

## — 北港ジャンクションの設計・施工 —

大阪第三建設部	設 計 課	宮 坂 佳 洋
同 部	同 課	茅 野 茂
同 部	桜島工事事務所	安 福 昭
同 部	同工事事務所	吉 田 聰

### 要 約

北港ジャンクションの要となる橋脚は、あまり例のない4層の立体ラーメン構造となる。この構造の設計上の主な問題点として、全体の構造解析、立体隅角部の設計、耐震設計にあたっての適切な手法の採用が求められる。また、ジャンクション部全体の構造が複雑であり、適切な架設法の採用に十分な検討が必要である。

この報文は、この構造の全体構造解析にあたって導入した上部工骨組構造系のモデル化、および各種荷重の載荷方法が設計上問題とならない範囲で、断面力が算定しうる簡易解析法について、その適用性を検討したものである。立体隅角部の解析は、3つの平面に分けてそれぞれの応力度を合成し、安全性を照査している。耐震設計に際しては、架設地点の地盤も考慮し、修正震度法を適用している。施工については、現地状況等に鑑み関係方面との調整結果をふまえた架設方法を採用している。

### まえがき

北港ジャンクションは、阪神高速道路湾岸線の安治川～新淀川間のほぼ中央に位置する(図-1参照)。北港ジャンクションは、湾岸線と淀川左岸線、および大阪市が埋立造成中の北港北地区と既成市街地とを結ぶ北港連絡線(大阪市にて施工)とを相互に連絡する。その構造は4層の立体ジャンクションとなる(写真-1参照)。このため、鋼製立体ラーメン形式の橋脚を採用して、近接施設の移設および用地買収を極力少なくするとともに、構造的にコンパクトで、かつ全体の剛性を高めるように配慮している。しかしながら、あまり例のない複雑な構造の立体ラーメンであり、構造設計上、次

の点について入念な検討が必要である。

- (1) 立体構造であるため上部工との支点数が多くなり、かつ数箇所は剛結構造となる。したがって、上部工から作用する荷重の組合せが膨大で複雑となる。このため荷重の組合せを明確にする必要があり、構造系の変化に対応させた立体骨組構造解析が必要である。
- (2) 立体隅角部の解析法を実際の設計レベルで設定する必要がある。
- (3) 複雑な構造物であり、全体の耐震安定性を確認するために動的解析が必要である。

