

(95) 興津川橋実物大試験

日本道路公団静岡建設局建設部構造技術課

寺田 典生

//

福永 靖雄

//

中村 和己

オリエンタル建設(株)川田建設(株)共同企業体 正会員 ○佐藤 均

1. はじめに

興津川橋は、第二東名高速道路清水I.C~静岡I.C間の吉原J.C.Tより北東3.5kmに位置し、2級河川興津川橋を渡る橋梁である。本橋は最大支間148.0m最大橋脚高さ68.5mを有し、支間長では国内4位の連続ラーメン橋である。しかし、この規模のPC橋梁の張出し施工において、大容量外ケーブル(27S15.2mm)を使用した事例が過去にないため、今回の実物大試験を行った。試験は、定着部単体の要素試験を行い、その結果をもとに、コンクリートウェブと波形鋼板ウェブを有する実物大試験を行った。本報告書では、試験結果とFEM解析結果との比較を行い、定着突起を設計する場合の目標値を提案する。

2. 試験内容

試験は、「定着体単体コンクリート部材応力試験(定着体コンクリート試験)」と「外ケーブル定着突起部の部材応力試験(定着突起形状および寸法確認試験)」の2つを実施した。試験における確認項目は次のとおりである。

- ①大容量外ケーブル(27S15.2mm)を使用した定着体単体コンクリートの耐力確認。
- ②コンクリートウェブに大容量外ケーブル(27S15.2mm N=1本/ウェブ)を使用した場合の定着突起形状および寸法の妥当性。
- ③波形鋼板ウェブに大容量外ケーブル(27S15.2mm N=1本/ウェブ)を使用した場合の定着突起形状および寸法の妥当性。

上記①~③の項目を確認するために、FEM解析およびスケールモデルによる試験を行った。

(1) 定着体単体コンクリート部材応力試験

外ケーブル定着突起部の部材応力試験を行う前に、定着体に発生する部材応力試験を実施し、部材の応力確認と定着具の縁端距離確認を目的とした。試験体を図-1に示す、700×700×1500(TYPE-1)と620×620×1500(TYPE-2)の2体製作した。プレストレス導入時のコンクリート強度の目標値を、27N/mm²とした。試験体は、FEM解析(10cmメッシュ)での要素中心のコンクリート主引張応力度の最大値 $\sigma_{ca} \leq 5\text{N/mm}^2$ 、鉄筋応力度の制限値 $\sigma_{sa} \leq 180\text{N/mm}^2$ として計画した。載荷荷重は、27S15.2mmのケーブルを配置し、5500kN緊張ジャッキで行った。載荷ステップは、図-2に示すように0.7Pu(5000kN)まで500kNピッチに静的に載荷し、5200kNで30分間荷重を保

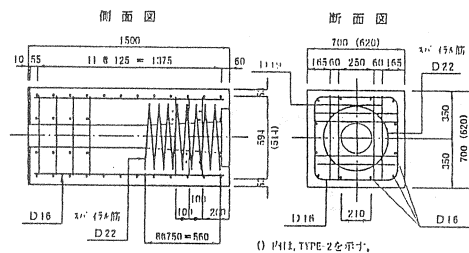


図-1 試験体形状図

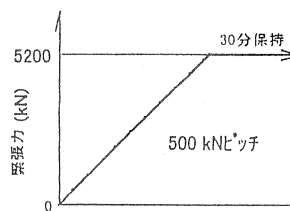


図-2 荷重ステップ図

持し、ひび割れおよびひずみの変化を観察した。

(2) 外ケーブル定着突起部の応力試験

図-3に試験体を示す。桁高 5.5m, 長さおよび幅はそれぞれ 10.0m, 9.95m の試験体を製作し定着突起部の部材応力試験を行った。実橋では、一部波形鋼板ウェブがあるためコンクリートウェブと波形鋼板ウェブを有する左右非対称断面とした。プレストレス導入時のコンクリート強度は、定着体単体コンクリート部材応力試験と同様に 27N/mm^2 とした。

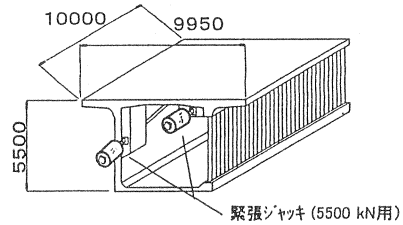


図-3 試験体形状図

試験体は、FEM解析 (10cm メッシュ) で要素中心のコンクリート主引張応力度の最大値 $\sigma_{ca} \leq 5\text{N/mm}^2$, 鉄筋応力度の制限値 $\sigma_{sa} \leq 120\text{N/mm}^2$ として計画した。載荷荷重は、27S15.2mm のケーブルを左右ウェブに配置し、5500kN 緊張用ジャッキにより左右同時に緊張を行った。荷重ステップは、図-4に示すように 5000kN (0.7Pu) まで 500kN ピッチで載荷し、5200kN 載荷後 1日荷重を保持し、ひび割れおよびひずみの変化を観察した。

