

セラミックヘッドアンカーを用いたプレキャスト床版用の継手構造の開発

鹿島建設(株)	正会員	博士(工学)	○新井	崇裕
鹿島建設(株)	正会員	工修	齋藤	公生
鹿島建設(株)		博士(工学)	古市	耕輔
鹿島建設(株)		工修	山中	宏之

Abstract : A joint structure using a CHA (ceramic head anchor) was devised for the purpose of improving the durability of the seam portion of the precast deck slab for renewal. This joint structure uses a highly durable ceramic head for the mechanical fixing member at the tip of the reinforcing bar and takes into consideration the improvement in durability in the fixing body portion where the cover concrete is relatively smaller than the reinforcing bar. In this study, beam members were fabricated, static loading tests were carried out after the fixed point fatigue test and fatigue test for the purpose of examining fatigue characteristics and proof stress of CHA fittings. In addition, the effect of reducing the aperture of the interface was also investigated by making the interface of the joint part into a corrugated shape.

Key words : Joint , Precast deck slab , Ceramic , Durability

1. はじめに

更新用プレキャスト床版(以降、床版と称す)の継目部の耐久性向上を目的として、セラミックヘッドアンカーを用いた継手構造(以降、CHA継手と称す)を考案した。本継手構造は、鉄筋先端の機械式定着体に高耐久なセラミックヘッドを用いたもので、かぶりが鉄筋よりも相対的に小さくなる定着体部での耐久性向上に配慮したものである。また、セラミックヘッドは、現場での設置が可能であり、施工の自由度が高いという特徴を有する。本検討では、CHA継手の疲労特性や耐力について検討することを目的として、梁部材を製作して定点疲労試験および疲労試験後に静的載荷試験を行った。さらに、継手部の界面を波型形状とすることにより、界面の目開き量の低減効果についても併せて検討した。

2. CHA継手の概要

CHA継手は、**図-1**および**写真-1**に示すようにセラミックヘッドを鉄筋の機械式定着体を用いたアンカー構造である。セラミックを構成するアルミナ材の一般物性は、硬度HV:12.74kN、ヤング率:317.5kN/mm²、熱膨張係数:6.84×10⁻⁶、ポアソン比:0.227、曲げ強度:398N/mm²のものを用いた。セラミックヘッドはセラミック製の袋ナット状のもので、内部はねじ節鉄筋の形状に合わせたねじ形状となっており、同鉄筋をねじ込み、エポキシ樹脂で固定することにより両者を一体化させている。本継手構造と類似の構造として、後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋¹⁾があり、定着長を低減できる機械式定着として多数の施工実績があるものの、道路橋の床版のように疲労荷重が作用するような構造物への適用に関する検討事例はない。

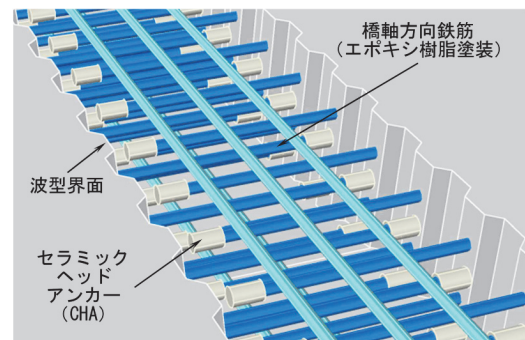


図-1 CHA継手(波型形状)の概要

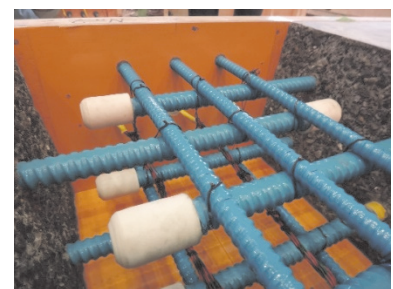


写真-1 セラミックヘッド

そこで、本開発では、特にCHA継手の耐疲労特性について実験による検討を行うこととした。

3. 試験の概要

3.1 試験体と試験ケース

試験体の概要を図-2に示す。試験体は、2体の床版を本継手構造で接合した梁試験体(全長2,900mm)とし、鉄筋は橋軸方向をD19、橋軸直角方向をD13とした(いずれもSD345でエポキシ樹脂塗装のねじ節鉄筋)。コンクリートの配合は、試験時の圧縮強度が50N/mm²となるように設計した。継手部の界面は、直型形状と波型形状の2種類とした。いずれの界面もコンクリートの水和を抑制する洗出し表面処理材による打継目処理を行った。橋軸方向鉄筋および継手構造近傍における橋軸直角方向鉄筋の端部には定着が確保されるようにナットを配置した。試験ケース、試験時のコンクリートの圧縮強度および後述する主要な試験結果を表-1に示す。