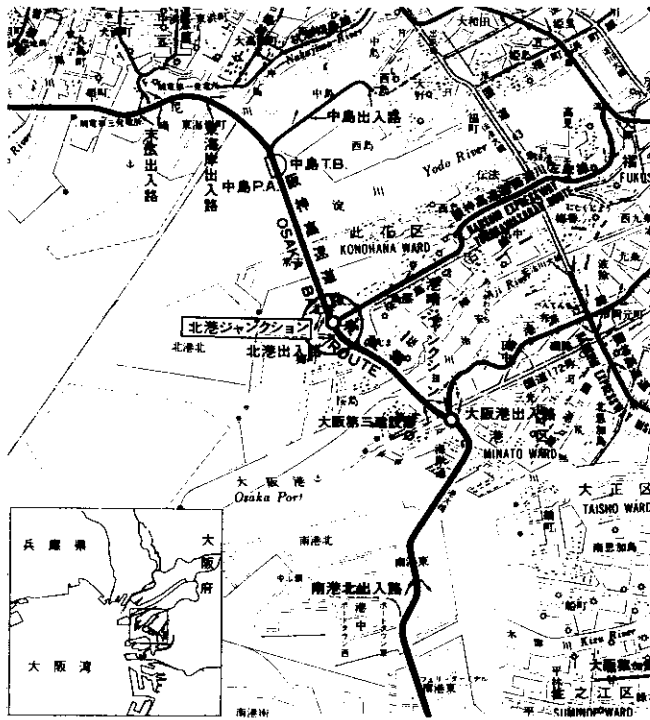


図-1  
北港ジャンクション  
位置図

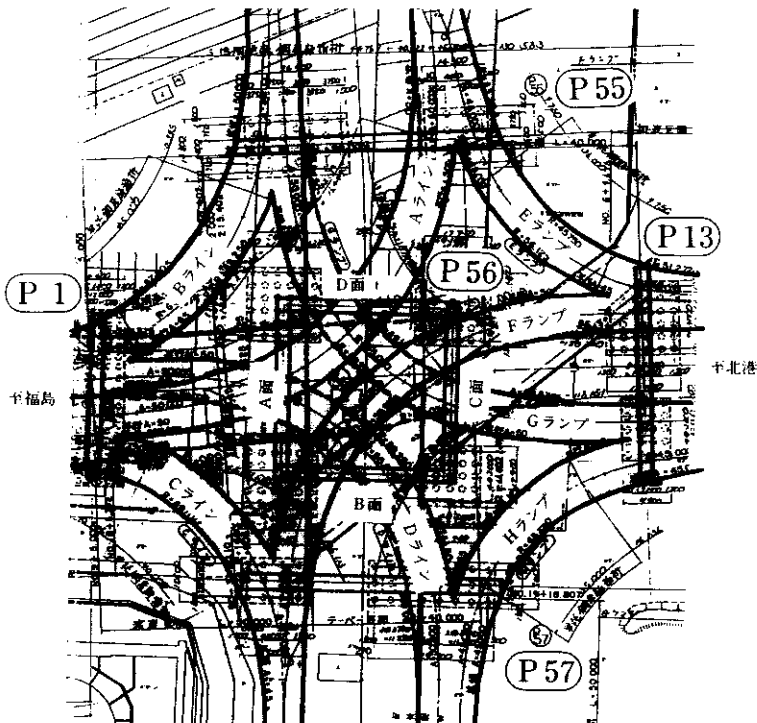


図-2  
北港ジャンクション  
平面図

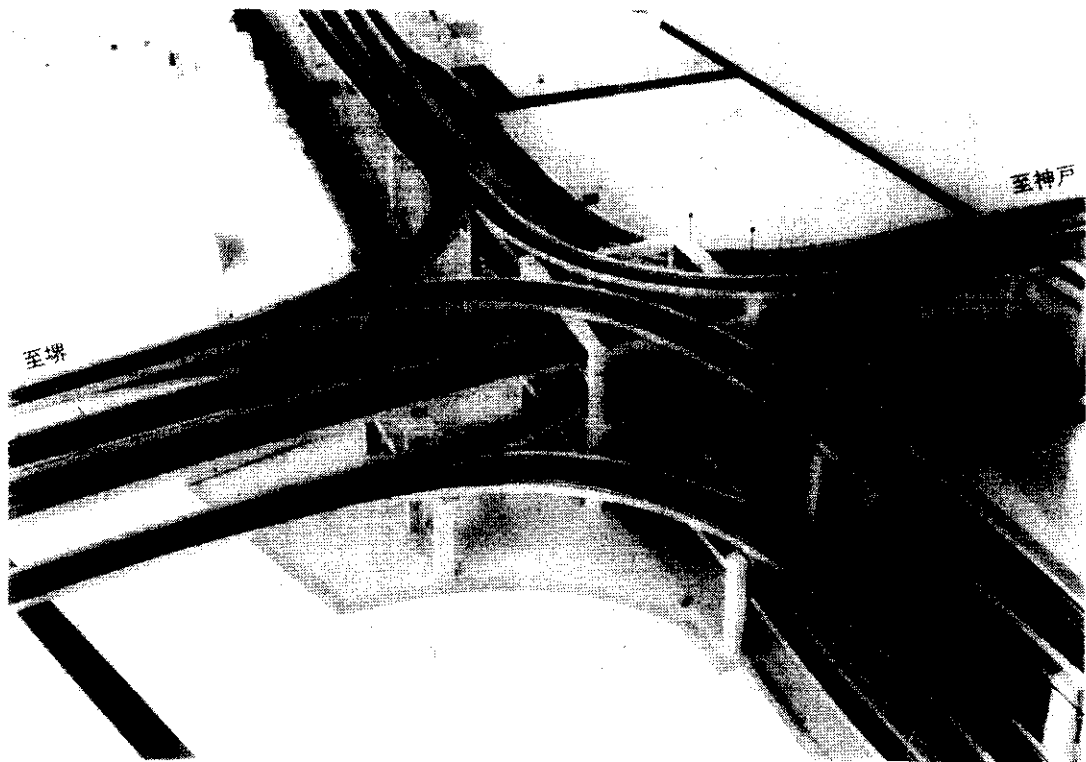


写真-1 北港ジャンクション完成予想図

本文では、これらの課題について実用的な解析法を検討するものである。また、ジャンクション部には、他団体施工の工事が競合する。開通時期が定められていることから、現場状況や構造物の複雑さを勘案した施工方法について調整、検討を加えたのでその成果をも併せて報告する。

## 1 橋脚の概要

北港ジャンクションの平面図を図-2に示す。また、4方向からみた橋脚の側面図を図-3に示す。この橋脚の構造的諸元は次のとおりである。

- 平面形状……完全立体交差型（二重つづみ型）
- 橋脚形状……鋼製4層立体ラーメン橋脚（檜型）

### ○上部工

- 第1層：北港線：3径間連続鋼床版3箱桁橋
- 第2層：Dライン：3径間連続鋼床版2箱桁橋  
Gランプ：3径間連続鋼床版2箱桁橋
- 第3層：湾岸線（剛結部2箇所）  
3径間連続鋼床版2箱桁橋
- 第4層：Aライン（剛結部1箇所）  
3径間連続鋼床版2箱桁橋  
Fランプ（剛結部1箇所）  
3径間連続鋼床版2箱桁橋

○鋼材重量……本 体 工	2,571t
アンカーフレーム	102t
アンカーボルト	98t
付 属 物	25t
合 計	2,795t

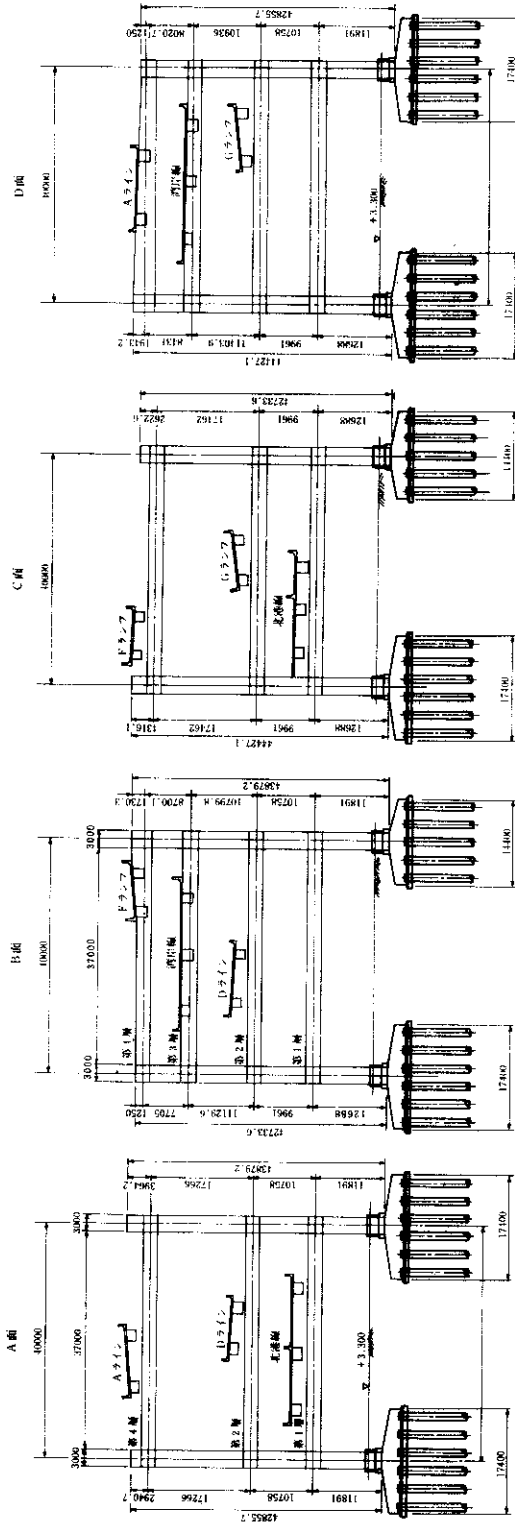


図 - 3 立体ラーメン橋脚一般図 (単位: mm)

## 2 構造解析

### 2-1 解析概要

橋脚の構造解析は、微小変形理論に基づいて、立体骨組構造系を用いて設計断面力を算出している。なお、死荷重による断面力は、図-4に示す実際の架設ステップに応じた2ケースの構造系による計算結果を重ね合わせることにより算出している。

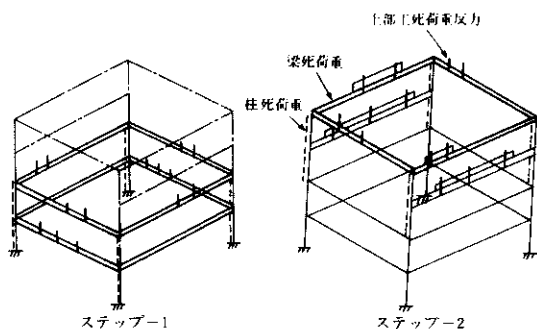


図-4 死荷重解析構造系

橋脚上には、曲線ランプ桁を含めて6本の桁が載っており、剛結部を含めると支点数は28となる。したがって、橋脚の任意着目点に対する最大・最小断面力は、2<sup>28</sup>ケースもの組合せの中から各着目部材に対する最も不利な荷重状態に対しての断面力を算出することが必要となる。

