

外ケーブル定着横桁の設計 (第二東名 大平高架橋)

日本道路公団静岡建設局構造技術課 福永靖雄
 日本道路公団静岡建設局浜松工事事務所 武田正利
 オリエンタル建設・川田建設・銭高組 J V 正会員 石川善信
 オリエンタル建設・川田建設・銭高組 J V ○星 道彦

1. はじめに

大平高架橋は、第二東名高速道路、浜北 I.C～引佐 I.C 間の浜松浜北 S.A 付近に位置し、浜北市道、二級河川「灰の木川」などを跨ぐ、橋長 833m の 13 径間連続 P C 箱桁橋である。

本橋は、両橋台から押し出し架設工法 (反力分散方式) により施工され、縦断線形変化点において中央閉合を行う。片側からの押し出し架設長 490m、押し出しスパン 64m は国内でも最大規模の橋梁である。

大きな特徴の 1 つとして、「大容量 P C 鋼材 27S15.2」を完成系および押し出し架設系双方に用い、手延べ桁取付けに用いた架設内ケーブル以外は、全て縦締め鋼材に外ケーブルを用いたことが挙げられる。

そこで、本橋は大容量複数本外ケーブルの定着体として各支点横桁を用いたが、架設時には全橋に渡り約 90,000kN (27S15.2-20 本) もの緊張力を導入する必要があること、並びに押し出し施工を行うため定着横桁には自重による正負の曲げが繰り返して生じることなどから、横桁に生じる応力状態を F E M 解析により明らかにし設計を行った。ここでは、その設計概要および実橋による横桁応力測定結果を報告する。

2. 工事概要

大平高架橋上り線の設計概要を以下に示す。

道路規格：第 1 種第 1 級 A 規格 (V=130 km/h)

活荷重：B 活荷重

構造形式：13 径間連続 P C 箱桁橋

橋長：833.0m (道路中心)

支間：63.1m+11@64.0m+63.1m (道路中心)

有効幅員：16.5m~16.725m

平面線形：R=∞

施工方法：分散方式による押し出し架設工法

主桁断面図を図-1に、平面図を図-2に示す。

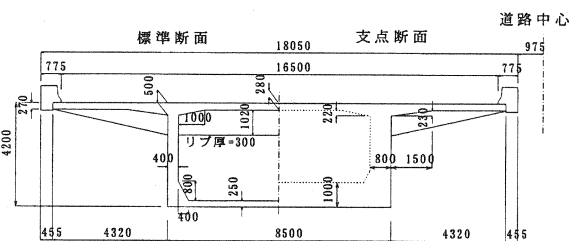


図-1 上り線主桁断面図

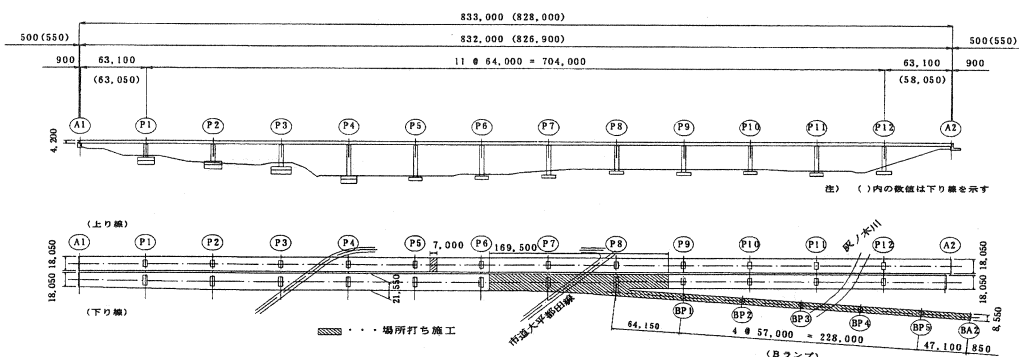


図-2 平面図

3. 外ケーブル配置方法による横桁発生応力の改善

上述したように、本橋は全外ケーブルによる押し出し施工であるため、架設時には90,000kNの緊張力を全橋に渡り導入しなければならない。これを1径間毎に配置した場合は、横桁両側合計で40本を定着しなければならない。しかし、2径間配置にすれば、定着の数は半減し、横桁への負担を軽減できる。よって、本橋の基本配置は、後者を採用することとした。図-3に配置イメージ図を示す。さらに、押し出し施工時にだけ必要となるケーブルを機械継ぎ手により延長し、定着本数減による応力改善を行った。

