

鋼製橋脚マンホール部の耐震補強法に関する研究

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○ 上塘 祥二郎

広島大学大学院 正会員 藤井 堅

福山大学 正会員 中村 雅樹

広島大学大学院 フェロー会員 中村 秀治

福山大学大学院 正会員 上野谷 実

1.はじめに

一般に、鋼製橋脚は補剛板を用いた箱型構造が多用されるが、製作・架設あるいは共用後の維持管理のために開口部を設置することが多い。この開口部には何らかの補強がなされているのが普通であるが、開口部を有する圧縮補剛板の明確な設計法・補強法は定められていない。また、先の兵庫県南部地震では高架橋を支える多くの鋼製橋脚の柱部材で座屈による損傷が発生したが、特に、橋脚基部に設けられたマンホールによる被害が多かったことが報告されている。そこで、本研究では、繰り返し挙動解析を行い、開口部を持たない鋼製橋脚と同等の変形能を有する耐震性に優れた開口部の補強法を提案する。

2.繰り返し曲げ解析

2-1 解析モデルおよび解析方法

汎用解析ソフト ABAQUS を用いて、開口部にダブリング補強を有する解析モデルの繰り返し挙動解析を行う。それぞれの補強法に関するパラメータの強度と変形能に対する影響を調べ、開口部を持たない共試体と同等もしくはそれ以上の強度、変形能を有する補強形式を提案する。Fig3.1 に要素分割図、断面図、開口寸法を示す。全長は 8850mm で橋脚基部から 2000mm おきに内ダイヤフラムを設けた。解析モデルは対称性を考慮して、1/2 モデルとした。境界条件は、橋脚基部は板として単純支持、フランジ中央部は対称性を考慮し x 方向変位、x、y 軸回りの回転を拘束している。荷重方法は最頂部全節点に一定軸力を荷重し、軸力を保持した状態で柱頂上部に Z 方向に正負繰り返し水平荷重を荷重を準静的に荷重した。この荷重方法を曲げ解析とする。弾性係数 210GPa、降伏応力 250Mpa、ポアソン比 0.28、構成則は移動

硬化則を用いる。

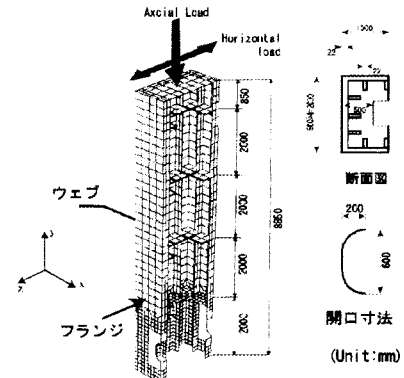


Fig2.1 要素分割 断面図 開口寸法

2-2 ダブリング補強

2-2-1 形状の影響

2 種類のダブリング板の形状を用いて繰り返し曲げ解析を行い、ダブリング板の形状が強度や変形能に与える影響について調べる。形状として、一般的に採用されている小判型のダブリング板と矩形のダブリング板の 2 種類を用いる。開口部周辺の要素分割図を Fig2.2 に示す。また、板厚を変化させることによって補強断面積比 r を変化させ、その影響についても調べる。小判型を type-D0、矩形を type-D-r とし、補強断面積比を 1.0 から 0.2 おきに 2.0 までの計 6 体、合計 12 体の解析を行う。

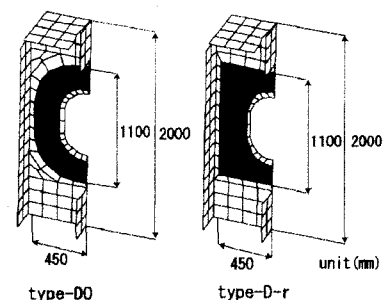


Fig2.2 要素分割図

解析結果

table2.1 に塑性率 μ_{95} , table3.2 に最高水平荷重 $P_{\max}$ を示す. $P_{\max}$, μ_{95} のすべての補強断面積比で type-D-r が type-D0 より優れていることが分かる.