3.2 試験方法

載荷および計測位置を図-2に、試験状況を写真-2に示す。試験は、定点疲労試験前に疲労試験の上限荷重まで静的な載荷を3回行い、その後に疲労試験を開始した。また、疲労試験後には終局まで静的載荷試験を行った。定点疲労試験は、上限荷重を下側鉄筋の許容引張応力(120N/mm²)、下限荷重を試験装置の性能曲線から制御可能な値でそれぞれ設定(結果として、応力の全振幅で80N/mm²)し、正弦波による200万回の繰返し載荷を行った。試験時には、荷重、たわみ(変位計)、継手部の界面における目開き量(π型変位計)および鉄筋のひずみをそれぞれ計測した。

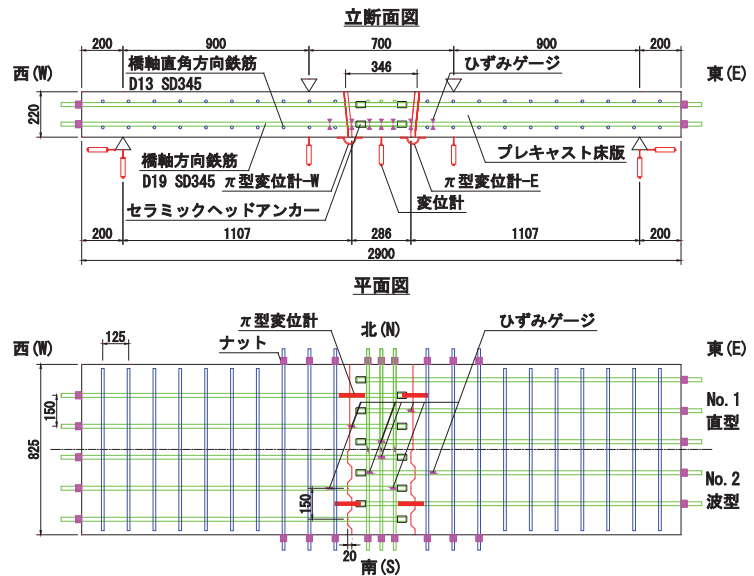


図-2 試験体の概要および載荷・計測位置

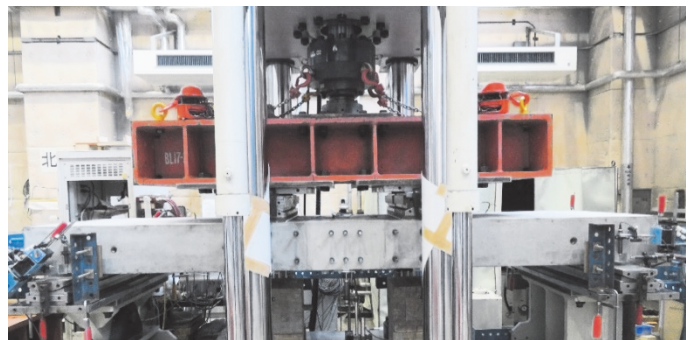


写真-2 試験状況

4. 試験結果

4.1 疲労試験前の継手部の界面における目開き量

疲労試験前の荷重と継手部の界面における目開き量の関係を図-3に、目開き量の試験結果を表-1に示す。これらより、疲労試験前における目開き量(橋軸方向鉄筋の応力度が120N/mm²に達する荷重での値)の西(W)側と東側(E)の平均値は、No.1(直型)が0.226mm、No.2(波型)が0.176mm

表-1 試験ケース、コンクリートの圧縮強度および試験結果

ケース	界面形状	実験時のコンクリートの圧縮強度 [N/mm ²]		最大荷重 [kN]		試験値 計算値	目開き量 [mm]					
		床版	継手部	P _{ue}	P _{ud}		疲労試験前			疲労試験後		
							西側(W)	東側(E)	平均値	西側(W)	東側(E)	平均値
No.1	直型	51.7	50.5	248	234	1.06	0.222	0.230	0.226	0.280	0.286	0.283
No.2	波型	53.5	58.9	249	235	1.06	0.172	0.179	0.176	0.266	0.265	0.266

であり、界面形状を波型とすることで0.05mmの低減効果が見られた。これは、波型とすることで、界面の延長が長くなり相対的に付着面積が大きくなることと、引張方向に対して界面が角度を持つことでせん断抵抗も生じることにより目開き量が低減されたものと考えている。

