

前田建設工業	正会員	鈴木顕彰	三島徹也
日本鉄道建設公団	正会員	新山純一	溝口健二
鉄道総合技術研究所	正会員	渡辺忠朋	

1. はじめに

あと施工アンカーによる鋼板補強工法は、RC梁部材の曲げ、およびせん断補強に対して有効であることが補強梁の曲げせん断試験により確認されている。¹⁾しかし、本工法のボックスカルバート上床版の補強への適用に際しては、以下の事項が未確認であった。

- ①鋼板補強工法の隅角部の負曲げモーメントに対する補強効果（隅角部で破壊しないか）
- ②破壊モード（補強により曲げ破壊からせん断破壊などへ破壊モードの移行はないか）
- ③補強による耐力増加率（梁試験結果と同程度か）

このため、ボックスカルバートの上半断面を2分の1スケールにモデル化したラーメン型試験体を用いて、鉛直・水平の2方向同時載荷試験を実施した。本稿では、この試験結果について報告する。

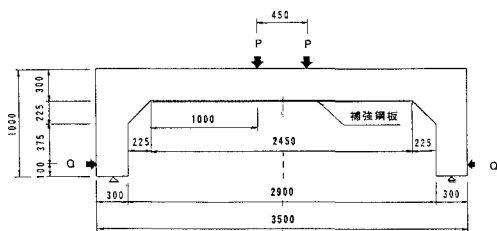


図-1 試験方法

2. 試驗概要

- ### (1) 試験体および試験方法

試験は、図-1に示す試験体に鉛直荷重Pと水平荷重Qを載荷して行った。

種別	径または 厚さ	規 格	降伏強度 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	弾性係數 kgf/cm ²
鉄筋	D 6	S D 345	3884	6542	1.72 × 10 ⁴
	D 13		4589	5855	2.05 × 10 ⁴
	D 16		4163	5818	2.07 × 10 ⁴
鋼板	t=0.45	S M 490	3939	5436	
ワケ-	M12	-	9183	10710	-

ボックスカルバート構造物は、たとえば地下水位低下などで側方圧が減少すると上床版のモーメント反転位置が移動し、中央部での正曲げモーメントが増加する構造特性を有している。本試験においては先行加力、繰り返し加力では、曲げモーメント $M = 0$ の位置をハンチ端より中央より 63cm の位置とし、最終加力では、ハンチ端で $M = 0$ となるようにに P と Q の比を定めて載荷した。図-2 に載荷要領を示す。

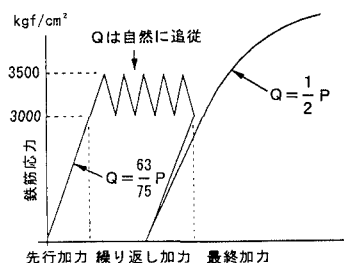


圖-2 載荷要領

試験体は、無補強試験体、鋼板補強試験体各 1 体、計 2 体であり、試験体の RC 部分の寸法は同一である。図-3 に配筋を示し、表-1 に使用した鋼材の機械的性質を示す。

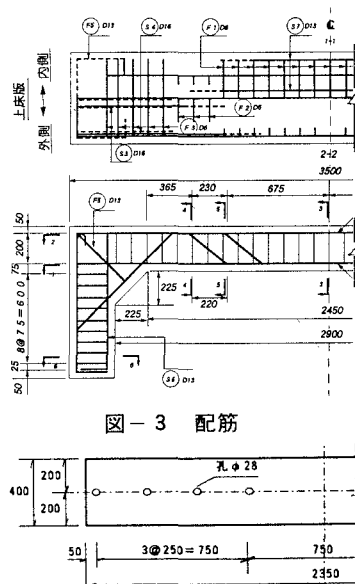
- (2) 補強工

鋼板補強試験体について実施した補強工の概要を図-4 示し、図-5 に補強鋼板の寸法を示す。図-5 に示す鋼板の開口位置がアンカーの配置に一致する。なお、アンカーナットの締付けトルクはクリープなどによる導入トルクの消失を考慮し、メーカー規定値の30% (240kgf・cm) とした。また、補強工実施前に試験体中央部の主筋に先行応力3000kgf/cm²を導入し、その応力を保持しながら補強工を実施した。