Table2.1 塑性率 μ_{95}

type	塑性率 μ_{95}					
	$r=1.0$	$r=1.2$	$r=1.4$	$r=1.6$	$r=1.8$	$r=2.0$
DO	4.21	4.23	4.29	4.39	4.52	4.7
D-r	4.24	4.28	4.41	4.49	4.56	5.13

table2.2 最高荷重 $P_{\max}$

type	最高荷重 $P_{\max}$					
	$r=1.0$	$r=1.2$	$r=1.4$	$r=1.6$	$r=1.8$	$r=2.0$
DO	1.640	1.656	1.666	1.674	1.681	1.689
D-r	1.671	1.691	1.700	1.709	1.719	1.717

2-2-2 寸法による影響

現在, ダブリング板による補強概念は, 開口部の断面欠損分, あるいはそれ以上の断面積をダブリング板によって補強する方法が主流となっている. しかし, この補強断面積比やダブリング板の寸法について具体的な値は定められていない. そこで, ここでは, ダブリング板の寸法および補強断面積比をパラメータとし, 開口部を持たないモデルと同等の変形能を有するダブリング補強を提案する. ここでのパラメータを橋脚基部からダイヤフラムまでの距離 b とダブリング板の縦幅 b_d の比 b_d/b とする. パラメータ b_d/b は 0.55, 0.65, 0.75, 0.95 の 4 個としそれぞれについて補強断面積比を 1.0 から 0.2 おきに 2.0 までの計 6 体, 合計で 24 体の解析を行う. 要素分割図を Fig2.3 に示す.

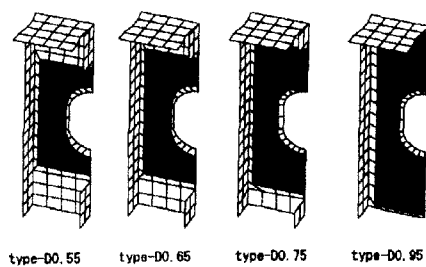


Fig2.3 要素分割図

解析結果

table2.3 に塑性率 μ_{95} , table2.4 に最高水平荷重 $P_{\max}$ をそれぞれ示す. また, 開口部を持たない解析モデル (type-N) より値が大きい範囲を色つきで示す. ダブリング補強によって, 開口部を持たない type-N と同等もしくはそれ以上の変形能を持つ開口部の補強ができることが確認できる.

Table2.3 塑性率 μ_{95}

type		補強断面積比 r					
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
D	D-0.55	4.24	4.28	4.41	4.49	4.56	
	D-0.65	4.50	4.59	4.96			
	D-0.75	4.57					
	D-0.95	4.67	4.73				
	N	5.02					

table2.4 最高水平荷重 $P_{\max}$

type		補強断面積比 r					
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
D	D-0.55	1.671	1.691	1.691			
	D-0.65	1.666					
	D-0.75						
	D-0.95						
	N	1.696					

鋼製橋脚柱部の変形能を過度に高めることで, 橋脚全体の変形性能が低下する可能性がある. よって, 強度や変形能は type-N と同等とすることが望ましい. Table2.3, table2.4 より type-N と同等の変形能を持つ補強形式は type-D-0.55 $r=2.0$, type-D-0.65 $r=1.6 \sim 2.0$, type-D-0.75 $r=1.2$, type-D-0.95 $r=1.4$ の 6 体となる. Fig3.6 に変形図を示す.

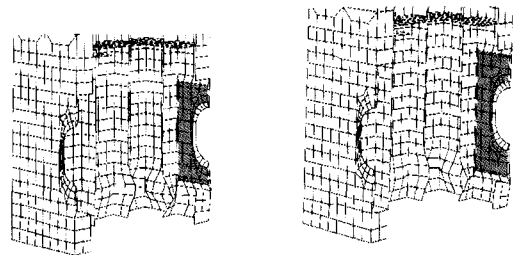


Fig2.4 a) D-0.55 $r=2.0$

Fig2.4 b) D-0.65 $r=2.0$

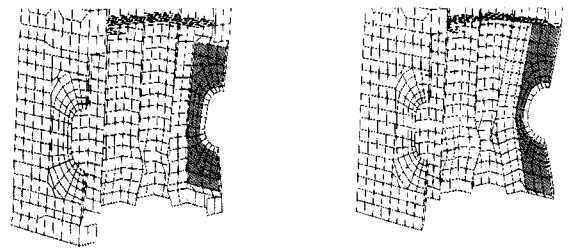


Fig2.4 c) D-0.75 $r=1.2$

Fig2.4 d) D-0.95 $r=1.4$

Fig3.9a), Fig3.9b) をみるとダブリング板下部の母材で局所的に大きな変形が生じているのがわかる. D-0.75 および D-0.95 には大きな変形はみられない.

結論

type-D-0.75 $r=1.2$ もしくは type-D-0.95 $r=1.4$ のダブリング補強を行えば, 開口部を持たない供試体と同等の変形能および強度を確保できる.

参考文献 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 丸善, 2002.3