コンクリート打設計画

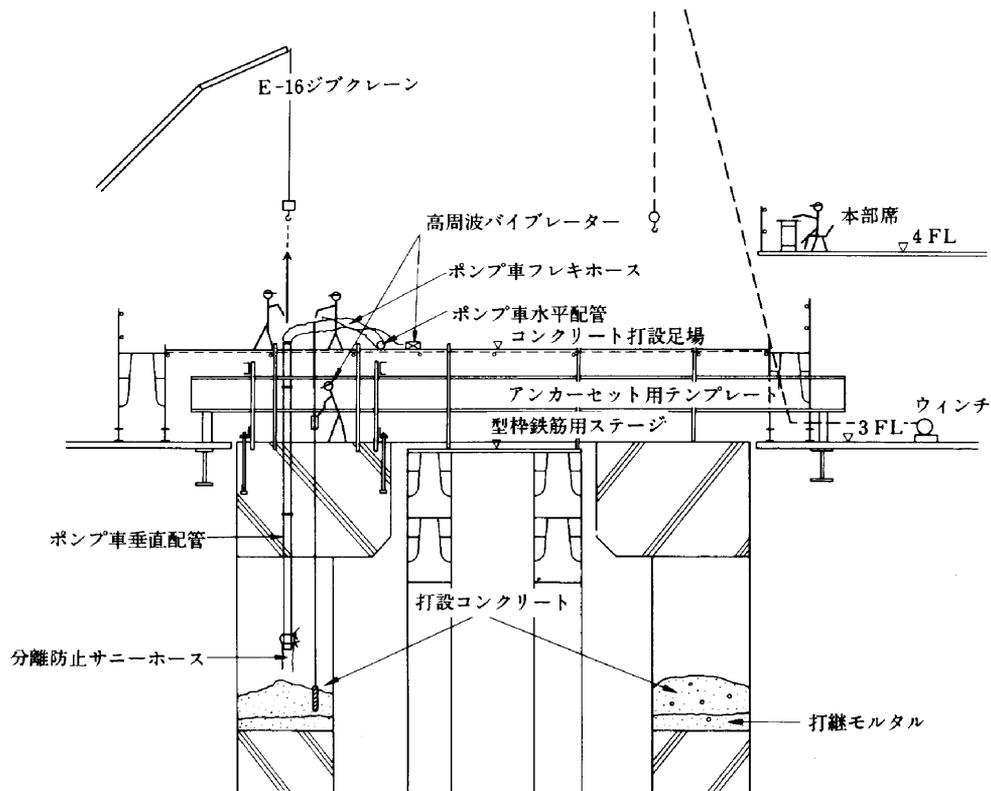


Fig.9 架台コンクリート打設計画図

た。

打継部のコンクリート表面レイタンスは、打設後、表面に凝結遅延剤を散布し、約8時間後、ハイウォッシャーによる高圧洗浄を行って除去した。

打継面には、約5 cmの厚さにモルタルを打設し、その上からコンクリートを打設した。この結果、コンクリートの廻りも良く、豆板等のない良質な打継ぎが施工できた。

コンクリート打設後、翌日から架台全面に湿潤マットを敷きつめ、散水養生を7日間行った。

5-3 打設実績

1~3号機までの架台コンクリート打設実績をTable. 4, 5, 6に示す。

Table4 コンクリート打設実績表(1号機)

項目	ポンプ車 No.1 (φ150)	No.2 (φ150)	No.3 (φ150)	No.4 (φ120)	計
打設時間(時)	6:30~ 20:35	6:30~ 20:35	6:30~ 20:35	6:50~ 20:05	max 6:30~ 20:35
延時間(分)	845	845	845	795	3,330
打設量(m ²)	423.5	335.5	304.0	234.0	1,297.0
ポンプ車時間当りの打設量(m ³ /h)	30.1	23.8	21.6	17.7	23.4
備考(ロスタイム)	-	配管詰り 30分	ポンプ車トラブル 120分	配管詰り 30分	全体打設量 93.2m ³ /h

Table5 コンクリート打設実績表(2号機)

項目	ポンプ車 No.1 (φ150)	No.2 (φ150)	No.3 (φ150)	No.4 (φ150)	計
打設時間(時)	6:20~ 17:50	6:20~ 17:25	6:15~ 17:00	6:15~ 17:00	max 6:15~ 17:50
延時間(分)	690	665	645	645	2,645
打設量(m ²)	354.5	405.0	351.0	305.0	1,415.5
ポンプ車時間当りの打設量(m ³ /h)	30.8	36.5	32.7	28.4	32.1
備考(ロスタイム)	-	配管詰り 10分	配管詰り 15分	-	全体打設量 128.4m ³ /h