しかしながら、これを逐次行うことは現実的ではないので、設計の前段階として、簡単な立体橋脚モデルで荷重の分配性状を把握し、実際の構造系において、解析可能な活荷重の荷重形式を決定する方法を採用している。

### 2-2 活荷重の荷重方法

#### 2-2-1 単位荷重載荷時の荷重分配性状

簡易解析モデルとして図-5に示すモデルを設定している。このモデルの活荷重載荷点に、それぞれ1つずつの単位荷重 ( $P = 1,000\text{tf}$ ) を載荷させた時に生ずる各部の断面力を算出し、荷重がどのように分配されているかを把握している。

B面最上層の梁中央部に単位荷重を載荷した時の各部材の断面力を表-1に示す。表-1の結果から、軸力に関しては、B面に属する柱C<sub>AB</sub>、B<sub>BC</sub>で全鉛直反力の約99%を負担しており、載荷面以外の柱には、軸力がほとんど分配されていないことが明らかである。

表-1 各部材の算定断面力

部 機 名	部 材 番 号	軸 力(Nx)	剪 断 力(Sy)	剪 断 力(Sx)	ト ル ク(Tx)	曲 げ(My)	曲 げ(Mz)
C <sub>ca</sub> 柱	100 - 110	-0.5	-0.1	0.0	-0.8	-11.0	1.0
	140 - 150	-0.4	0.1	0.0	-7.3	-7.8	-2.4
	170 - 180	-0.4	10.3	0.0	-11.5	-7.8	49.2
C <sub>ab</sub> 柱	200 - 220	-449.5	0.0	4.2	-0.8	-31.6	-11.0
	240 - 250	-449.6	0.0	-19.5	-7.3	253.7	-7.8
	270 - 280	-499.6	0.0	-461.5	-11.5	-2,196.3	-7.8
C <sub>cc</sub> 柱	300 - 310	-499.5	-4.2	0.0	0.8	11.0	31.6
	340 - 350	-499.6	19.5	0.0	7.3	7.8	-253.7
	370 - 380	-499.6	-461.5	0.0	11.5	7.8	2,196.3
C <sub>cd</sub> 柱	400 - 410	-0.6	0.0	0.1	0.8	-1.0	11.0
	440 - 450	-0.4	0.0	-0.1	7.3	2.4	7.8
	470 - 480	-0.4	0.0	-10.3	11.5	-49.2	7.8

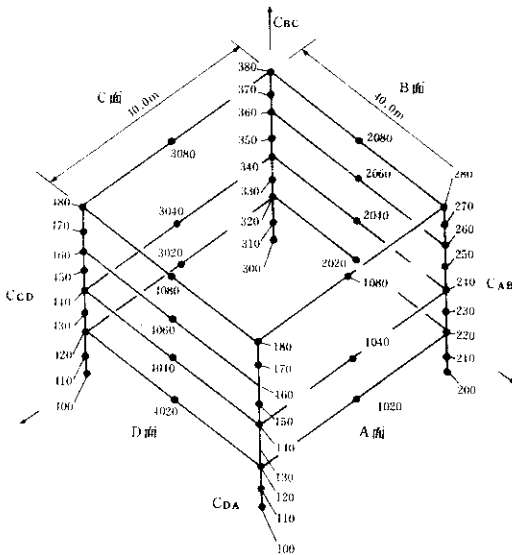


図-5 簡易解析モデル

一方、B面に属する柱 $C_{AB}$ 、 $C_{BC}$ に生ずる軸力以外の断面力についても、平面解析における面内せん断力、面内曲げモーメントは微小であり、無視し得るものと考えられる。また、載荷面以外の柱( $C_{CD}$ 、 $C_{DA}$ )には分配されていないことが明らかである。

### 2-2-2 活荷重載荷方法の検討

活荷重載荷状態のうち断面決定に必要なものは、構造物に荷重を影響線載荷した荷重状態である。しかしながら、このような複雑な立体ラーメン橋脚に対しての影響線載荷状態を算定することは容易なことではない。

そこで、全荷重載荷時の断面力および平面多層ラーメンの影響線を考慮した固定荷重を組合せたケース(計4ケース)における断面力の比較を行い、影響線載荷に対する妥当性を検討している。全荷重載荷状態の各断面力と影響線載荷状態の断面力の比較を表-2に示す。この結果から、柱部材の軸力およびせん断力は、全荷重載荷状態で代表するものと考えられる。また、梁部材の面内曲げモーメントおよびせん断力についても全荷重載荷状態で、ほぼ完全に把握できるものと考えられる。

一方、断面力の小さい柱部材の面外曲げモーメント、柱および梁のねじりモーメント、梁の軸力には誤差はあるものの、断面力の値が小さく実際

の断面決定に対する影響は少ないものと考えられる。しかし、柱の面内曲げモーメントが全荷重載荷状態では評価できないため、次の方法で詳細検討を行うこととしている。

柱の面内曲げモーメントの算出にあたっては、図-6に示す全荷重載荷状態を含めた5ケースの荷重載荷状態を組み合わせることとしている。各着目部材断面の決定には、これらの荷重状態のうち、最大または最小となる組み合わせケースの断面力を用いることとしている。各組み合わせ荷重載荷ケースに対する面内曲げモーメントの算定結果を表-3に示す。

これより、面内曲げモーメントの捕捉率(影響線載荷時との比)は、梁基部を除き99%以上である。なお、柱基部断面決定時の荷重は、地震時の水平力および温度変化が主体であるので、面内曲げモーメントに対する断面決定にあたっての実質的な影響は少ないものと考えられる。

また、梁軸力についても同様な手法により検討した結果、部分的に捕捉率が56.4%となっている。しかしながら、基本設計時の断面力とその断面諸量を用いて算定された実応力は $\sigma = 32 \text{ kgf/cm}^2$ と小さく、実質上の問題とならないものと考えられる。

以上の結果より、立体ラーメン橋脚の断面力を決定するにあたり、5つの載荷ケースから算定した断面力は、影響線載荷状態の99.9%以上を表現しているものと考えられる。そこで、実際の構造系に対する設計にあたっては、この方法を適用することとしたものである。

### 2-3 上部工による水平荷重

#### 2-3-1 温度変化の影響

温度変化の範囲は、上部工・脚本体とも $\pm 35^\circ\text{C}$ とし、地震時と組合せる場合は $\pm 20^\circ\text{C}$ としている。上部工における温度変化の影響による荷重は、桁の伸縮方向と沓の移動方向の違いにより発生する。したがって、北港連絡道路桁には、温度変化による影響はないが曲線桁の影響が考えらる。

