

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月30日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2012

課題番号：24656276

研究課題名（和文） 内部コアゾーンに曲げ・せん断補強を施した大断面RC橋脚の高じん性化に関する研究

研究課題名（英文） Enhancement of ductile bridge columns with enhanced flexural and shear in-core zone

研究代表者 川島 一彦（Kawashima Kazuhiko）

東京工業大学・理工学研究科・教授

研究者番号：20272677

研究成果の概要（和文）：本研究は、大断面 RC 橋脚のコアゾーンに In-core Shield を設置することにより曲げ・せん断補強を施すと同時に、鉄筋かごから圧壊したコアコンクリートの抜け出しを防止することにより、橋脚の高じん性化を図る構造を開発することを目的としたものであり、ハイブリッド載荷実験及び解析によってこの工法の有効性を示したものである。

研究成果の概要（英文）：The investigation aims of developing an In-Core Shield Column (ICS) for enhancing the ductility capacity of large reinforced concrete bridge piers under extreme earthquake ground motions. The effectiveness of ICS was verified based on a series of hybrid loading and dynamic response analysis.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：耐震構造

1. 研究開始当初の背景

大震災後に避難や消火・救援活動、救急物資の輸送等を実施するためには交通施設の確保が必須である。橋梁は地震によりいったん被災すると容易には復旧できないため、交通機能の長期的な低下に直結する。このため、大規模地震といえども、落橋しないだけでなく、機能保持がほぼ可能であるように、耐震性の向上が求められている。

過去の幾多の震災経験を経て、橋梁の耐震性は改善されてきた。特に、1990年の技術基準に取り入れられた地震時保有耐力法は、それまでの震度法一辺倒であった耐震設計に替わり、現実的な地震動を見込み、現実的な非線形域の構造物の振動応答を考慮し、現実的な主要構造部材の耐力や変形性能を考慮した耐震設計を可能とした。この結果、性能目標設計を可能とし、震度法の時代に比較し

て、各段の耐震性の向上をもたらした。

橋脚は橋梁の耐震性に非常に大きな影響を与えるため、橋脚の耐震性の確保は重要である。防災科学技術研究所が行った世界最大の震動台 E-ディフェンスを用いた実大 RC 橋脚に対する震動実験結果によると、現在の耐震基準で設計された RC 橋脚でも、設計地震力を 1.5 倍程度上回る大きな地震動が作用すると、塑性ヒンジ部において圧壊したコアコンクリートが鉄筋かごから逸脱して橋脚が終局状態を迎えることが明らかにされている。地震動強度の推定には大きな幅があるため、設計地震力を上回る地震動の作用下でも、変形性能を確保できる橋脚構造の開発が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究は、橋梁の耐震性確保に大きな影響を与える、大断面 RC 橋脚の内側に鉄筋カゴによる横拘束されたゾーンを設けることにより、大地震時にもほとんど被害を受けない橋脚（ダメージフリー橋脚）構造を開発しようとするものである。

我が国では道路下空間を他用途に利用できるように、単柱式の大断面 RC 橋脚が多用されている。橋脚は鉄筋コンクリート理論によって設計されるため、剛性や強度に貢献しやすい外周辺には密に鉄筋が配置されるが、鉄筋カゴの内側は全くの無筋状態であり、ここに損傷が進展すると抵抗するものは何もない。このような構造形式ではじん性がないことは明らかである。本研究は、無筋状態の大断面 RC 橋脚の中央部に横拘束機能とせん断抵抗機能を持つ In-core shield（以下、ICS と呼ぶ）を設置し、大断面であっても変形性能に優れたダメージフリー橋脚を開発しようとするものである。なお、ICS については、2009 年度に、全、川島により鉄筋かごのすぐ内側にパンチ

ングメタルとアラミド繊維シートを設置した橋脚が提案されているが、本研究はコアコンクリート内部に ICS を設置する構造を提案するものである。

3. 研究の方法

ICS はコアコンクリートに対する横拘束効果のほか、軸方向や周方向への抵抗作用により曲げやせん断耐力にも影響を与え、このメカニズムは複雑であることから、精確な模型を用いたハイブリッド載荷実験を基本に、ICS を設けた大断面橋脚の有効性を検討することとした。供試体及び載荷方法を写真-1 に示す。

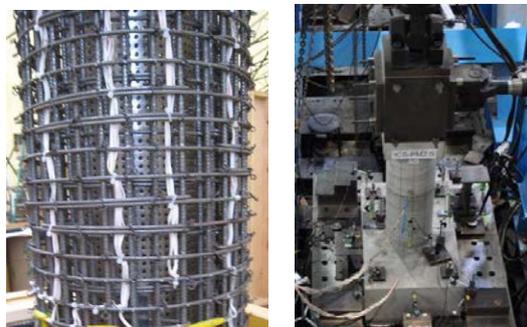
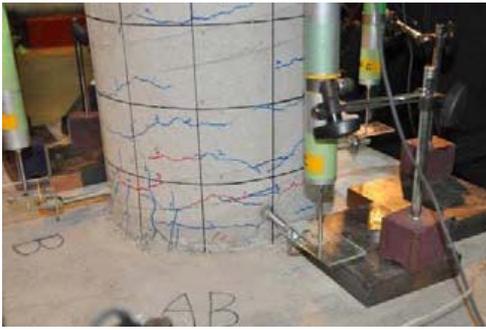