3. 試驗結果

- (1) ひずみ分布より確認した曲げモーメント

無補強試験体について実測の鉄筋ひずみ、コンクリートひずみより算



图—3 配筋

図-5 補強鋼板の寸法

出した曲げモーメント分布を図-6に示す。図には荷重P、Qより部材を線材として算出した曲げモーメント分布を併せて示す。全体に両者は良く一致しており、所期の荷重が加力されていると判断できる。ただし、隅角部ではひずみから算出した曲げモーメントは、線材として計算されるような極端な負曲げモーメントのピークはみられない。これは隅角部に形成される剛域のためと考えられる。

（2） ひび割れ、および破壊状況

表-2に試験結果の一覧を示し、図-7にひび割れ状況を示す。無補強試験体、補強試験体ともせん断ひびわれは発生せず曲げ圧壊した。補強試験体の最大荷重は38.9tfであり、無補強試験体の最大荷重22.1tfの1.76倍となった。補強による耐力増分の比は同様な補強を施した梁試験体の実験値（無補強18.2tf、補強33.0tf、耐力比1.81倍）と同程度であり、十分な補強効果が認められた。また、ひび割れは正曲げモーメントが作用する上床版中央部に集中しており、隅角部の負曲げ領域には見られなかった。

（3） 荷重－変位関係

鉛直荷重と試験体中央部の変位の関係を図-8に示す。補強試験体は補強後の関係を示している。

無補強試験体では主筋ひずみを3000kgf/cm²とした後、一旦荷重を0とする前にPを一定に保ちながら、

$$Q = \frac{63}{75}P \text{ から } Q = \frac{1}{2}P \text{ へと } Q \text{ の低減を試みたため、荷重が一}$$

定のまま変位だけ増加していった。その途中で主筋が降伏し、荷重の制御が困難となったので、荷重を0に戻している。その後載荷を再開してからは、すでに主筋が降伏しているため荷重は大きくは増加せず、変位が増加し曲げ圧壊した。補強試験体は、まず、主筋ひずみをくり返し加力の制御上限値である3500kgf/cm²とする直前に鋼板とグラウトの付着が切れ荷重が減少し、変位が増加した。その後、くり返し加力を行い、一旦荷重を0としてから再加力した。この後、主筋が降伏し剛性は低減したが、曲げ圧壊に至るまで荷重は増加した。

4. まとめ

ラーメン型試験体による載荷試験の結果、ボックスカルバートの内空から上床版部へ補強を施すことにより、耐力は無補強の場合の1.8倍と十分な補強効果が得られること、隅角部周辺にはひび割れの発生がみられなかったこと、最終的な破壊モードは曲げ圧壊となり、せん断破壊など脆性的な破壊はみられなかったことなどから、本工法のボックスカルバート上床版の補強への適用性が確認された。

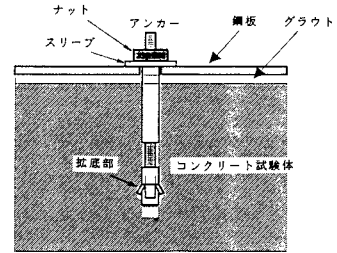


図-4 補強工の概要

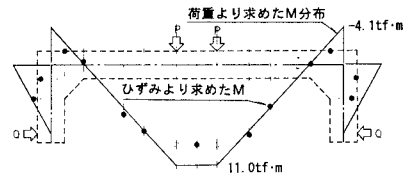


図-6 曲げモーメント分布
（曲げ圧壊時）

表-2 試験結果一覧

試験体	コンクリート 圧縮強度 kgf/cm ²	鉄筋降伏荷重			破壊荷重			鋼板ひずみ(μ)	破壊モード
		2P (t)	Q (t)	M (t・m)	2P (t)	Q (t)	M (t・m)		
無補強 試験体	275	20.4	6.2	9.4	22.1	5.6	10.9	—	曲げ 圧壊
補強 試験体	291	22.0	9.2	8.2	38.9	12.4	17.4	447 1085	曲げ 圧壊

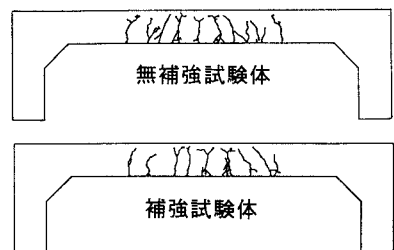


図-7 ひびわれ状況

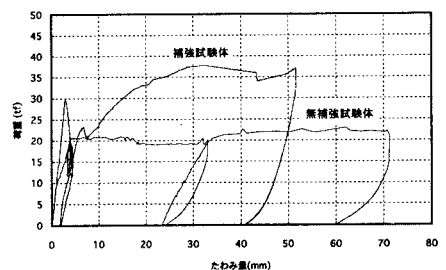


図-8 荷重－変位関係