湾岸線の温度変化による影響は、図-7に示す解析モデルを用いて、剛結部にバネを仮定し、温度変化による断面力を作用させて算定している。そ

表-2 影響線載荷と全荷重載荷時の部機断面力

着目部材		両内曲げモーメント(tm)		両外曲げモーメント(tm)		軸力(t)		ねじりモーメント(tm)		せん断力(t)			
		全載荷	影響線載荷	全載荷	影響線載荷	全載荷	影響線載荷	全載荷	影響線載荷	全載荷	影響線載荷		
柱部材	200~220	200	1,342.0	1,529.8	222.0	325.4	-3,000.0	3,000.0	0	+ 25.7	377.9	408.2	
		220	2,437.1	2,670.1	288.1	316.0	-3,000.0	3,000.0	0	+ 25.7	377.9	408.2	
	220~240	220	2,453.4	-2,486.9	339.2	366.9	-2,500.0	-2,500.2	0	= 54.4	460.2	546.9	
		240	2,149.0	3,191.4	2,034.9	-2,446.9	-2,500.0	-2,500.2	0	= 54.4	460.2	546.9	
	240~260	240	-2,771.9	3,009.2	2,846.6	2,868.2	1,500.0	-1,500.4	0	= 84.2	366.7	380.2	
		260	895.4	1,787.8	2,546.9	-2,621.9	1,500.0	-1,500.4	0	= 84.2	366.7	380.2	
	260~280	260	895.4	1,787.8	2,364.5	2,529.0	-1,000.0	1,000.5	0	= 97.7	366.7	377.9	
		280	4,562.7	4,603.4	4,679.9	-4,707.4	1,000.0	-1,000.5	0	= 97.7	366.7	377.9	
	梁部材	120~1020	120	4,890.5	4,897.3	0	+ 25.9	82.3	267.8	0	+ 15.5	500.0	500.2
			1020	5,109.5	5,152.5	0	+ 7.3	82.3	267.8	0	+ 15.5	500.0	500.2
1020~220		1020	5,109.5	5,152.5	0	= 7.3	82.3	267.8	0	+ 15.5	500.0	500.2	
		220	-4,890.5	-4,897.3	0	= 25.9	82.3	267.8	0	= 15.5	500.0	500.2	
140~1040		140	-4,920.9	-4,936.4	0	+ 52.3	93.5	-458.9	0	= 68.2	500.0	500.5	
		1040	5,079.1	5,236.5	0	+ 24.9	-93.5	-458.9	0	= 68.2	500.0	500.5	
1040~240		1040	5,079.1	5,236.5	0	= 24.9	-93.5	458.9	0	= 68.2	500.0	500.5	
		240	4,920.9	-4,936.4	0	= 52.3	93.5	-458.9	0	= 68.2	500.0	500.5	
180~1080		180	-4,562.8	-4,597.9	0	+ 49.4	-366.7	378.5	0	+ 130.2	500.0	500.8	
		1080	5,437.2	5,551.6	0	= 14.3	366.7	-378.5	0	+ 130.2	500.0	500.8	
1080~280	1080	5,437.2	5,551.6	0	= 14.3	-366.7	-378.5	0	+ 130.2	500.0	500.8		
	280	4,562.8	4,597.2	0	+ 49.4	-366.7	378.5	0	= 130.2	500.0	500.8		

表-3 面内曲げモーメント比較図

着目部材		面内曲げモーメント M (tm)						全載~組合4の ビクアップ	影響線とビク アップの比
		影響線載荷	全載荷	組み合わせ1	組み合わせ2	組み合わせ3	組み合わせ4		
200~220	200	1,342.0	1,342.0	215.9	-1,126.1	-968.7	-373.3	-1,342.0	0.877
	220	2,670.1	2,437.1	202.6	-2,639.7	2,494.0	-56.9	2,639.7	0.989
220~240	220	-2,486.9	-2,453.4	-244.5	-2,208.9	-2,353.5	-99.9	-2,453.4	0.987
	240	3,191.4	2,149.0	1,883.9	265.1	-745.8	2,894.8	2,894.8	0.907
240~260	240	3,009.2	2,771.9	-2,994.0	222.1	903.3	1,868.7	-3,009.2	0.995
	260	1,787.8	875.4	785.0	110.5	-1,172.6	-877.2	1,772.5	0.991
260~280	260	1,787.8	875.4	785.0	110.5	-1,172.6	877.2	1,772.5	0.952
	280	4,603.4	4,562.7	4,563.9	-1.2	4,448.4	114.4	4,563.9	0.991
120~1020	120	4,897.3	4,890.5	-41.9	-4,848.6	4,847.5	-43.0	4,890.5	0.999
	1020	5,152.5	5,109.5	-41.9	5,151.4	5,152.5	43.0	5,152.5	1.000
1020~220	1020	5,152.5	5,109.5	-41.9	5,151.4	5,152.5	-43.0	5,152.5	1.000
	220	-4,890.5	-4,890.5	-41.9	-4,848.6	4,847.5	43.0	-4,890.5	0.999
140~1040	140	-4,936.4	-4,920.9	-4,877.9	-43.0	-157.4	4,763.5	-4,920.9	0.997
	1040	5,236.5	5,079.1	5,122.1	-43.0	157.4	5,236.5	5,236.5	1.000
1040~240	1040	5,236.5	5,079.1	5,122.1	43.0	157.4	5,236.5	5,236.5	1.000
	240	-4,936.4	-4,920.9	-4,877.9	-43.0	-157.4	4,763.5	-4,920.9	0.997
180~1080	180	-4,597.9	-4,562.8	-4,563.9	1.2	-4,448.4	-114.4	-4,562.8	0.992
	1080	5,551.6	5,437.2	5,436.1	1.2	5,551.6	-114.4	5,551.6	1.000
1080~280	1080	5,551.6	5,437.2	5,436.1	1.2	5,551.6	-114.4	5,551.6	1.000
	280	4,597.9	4,562.8	-4,563.9	1.2	-4,448.4	114.4	4,563.9	0.993

