主鉄筋段落とし部を有する RC 橋脚の破壊特性（せん断/曲げ耐力比が 0.57 の場合）

東京工業大学大学院　学生会員　○栗田　裕樹
東京工業大学大学院　学生会員　佐々木智大
東京工業大学大学院　フェロー　川島　一彦
東京工業大学大学院　正会員　渡邊　学歩

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震において，主鉄筋段落とし部を有する RC 橋脚では曲げせん断破壊による大きな被害が多数生じた．主鉄筋段落とし部を有する橋脚のせん断破壊メカニズムの究明が重要であることから E-Defense を用いた大型振動台実験が 2007 年度に予定されている．本研究ではこの縮小モデルに対して主鉄筋段落とし部の曲げせん断破壊に対する載荷履歴の影響について検討する．

2. 実験供試体および実験方法

供試体には図 1 に示す径 400 mm の円形断面を有する RC 単柱式橋脚を使用した．これは E-Defense 模型の 1/4.5 縮小モデルであり，基部から 440 mm，880 mm の 2 箇所で軸方向鉄筋を途中定着している．せん断/曲げ耐力比（F_Q/F_F）は上部段落とし部では 0.57，下部段落とし部では 0.73 である．

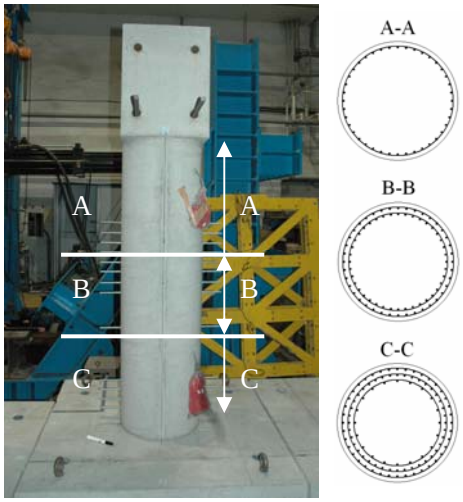
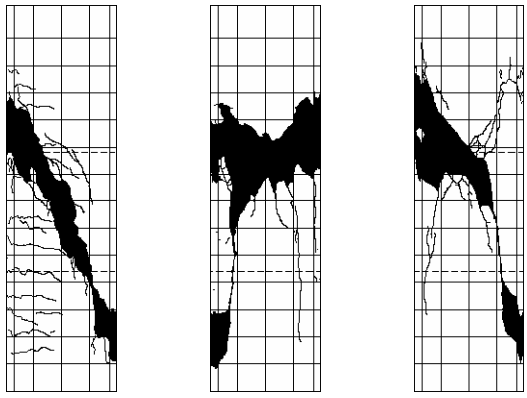


図 1　実験供試体

実験としては，プッシュオーバー載荷（以下 PO 載荷と呼ぶ），繰り返し載荷，ハイブリッド載荷（以下 HB 載荷と呼ぶ）を行った．繰り返し載荷では，ドリフト 0.5 %を基準にその整数倍の変位により順次繰り返し変位を与えた．HB 載荷では，1995 年兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された地震動を用いた．

3. 損傷の載荷履歴依存性の検討

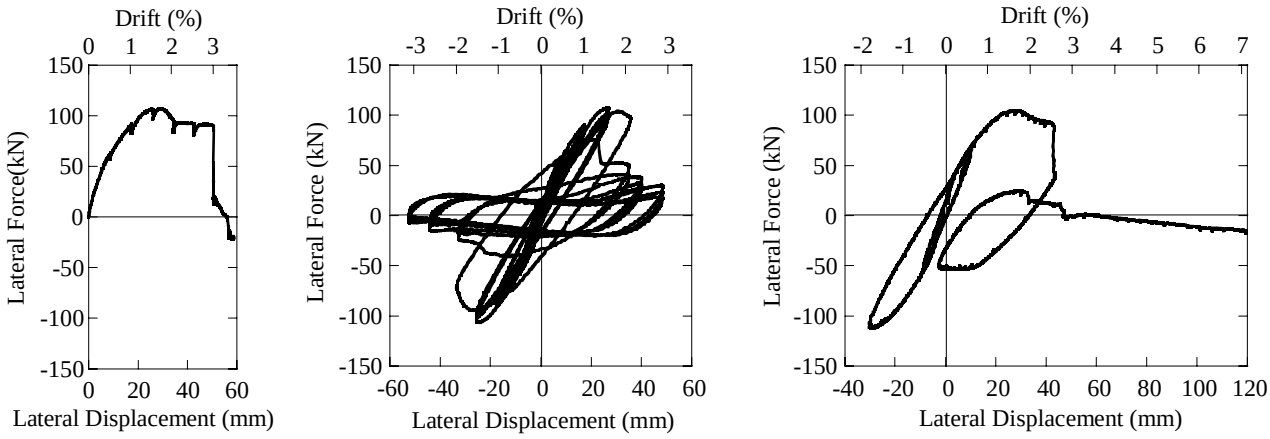
図 2 は載荷終了時の損傷状況である．いずれの載荷の場合にも，上部および下部段落とし部において曲げひび割れが発生後，上部段落とし部にせん断ひび割れが生じ始め，これが下部段落とし部へ進展し，やがてせん断破壊に至る．PO 載荷および HB 載荷ではせん断破壊面に沿って躯体上部が大きく滑り落ちた．これに対して繰り返し載荷した場合には，PO 載荷，HB 載荷と同様に橋脚に斜めせん断クラックが生じるが，せん断破壊面より上部の躯体は滑り落ちない．載荷を続けると上部段落とし部で軸方向鉄筋の座屈が起こり，かぶりコンクリートが剥落する．そのため上部段落とし部にヒンジが形成され，その後の載荷ではこの部分にのみ変形が集中する．結果として，繰り返し載荷した場合にはせん断破壊面より上部の躯体が滑り落ちることはなかった．


