

## 鋼箱桁橋の耐震連結における桁端部部材構造の合理化設計

阪神高速道路公団 森 喜仁 大阪工業大学工学部 フェロー 園田恵一郎  
 阪神高速道路公団 正員 山本昌孝 大阪市立大学工学部 正員 鬼頭宏明  
 (株)春本鐵工 正員 小板橋誠 (株)春本鐵工 正員 宮河 元

### 1. はじめに

兵庫県道高速北神戸線下山口工区では、鋼箱桁橋端支点上に2枚のダイヤフラムを設け、コンクリートを充填した鋼・コンクリートサンドイッチ構造を採用している。図-1に従来構造としての鋼製端ダイヤフラム、図-2に本工区で採用したサンドイッチ端ダイヤフラムの概要図を示す。この構造の採用により、落橋防止装置鋼製ブラケットを廃し、直接ダイヤフラムに定着できる。また、他の落橋防止システムの兼用も可能であり、桁端部構造の合理化が図れる。さらに伸縮装置支持により騒音・振動の軽減にも寄与すると考えられる。

次に鋼製、サンドイッチ構造、およびRC構造のダイヤフラムについて概略工費を算出した結果を表-1に示す。RC構造の場合でも製作・架設用として中央部に、鋼製ダイヤフラムが必要である。サンドイッチ構造では11mmの鋼板が必要となった。なお、鋼製ダイヤフラムでは落橋防止装置の鋼製ブラケットも考慮した。この結果より経済的にも優れていることがわかる。

ここでは実施工を通じて、サンドイッチダイヤフラムの設計方法、構造詳細について報告する。

### 2. サンドイッチダイヤフラムの設計

サンドイッチ構造の耐荷力算出方法は、梁部材としての試験により、鋼板を鉄筋に換算したRC計算にほぼ一致し、終局耐力はRC計算の結果を上回る性能を有していることが報告されている<sup>1)2)</sup>。また、板としてもRC換算により評価できることを、今回別途行った試験により確認している<sup>3)</sup>。具体的な設計方法としては、落橋防止ケーブルの破断荷重 $P_{uc}$ に対し、本構造の終局耐力 $P_{us}$ (鋼板を鉄筋に換算し、単鉄筋断面として、押し抜きせん断及び曲げモーメントに対し算出)が1.2以上の安全を持つよう設計した。以下に実構造物における押し抜きせん断耐力を文献4)算出式により、曲げ耐力を道路橋示方書Ⅲにより算出した例を示す。

表-1 端ダイヤフラム概略工費比較

|                 |                | RC構造   | サンドイッチ構造 | 鋼製ダイヤフラム構造 | 備考                 |
|-----------------|----------------|--------|----------|------------|--------------------|
| 工種              | 単位             | 数量     | 数量       | 数量         |                    |
| コンクリート打設工       | m <sup>3</sup> | 6.570  | 6.570    | —          | 材料費含む              |
| 型枠工             | m <sup>2</sup> | 21.900 | —        | —          | 材料費含む              |
| 鉄筋工             | t              | 0.689  | —        | —          | 配筋作業含む             |
| 養生工             | m <sup>3</sup> | 6.570  | —        | —          |                    |
| 鋼板              | t              | 0.938  | 1.883    | 4.301      | 工場製作費含む            |
| 型钢              | t              | —      | 0.101    | —          | 加工費含む              |
| PCケーブル (1300kN) | 本              | —      | —        | 4          | 購入品                |
| PCケーブル (2800kN) | 本              | 2      | 2        | —          | 購入品                |
| 工費比率            |                | 1.000  | 0.965    | 2.098      | RC構造の工費を1.0として比で表す |