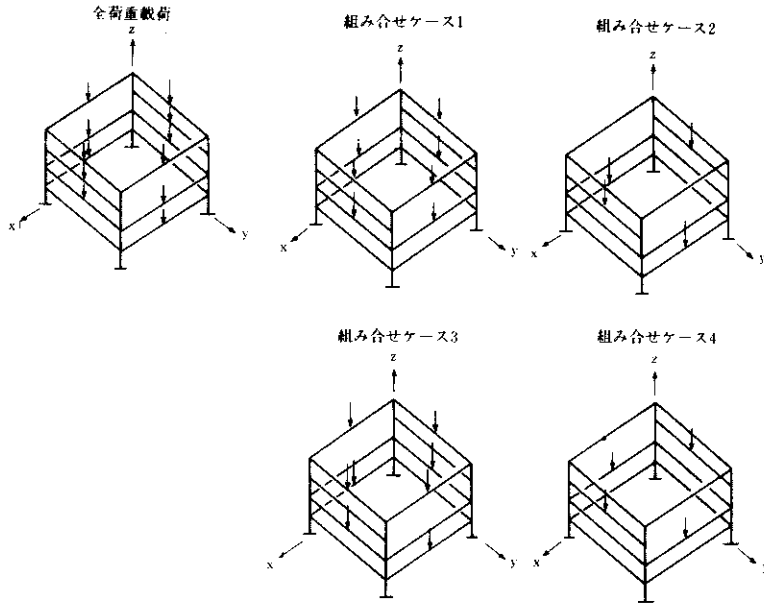


図-6 荷重載荷ケース

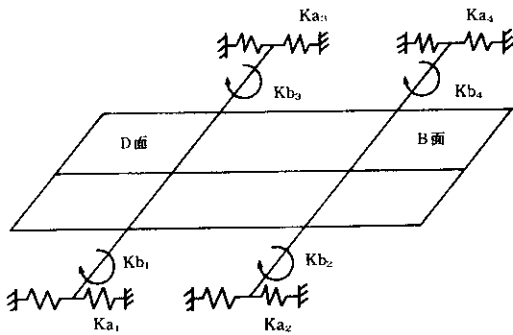


図-7 湾岸線剛結部モデル

の結果から得られた相対変位量の比較を表-4に示す。この結果から、湾岸線を考えない場合の剛結部間の移動量と湾岸線単独での変位量の差は最大でも0.07mmと小さく、剛結部の断面力等を考慮した結果、温度変化の影響は無視しうるものと考えられる。

### 2-3-2 風荷重

この橋脚は立体的構造であるため、風荷重の算定にあたって、2方向性を有することや上部工に曲

表-4 温度変化の影響による相対変位量

	各点		変位量(mm)		相対変位量 (mm)
	イ	ロ	各点(イ)	各点(ロ)	
隅角部	17	41	-7.66	9.16	16.82
	88	65	-7.88	8.98	16.86
湾岸線桁部	206	143	-7.69	9.11	16.80
	208	14	-7.74	9.05	16.79
	210	147	-7.81	9.00	16.81

線桁が多いことなど複雑な条件が重なり合うことになる。したがって、橋脚設計用の上部工風荷重を次の要領で算出している。

- (1) 風の方向は橋脚面に対して直角4方向とする。
- (2) 風荷重強度は設計基準によるものとし、高さによる割増係数 $\nu_1$ と並列橋の影響による割増係数 $\nu_2$ を考慮する。



- (3) 上部工の水平反力は、図-8に示す曲線桁モデルの橋脚面に直角方向の風を設定し、その投影面に対して風荷重を影響線載荷する。
- (4) 曲線桁モデルから算出された支点反力は、脚設計用の荷重とするため橋脚梁の面内および面外方向に分解して解析する。なお、直線桁は橋脚面内方向荷重のみとする。
- (5) 並列橋の影響は、設計基準に規定する2橋ごとの係数を求め不利となる値を採用する。すなわち、図-8に示す載荷状態（上部工に対して図中方向から、それぞれの投影面に荷重を載荷し、支点反力の影響線を考慮して、各方向に3ケースの載荷状態を設定）を設定して、支点反力を求める。この支点反力を橋脚梁の軸線と荷重載荷位置との高さのずれを考慮して橋脚設計用の荷重に変換する。

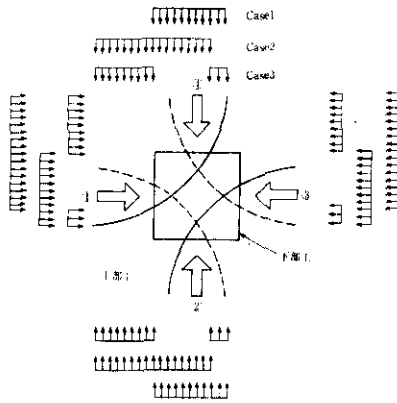


図-8 風荷重の載荷状態

#### 2-4 特殊荷重（火災時高温状態の影響）

橋脚を含む北港ジャンクション部には、大阪ガスのナフサタンク群が隣接している。このため、特殊荷重として、ナフサタンクに火災が発生した場合の温度上昇の影響を考慮している。

火災時の橋脚の温度分布は、発生源からの距離および高さによる熱量計算から85℃～150℃と部材ごとに設定している。

#### 2-5 立体隅角部の解析

鋼製橋脚などの薄板構造部材の隅角部には、大

きな集中フランジ力が作用するため、せん断遅れの影響が問題となる。平面ラーメン橋脚のように、部材が2次的に配置された隅角部の応力解析および実験等による照査は、いくつかの報告があり、ある程度明確にされているといえる。しかし、この橋脚のように、部材が3次的に集中している立体隅角部については、明確な解析方法が見受けられない。

この橋脚の立体隅角部の構造を図-9に。また、立体隅角部に作用する断面力を図-10に示す。これらの図より、この橋脚の立体隅角部の特徴は次のとおりである。

- (1) 1つの荷重組合せに対して24個の断面力が作用する。
- (2) 設計断面力として、釣合い状態の値を用いているので、24個の断面力が最大および最小となる荷重組合せの48ケースに対して、安全性を照査する必要がある。
- (3) フランジの控え材となる各ダイヤフラムには、直交する2方向の面内力が作用する。
- (4) 各板要素は、フランジとウェブの役割を共有しているため、それぞれのせん断遅れの影響を合わせて考慮する必要がある。

以上のように立体隅角部は、複雑な条件が重ね合わさることになるので、その解析にあたって簡易解析方法を採用している。すなわち、隅角部を図-11に示す3つの平面に分けて、それぞれの場合の応力度を把握する。これらの応力度を合成して評価し断面力を決定する。この際に、着目するフランジのせん断遅れによる応力の乱れは、着目フランジに直交する部材から作用する集中フランジ力によって生ずる。そこで、一部材に作用する全軸方向力のうち、着目平面でのフランジ分担力を全断面積に対するフランジ断面積の比により算定する。また、ねじりモーメントによるせん断応力は、St.Venantのねじり理論により算出し、平面隅角部のせん断応力に含める。

