

I-296 大型開口を有する横梁の強度

首都高速道路公団 正員 ○田中充夫, 正員 高野晴夫
三菱重工業 金井良助, 安藤和彦

1. まえがき

横浜市道湾岸線の高架橋上部構造の横梁は、送電線等を設置する為に図1に示す様に非常に大きな開口を有する構造となっている。道路橋示方書には、この様に大きな開口を有する横梁についての規定がないため、同橋では事前に種々の解析・検討を行い簡易設計式を作成し、それを適用して設計を行なった。設計式のフローを図2に示す。

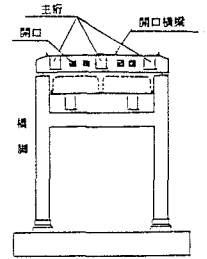


図1. 開口横梁

2. 大型構造モデル実験

実橋開口部の約1/2を模した鋼製大型模型（12.3m長×1.1m巾×1.9m高）を用い、実橋に類似した荷重を3点曲げ試験にて与え、弾性試験および耐力試験を行なった。

2.1 実験モデル 模型には単独開口と隣接する2つの開口との計3ヶの開口を設け、1体模型で異なる2種類の開口に対する試験が同時に行える様にした。実験模型およびその载荷要領を図3に示す。

2.2 弾性試験結果 弾性試験結果を図4.5に示す。実験結果とFEM解析結果とは良く一致している。

図4は開口端断面における直応力分布の例だが開口コーナー部の応力集中の様子や、中フランジの中心線付近には殆んど応力が流入していない事等が分る。

図5は隣接開口部のフランジ端における直応力の長手方向分布を示したもののだが中フランジに剪断力による局部曲げの影響が強く表われているのが分る。例えば⑨断面の上梁中フランジは全体曲げによる圧縮と局部曲げによる圧縮が加算され大きな圧縮応力となっている。

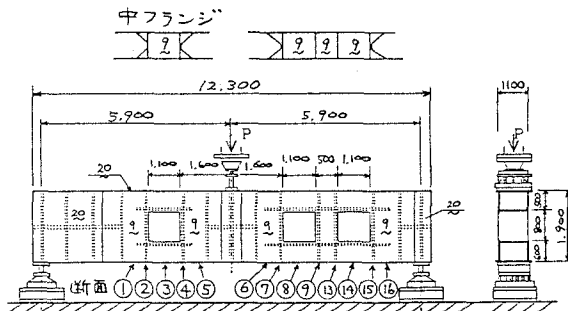


図3. 模型とその载荷要領

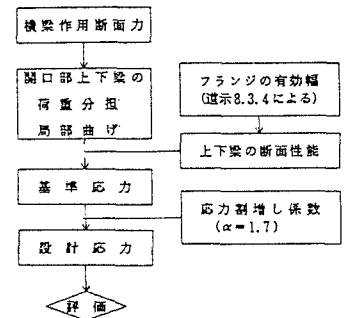


図2. 簡易設計式のフロー

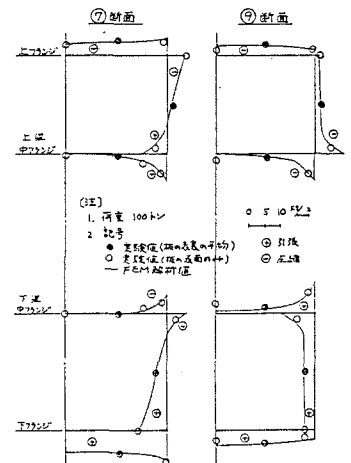


図4. 開口端断面応力分布

また開口端ウェブコーナーR部には中フランジコーナー部応力の3倍以上もある高い応力が発生し設計荷重範囲内でも降伏してしまう事が計測されたが当該部の応力は2次的なものであるため、全体強度上特に問題となる事はない。

2.3 耐力試験結果 荷重300トンあたりから⑥断面の上フランジパネルの弾塑性座屈が始まり、380トンで上梁延長上にあるウェブのパネルが座屈し横梁としての耐力を急速に失ない、426トンで崩壊した。耐力（426トン）は設計荷重（130トン）に対し約3.3倍あり、簡易設計式に基づいて設計された開口横梁は十分な耐力を有する事が確認された。

開口コーナー部は局部的には降伏したり、面外変形を生じたものもあるが最後まで崩壊しなかった。これはコーナー部は中フランジと横隔壁とで交叉され、トンネル状に強固に補強されている事による。

3. 開口部の強度特性

(1) フランジの有効幅 FEM解析より得られた応力分布から設計基準応力をベースとして求めたフランジ有効幅を簡易設計式の値と比較して表1に示す。この表より次の事が分った。(a) 引張荷重、全体曲げに対する上下フランジの有効巾は簡易設計値とFEM解析値とは非常に良く一致する。(b) 中フランジの有効幅は開口端では開口中央の70～80%である。(c) 局部曲げに対しては簡易設計値はFEM解析値より10%程大きい。

(2) コーナー部応力割増係数 FEM解析結果から得られた応力分布のコーナー部最大応力を設計基準応力で除して求めた応力割増係数(α)の例を図6に示す。簡易設計式では一律に $\alpha=1.7$ としているが図6に示す如く応力割増係数は開口の種類や荷重の種類によっても異なる事が分る。なお開口の大きさや配置が実験対応モデルから極端に変る場合は応力割増係数も変化するので注意を要する。

(3) 振り強度 中フランジは開口部にのみ設けられており構造的に不連続であり、その端部隔壁も剛体ではないため振りによる応力はほとんど流れこまず、振りによる剪断力はほとんど上下フランジおよびウェブで分担されることが分った。

4. あとがき

横浜市道湾岸線の高架橋上部構に用いた大開口を有する横梁の強度について大型模型実験およびFEM解析を行ない、実橋は十分な強度を有する事が検証された。また剪断力による局部曲げ、フランジ有効巾、応力割増係数や振りによる応力等、開口部特有の応力特性が明らかとなった。

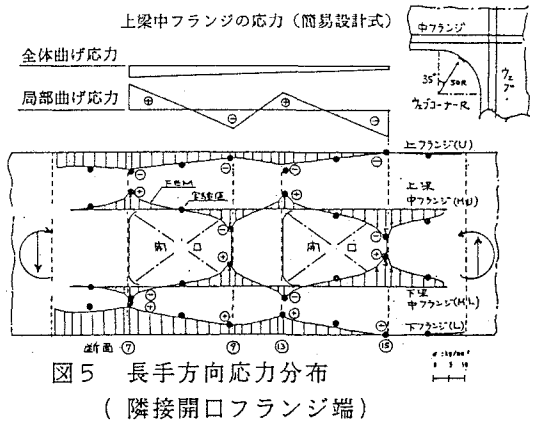


表1. フランジ有効幅の例（単独開口）

	引張荷重		全体曲げ		局部曲げ	
	簡易設計式	FEM	簡易設計式	FEM	簡易設計式	FEM
上下フランジ	9.7	9.8	9.7	9.7	—	—
中フランジ上/下	6.4	47/50	6.4	35/41	3.4	27/25
上下フランジ	9.8	9.8	9.7	9.7	—	—
中フランジ上/下	6.4	50/53	6.4	54/54	—	—

注1. 模型実験対応モデル

注2. 有効幅は横梁の半幅に対する%で表示

