

(25) 充填方式による合成柱の施工性実験

神 戸 大 学 藤 井 学
阪神高速道路公団 吉 川 紀
○ 同 上 山 内 幸 裕
(株) 鴻 池 組 小 野 紘 一

1. はじめに

都市内高速道路は、用地上の制約から高架構造を採用することが多く、さらにその橋脚の大きさまでも制約を受けることがある。この場合、鋼製橋脚を採用することになるが、柱断面が小さく、梁の長い橋脚では活荷重によるたわみが大きくなり、橋梁全体がゆれやすい構造となる。このことが、床版や鋼桁の溶接部等の損傷の原因の1つと考えられている。この対策として、鋼製橋脚内にコンクリートを充填したいわゆる合成構造の採用が考えられる。本報告は充填方式による合成柱(以下合成柱)の採用に先立ち、約1/4縮尺模型で施工性実験を実施し、コンクリートのワーカビリティや鋼製橋脚のディテール等について検討したものである。

2. 供試体の施工

2.1 供試体の形状

供試体は、実際の鋼製橋脚を約1/4にモデル化し、内面には補剛材・ダイヤフラム、一部にはジベル筋を取り付けている(図-1)。外面は鋼製型枠を使用した。梁上フランジ、隅角部ダイヤフラムには、コンクリート打ち込み用としてマンホールを設けている。

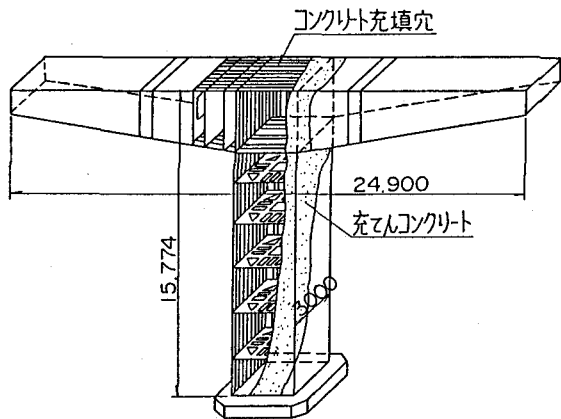


図-2 実橋脚の形状・寸法

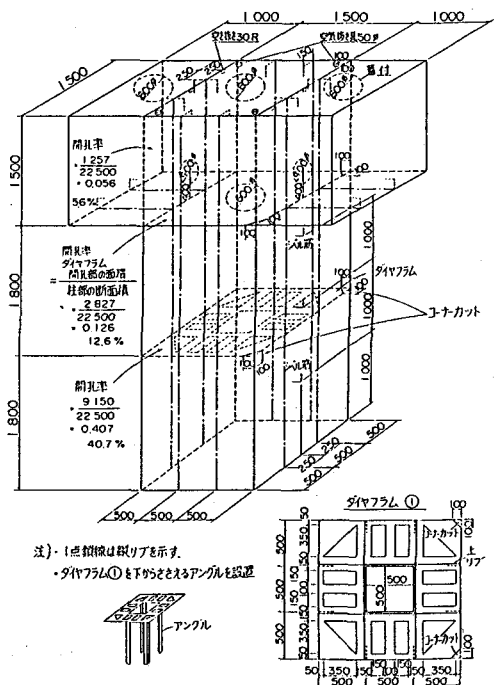


図-1 供試体形状・寸法

また柱ダイヤフラムはコンクリートの充填性向上のため開孔率を約40%と大きくした。なお同じ目的でダイヤフラムの隅部や梁上フランジに空気孔を設け、効果を確認した。

参考のため実橋脚の形状を図-2に示す。実橋脚は活荷重たわみの許容値($l/300$: 道示Ⅱ13.9)を越えるため、経済性を考慮して柱部及び梁隅角部にコンクリートを充填するものである。

2.2 充填したコンクリートの特性

使用したコンクリートの配合を表-1に示す。本配合は阪神高速道路公団のRC橋脚で用いられているものである。なお早期脱型のため早期ポルトランドセメントを用いた。

まだ固まらないコンクリートの状態では以下の

表-1 使用コンクリート配合

試験を行った。

(1) 各ミキサー車でのスランプ測定 (表-2)

(JISA 1101)

(2) 各ミキサー車での空気量測定 (表-2)

(JISA 1128)

(3) 各ミキサー車でのコンクリート硬化速度の測定

(ASTMC 403-65T)

(4) 各ミキサー車でのブリージング量及びブリージング率の測定

(JISA 1123)