以上の考え方で得られた応力度を用い、柱や梁と同様につりあい断面力を求めて部材断面を決定している。

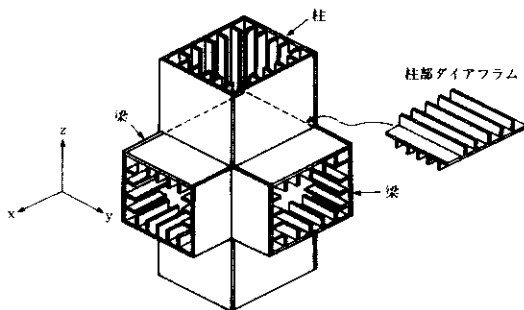


図 - 9 立体隅角部の構造図

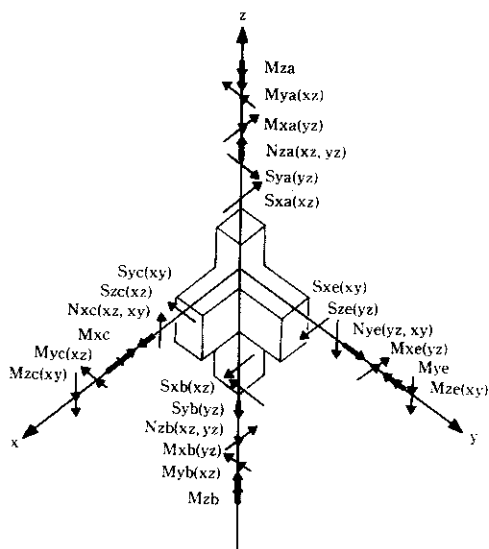


図 - 10 立体隅角部に作用する断面力

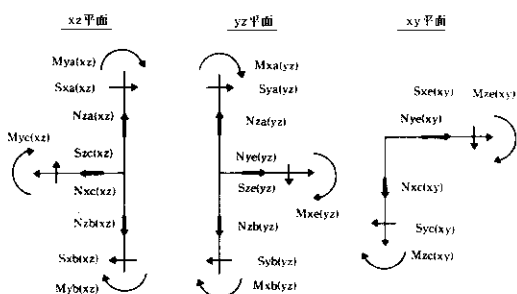


図 - 11 隅角部の簡易解析法

### 3 動的解析

#### 3-1 概要

この橋脚の耐震設計は修正震度法を用いて検討している。しかしながら、立体的構造という特殊性および地盤が著しく軟弱であることから、固有値解析により、修正震度法を適用する妥当性を確認するため、動的応答解析により断面を照査することとしている。以下に動的応答解析の概要を示す。

- (1) 基盤入力地震動を設定する。
- (2) 表層地盤による増幅特性を地盤応答解析により求める。
- (3) 構造物をモデル化し、固有値を求める。
- (4) (2)で求めた基礎位置での地盤地震動を対象構造モデルに入力しその応答を求める。
- (5) 以上の結果より構造物の安全性を照査する。

#### 3-2 基盤入力地震動の設定

##### 3-2-1 入力地震動の考え方

地震基盤への入力地震動の設定は、(1)再現期間75年の地震、(2)マグニチュード  $M = 7.0$  にて、震央距離  $\Delta = 50\text{km}$  の地震、の2条件を設計対象地震動とし、双方で加速度応答スペクトルの大きい方を基盤入力地震動に設定している。

##### 3-2-2 入力地震動の加速度応答スペクトル

基盤への入力地震動の設定に必要な再現期間75年の地震動の規模および震央距離は、検討地点を中心とする半径300km以内に発生した過去約100年の地震記録から設定している。

また、設計用の基盤加速度応答スペクトルの設定は、次の3ケースについて検討している。

①第1種地盤における再現期間が75年のスペクトルと  $M = 7.0$ 、 $\Delta = 50\text{km}$  の加速度応答スペクトルを包絡し、短周期で  $S_v$  が一定、長周期で  $S_h$  が一定とした加速度応答スペクトルとする場合。

②第3種地盤における再現期間が75年のスペクトルと  $M = 7.0$ 、 $\Delta = 50\text{km}$  の加速度応答スペクトルを①と同様に作成する。その包絡スペクトルを地表面でのスペクトルとし、これを  $3/4$  倍したものを基盤スペクトルと考え、①で作成したスペク

トルとの包絡スペクトルを設計基盤加速度応答スペクトルとする場合。

③設計基準V章の規定による $6.8 \leq M \leq 7.5$ および $25\text{km} \leq \Delta \leq 60\text{km}$ の第1種地盤の平均加速度応答スペクトル倍率 $\beta$ を用い、入力地震動を180galに正規化する場合。

また、模擬地震波を作成する基準として、目標とする加速度応答スペクトルにできるだけ近い特性を有する表-5に示す強震記録を用いている。

### 3-3 構造物の動的応答解析

#### 3-3-1 モデル化

修正震度法により算定された部材応力を応答スペクトル法を用いて動的応答解析により照査している。モデルとしては、図-12に示す多自由度の離散化振動系モデルを採用しモード解析を行っている。

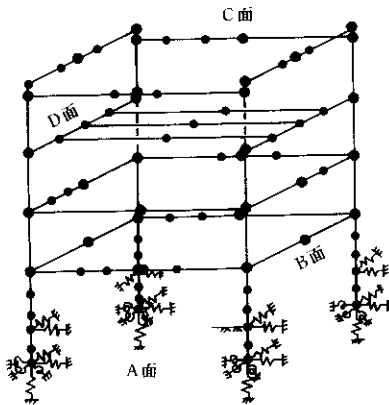


図-12 動的応答解析モデル

その結果、1次モードの固有周期は1.22secとなり、修正震度法を用いて設計しうることが明らかにされた。

#### 3-3-2 動的応答解析

この橋脚の耐震設計に用いる加速度応答スペクトルを図-13に示す4ケースを設定している。

Case1は開北橋模擬波形による応答スペクトルであり、Case2は板島模擬波形によるもの、Case3は八戸模擬波形によるものである。また、Case4は公団の設計基準に示される4種地盤で $M=7.0$ 、 $\Delta=50\text{km}$ のスペクトルを240galに正規化した応答スペクトルである。

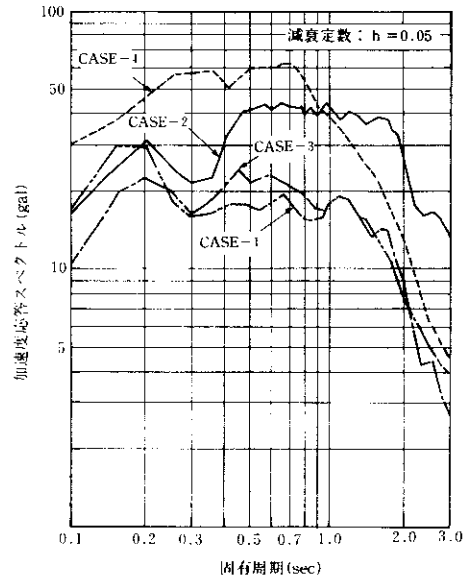


図-13 加速度応答スペクトル

表-5 基準強震記録

地盤種別	地震名	マグニチュード M	震央距離 $\Delta$ (km)	最大加速度 (gal)	記録場所
1種地盤	1978年宮城県沖地震	7.4	80	292.6	開北橋周辺地盤上
2種地盤 および 3種地盤	1968年日向灘沖地震	7.5	100	490.8	板島橋周辺地盤上
	1968年十勝沖地震	7.9	175	232.7	八戸港