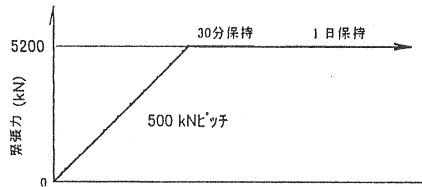


図-4 荷重ステップ図

試験体は、非対称断面および幅員方向の縮小モデルであるため、図-5に示すように実橋モデルと比較して、その形状の妥当性を確認した。FEM 解析は、コンクリート部材をソリッド要素、波形鋼板部材をシェル要素とした。

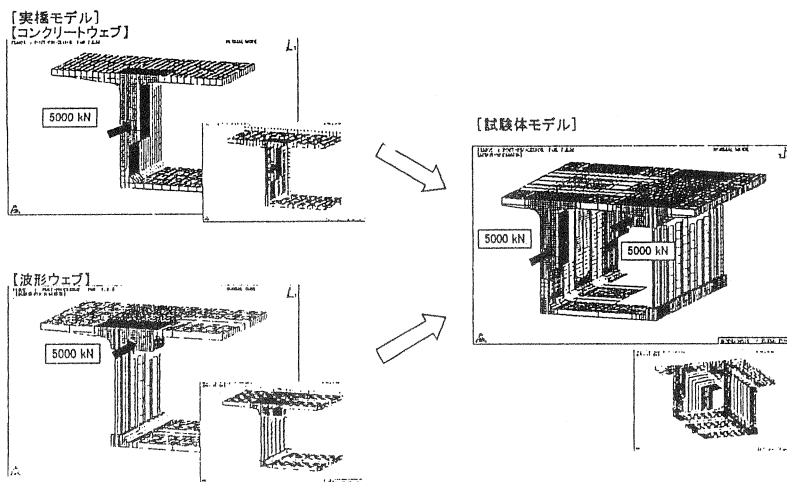


図-5 FEM解析構造モデル

3. 試験結果

(1) 定着体単体コンクリート部材応力試験

- ①試験は材令3日で行い試験時のコンクリートは、圧縮強度 $\sigma_5=27.5\text{N/mm}^2$ 、ヤング係数 $E_c=2.42\times 10^4\text{N/mm}^2$ であった。
- ②ひび割れ幅は、TYPE-1がTYPE-2より小さく、定着具の縁端距離が大きいほど、ひび割れの発生は遅れ、その幅は小さくなることが解った。
- ③コンクリートの引張強度は 3N/mm^2 となり、FEM解析と一致した。
- ④最終荷重時の鉄筋応力は 170N/mm^2 となり、FEM解析と一致した。
- ⑤TYPE-1のひび割れ幅は、 $0.005\text{C}(0.225\text{mm})$ 以下であった。
- ⑥FEM解析結果と試験測定結果が一致することが解った。

上記の結果における考察は、次のとおりである。

- ・試験体試験を行うことで、FEM解析と実験結果が一致することが確認できた。
- ・ひび割れ幅は、許容ひび割れ幅以内におさまったが、地震時の衝撃や繰返し荷重等解析上予期できない影響を考慮して、鉄筋応力の制限値を 180N/mm^2 から 120N/mm^2 に計画を変更した。

(2) コンクリートウェブ定着突起

- ①試験は材令5日で行い、試験時のコンクリートは、圧縮強度 $\sigma_5=31\text{N/mm}^2$ 、ヤング係数 $E_c=2.90\times 10^4\text{N/mm}^2$ であった。
- ②ひび割れは、載荷荷重 3500kN より発生した。
- ③コンクリート表面のひび割れ発生時の応力は、 2.8N/mm^2 となった。
- ④図-6より、最終荷重時の鉄筋最大応力は、 100N/mm^2 となった。
- ⑤ひび割れ幅は、 0.27mm であった。
- ⑥FEM解析による主引張り応力位置とひび割れ発生位置は一致した。
- ⑦FEM解析による応力ベクトル図と試験結果は一致した。

