

I-617

RC橋脚の主鉄筋段落し部の耐震性判定

建設省土木研究所	正員	川島一彦
〇	正員	運上茂樹
	正員	飯田寛之

1. まえがき

昭和53年宮城県沖地震では、鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に顕著な被害が認められた。主鉄筋段落し部では、定着長が十分ないと曲げ破壊に伴うせん断抵抗の減少により、脆性的なせん断破壊となることが知られている。本文は、土木研究所でこれまで実施してきた正負交番動的載荷実験による13体の模型供試体をもとに主鉄筋段落し部の耐震性判定法を検討した結果をまとめたものである。

2. 実験に用いた供試体及び載荷方法

実験には、50cm×50cmの正方形断面を有する高さ4.6m(RAシリーズ)、2.5m(Pシリーズ)、2.6m(RCシリーズ)の3種類の供試体、計11体、外径60cm、内径40cmの中空円形断面を有する高さ2.6mの供試体(RBシリーズ)、40cm×160cmの長方形断面を有する供試体(RDシリーズ)が各1体ずつの合計13体である。これらの供試体の諸元は表-1及び図-1に示す通りであり、すべての橋脚模型は、途中で1段の主鉄筋の段落しを行っている。実験では、図-2に示すように供試体に軸力を加え、加振機によって降伏変位 $1\delta_y$ の整数倍の変位を $1\delta_y$ から10波ずつ強制的に与え、降伏荷重を下回る荷重になるまで載荷した。なお、Pシリーズだけは供試体を立てた状態で載荷を行い、軸力は加えていない。

3. 耐震性の評価方法

道路震災対策便覧(震前対策編・日本道路協会)の方法に従って主鉄筋段落し部の耐震性の判定を行った。表-2は、耐震性の調査表を示したものであり、せん断支間比(h/D)、段落し部の曲げ引張ひび割れ(σ_t)、段落し部の降伏強度に対する安全率(S_{fn})、基部の安全率に対する段落し部の安全率の比($S_{mn}=S_{fn}/S_{f1}$)及びせん断応力度(τ)の大きさからその得点を積算して耐震性を判定する。なお、ここでは、段落しがないものと仮定した橋脚に対して基部の鉄筋の引張応力度が許容応力度に達するときの荷重を地震荷重と仮定した。

4. 実験供試体の耐震性の評価

各供試体について前述の4項目から求めた評価点の合計と実験における破壊形態との関係を示したのが表-1である。これより以下のことが指摘される。

- 1) 最終的に段落し部で破壊した供試体に対しては評価点Pが相対的に高くなっており、この評価点により段落し位置での破壊の危険性を判定できる。ただし、軸力が大きいRC-3と鉄筋量の少ないRC-4については、評価点が低いにもかかわらず段落し位置で破壊している。これらの供試体について段落し部の降伏点強度に対する安全率を見ると、 S_{fn} は評価点が小さいが、 S_{mn} の評価点は大きくなっている。このため、 S_{fn} の得点が全体に影響して評価点Pが低くなっている。
- 2) 曲げ引張ひび割れは、全てのケースで同じ評価点になる。このため、これら実験供試体間では、段落し部での危険性の評価に差がつかない。
- 3) 基部の降伏安全率に対する段落し部の降伏安全率の比 S_{mn} と破壊形態の関係は、図-3に示すようになり、 S_{mn} が1.1以下の場合、RAシリーズを除きすべて段落し部で破壊している。計算上は $S_{mn}=1$ の場合に段落し部と基部が同時に降伏することになるが、実験結果によれば概ね $S_{mn}\leq 1.0$ では段落し部で破壊し、 $1.0<S_{mn}\leq 1.2$ では段落し部に損傷を受けるが、最終的には基部で破壊し、 $S_{mn}>1.2$ では基部で破壊している。ただし、せん断支間比の大きいRAシリーズについては S_{mn} が1.2より小さい場合でも、破壊は基部に移行しており、耐震性を判定するためにはせん断支間比の影響を考慮する必要がある。

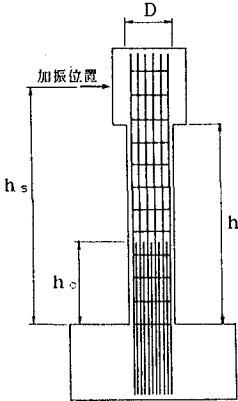
5. まとめ

道路震災対策便覧の方法を用いて13体の実験供試体の耐震性の判定を行った。以上の結果をまとめると以下になる。

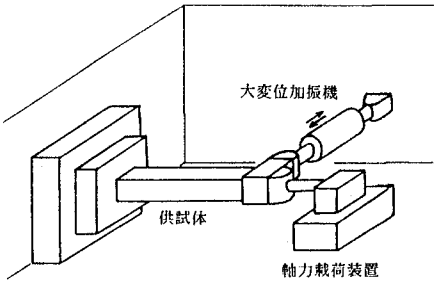
- 1) 評価点Pにより、概ね段落し部での破壊の危険性を判定することができる。ただし、供試体RC-3およびRC-4については、 S_{fn} の評価点が小さくなり、この影響で全体の評価点Pが小さくなる。
- 2) S_{mn} により破壊位置の判定をすると、概ね $S_{mn}\leq 1$ では段落し部で、 $1.0<S_{mn}\leq 1.2$ では最終的に基部で破壊するが段落し部にも損傷を受け、 $S_{mn}>1.2$ では基部で破壊する。ただし、せん断支間比の大きい供試体については、 S_{mn} が1.1でも破壊が基部に移行する。