4.2 疲労耐久性

200万回の定点疲労試験後の継手部近傍の状況を写真-3に示す。疲労試験後の継手部におけるひび割れ(目開き)は界面に集中しており、その他の箇所にはひび割れは確認されなかった(床版上面まで貫通していない)。いずれの試験体も疲労試験中にセラミックヘッドは疲労破壊せず、CHA継手が十分な疲労耐久性を有することを確認した。

4.3 疲労試験後の継手部の界面における目開き量

疲労試験における継手部の界面の目開き量と繰返し回数の関係を図-4に示す(西(W)側と東(E)側で大きな差は見られなかったので代表値として西(W)側の結果のみを示す)。200万回の繰返し载荷中に目開き量の進展が見られ、疲労試験終了後にはNo.1が0.283mm, No.2が0.266mmであり、最終的には両者の差は0.02mm程度となった。

4.4 疲労試験後の静的载荷試験における破壊性状と曲げ耐力

荷重とたわみの関係を図-5に、最大荷重の試験値と計算値(鉄筋コンクリートの曲げ理論に基づいて算定)を表-1に、橋軸方向鉄筋の降伏時における継手部近傍の状況を写真-4に示す(図と表中には、継手が無いものとして算定した計算値を併記した)。No.1(直型), 2(波型)の試験体とも180kN付近で継手部の界面位置における橋軸方向鉄筋が降伏し、曲げ剛性が低下した。そ

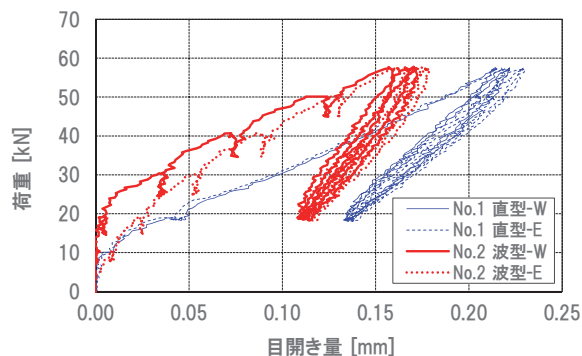


図-3 荷重と界面における目開き量の関係 (疲労試験前)

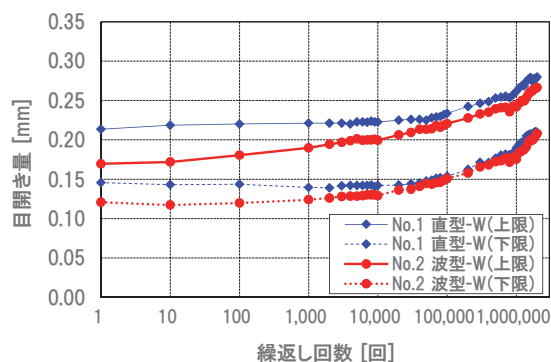


図-4 界面における目開き量と繰返し回数の関係 (西側(W))

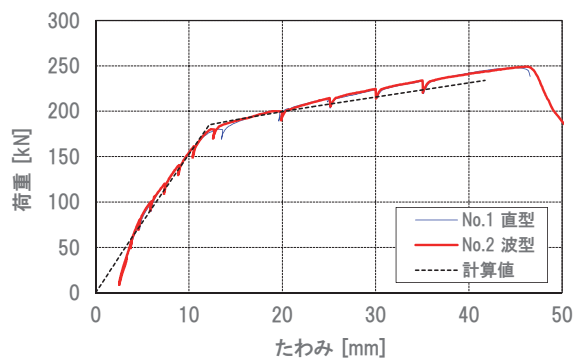
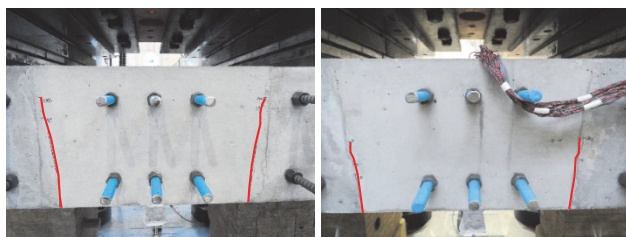


図-5 荷重とたわみの関係 (疲労試験後)



(a) No. 1 (直型)

(b) No. 2 (波型)

写真-3 200万回の定点疲労試験後の継手部近傍の状況



(a) No. 1 (直型)