Case2とCase4を比較すると、固有周期1secより短周期領域においてCase4の方が大きく、長周期ではCase2の方が大きい。また、Case2は表層地盤の地震応答解析によって求めたものである。

Case1および3の応答が短周期領域で大きくないことを考慮すると、この範囲ではCase2が妥当であると考えられる。一方、固有周期が1.0sec以上においても、Case2が最も大きな応答値を示していることから、全固有周期についてCase2の加速度応答スペクトルを用いることが最も妥当であると判断される。

### 3-4 断面照査

応答スペクトル法により得られた断面力は絶対値であり方向性を持っていないので、静的解析により得られた断面力の方向と一致するように符号をつけている。また、動的応答解析により得られた断面力を静的立体解析と同様に応力の釣り合い断面から断面力を求め照査している。

その結果、柱基部のうち一つの断面において、許容応力度を260kgf/cm<sup>2</sup>程度超えていたが、他の断面においては許容応力度内であり、安全性が確認されたものである。

断面力が許容応力を超過している部分は、以下の理由より板厚の増加等は考慮しなくてよいものと考えられる。

- ① 解析にあたり選定した地震入力波は、他に比べ固有周期が1.0sec付近で特に大きな値を示している。
- ② この橋脚の断面設計は釣合い断面の断面力により決定している。一方、動的応答解析で得られた断面力は応答値の最大値であり、この断面力を直接設計に採用することは、地震入力に対して過大評価となる。
- ③ このモデルによる解析では上部工による拘束を無視している。しかし、実際の橋脚は上部工により拘束されており、固有周期は動的応答解析結果より幾分短くなるものと考えられる。
- ④ この橋脚は地震の影響に対して、修正震度法を用いて、適切な静的設計がなされている。

## 4 ジャクション部の施工

### 4-1 施工条件

ジャンクション部は立体ラーメン橋脚を中心としてフルインターチェンジとなっており、この橋脚の各層に桁が架設される複雑な構造となっている。さらに、上部工には他団体との共同施工となる部分がある。このためジャンクション部の施工にあたっては、次に示すような現地の施工条件に十分に考慮することが必要である。

- (1) 立体ラーメン橋脚の1層目に架設される、大阪市施工の北港連絡道路全線の開通が平成元年秋に予定されている。このため、これに必要な工期を確保して、ジャンクションの主要部を完成させなければならない。
- (2) ジャンクション部を含め、この附近一帯の平面街路が北港連絡道路の開通にともない整備される。整備を北港連絡道路開通までに完了させる必要がある。さらに、平面街路には北港埋立地に連絡する新設の地下埋設管が多数計画されており、これらの整備も北港連絡道路開通に合わせる必要がある。
- (3) 湾岸線の完成は平成2年度であるが、北港連絡道路開通後すぐに桁架設による交通規制をすることは望ましくない。したがって、本線およびランプ部の桁架設をできるだけ先行させることが必要となる。

### 4-2 施工方法

施工条件を考慮したジャンクション部の施工方法の検討にあたっては、次の点に配慮することが必要である。

- (1) 現場の状況から、基本的に支保工とクレーンを用いた架設が有利と考えられる。
- (2) 立体ラーメン橋脚と各層の桁架設にあたっては、立体ラーメン橋脚および桁の各層を交互にかける方法とある程度まとめてかける方法とが考えられる。しかしながら、北港連絡道路と公団施工工事の進捗度合および北港連絡道路の開通時期の制約から、立体ラーメン橋脚を2層ずつに区分して先行架設した後、桁架設を行うこ

とが最も効果的であると考えられる。

これにより、橋脚工事での手持ちが解消できる。また、橋脚一層架設後、1層部の桁架設を行うと橋脚基部にかなりの曲げモーメントが生ずるが、2層目までの同時架設によってこの問題点も解消されることとなる。

- (3) 第2層目より上層の桁を架設する場合、北港連絡道路との重複部分にあっても、北港連絡道路上に支保工を建てることは望ましくない。

特に、供用開始後は実質上無理である。したがって、第3層目の湾岸本線の立体ラーメン橋脚内の桁架設には、図-14に示すように、手延工法を適用することが望ましいと考えられる。また、最上層桁は公団施工の先行架設桁上に、支保工を建てて架設することができるものと考えられる。

これらの検討成果により設定されたジャンクション部の架設ステップを写真-2に示す。また、各ステップの概要は次のとおりである。

- Step1. ジャンクション施工前の状態である。
- Step2. 立体ラーメン橋脚の1および2層、隣接橋脚および隣接桁の1部を架設する。
- Step3. 立体ラーメン橋脚の1層目を通る北港連絡

道路を架設する。また、隣接区間の連絡線（Cライン、Dライン）の一部を架設する。

- Step4. 立体ラーメン橋脚2層目に、淀川左岸線方面から湾岸線神戸方面への連絡線（Dライン）および北港連絡道路埋立地方面から湾岸線堺方面への連絡線（Gランプ）を架設する。
- Step5. 立体ラーメン橋脚の3および4層、隣接区間の湾岸線および淀川左岸線への連絡線への一部（Aライン、Bライン）を架設する。
- Step6. 立体ラーメン橋脚の3層目を通る湾岸線を架設する。この湾岸線の中央径間部分の架設には、図-14に示す手延工法を適用する。また、中央径間架設完了後、北港連絡道路を供用する。
- Step7. 立体ラーメン橋脚の最上層に、湾岸線の神戸方面から北港埋立地への連絡線（Eランプ）および湾岸線の堺方面から淀川左岸線方面への連絡線（Aライン）を架設する。
- Step8. 堺方面から北港埋立地へのEランプ、淀川左岸線方面から堺方面へのBライン、神

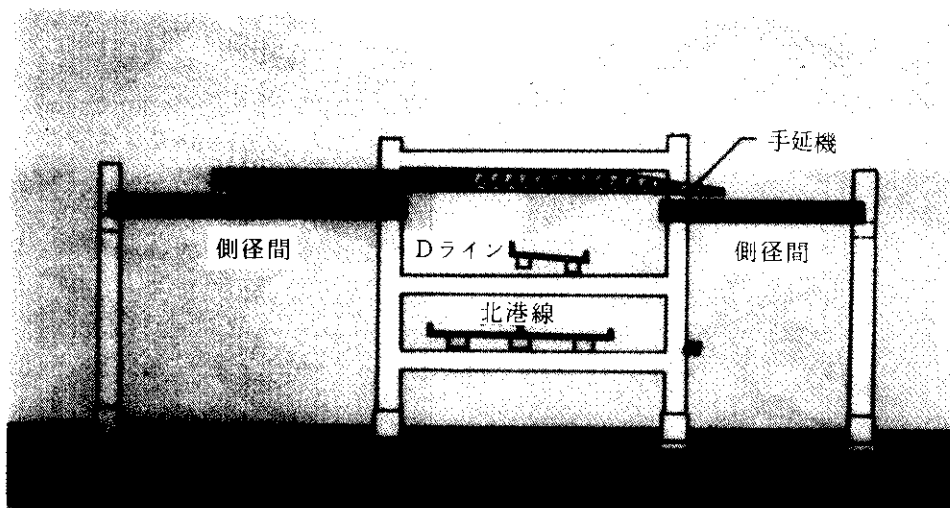
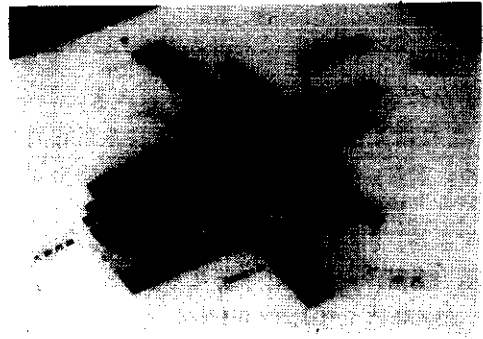