写真-1 供試体及び載荷方法

ICS は軸方向鉄筋の内側に配置するため、鉄筋かごから圧壊したコアコンクリートの抜け出しを防止できるだけの強度と剛性があれば良い。種々検討した結果、パンチングメタルを ICS として使用することとし、これをコアコンクリート中心から躯体の直径の $9/35$ の位置に配置することとした。また、パンチングメタルの厚さは 0.8mm と 2.0mm の 2 種類とした。以下、これらを用いた橋脚を PM0.8、PM2.0 と呼ぶ。

橋脚躯体部の直径は 350mm 、橋脚基部から載荷高さまでの高さ（有効高さ）は 1.37m とし、模型 2 体を製作した。これらに対して、1995 年兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された強震記録の入力強度をオリジナルの 10%、



(a) 入力強度15%



(b) 入力強度20%
写真-2 PM0.8橋脚

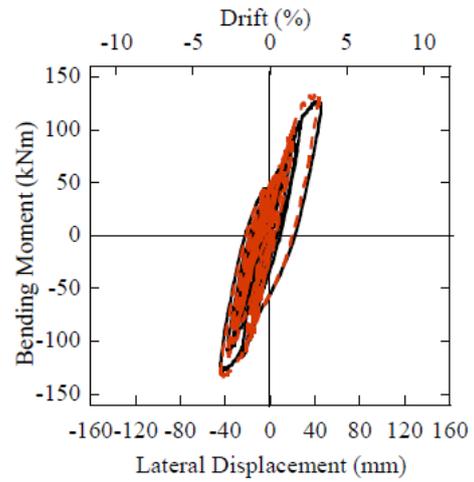


(a) 入力強度15%



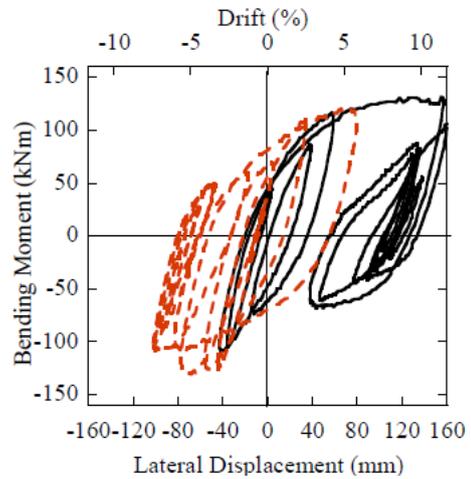
(b) 入力強度20%
写真-3 PM2.0橋脚

15%、20%と逐次増加させたハイブリッド載荷実験を実施し、これに対するファイバー要素解析によりその有効性を検討した。



(c) Principle direction

(a) 入力強度 15%



(b) 入力強度 20%

図-1 モーメント～水平変位の履歴（主応答方向、黒はPM0.8、赤はPM2.0）

4. 研究成果

入力強度を15%と20%とした場合の橋脚の損傷状況を写真-2及び写真-3に示す。また、この際の橋脚基部に作用したモーメントと荷重作用点における水平変位の履歴を図-1に示す。ここでは、黒線はPM0.8mmを、また、赤線はPM2.0を表わし、ともに主応答方向の応答を示している。

入力強度15%の場合には、最大応答変位はPM0.8、PM2.0とも正負にほぼ45mmであり、ドリフト（橋脚有効高さに対する比）は3.2%程度である。これは橋脚として相当大きな応答変位であり、一般のRC橋脚ではかぶりコンクリ

ートは当然剥離し、軸方向鉄筋の面外座屈、コアコンクリートの圧壊が生じる段階である。しかし、写真-2に示すように、PM0.8、PM2.0ともに、塑性ヒンジ部にはほとんど損傷は生じていない。これはICSが有効性に機能していることを示すものである。



(a) PM0.8



(b) PM2.0

写真-4 ICSの損主状況（コンクリートや軸方向鉄筋、帯鉄筋はICSを目視するために削除したものであり、载荷による損傷ではない）

入力強度を20%に増加させると、PM0.8では正側に161mm（ドリフト11.7%）、PM2.0でも負側に102mm（ドリフト7.5%）に達する大きな応答変位が生じる。一般のRC橋脚では10%を超えるドリフトが生じれば倒壊するし、7.5%ドリフトでも大被害になるが、写真-3に示すように、ICSを配置した橋脚の損傷は、一般の橋脚に比較してきわめて限定的である。また、写真-4は、载荷終了後に、表面のコンクリートを撤去し、軸方向鉄筋や帯鉄筋を切断してICSの損傷状況を確認した結果である。ICSに生じた周

方向ひずみはまだ最大7000 μ 程度であり、ほとんど損傷していない。ドリフト10%もの大きな応答領域を耐震設計で考慮することはないが、極限下の地震動が作用下場合にも、ICSを配置した橋脚はまだ倒壊に対して余裕を持っていることを明らかにすることができた。

以上の考察は、本実験に対するファイバー要素解析によっても明らかにされた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

単年度の研究であったことから、研究論文等は今後作成する予定である。

〔雑誌論文〕（計0件）

〔学会発表〕（計0件）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川島 一彦 (Kawashima Kazuhiko)

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：20272677

(2) 研究分担者

松崎 裕 (Matsuzaki Hiroshi)

東北大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：10506504

(3) 連携研究者

(0)

研究者番号：