(5) 鋼製橋脚コーナー部のコンクリートの水・骨材・セメントの割合

(JISA 1112)

(3)の測定結果の1例を図-3に示す。各ミキサー車とも、始発終結時間及び硬化状況はほぼ同様であった。表-3に(5)の結果を示す。各部のばらつきは認められないと思われる。

硬化コンクリートでも、各部のばらつき状況を調査するために、圧縮強度試験、配合推定を行った。それぞれの結果を表-4、表-5に示す。

供試体の内部は縦リブ、ダイヤフラムなどで狭くなっており十分な締め固めが出来なかったにもかかわらず、コンクリートは極端に不均一となっていないことが認められる。

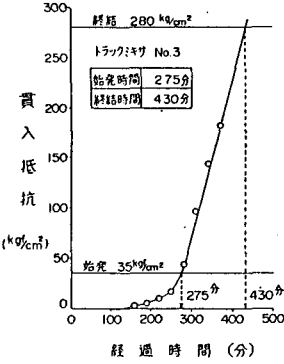


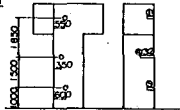
図-3 コンクリート

硬化速度測定結果

表-4 コンクリート圧縮強度

供試体	養生条件	材令	圧縮強度 (kg/cm ²)	平均
F700 A100 ×200	現場養生	型枠	266	260
		解体時	253	
		(11月13日)	251	
			249	
			282	
F120-B 150×300	現場養生	型枠	231	236
		解体時	239	
		(11月13日)	239	
			267	
			262	
	標準養生 (20℃, 水中)	28日	263	264
	標準養生 (20℃, 水中)	28日	314	310
			305	
			312	

※コア採取位置



2.3 コンクリート打設

打設コンクリートはパッチャプラントからトラックミキサー車4台で、練上り時間をずらして運搬した。打設はコンクリートポンプにより

材料	スランプ	空気量	水	骨材	単位量 (kg/cm³)
最大寸法 (mm)	(cm)	(%)	比 (%)	率 (%)	水 セメント 粗骨材 細骨材 水和剤
40	8±2	4±1	55	39.3	157 285 730 163 0.77
					3.14 (256) (263)

()内は比重を示す。

表-2 スランプ・空気量の測定結果

トラックミキサ番号	スランプ (cm)	空気量 (kg/m³)
1	10.0	14.0
2	9.5	15.0
3	8.5	12.0
4	8.5	16.0
総計	8±2.0	4±1

※ 試料採取はコンクリート練り混ぜ後約30分経過後である。

表-3 配合推定結果

配合	セメント	水	粗骨材	細骨材
ミキサー車より採取試料	1	0.73	2.41	3.49
コンクリート採取試料	1	0.66	2.29	3.07
2	1	0.66	2.30	3.01
3	1	0.75	2.34	3.07
生コン配合	1	0.55	2.55	4.05

コア部試料の採取位置

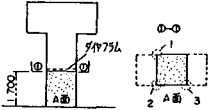
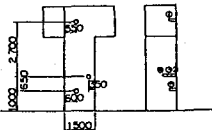


表-5 硬化コンクリートの

配合推定結果

()内は単位容積重量 (kg/m³)

コア部試料	セメント	水	骨材
① 4.35m 表面	1	0.77	6.81
② 1.65m 表面	1	0.68	6.42
③ 0.375m	1	0.62	6.82
④ 0.75m	1	0.63	6.02
⑤ 1.00m 表面	1	0.68	6.87
生コン配合	1	0.55	6.60



4インチパイプを用いて圧送する方法で行った。打設にあたっては、パイプを柱上部のマンホールから内部に入れ、自由落下高さが大きくなりすぎないようにするとともに、随時パイプレータで締め固めを行った。梁部コンクリートは、柱上部のマンホールから打設されたコンクリートが隅角部のダイヤフラムを通じて充填するようにした。比較のために、梁部片側のマンホールを閉じておいた。これは実際の橋脚では、梁上フランジは重要な構造部材であり、打設用に多くの切欠を設けることが困難であると判断されるためである。コンクリート打設量は約17m³となり、打設時間は約2時間である。打設順序模式図を図-4に示す。

打設状況の観察から以下のことがわかった。

- (1) ダイヤフラムの開口部からコンクリートの上昇がみられたことからコンクリートの充填性に対して有効であると思われる。
- (2) 隅角部マンホールから梁部へコンクリートが流れ込むことを期待したが、十分ではなかった。ただしパイプレータを作動することにより、若干上昇させることができた。(図-6、7)