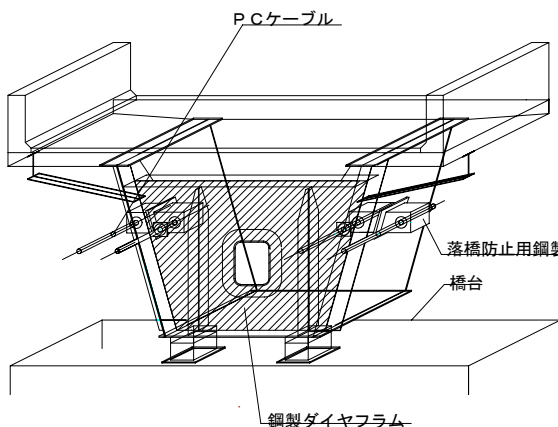


図-1 鋼ダイヤフラム構造

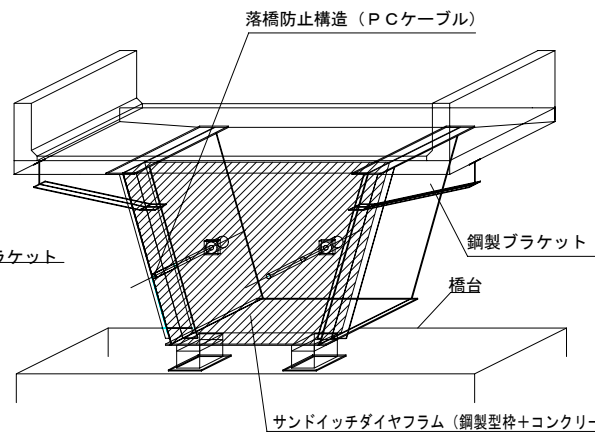


図-2 サンドイッチダイヤフラム

キーワード：鋼コンクリートサンドイッチ構造、鋼箱桁橋、ダイヤフラム、耐震連結装置

連絡先：阪神高速道路公団 神戸第一建設部 神戸市中央区新港町 16-1 TEL078-331-9801 FAX078-391-5846

$$V_{pcd} = \beta_d \beta_p \beta_r f_{pcd} u_p d = 5452 \text{ kN}$$

$$\beta_d = (1/d)^{1/4} = 1.093$$

$$\beta_p = (100p)^{1/3} = 1.170$$

$$\beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25 * u_o / d) = 1.636$$

$$f_{pcd} = 0.2 f'_{cd} = 0.2 * 24^{1/2} = 0.980$$

$$u_p = u_o + \pi d = 3799.1$$

$$u_o = 1600$$

$$d = 700$$

$$p = 11/700 = 0.016$$

$$P_m = M_u / M_{max} = 8849 \text{ kN}$$

$$Mu = A_s * \sigma_{sy} \left( d - \frac{1}{2} * \frac{A_s * \sigma_{sy}}{0.85 \sigma_{ck} * b} \right) = 1646 \text{ kN.m}$$

$$A_s = 1000 * 11 = 11000$$

$$\sigma_{sy} = 235.0$$

$$\sigma_{ck} = 24.0$$

$$d = 700$$

$$b = 1000$$

※荷重はd/2までの45°分布を考慮した分布荷重で落橋防止ケーブル設置数分載荷

押抜きせん断耐力 (1載荷点あたり)  
 有効高さに対する寸法効果(d : m)  
 pに対する影響係数  
 載荷面周長:u<sub>o</sub>/dに関する影響係数  
 公称せん断強度 f'cd:設計基準強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 設計断面周長 (載荷面からd/2 :mm)  
 載荷面周長(mm)  
 有効高さ(mm)  
 鉄筋比

Muを生じさせるための1載荷点あたりの荷重(kN) Mmax : 4辺単純支持条件で単位荷重作用時に発生する最大曲げモーメント 0.186kNm/kN<sup>\*</sup>  
 終局曲げモーメント  
 引張鋼材断面積(mm<sup>2</sup>)  
 引張鋼材の降伏点(SM400A:N/mm<sup>2</sup>)  
 コンクリートの設計基準強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 有効高さ(mm)  
 有効幅(mm)

地震時の補強リブの兼用, 箱内での作業性を考慮してサンドイッチ構造の最低幅を 600~700mm としたため, 計算の結果より耐力に余裕が生じた. なお, ダイヤフラム・支点上補剛材の設計方針を表-2 に示す. 鉛直反力に対し鋼断面のみで照査する. 鋼板の板厚は支点上補剛材としての照査 (死+活荷重) で決定している. また, 支点上構造の合理化のため, ①鋼板と両端の補剛材は支承直上地震時補強リブを兼用, ②伸縮装置支持のため上方部を拡幅することを検討した.

