

首都高速道路公団 正員 中 島 拓
 首都高速道路公団 正員 ○小田桐 直幸
 大日本コンサルタント 正員 笹 川 滋

1. まえがき

都市高速道路の橋梁には、その主桁間に維持管理用の点検用通路が設けられているため、通路途上の横桁腹板は人孔を有している。さらに近年、振動・騒音等の観点から連続桁の採用が増え、それと同時に構造上あるいは景観上などの理由で主桁と横梁とを剛結した構造も増加してきているが、維持管理の重要性ともあいまってその横梁腹板に点検用通路のための人孔を設けなければならない場合もあり、特に中間支点上の横梁においては曲げ・せん断ともに厳しい条件下にあるため、腹板に開孔を有する梁の補強方法や耐力等について把握しておく必要がある。

このような背景の下に、腹板に開孔を有する I 形断面の梁の供試体を用いて破壊試験を行ったので、その概要と二、三の結果について報告する。

2. 供試体と試験方法

供試体は全て S S 4 1 材を使用し、実橋での標準的な分配横桁の 1/2 モデルを想定して腹板厚 4.5mm、開孔 200mm × 300mm とし、腹板高は道示Ⅱ編 8・4 により水平補剛材無しで許される最大値から 680mm に決めた。また、供試体は左右対象とし、支間長は試験対象パネルのせん断耐力に影響を与えない範囲で出来るだけ大きな曲げモーメントを加えられるように決定した (図-1)。

供試体の種類は表-1 に示すように基本系として開孔無し (B-1) と開孔部が補強されていないもの (B-2)、さらに開孔部の補強方法の違いにより腹板増厚型 (W 系列)、ダブリング型 (D 系列)、補強フランジ型 (F 系列) とした。なお、補強は基本的には (補強材の断面積) / (腹板欠損断面積) = α が 1 となるように行なったが、参考の意味で $\alpha > 1$ のものも用意した (W-2、W-3、D1-2、D2-4)。さらに、開孔の位置が圧縮フランジ側に 90mm 偏心した場合の供試体も加えた (W-3、D2-5)。

試験はこれらの供試体の両端を単純支持し、両端及び中央部に横座屈防止装置を設けて、中央に集中荷重を載荷する形で行った (写真-1)。各荷重段階毎に荷重、歪及びたわみを測定した。

なお、載荷スピードが早過ぎると、見かけ上過大な耐力力を得ることがあるので、弾性域を越えた後

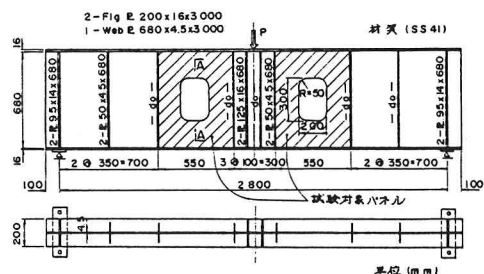


図-1 供試体

表-1 供試体の種類 (図-1 の A-A 断面)

基 本 系		腹 板 増 厚 型	
B-1 $l=4.5$	B-2 $l=4.5$ ($\alpha=0$)	W-1 $l=8$ ($\alpha=1.0$)	W-2 $l=12$ ($\alpha=2.1$)
		W-3 $l=12$ (片側偏心) ($\alpha=2.1$)	
ダ ブ リ ン グ 型		補 強 フ ラ ン ジ 型	
D1-1 $l=9, b=75$ ($\alpha=1.0$)	D2-1 $l=4.5, b=75$ ($\alpha=1.0$)	F1-1 $l=12, b=56$ ($\alpha=1.0$)	F2-1 $l=6, b=56$ ($\alpha=1.0$)
D1-2 $l=9, b=105.5$ ($\alpha=1.4$)	D2-2 $l=6, b=56.5$ ($\alpha=1.0$)	F2-2 $l=8, b=42$ ($\alpha=1.0$)	F2-3 $l=4.5, b=75$ ($\alpha=1.0$)
	D2-3 $l=3.2, b=105.5$ ($\alpha=1.0$)		
	D2-4 $l=9, b=75$ ($\alpha=2.0$)		
	D2-5 $l=4.5, b=75$ (片側偏心) ($\alpha=1.0$)		
$\alpha = \frac{\text{(補強材断面積)}}{\text{(欠損断面積)}}$			
単位 (mm)			

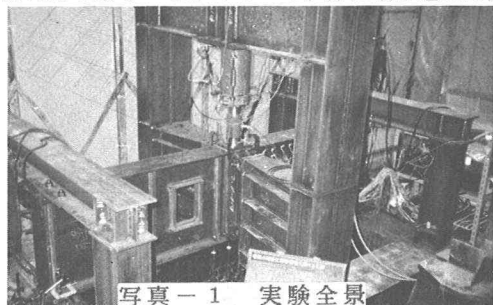


写真-1 実験全景

は各荷重段階毎に油圧ジャッキをホールドして荷重が落ち着くのを確認しながら試験を進めた（荷重0tから破壊まで約 1.5～2 時間）。

3. 実験結果と考察

表-2は、供試体の耐荷力およびB-1の耐荷力を1.0とした場合の各供試体の耐荷力比を示したものであるが、 $\alpha = 1$ の場合をみると①腹板増厚型②ダブリング型③補強フランジ型、の順に耐荷力が小さくなっている。また、補強フランジ型では明確ではないが、ダブリング型の場合片側より両側補強の方が耐荷力が大きい傾向が認められる。 $\alpha \neq 2$ では試験対象パネルは座屈を起こさなかった。