表－1 供試体緒元及び段落し部の耐震性評価と破壊形態の関係

供試体	断面	軸力	載荷高さ	段落し位置	せん断支間比		段落し部の曲げ引張ひびわれ		段落し部の降伏強度に対する安全率				せん断応力度の大きさ		評価点	実験での破壊位置
	D×b	N	h _s	h _c	h/d	⑬	σ _t	⑭	S _{tn}	⑯-1	S _{sn}	⑯-2	τ _n	⑰	P	
RA-1	50×50	25.0	4.60	1.80	8.40	1.0	572	2.0	1.252	2.0	0.903	3.0	20.0	1.0	12	段落し部
RA-2	50×50	25.0	4.60	2.05	8.40	1.0	512	2.0	1.369	2.0	0.990	3.0	22.0	1.0	12	基部(段落し部損傷)
RA-3	50×50	25.0	4.60	2.30	8.40	1.0	452	2.0	1.512	0.5	1.096	3.0	22.0	1.0	3	基部
P-14	50×50	—	2.50	1.10	4.20	1.0	605	2.0	1.158	2.0	0.937	3.0	36.0	2.0	24	段落し部
P-15	50×50	—	2.50	1.35	4.20	1.0	497	2.0	1.405	2.0	1.137	2.0	36.0	2.0	16	基部(段落し部損傷)
P-16	50×50	—	2.50	1.60	4.20	1.0	389	2.0	1.821	0.5	1.450	1.0	36.0	2.0	2	基部
RB-1	φ60	33.4	2.60	1.03	3.67	2.0	496	2.0	1.252	2.0	0.861	3.0	80.4	3.0	72	段落し部
RC-1	50×50	28.8	2.60	0.90	4.40	1.0	497	2.0	1.242	2.0	0.923	3.0	30.0	2.0	24	段落し部
RC-2	50×50	28.8	2.60	0.90	4.40	1.0	497	2.0	1.397	2.0	0.906	3.0	30.0	2.0	24	段落し部
RC-3	50×50	56.7	2.60	0.90	4.40	1.0	512	2.0	1.507	0.5	1.007	3.0	36.4	2.0	6	段落し部
RC-4	50×50	28.8	2.60	1.00	4.40	1.0	323	2.0	1.512	0.5	1.012	3.0	22.8	1.0	3	段落し部
RC-5	50×50	28.8	2.60	1.10	4.40	1.0	497	2.0	1.411	2.0	0.962	3.0	30.0	2.0	24	段落し部
RD-1	40 160	64.0	2.60	0.80	5.00	1.0	373	2.0	1.253	2.0	0.950	3.0	17.5	1.0	12	段落し部



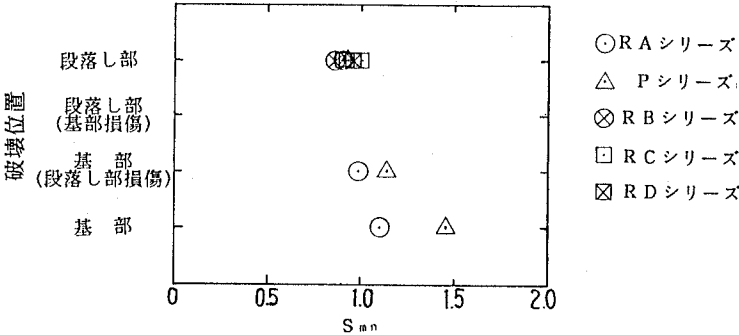
図－1 実験供試体



図－2 実験方法

表－2 主鉄筋段落し部の耐震性調査表

⑬	せん断スパン比 (h/D)	2.0 1<h/D<4	1.0 h/D≥4	0.5 h/D≤1	
⑭	段落し部の曲げ引張ひびわれ	2.0 生ずる	1.0 生ずる可能性あり	0.5 生じない	
⑮	段落し部の降伏強度に対する安全率	⑮ ¹ S _{tn}	3.0 以下	2.0 1.1~1.5	0.5 1.5以上
		⑮ ² S _{sn}	3.0 1.1以下	2.0 1.1~1.3	1.0 1.3~1.5
⑯	せん断応力度の大きさ	3.0 45以上	2.0 30~45	1.0 15~30	0.5 15以下 (単位:tf/m ²)
P _c =⑬×⑭×⑮ ¹ ×⑮ ² ×⑯		P _c =			(ただし、P _c <1.0の時は、P _c =1)



図－3 S_{mn}と破壊位置の関係