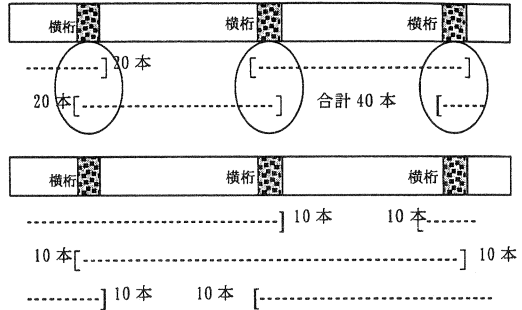
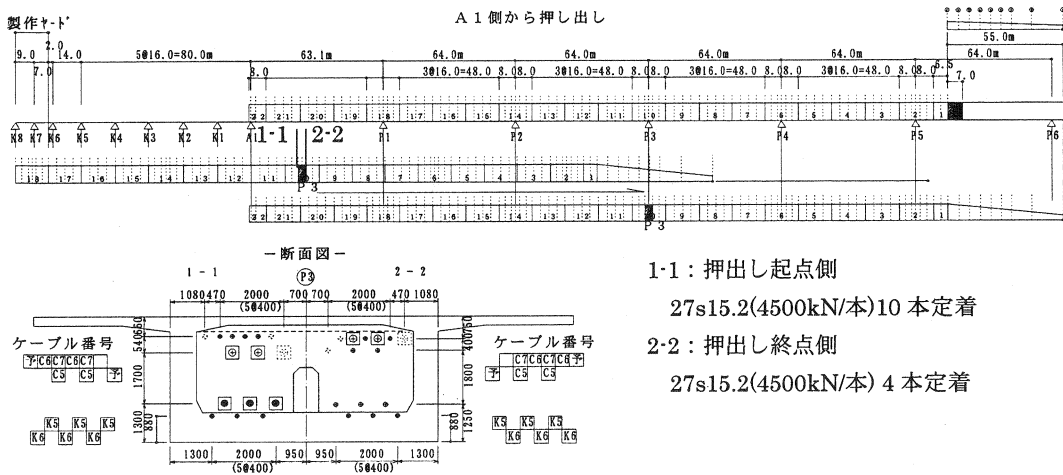


図-3 配置イメージ図

以上のような配置とすることで全外ケーブル化は可能になったが、一方で施工ヤードを約2径間分、並びに、外ケーブルを緊張するまでのRC状態に対応するため16m間隔に仮橋台を設置するなど、施工方法に制約をもたらすこととなった。

4. 横桁発生応力の把握

まず、図-4に外ケーブル定着状態と主桁施工位置の関係を示す。



- 1-1: 押し出し起点側
27s15.2(4500kN/本)10本定着
- 2-2: 押し出し終点側
27s15.2(4500kN/本)4本定着

図-4 外ケーブル定着および主桁施工位置図

(1) 簡易モデルによる検証

外ケーブルを緊張することで、横桁に最も負荷の掛かる状態は図-4に示す配置状態であることから、これをモデル化しFEM解析を行う方針としたが解析に先立ち、まず自重による曲げの影響を検証し、径間モデルでの詳細検討の必要性を確認した。その結果、支点上では(負曲げを受ける状態)図-5領域Aで約2N/mm²の鉛直方向引張主応力が確認され、正曲げを受ける場合は領域Bに1.5N/mm²の同種応力が確認された。以上から、定着横桁の設計では曲げ

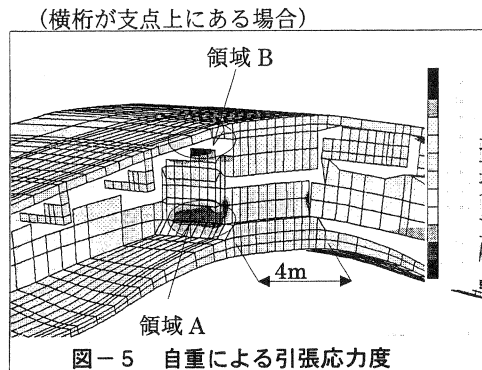


図-5 自重による引張応力度

の影響も考慮するべきと判断し、径間モデルによる詳細検討を行うこととした。なおこの簡易モデルの検討から、横桁厚を薄くかつ、下床版のハンチ形状を右記のように変更することで、領域Aに発生する応力を低減できることが確認されたため、形状変更を行うこととした。

