

I-233

合成柱(コンクリート充てん方式)を有する鋼製橋脚の現場載荷実験

阪神高速道路公団 正 吉田 茂 大阪市立大学工学部 正 中井 博
同 上 正 吉川 紀 阪神高速道路公団 正 山内幸裕
佐世保重工業(株) 正 田中実雄

1. まえがき: 大阪府道高速大阪湾岸線の本線の橋脚において、鋼製丁型橋脚が計画された。しかし、梁スパンが長く、梁先端のたわみが大きくなり、活荷重による梁の振動が生じやすいことが予想された。そこで、上部工や支承に与える悪影響を防止するため、普通ボルトランドセメントを用いたコンクリート($\sigma_{ck}=240 \text{ kgf/cm}^2$, 最大骨材寸法40mm, スランプ10cm)を柱部に充てんした構造(合成柱という)を採用することにした。そこで、この構造物の合成効果を調べるために、コンクリート充てん前後の力学的挙動について現場載荷実験を実施したので、ここに報告する。

2. 橋脚の諸元: 対象橋脚は、図-1に示すとおりである。コンクリートは、柱天端まで、また梁部には隅角部域(梁高さの半分)まで充てんした。

3. 実験項目: コンクリート充てん前後における柱と梁の隅角部と柱の基部近傍の応力分布、橋脚全体の固有振動数と対数減衰率の計測、および、コンクリート打設時における柱部の鋼板のフープ応力・側圧ならびに水和熱の測定を行った。

4. 実験方法: 橋脚より荷重を載荷することが不可能であったため、

図-2に示すように、反力杭を打った上に仮設柱を設け、その上に急速解放弁付きの180tf 特殊ジャッキ(日本道路公団所有、図-3参照)を設置して荷重を与える方法を採用した。この特殊ジャッキを用いると、自由振動を与えることもできる。ジャッキの仕様は、次のとおりである。揚重: 180tf/台、揚程:

150mm、ピストン径: $\phi 200$ 、ピストン断面積: 314 cm^2 、最高作動圧力: 573 kgf/cm^2 、所要油量: 4.72 l 。

5. 測定計画: オプトフォロによる変位測定

を除き、ひずみ量、変位量および載荷々重は、

スレインゲージ・タイプのもを用いすべて 図-3. ジャッキ一般図

電気量に変換し、それらの値をデジタルストレインメーターにより測定した。

測定データの処理方法を図-4に示す。

6. 測定計器類取付位置: ひずみゲージとしては柱基部近傍、および柱と梁との隅角部に一軸ゲージを155枚、三軸ゲージを10枚貼付した。そのほか、土圧計4体、温度計6体を取付けた。さらに、水平・鉛直変位を測定するために、オプトフォロを2ヶ所に設置した。それぞれの取付位置を図-2に示す。

7. 実験結果とその考察: コンクリートのヤング係数として σ_{28} の標準供試体の圧縮試験の結果を用い、鋼とコンクリートとのヤング係数比を求めると、

$$n = \frac{2.1 \times 10^6}{2.69 \times 10^5} = 7.8 \text{ であった。}$$

① 応力分布 — 代表的な応力分布図を、図-5~7に示す。図からわかるように、コンクリート打設前、柱基部直上および隅角部の柱、梁のフランジにおいては著しい Shear lag 現象が現われている。コンクリート打設前の実験結果を用い、隅角部の

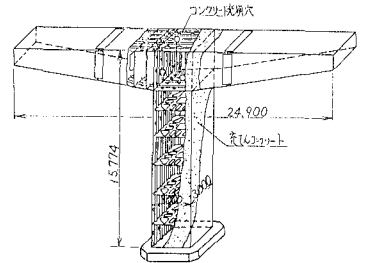


図-1. コンクリート充てんT形橋脚概念図

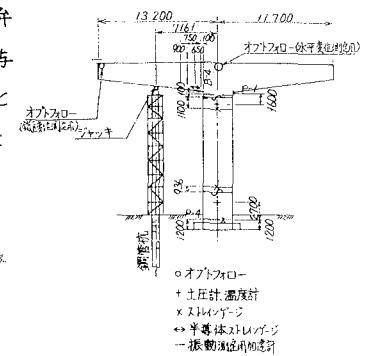


図-2. 荷重載荷方法および測定計器類取付位置

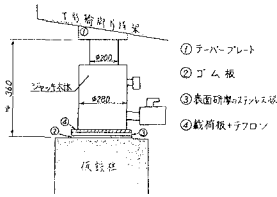


図-3. ジャッキ一般図

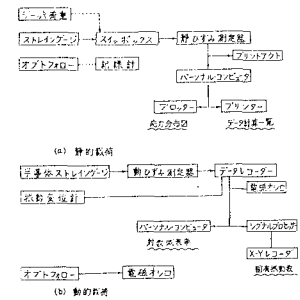


表-1 隅角部の鋼フランジの応力分布

位置	打 設 前			
	①	②	③	④
B-2	0.847	0.479	0.092	0.950
B-3	0.712	0.535	0.092	0.709
B-4	0.593	0.391	0.092	0.645
P-1	0.703	0.411	0.006	0.674