図-2に各供試体の耐荷力比と補強材の h/w の関係を $\alpha = 1$ のものについて示す。ここに、 h/w は補強材が腹板の広い範囲を覆う程大きくなるパラメータである。これより、 h/w が大きい程耐荷力が増す傾向にあることがわかる。これはせん断破壊に対しては、腹板厚を増す（ h/w が大きい）形式の補強が有効であることを示すものと考えられる。

図-3に腹板の座屈パターンの代表例を示す。腹板増厚型とダブリング型はパターンが類似しているが、補強フランジ型は補強フランジと桁のフランジに挟まれたパネルの腹板が座屈を起こしている。補強フランジ型の耐荷力がダブリング型に比べ小さかったことから、腹板の面外変形の拘束よりもせん断変形を防止する補強が有効であることがわかる。

表-3には、開孔円弧部近傍に貼付した三軸ゲージより求めた相当応力と梁理論による同位置での相当応力（いずれも弾性範囲内）、及び両者の比（応力集中率）を示す。実験値をみると、補強フランジ型は補強無し（B-2）に比べ大きな応力が生じている。一方、応力集中率は片側補強の場合は約 1.7と大きい、それ以外はいずれの補強方法によっても 1.2～1.4 程度となっている。

4. あとがき

以上、実験結果の概要を述べたが、耐荷力あるいは応力の面からは腹板の両側に広範囲にわたる補強を行うのが有効であることがわかった。今後、開孔の偏心の影響、FEM 解析との比較検討、この実験から得られる結果の適用範囲の検討、製作あるいは経済性からの検討など、望ましい補強方法を見出すべく種々の検討を加えて行く予定である。

表-2 供試体の耐荷力

供試体	耐荷力 Pu (ton)	耐荷力比 Pu / Puo
基本型		
B-1	77.1 * Puo	1.00
B-2	50.9	0.66
腹板増厚型		
W-1	88.8	1.15
W-2	105.3 *	1.37
W-3	104.6 *	1.36
ダブリング型		
D1-1	75.9	0.98
D1-2	87.8	1.14
D2-1	83.3	1.08
D2-2	69.7	0.90
D2-3	83.7	1.09
補強フランジ型		
F2-4	95.0 *	1.23
F2-5	61.0	1.05
補強フランジ型		
F1-1	67.6	0.88
F2-1	68.5	0.89
F2-2	68.8	0.89
F2-3	66.3	0.86

* 試験パネル以外の箇所が破壊

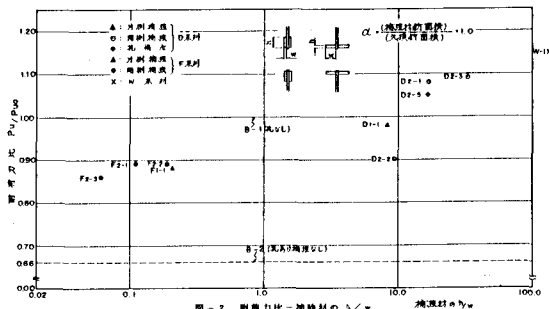


図-2 耐荷力比-補強材の h/w

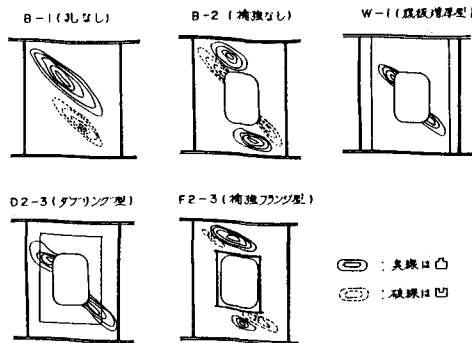
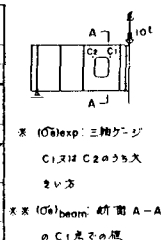


図-3 腹板の座屈パターン

表-3 開孔円弧部近傍の相当応力（弾性範囲）

供試体	(実験値) *	(梁理論) *	(実/梁)
基本型			
B-1	2.92	2.96	0.99
B-2	6.24	5.14	1.21
腹板増厚型			
W-1	3.99	2.96	1.35
W-2	2.91	2.05	1.42
W-3	3.17	2.38	1.33
ダブリング型			
D1-1	5.13	2.95	1.74
D1-2	4.35	2.55	1.71
D2-1	3.69	2.95	1.25
D2-2	3.66	2.95	1.24
D2-3	3.92	2.95	1.33
D2-4	2.42	2.12	1.14
D2-5	4.16	3.14	1.32
補強フランジ型			
F1-1	6.65	5.13	1.69
F2-1	7.43	5.13	1.45
F2-2	7.03	5.13	1.37
F2-3	7.20	5.13	1.40



* (G)exp: 三軸ゲージ
C)スリット C2の中心
を以て
** (G)beam: 断面 A-A
の C1点での値