

ショ・ボン・建設(株) 正会員 ○加藤 暢彦
 大阪工業大学 正会員 堀川都志雄
 大阪市立大学 正会員 園田恵一郎

1. はしがき

道路橋RC床版のひびわれ損傷の事例が報告されて以来、多くの研究者や関係者らがその原因究明に携わってきた。今日では、ひびわれ損傷の主原因は自動車荷重の走行がもたらす疲労であるとされている。損傷床版に対する対応策も種々提案されており、例えば①炭素繊維接着、②鋼板接着、および③上面増厚などの補強工法が挙げられる。これらの工法の特徴を述べれば、工法①と②では引張側に対する補強であり曲げ耐力の向上が期待できる。また、③の工法では圧縮側の断面増加により、曲げおよびせん断耐力が増大すると言われている。現在、輪荷重装置による確認実験が関係各機関で精力的に実施され、多方面から関心が寄せられている。実橋床版は幅員方向には複数の主桁で支えられた連続版と張出し版からなり、支間部では正の曲げモーメントが、また桁近傍では負の曲げモーメントが作用する。一般に損傷床版を補強する場合には、補強する部位が床版のどの位置にあるか、および床版の損傷がどの程度の劣化度であるかを推量することが必要である。さらに、曲げ耐力あるいはせん断耐力のいずれを向上させるのかを検討した上で、補強工法を選択することが望ましいと考えられる。上記の補強工法、例えば支間部での鋼板接着工法を力学的にみれば、最上層がRC床版で、中間層がエポキシ樹脂、最下層が鋼板からなる多層板と解釈できる。しかし桁近傍では負の曲げモーメント下にあるため、鋼板は最上層に位置し、RC床版の下面の一部には主桁が接合されている構造系となる。すなわち、多層板と離散的に配置された桁とが合成される問題を解析することが必要になる。

本研究では、①厚板理論による多層板解析に桁構造を考慮することができる方法を示し、②その応用例として、各種の工法で補強された桁近傍の床版の挙動を比較・検討する。

2. 桁つき多層板の解析

全周単純支持された多層板は、2つの変位関数を用いて解析できる。k層からなる多層板の第(i-1)層と第i層の接合面に作用する力を $X_{i-1} = \{X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1}\}^T$ ($i=1, k$)とし、この接合面での変位の連続条件式を考慮して、フーリエ級数の各項(m, n)ごとに調和解析を適用すれば、次式が得られる。

$$[A] \begin{Bmatrix} X_0 \\ \vdots \\ X_k \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \cdots (I)$$

多層板の最上面と最下面の応力条件から各接合面に働く力 X_i が得られるので、各層の応力と変位が求められる。

今、多層板の最下面にr本の桁が合成されている構造系を考える(図-1)。桁はx方向(フーリエ級数の項:m)には連続しているが、y方向(項:n)には離散的に配置されているとする。したがって、項nに関する調和解析が困難になるため何らかの工夫を行うことが必要になる。以下に概要を述べる。

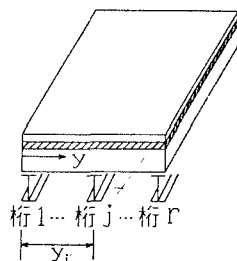


図-1

①多層板と桁jとの間で伝達される力 X_{kj} と Z_{kj} ($Y_{kj}=0$)を、y方向には一様で、かつx方向の大きさをそれぞれ X'_{kj} と Z'_{kj} で表現できると仮定し、式(1)により多層板の計算を行う。

②最下層の上・下面に働く力 $X_{k-1} = \{X_{k-1}, Y_{k-1}, Z_{k-1}\}^T$ と $X_k = \{X_{kj}, Z_{kj}\}^T$ ($j=1, r$)を用いて、桁jの位置($y=y_j$)におけるk層の最下面の変位 u_{kj} と w_{kj} ($j=1, r$)をフーリエ級数の各項nについて総和する。