横桁厚	4 m → 3 m
下床版ハンチ形状	0.4m×0.4m→2m×0.4m

(2) 径間モデルによる詳細検討

自重による曲げの影響を無視できないことから、以下の2つのモデルにより検討を行った。

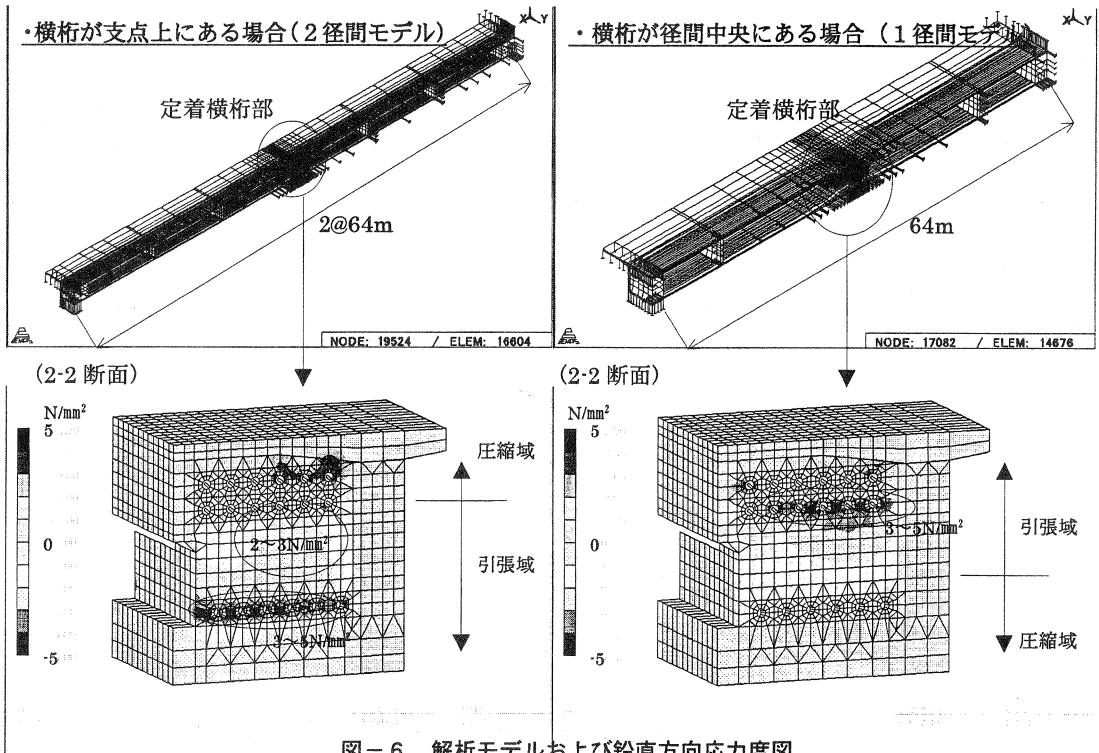


図-6 解析モデルおよび鉛直方向応力度図

解析の結果から以下の引張応力の発生が明らかとなった。

- ① 定着面(1-1断面)では、上下に配置された外ケーブルにより強い支圧力を受けることから、その中間領域に 3.2N/mm²の引張主応力度が発生する
- ② 定着背面(2-2断面)には、開口部を中心に同心円状の引張主応力が発生する。これは、作用力が多きいためマッシュパターンの横桁が、あたかも四辺固定版のような変形を起こすためである。
- ③ 緊張力に対し横桁を支持する背面側の上下床版・ウェブが横桁にくい込む状態となるため、その周辺には剥裂引張応力が発生する。
- ④ 外ケーブル孔周辺では、断面欠損の影響により 5.0N/mm²に達する引張主応力度が発生する。
- ⑤ 自重による曲げの影響により、横桁位置が支点上のときは下縁、径間中央に位置するときは上縁に鉛直方向引張を主成分とした引張主応力が発生する(図-6参照)。
- ⑥ 引張主応力の発生を横桁深さ方向に見た場合、定着面では約30cm、背面で75cm程であった。