(a) PO 載荷　(b) 繰り返し載荷　(c) HB 載荷
図 2　載荷終了時の損傷

4. 変形性能の載荷履歴依存性の検討

各載荷による水平力～水平変位の履歴は図 3 の通りである．PO 載荷ではドリフト 1.7 %で復元力が最大（106.7 kN）となり，ドリフト 2.0 %以降復元力は安定する．ドリフト 3.0 %になると復元力は急速に低下

キーワード　耐震設計，橋，橋脚，主鉄筋段落とし
連絡先　〒152-8552　東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-10　東京工業大学大学院　TEL03-5734-2922



(a) PO 載荷　(b) 繰り返し載荷　(c) HB 載荷

図 3　水平力～水平変位の履歴

し，さらに載荷を続けると帯鉄筋が破断し始め，ドリフト 3.3 %でせん断破壊する．繰り返し載荷では，ドリフト 1.5 %載荷の 1 サイクル目で復元力は最大となり，ドリフト 2.0 %以降，復元力は急速に低下する．HB 載荷では，ドリフト 1.7 %で復元力は最大となり，ドリフト 2.6 %以降，復元力は急速に低下する．このように復元力の急速な低下は，繰り返し載荷ではドリフト 2.0 %，HB 載荷ではドリフト 2.6 %，PO 載荷ではドリフト 3.0 %で起きており，載荷履歴によって異なる．

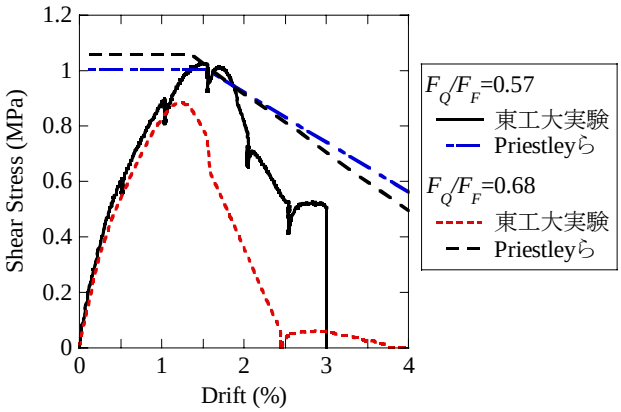


図 4　コンクリートの負担するせん断応力

5. コンクリートが負担するせん断応力

図 4 に PO 載荷した場合のコンクリートの負担せん断応力を示す．図中には，F_Q/F_F＝0.68 の供試体に対して求めた結果 [1] や，単柱のせん断破壊に対して Priestley らが求めた提案式 [2]による結果も示している．F_Q/F_F＝0.57（本実験）および F_Q/F_F＝0.68 の実験から得られた結果はかなりよく似た特性を示すが，いずれも Priestley らの提案式より小さい．この理由としては，一般のせん断破壊と段落とし部を基点とするせん断破壊の違いが考えられる．

6. 結論

(1) 3 種類の載荷方法とも上部段落とし部での曲げ損傷発生後せん断破壊した．また，復元力の最大値は載荷履歴によらないが，その後の急速な復元力の低下が生じ始める変位は載荷履歴によって異なる．

(2) コンクリートが負担するせん断応力は，段落としを考慮していない Priestley らの推定式から得られる値よりも小さい．今後実験データを増やし，段落としがある場合のコンクリートのせん断耐力に対する有効な推定法を開発する必要がある．

謝辞

本研究は（独）防災科学技術研究所からの委託研究として東京工業大学で実施したものである．実験に際しては、右近大道氏，梶原浩一氏にお世話になりました．

参考文献

1) Sasaki, T., et al.: Effect of Loading Protocols on Premature Shear Failure of Reinforced Concrete Bridge Piers with Termination of Main Reinforcements, Journal of Structural Engineering, Vol. 53A, JSCE, 2007.

2) Kowalsky, M. J. and Priestley, M. J. N.: Improved Analytical Model for Shear Strength of Circular Reinforced Concrete Columns in Seismic Regions, ACI Structural Journal, Vol. 97, No. 3, 2000.