梁フランジの有効幅比を求めると表-1のようになり、隅角部の応力は梁理論による解析と相当に異なることがわかる。しかしながら、コンクリートを充てんすることにより、全断面と

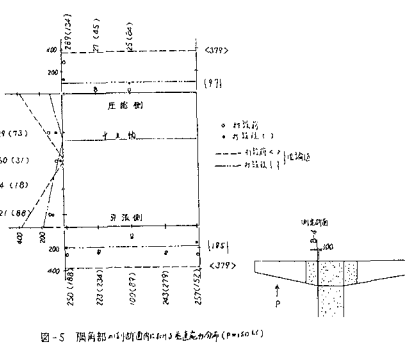


図-5 隅角部の引張応力分布（ $P=150 \text{ kN}$ ）

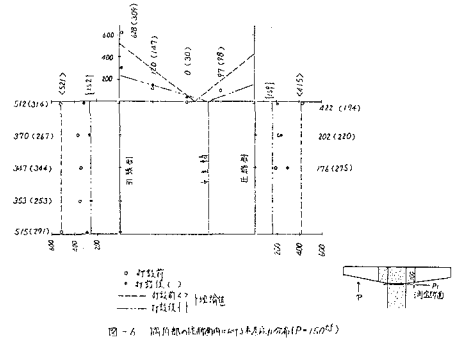


図-6 隅角部の引張応力分布（ $P=150 \text{ kN}$ ）

も Shear lag 現象が減少しており、全幅有効として考えることができる。コンクリートを充てんしていない梁部でも引張側で 10% 程度の応力低減が生じていた。ところが、コンクリート充てんとは非充てんとの境界近傍では応力の若干の乱れが生じているので、この付近の応力がスムーズに流れるように、補剛材の配置等構造詳細について配慮することが必要。

②たわみ— オプトフォローによる梁先端のたわみの測定結果を図-8に示す。梁先端部の鉛直たわみは計算値とよく一致しており、コンクリート充てんによりたわみが 0.51 倍に低減されることが判明した。水平方向たわみについても同様の結果が得られた。

③側圧— コンクリート充てんによる側圧の測定結果は最大でも 0.34 kgf/cm^2 と小さく、ACI による計算値の 14~17% 程度であった。なお、平均鉛直打設速度は約 4 m/hr で、コンクリートの温度は 10°C であった。

④フープ応力— コンクリートを充てんすることによって、鋼

板に発生するフープ応力の最大値は 111 kgf/cm^2 と小さく、SM50Y の許容応力度に対して、5.3% の影響しか出なかった。

⑤充てんコンクリートの水和熱— コンクリート打設完了後の 46 時間目に最高温度約 50°C （外気温約 7°C ）を記録したが、本体への熱影響はほとんどないものと思われる。

⑥固有振動数、対数減衰率— コンクリート充てん前後における振動記録をスペクトルアナライザーを用いて分析した結果、固有振動数は表-2に示す値が得られた。実測値と計算値との比を調べると、コンクリート充てん前で +4.8%，充てん後で -2.8% 程度の誤差で、両者はよく一致している。また、コンクリート充てん前後の値を比較すると、コンクリートの充てんによる変動はあまり見られない。これは柱剛度の増加の影響とコンクリートによる質量の増加の影響とが互に相殺したためであろう。一方、コンクリート充てん前後の対数減衰率の変化は、表-3に示すとおりで、コンクリートを充てんすることにより 1.5~1.7 倍も減衰効果の増加が得られた。その他の詳細については、当日に報告する。

参考文献

①阪神高速道路公団：構造物設計基準，第2部，昭和60年3月，②日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，II 鋼橋編，昭和55年2月，③土木学会関西支部年次学術講演会概要集，I-51，昭和58年5月，④中井博：土木構造物の振動解析，森北出版，⑤ACI：347-78 Part I Recommended Practice for Concrete Formwork

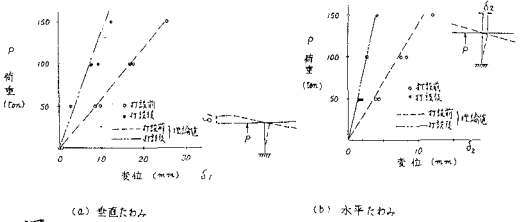


図-8 たわみ

表-2 固有振動数の実測値と解析値との比較（ Hz ）

項 目	①実測値	②解析値	③ $\frac{\text{②}}{\text{①}}$
充てん前	4.39	4.59	1.048
充てん後	4.11	3.91	1.051

表-3 対数減衰率（ Hz ）

①充てん前	②充てん後	③ $\frac{\text{②}}{\text{①}}$
0.2038	0.3072	1.507