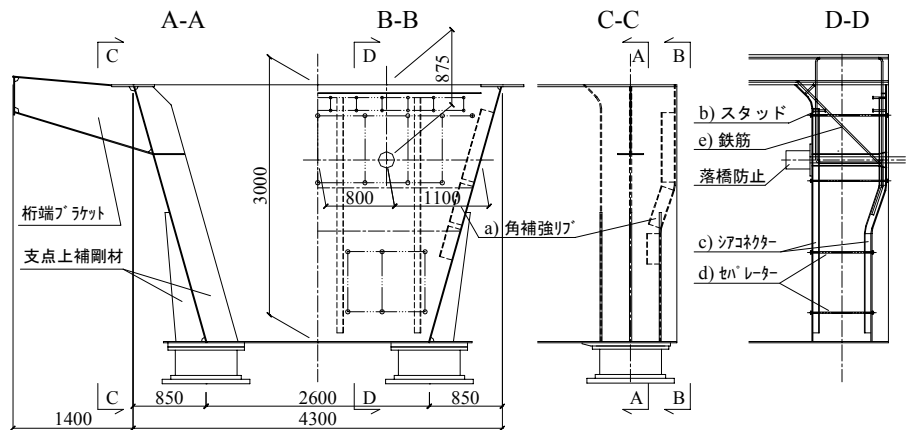
**3. 各部構造の設計**

その他の構造詳細について設計方針を述べる. 図-2 に本工区の端サンドイッチダイヤフラムの詳細図を示す. 角補強リブを落橋防止装置からの面外力による局部変形を防止するために設置した. スタッドには, 床版がサンドイッチ構造の1側面(蓋)となるよう梁モデルによるせん断力を負担させた. (19φ@300 2段配置). シアコネクターは工場パネル製作後の立て起こし時に座屈が生じない程度の剛性を確保する. 本橋では75×75×6のアンクル材を使用した. セパレーターはコンクリート打設時に鋼板に作用する側圧に対し抵抗する. 0.5本/m<sup>2</sup>程度でRB-16φを使用した. 鋼板には側圧により応力が残留するが, 終局時には支配的にならないと考え, 計算上これを無視した. サンドイッチ内部に定着する補強鉄筋はスタッド同様, コンクリートの抜け出しに対して配筋する (D19@250). スタッド下端から必要定着長を確保した.

【参考文献】 1)秋山ら: 鋼・コンクリート合成サンドイッチ構造部材の終局耐力, 合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.69-74,1986,9  
 2)阿部ら: サンドイッチ型複合床版の力学的挙動, 日本鋼構造協会第4回鋼構造年次論文報告集, pp.477-484, 1996, 11  
 3)山本ら: 鋼箱桁橋の耐震連結における桁端部部材の合理化に関する実験: 土木学会年次学術講演会, 2001  
 4)土木学会: コンクリート標準示方書設計編, 1996.3

**表-2 サンドイッチダイヤフラムの設計方法**

| 設計部材       | 考慮する荷重                       | 設計方法  |
|------------|------------------------------|---|
| 鋼板 (型枠も兼用) | 前死荷重 (自重・床版等) + 架設時荷重、打コン時側圧 | 許容応力度法 (座屈を考慮する)                                |
|            | 後死荷重 (橋面工) + 活荷重             | 許容応力度法 (座屈を考慮しない)                               |
| 支点上補剛材     | 地震時水平力                       | 終局強度の比較<br>1.2P <sub>uc</sub> < P <sub>us</sub> |



**図-2 サンドイッチダイヤフラム詳細図**