(b) No. 2 (波型)

写真-4 橋軸方向鉄筋の降伏時における継手部近傍の状況

の後は、十分な変形性能を有し（終局時の変位/降伏時の変位=46mm/12mm=3.83），最終的には継手部にひび割れが生じ終局に至った。橋軸方向鉄筋の降伏時には、界面以外にも継手部において曲げひび割れが、また、上縁側の橋軸方向鉄筋まわりに一部水平ひび割れが発生した。最大荷重および荷重とたわみ関係は両者で差は見られず、計算値と良好な整合を得た。

4.5 継手部における橋軸方向鉄筋のひずみ分布

疲労試験後の静的載荷試験における橋軸方向鉄筋の許容引張応力時および降伏時の継手部近傍のひずみ分布を図-6に示す。No.1（直型），2（波型）の試験体とも、鉄筋ひずみは、ひび割れ（目開き）が生じた界面位置において最大値を示し、許容引張応力時、降伏時とも計算と同程度の値であった。また、ひずみは界面から離れるにしたがって比例的に小さくなる傾向がみられ、定着体近傍のひずみは、許容引張応力度時で $140\sim 174\times 10^{-6}$ ，降伏時で $619\sim 696\times 10^{-6}$ であり界面位置に比べて22~33%程度の小さい値であることを確認した。ここで、本検討よりも支圧面積の大きな定着体を用いているThompson²⁾らの研究においても、定性的に類似した傾向はみられており、先端付近の値は一般部に対して70%程度の値を示している。一方で、先端に機械式定着体を用いない場合は、先端付近の鉄筋のひずみはゼロに近い値になることが知られている³⁾。これらのことから、本検討における先端付近の鉄筋ひずみの値は妥当なものと考えられる。セラミックヘッドを大きくすれば、継手長を更に短く出来ることも可能であると推察されるが、これは今後の検討課題と考えている。

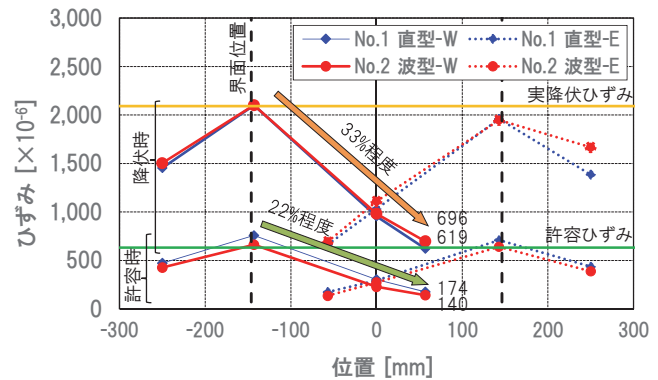


図-6 許容引張応力時および降伏時のひずみ分布

5. おわりに

本検討によりCHA継手について得られた知見を以下に示す。

- (1) 十分な疲労耐久性を有し、疲労試験後には界面の目開き以外にひび割れは生じなかった。
- (2) 継手部の界面を波型形状とすることで、目開き量は疲労試験前には0.05mm，200万回の疲労試験後には0.02mm程度の低減効果が見られた。これは、波型とすることで、界面の延長が長くなり相対的に付着面積が大きくなることと、引張方向に対して界面が角度を持つことでせん断抵抗も生じることにより目開き量が低減されたものと考えている。
- (3) 曲げ耐力は、継手が無いものとして算定した計算値と同等であった。
- (4) 継手部における橋軸方向鉄筋のひずみは、界面位置で一番大きく、定着体先端に向かって比例的に減少し、先端近傍では界面位置に比べて22~33%程度の値であった。セラミックヘッドを大きくすれば、継手長を更に短く出来ることも可能であると推察されるが、これは今後の検討課題と考えている。

参考文献

- 1) (一財)土木研究センター：建設技術審査証明書「後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋 セラミックキャップバー (CCb)」http://www.jacic.or.jp/jacic-hp/sites/default/files/manage_sinsa/0201786.pdf (閲覧日：2018年5月11日)。
- 2) M. K. Thompson, A. L. Ledesma, J. O. Jirsa, J. E. Breen, and R. E. Klingner: Anchorage Behavior of Headed Reinforcement, pp.34-36, http://ctr.utexas.edu/wp-content/uploads/pubs/0_1855_3.pdf (閲覧日：2018年5月11日)。
- 3) F. Leonhardt, and E. Monnig: 鉄筋コンクリートの配筋, 鹿島出版会, pp. 34-37, 1985. 4.