5. 横桁の補強

横桁の補強は、前項(1)および(2)の検討より明らかとなった引張主応力を全て鋼材で補うものとした。なお、発生応力レベルを高いまま放置しておくことは、施工直後および将来におけるクラック発生 of 主要因となることから、 3.0N/mm^2 を引張主応力の上限と定め、これを超過している分についてはPC鋼材による応力改善を施した。

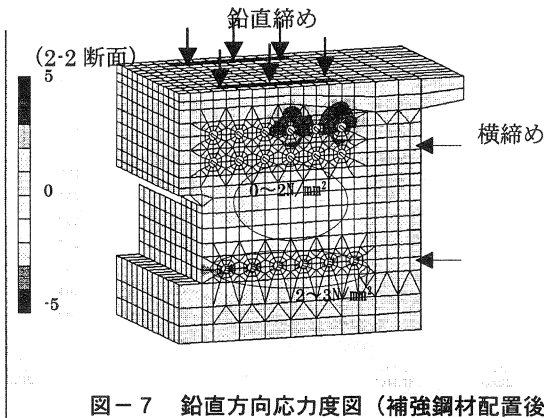


図-7 鉛直方向応力度図 (補強鋼材配置後)

補強鋼材配置後の残留引張応力に対し、鉄筋補強を行った。その指標としては、構造物の耐久性および、定着横桁の構造的な重要性からひび割れ幅制御を適用した。

$$\text{許容ひび割れ幅}(W_a) = 0.0035c \approx 0.16\text{mm}$$

なお、上述の引張主応力は、橋軸直角方向・鉛直方向が主成分であることから、格子状の補強筋を横桁表層に配置することとした。

図-8、表-1にそれら補強鋼材を示す。

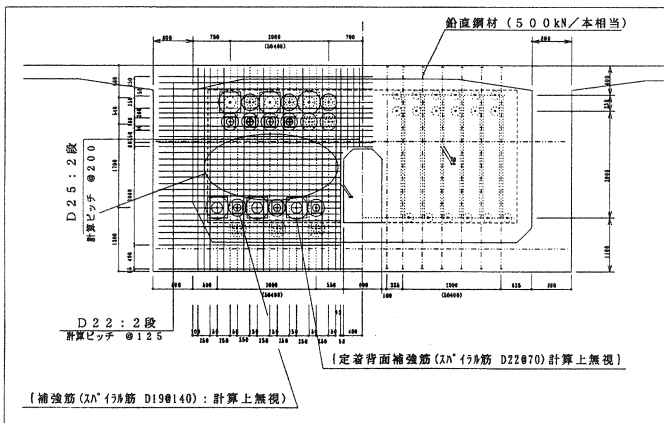


図-8 補強鋼材配置図

表-1 補強鋼材

引張応力	補強鋼材	ひび割れ幅
橋軸直角方向 3N/mm^2	D22@125-2段	$W = 0.16\text{mm}$
鉛直方向 6N/mm^2	PC鋼材(500kN)@400mm D25@200-2段	$W = 0.11\text{mm}$

6. 横桁応力計測

大平高架橋では、前述したとおり完成系および押出し架設系ケーブルをすべて横桁で定着するため、非常に大きな緊張力が作用する。よって、解析結果の整合性および構造物としての安全性を確認する意味で実橋により応力計測を行った。計測方法は、主に外ケーブルの影響により高い引張応力が発生すると予想される位置に鉄筋ひずみ計を設置し、緊張直前から直後までのひずみ量の変化を測定した。

結果、定着具後方に生じる橋軸方向の応力は90%程度の高い整合性が確認された。また、定着背面マンホール周辺部では設計値より10%程度大きな値が計測されたが、コンクリート応力度にして 1.55N/mm^2 に対し、 1.70N/mm^2 と十分問題ない範囲であった。その他の箇所においても $\pm\alpha$ の相違は観られたものの、総体的には、設計値の整合性および構造物の安全性を十分確認できた。

7. おわりに

計測の結果からも本橋の横桁は、大容量外ケーブルの定着体として十分安全であることが確認できた。外ケーブル構造が増加する近年、この種の検討は不可欠なものと考えられる。本検討が今後の参考になれば幸いである。