

日本道路公団

石谷 藤四郎

日本道路公団 正員

○ 梶 貝 勇

鉄筋コンクリート部材の中でもとりわけ交通荷重を直接支持する橋梁の床版には種々の原因による破損が多く、何らかの補修・補強を行なっている例がきわめて多い。高速道路等においては、できるだけ交通に影響を与えずに補強工事を行なうことが要望されるため、補強工法として鉄筋コンクリート床版下面に鋼板を接着することによって断面の抵抗力を高める方法がしばしば採用されている。しかしながら、この種の工法を採用する場合の設計・施工基準等は確立されておらず、多分に経験的な処理がなされている場合が多いようである。本研究は鉄筋コンクリート部材に鋼板を接着して補強を行なう場合の設計指針を得ることを最終的目的として行なわれているもので、今回はまず表-1に示す要因をとりあげて、これらの要因が補強部材の性状に及ぼす影響を実験的に検討した。

使用材料および供試体の製作

表-1 載荷試験計画

No.	検討要因	試験条件
1	無 補 強	(RC供試体)
2	標 準	($a/h = 2.25$)
3	初期ひびわれ	$\sigma_s = \sigma_{sa} (1400 \text{ kg/cm}^2)$
4		$\sigma_s = \sigma_{sy}$
5	曲げモーメントと	$a/h = 1.5$
6	せん断力の比率	" 3.75
7	(a/h)	" 5.0
8	鋼板接着方法 (材質的定着)	ホルインアンカー $\phi 12$
9		" " $\phi 21$
10		PC鋼棒 $\phi 10$
11	付着欠陥	付着率 75%
12		" 50%
13		" 75% (分散)

供試体の製作に用いたコンクリートの配合および鋼材・接着剤の性質は表-2のとおりである。供試体は材令7日まで湿潤養生を行ないその後室内に静置した。鋼板の接着は原則として材令3週で行なった。接着に先だって、コンクリート面はサンダーで軽く研磨した後アセトンで清掃し、鋼板面は黒皮がとれる程度にサンダー仕上げを行なった。またNo. 11~13供試体については付着欠陥部を設けるために塩化ビニールのフィルムを鋼板に粘付けし、その表面に剝離剤を塗布した後鋼板を接着した。なお鋼板には約0.08 kg/cm²の圧力をかけて圧着を行なった。用いた接着剤はエポキシ系のシヨ-ボンドCSである。

実験結果の概要

載荷試験結果の概略は表-3に示したとおりである。鋼板で補強した供試体の場合、鋼板応力が700~1200 kg/cm²の段階で鋼板が剝離し、その後引張鉄筋が降伏して曲げ破壊に至った。従って、鋼板の剝離が補強部材の限界状態であると見え、鋼板剝離モーメント、鋼板の付着強度に着目してデータの整理を行なった。

(1) 初期ひびわれの影響

実際の補強は既にひびわれ等が発生している部材に対して行なうが実験はひびわれの全くない供試体に鋼板を接着している。そこで補強前のひびわれの有無の影響を検討するため、引張鉄筋の応力度がそれぞれ許容応力度および降伏点に達する荷重まで載荷した後鋼板を接着した供試体(3, 4)の試験も行なった。その結果、鋼材の歪、鋼板剝離モーメント、破壊モーメント等はひびわれがない場合(2)とほぼ同一とみなし得ることが認められた。

表-2 使用材料の性質

(a) コンクリートの配合

w/c	s/a	C	Slump	Air
0.455	0.37	352 kg	7±1cm	3±1%

(b) 鋼材の性質 (kg/cm²)