Table6 コンクリート打設実績表(3号機)

項目	ポンプ車 No.1 (φ150)	No.2 (φ150)	No.3 (φ150)	No.4 (φ120)	計
打設時間(時)	6:15~ 17:05	6:30~ 16:50	6:30~ 16:20	6:15~ 16:45	max 6:15~ 17:05
延時間(分)	650	620	590	630	2,490
打設量(m ²)	431.0	348.0	365.0	194.0	1,338.0
ポンプ車時間当りの打設量(m ³ /h)	39.8	33.7	37.1	18.5	32.2
備考(ロスタイム)	-	-	-	配管材トラブル 60分	全体打設量 129.1m ³ /h

最初の1号機的时候は、配管詰り、ポンプ車のトラブルなどで当初の終了予定時刻を1時間ほどオーバーしたが、その原因として考えられる事項を特性要因図にまとめ、以後の打設計画に反映させた。(Fig.10)

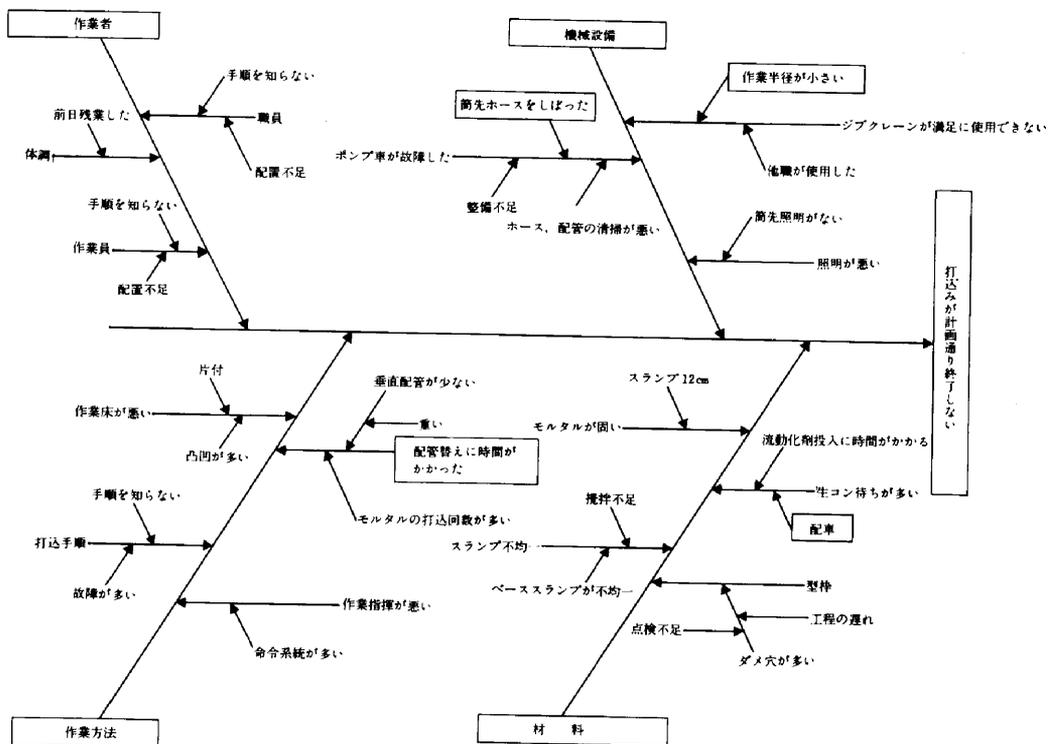


Fig.10 コンクリート打設作業遅延の特性要因図

その成果は、2、3号機に顕著に現われ、1号機に比べて2時間以上も打設時間を短縮した。更に、3号機では僅かながらも時間当りの打設量を向上させることができた。

§ 6 . 終りに

マスコンクリートであるタービン発電機の架台工事は、流動化剤を採用したことによって、施工性の向上とマスコンのひびわれ対策の両面で、かなり有効な手段であったといえる。さらに、異種生コンの使用に当たっては、品質管理を十分行うことによって、特に支障が発生することは無いことが分った。

今回の工事で、今後の問題点として上げられることは、①流動化剤投入の際、スランプ確認を一部目視で判断せざるを得ないことがあり、品質のバラツキをできるだけ無くすためにも、投入には経験豊富な技術者が必要である。②コンクリートスランプは、流動化剤投入後、約30分程度で元の性状に戻ってしまうので、投入後の生コン車は、待機させないように綿密な打設計画が大切な2点であろう。

現場担当者として、今回の架台コンクリート工事は、ほぼ満足のできる結果であった。最後に、監理を担当された関西電力の方々の御理解と御指導に、深く感謝する次第です。