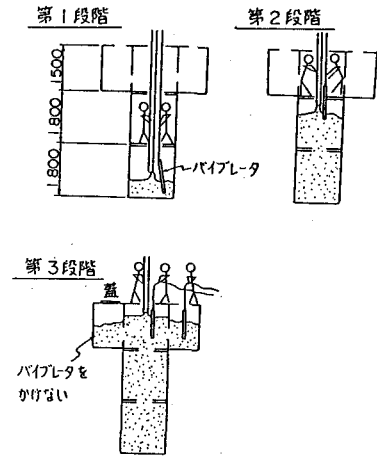


図-4 打設順序模式図

2.4 鋼製型枠の解体調査

コンクリートが硬化後、鋼製型枠を撤去しコンクリートの充填性を調査した。調査結果を図-8、9に示す。図-8は梁天端の状況である。パイプレータ作動の有無にかかわらず、すべてコーナー部には空隙が生じていたが、上部鋼板のはがし具合からパイプレータを充分作動した梁天端

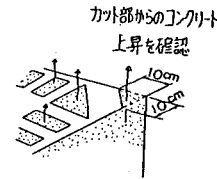


図-5 ダイヤフラムの隅のカット状況

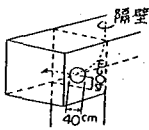


図-6 隅角部のコンクリート通過孔

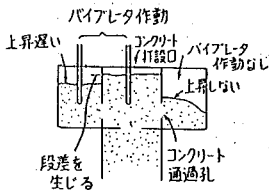


図-7 梁と柱部分のコンクリート面の段差状況

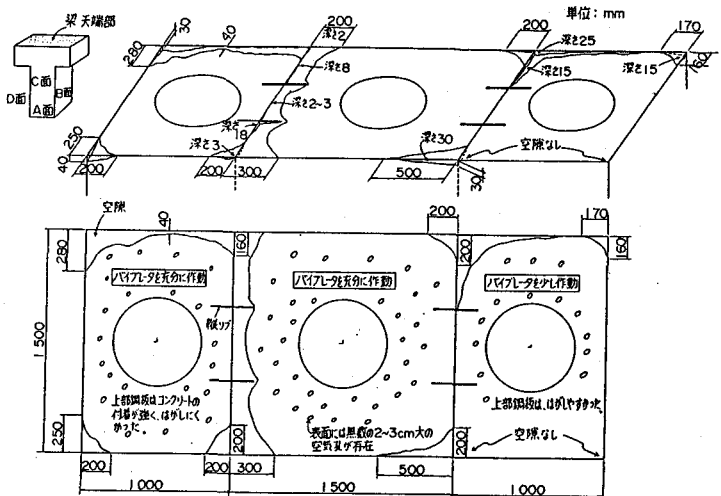


図-8 梁天端のコンクリート打設状況図

4. 施工法等の検討

4.1 コンクリート

コンクリートの打設状況およびコンクリートの充填状況から、柱部の施工については、パイプレータを用いて入念に施工すれば特に問題はない。梁上フランジ附近、梁下フランジ附近は施工法等今後改善する余地がある。具体的には、以下の通りである。

(1) 梁上フランジ附近

は、パイプレータ等で入念な施工を行ったとしても、空隙が残る可能性が大きい。図-13または図-14に示す方法で強制的に空隙をなくす方法を用いる必要がある。

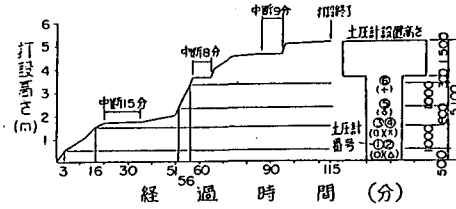
(2) 梁下フランジ附近

は、パイプレータによる十分な締固めが困難であるため、梁隅角部の施工にあたっては次の点に留意しなければならない。

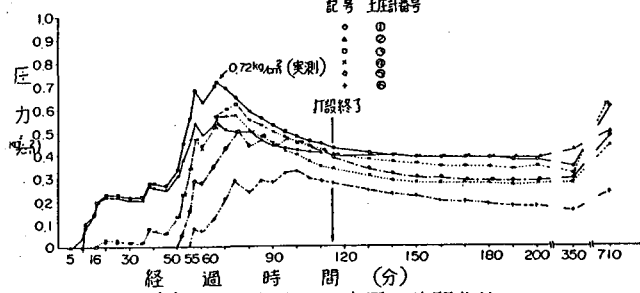
① コンクリートの打設にあたっては、さらにワーカビリティを良くする必要がある。

② 鋼製橋脚隅角部付近は、縦リブ、ダイヤフラム等がコンクリートの水平方向の移動を阻害するため、コンクリートはすべて鉛直に打設するものとし、水平方向の移動は期待すべきではない。