③多層板の変位 u_k および w_k と桁jの上面でのxおよびz方向の変位 u_{bj} 、 w_{bj} とをそれぞれ連続させること

により、桁 j との伝達力 X'_{kj} 、 Z'_{kj} が求められる。これより X_{kj} と Z_{kj} を算出する。

④再び、これらの力 X_{kj} と Z_{kj} を用いた多層板の計算により、各接合面での変位と応力を算定する。

すなわち、①と④の段階では、フーリエ級数の (m, n) に関する調和解析を行い、②と③では m のみの調和解析を採用することになる。

3. 数値計算例

主桁をはさんで対称に載荷される損傷RC床版に
図-2のような各種の補強工法が採用される応力問題
を取り上げる(図-3)。補強材料の力学的特性と諸元
を表-1に示す。また、エポキシ樹脂のヤング率を $2.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比を0.4としている。RC床
版は、版厚:18cm、上・下かぶり:4cm、下側鉄筋:8-D19(@125mm)=22.92cm²、上側鉄筋:4-D19(@250mm)=11.46cm²
の諸元を有している。なお、損傷を受けたRC床版を、ヤング率 $14 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ の張無視状態でのたわみと等
価なたわみ値を呈する板に置換し、桁の曲げ剛性EIを無限大およびハンチ高さを5cmとして扱う。

表-1 補強材料の特性と諸元

補強工法	ヤング率 (10^4 kgf/cm^2)	ポアソン比	厚さ (mm)	接着層厚 (mm)
①	230	0.1	0.167	1.0
②	210	0.3	4.5	5.0
③	32	0.16	30	-

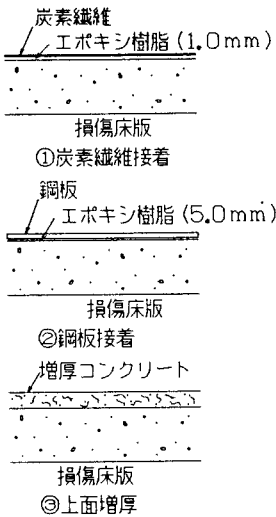


図-2 補強工法の概略図

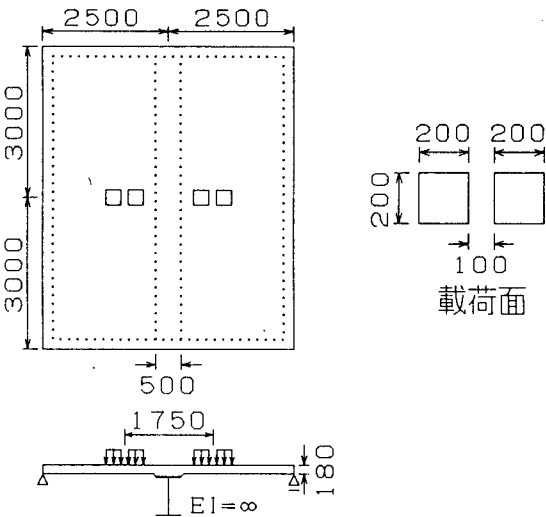


図-3 床版と桁の形状・寸法

表-2 補強工法によるたわみと鉄筋応力の比較

位置	補強工法	床版下面のたわみ (mm)	補強材の応力 (kgf/cm^2)	床版の圧縮応力 (kgf/cm^2)	主鉄筋応力 (kgf/cm^2)
桁上	①	0.00	624	-19	319
	②	0.00	180	-13	74
	③	0.00	33	-12	62
	無補強	0.00	-	-20	340
	①	0.68	-355	-19	330
載荷点直下	②	0.33	-134	-10	61
	③	0.30	-17	-10	64
	無補強	0.73	-	-20	356

4. あとがき

②と③の工法では鉄筋応力が小さくなっているが、①の工法での炭素繊維量は1層分(厚さ:0.167mm)のみであるので、無補強時での鉄筋応力はあまり低減していない。しかし、いずれも曲げ耐力に寄与していることが伺える。