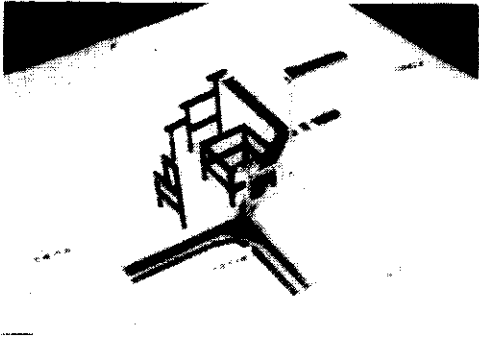
図-14 湾岸本線の架設手順（中央径間の手延架設）



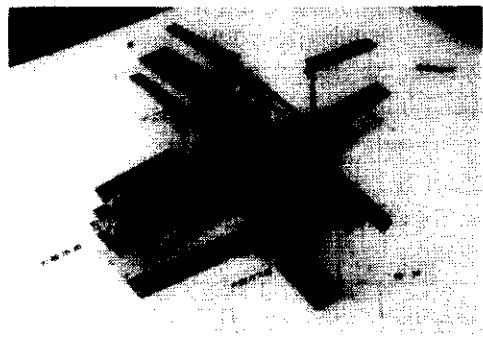
Step-1



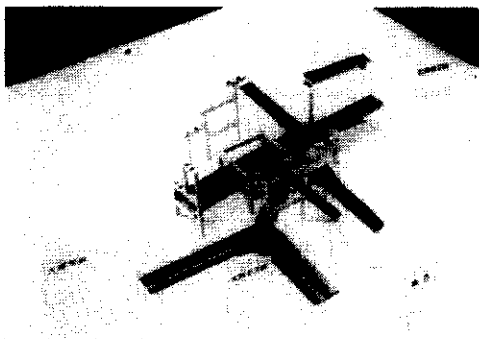
Step-5



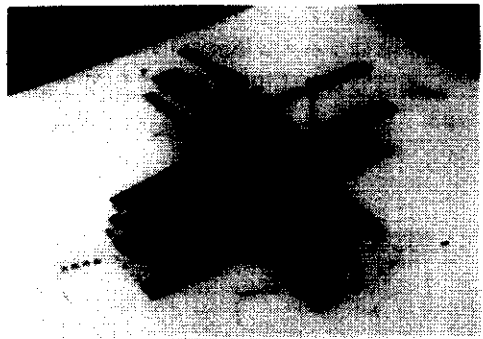
Step-2



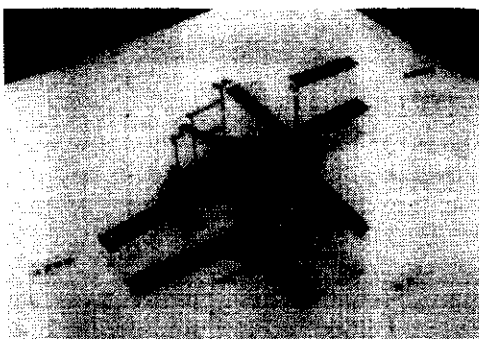
Step-6



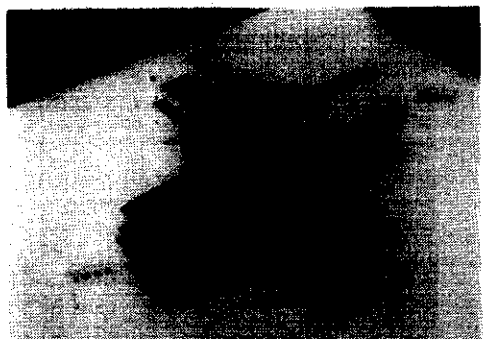
Step-3



Step-7



Step-4



Step-8

写真-2 ジャクション部の架設手順

戸方面から淀川左岸線方面へのCラインおよび北港埋立地から神戸方面へのHランプ(いずれも単純桁)を架設する。これにより4層構造の北港ジャンクションが完成する。

## あとがき

北港ジャンクションの中心に位置する鋼製立体ラーメン橋脚の設計方法およびジャンクション全体の架設方法について述べた。なかでも、鋼製立体ラーメン橋脚の設計には、複雑な条件があり、次)問題が含まれており、今後の研究成果が待たれるところである。

- (1) 立体ラーメン橋脚を平面橋脚と同様な骨組解析するには、上部工の影響を考慮すると、電算処理上きわめて困難となる。
- (2) 立体隅角部におけるせん断遅れ等の応力状態が、立体構造系として明らかでない。
- (3) この橋脚のように、立体構造物上に複数の上部工が載っている場合、活荷重の割増し係数(並列橋の影響など)についての設計法が明らかでない。

しかしながら、このジャンクションの立体ラーメン橋脚の解析では、平面橋脚の設計方法を重ね合わせることや、簡易モデルを設定して応力の伝達傾向を把握すること、などにより安全性を確認して設計することとしている。

また、施工に関しては、現場の状況や制約条件を満足するよう、関係団体とも緊密に協議を重ねて架設方法を検討しており、現在これに沿ってさらに細部の調整を行いつつ工事を進めている。

最後にこのジャンクションの設計・施工に関し御協力頂いた関係各位に対し感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：設計基準第2部(1985)
- 2) L、S、Beedle：Connection for welded Continuous Portal Frames,Welding Reserch Supplement,(1951)

- 3) 奥村他：薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について、土木学会論文集、第153号、(1968)、P.1、日本土木学会
- 4) 小松他：鋼製ラーメン橋脚の設計と解説、(1979)、P.81、理工図書
- 5) 建設省土木研究所：動的解析用入力地震動の設定法、土研資料第2120号、(1984)
- 6) 福岡他：北港ジャンクション立体ラーメン橋脚の動的解析、技報第5号、(1986) P.108、阪神高速道路公団