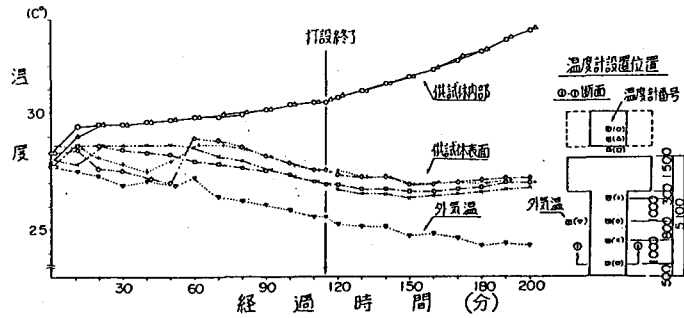
実際の施工にあたっては、(1)では図-13に



(a) コンクリート打設高さ-時間曲線



(b) コンクリート内圧-時間曲線



(c) 温度-時間曲線

図-11 充てんコンクリートによる側圧、温度測定結果

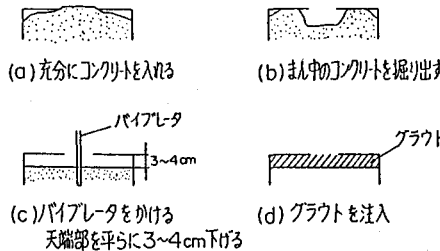


図-13 天端にスペースを作る模式図

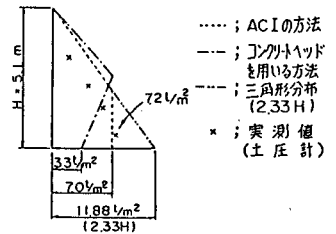


図-12 コンクリート側圧分布

よる方法を採用し空隙をなくした。またコンクリートのスランブを8 cmから10 cmに大きくし、梁部の打設にあたっては、ダイヤフラムで囲まれた箱毎に梁上フランジに注入孔を設け打設した。

4.2 構造上の改善

今後、構造上改善すべき点は以下の通りである。

- (1) 図-15の通り、隅角部ダイヤフラムに追加孔を設け、締固め、打設の容易な構造とする。
- (2) 4-1での改善をさらに効果的にするために、図-16の通り出来る限り空気抜き孔を設ける。実際の設計にあたっては、出来る限り空気抜き孔を設けるとともに、本実験で充填性の向上を図るため採用したダイヤフラムの構造、付着を良くする効果があるジベル筋等を採用している。

5. おわりに

本実験の成果を基に図-2の構造物は、合成柱として設計・施工された。実橋脚での現場載荷試験の結果、たわみは合成前に比べ約50%となり、充分に合成されていることが確認できた。この構造物はたわみを小さくすることを目的としてコンクリートを充填したものであるが、さらに積極的に合成効果を利用すれば、橋脚断面寸法を小さくすることが可能となり、鋼材を減少し経済的な断面とすることができると考えられる。このためには、合成柱としての設計法を確立するとともに、鋼製橋脚内の諸部材の簡素化を図り、コンクリートの充填性・施工性の向上を図る必要がある。

また、今後、鋼製橋脚に充填されるコンクリートについて、①凍結に対する抵抗性(未硬化、硬化後とも)、②温度の影響、③充填性の管理法(非破壊試験等)等を検討する必要がある。いずれにせよ、数多くのこの種の実験を実施し、より良き施工法を提案しなければならない。

最後に、実橋脚においてもコンクリートの内圧等を測定しているが、これらのデータ及び本実験との対比は、とりまとめ中であり機会があれば別途報告することを考えている。

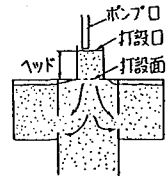


図-14 打設時の圧力をかける方法の模式図

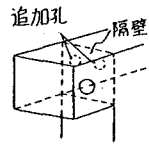


図-15 隔壁へのコンクリート通過用の孔状況

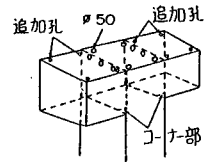


図-16 梁天端への空気抜き孔状況