	σ_{sy}	σ_{su}	E (10 ⁶)
鋼 板	3,035	4,812	1.98
鉄筋(D19)	3,528	5,288	2.00

(c) 接着剤の性質

銘 柄	圧縮強度 kg/cm ²	ヤング係数 kg/cm ²
シヨ-ボンドCS	806	3.46×10^4

図-1 供試体の形状・寸法

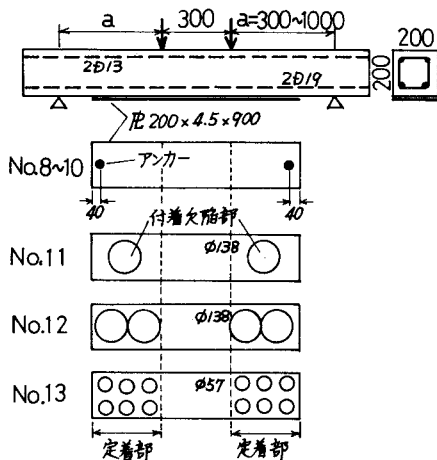


表-3 載荷試験結果

No.	要 因	M_o	T_{ou}	M_u
1	(RC無補強)	—	—	2.96
2	(標 準)	2.36	16.3	2.89
3	初 期	2.34	16.3	3.09
4	ひびわれ	2.21	15.1	3.06
5		2.06	13.8	2.85
6	a/h	2.81	20.2	4.23*
7		2.99	21.7	4.43*
8		2.70	19.3	3.54
9	機械的	2.70	19.3	3.68
10	定 着	2.79	20.2	3.35
11		2.25	15.4**	2.25
12	付着欠陥	1.91	12.3**	2.90
13		1.90	12.3**	2.78

M_o 鋼板剥離モーメント ($10^5 \text{ kg} \cdot \text{cm}$)

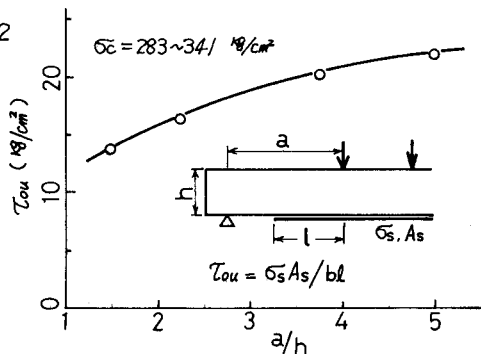
M_u 曲げ破壊モーメント (")

T_{ou} 鋼板の付着強度 (kg/cm^2)

* 引張鉄筋として 3D19 使用

** 付着率を無視した みかけの値

図-2



(2) 曲げモーメントとせん断力の比率の影響

例えばRC部材のせん断強度は作用する曲げモーメント(M)とせん断力(S)の比によってかなり相違する事が知られている。鋼板の付着強度についてもこれと同じような影響が推測されたので、 M/S の比を4種に変えて試験を行なった。(具体的には a/h を1.5~5の間で変化させた) 鋼板剥離時の平均付着応力度 T_{ou} は図-2のようであって、定着長を一定とした場合 a/h が大きいほど T_{ou} は増加することが明らかに認められた。 a/h が大きいほど鋼板に同じ応力を発生させる荷重が小さく、従ってせん断力が小さくなることに起因していると考えられるが、いずれにしてもこのような特性は補強設計において考慮すべきであると思われる。

(3) 機械的定着の効果

鋼板を接着する場合、鋼板とコンクリートとをホールインアンカー等で結合するのが一般的方法である。そこで、この種のアンカーによる機械的な定着の効果を検討するため、2種類のホールインアンカーおよびPC鋼棒(桁上下面でネジ止め)を使用した桁の試験も実施した。機械的定着を併用した場合鋼板剥離モーメントは約20%増加した。また鋼板剥離後の破壊の進行が緩慢で破壊モーメントも15~20%の増加を示した。

(4) 付着欠陥の影響

付着欠陥を分散させた場合(13) 剥離モーメントは75%に低下しており、これは付着率と同じ値である。ただし欠陥も集中的に設けた場合(11,12)付着率は75および50%であるが、剥離モーメントは93~75%に留っており、分散した欠陥の方が付着に関して不利な結果となった。本実験は数も少ないので断定はできないが、付着欠陥がある場合には付着欠損率と同程度の剥離モーメントの低下を見込む必要があるように思われる。実際の補強工事において鋼板の付着率がどの程度になっているかは不明であるが、これに関する調査ならびに接着状態の調査・検査方法に関する研究がぜひ必要である。

なお実験にあたって、鋼板をシュミットハンマーで打撃し、その反跳度で付着の良否の検討を試みた。その結果、付着が良好な部分では平均49、標準偏差1であったが、付着欠陥部の反跳度は約43であって、明らかな差異が認められた。ただし、付着欠陥を分散させたNO.13供試体の場合には欠陥部の反跳度も47あり、欠陥の検出はかなり困難であった。また接着剤の厚さが部分により大に相違するような場合の判定も困難であるように思われた。