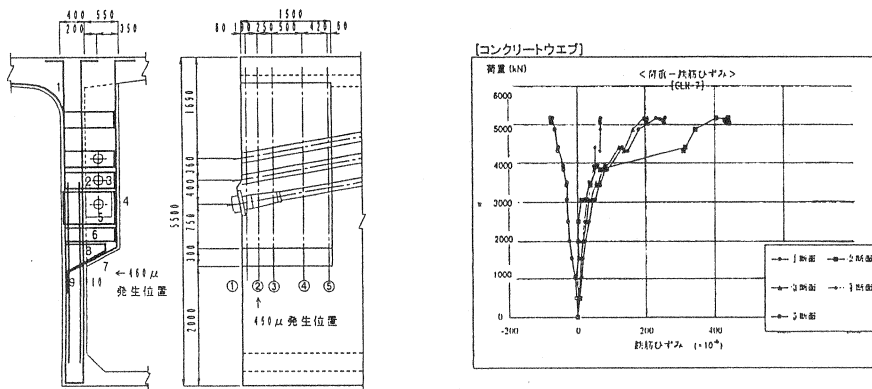


図-6 荷重-鉄筋ひずみ図 (コンクリートウェブ側)

(3) 波形鋼板ウェブ定着突起

- ①ひび割れは、載荷荷重 4000kN より発生した。
- ②コンクリート表面のひび割れ発生時ののは、 3.4N/mm^2 となった。
- ③図-7より最終荷重時の鉄筋最大応力は、 126N/mm^2 となった。
- ④ひび割れ幅は、 0.13mm であった。
- ⑤FEM解析による主引張応力位置とひび割れ発生位置は、コンクリートウェブと同様に一致した。
- ⑥FEM解析による応力ベクトル図と試験結果は一致した。

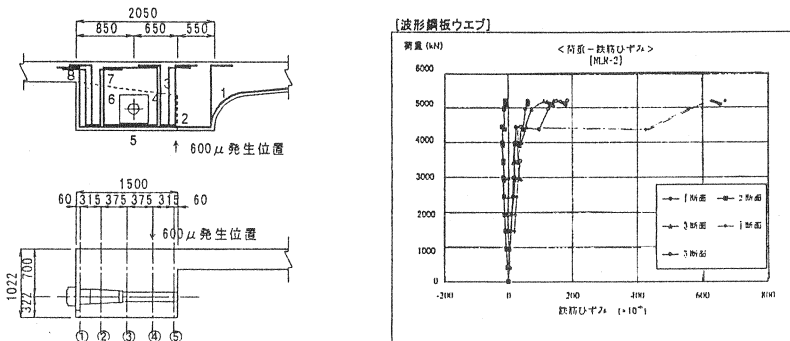


図-7 荷重-鉄筋ひずみ図 (波形鋼板ウェブ側)

上記結果の考察は、次のとおりである。

試験結果により発生ひび割れは、配置補強鉄筋の追加によりひび割れ幅制限値 $0.005C(0.225\text{mm})$ 内におさまることが予想できる。しかし、日本道路公団設計要領第二集の解説「方法Aでは、全死荷重作用時において、耐久性確保の点から有害となるひび割れを発生させないことが望ましい。」を考慮して、以下の設計方針の変更を行った。

- ・FEM 解析 (10cm メッシュ) の要素中心でのコンクリート主引張応力度の制限値を、 5N/mm^2 以下から 3N/cm^2 以下に変更。
- ・定着突起部のひび割れは、載荷荷重 3500kN 程度より発生したことから、現在の突起形状での使用鋼材は、 $27\text{S}15.2(0.7P_u=5000\text{kN})$ から $19\text{S}15.2(0.7P_u=3500\text{kN})$ に変更。

4. おわりに

今回の $27\text{S}15.2$ のケーブルを使用して行った、定着突起部の確認試験で以下について確認できた。

- ① FEM解析の解析結果と確認試験の結果が一致した。
- ②今回計画した定着突起寸法の設計方針の妥当性が確認。
- ③今回の試験結果から、FEM解析 (10cm メッシュ) の要素中心において、最大主引張応力を 3N/mm^2 以下にすることが望ましい。
- ④定着突起部の補強鉄筋配置位置の妥当性が確認。

上記4項目がFEM解析および試験体実験により、大容量PC鋼材 (27S15.2) を使用する場合の定着突起部に関する設計方法が確認できた。

現在、設計においては今回の試験結果を反映させた詳細設計の終盤の段階で、工事においては最初の柱頭部施工を行っている段階である。冒頭でも述べた通り、この様な規模では事例のない全外ケーブル張出し施工、かつ $27\text{S}15.2\text{mm}$ の大容量ケーブルの使用で、実物大試験を行った訳であるが、設計方法の提案および施工方法の確認ができたことは、今後のPC箱桁橋における定着突起部の設計の参考になればと考える。