

# 高強度P R C版に使用するコッター式継手の改良実験

ジオスター株式会社 藤原 慎八

斉藤 光海

## 1. はじめに

高強度P R C版は、国土技術政策総合研究所との共同研究<sup>1)</sup>を経て実用化され、近年、国内主要空港を中心に使用実績が増加している。高強度P R C版の主要な要素技術のひとつが版相互を連結するコッター式継手であり、耐荷性のみならず、施工性や維持管理の面でも優れた継手である<sup>2)</sup>。

しかしながら現行のコッター式継手は、異形棒鋼を模擬したアンカーにより、継手に作用する引抜力に対してコンクリートとの付着力のみで抵抗する構造であり、アンカー長さが比較的長くなっている。そのため、鑄造設備の大きさの制約から、嵌合部であるC型金物とアンカーを別々に製作し、ネジ加工により一体化する構造とせざるを得ず、製造時の作業性の低下やコスト増加の要因となっている。

そこで、図-1 に示す通りアンカー形状を棒状から円錐形とした新型形状を考案し、アンカー長さを短くすることでC型金物とアンカー部を一体成形可能な構造とすることとした。本開発では、その引張抵抗力の増加効果を確認するため実験的検証を行うこととした。実験は、まず要素実験により、円錐形状のアンカーによる抵抗力の向上を確認し、円錐の長さおよび形状を決定した。その後、高強度P R C版への適用に向け、実製品として埋め込まれた状態での実大の継手引張実験を実施し、改良型継手が現行継手と同程度の性能を有することを検証した。

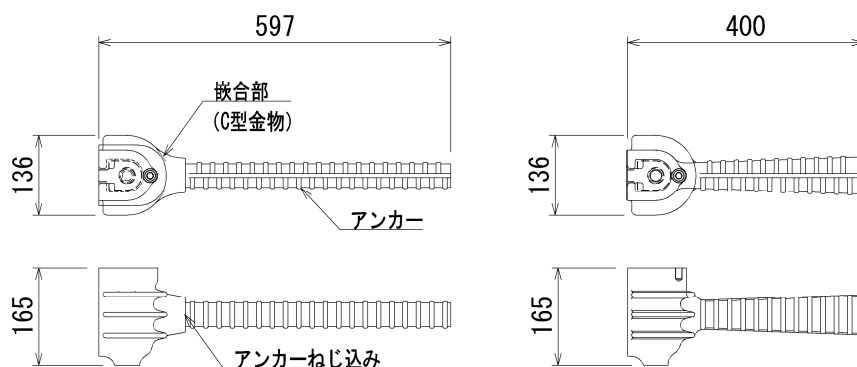


図-1 コッター式継手形状（左：従来型、右：改良型）

## 2. 要素実験

### 2.1 実験概要

円錐形アンカーのテーパ効果を確認するため、アンカーの引抜実験を実施した。図-2 に示す通り、幅 800 mm、長さ 800 mm、厚さ 240 mmの RC 製供試体（設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup>）に、頭部をねじ切りしたアンカーを埋め込み、載荷治具を介して油圧ジャッキにて引抜を行った。使用したアンカーの材質はC型金物と同じFCD600とし、アンカー径を 35mm、アンカー長を 200 mmおよび 300 mm、アンカーのテーパ角度を 0°、1°、2° とした。表-1 に実験ケースを示す。それぞれの実験ケースにおいて3回の載荷を実施した。

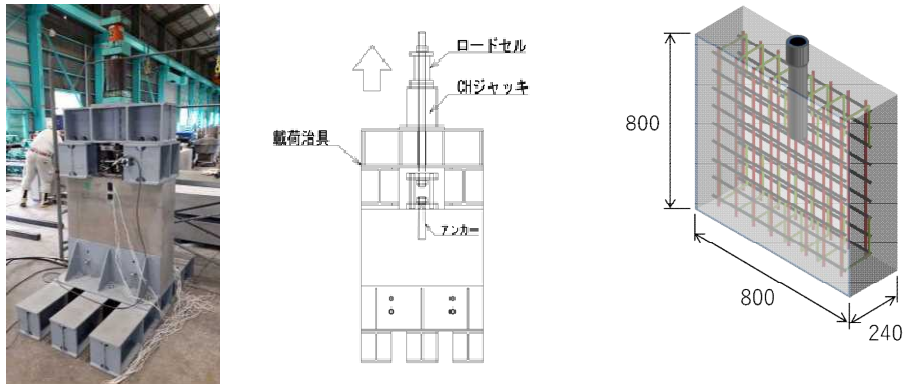


図-2 要素試験概要および供試体概要

表-1 実験ケース

ケース	円錐角 $\theta$ (°)	アンカー長 L(mm)	アンカー径 (mm)	
			d1	d2
K-0-300	0	300	35.00	35.00
K-1-200	1	200	35.00	41.98
K-1-300	1	300	35.00	45.47
K-2-200	2	200	35.00	48.97
K-2-300	2	300	35.00	55.95

## 2.2 実験結果

要素試験の結果として、図-3 および図-4 に荷重変位曲線を示す。荷重変位曲線より、テーパーが無いケース (K-0-300) では最大荷重を示した後、荷重値が漸減するが、テーパーが有る場合はある荷重値で荷重変位の傾きが変化し、漸増して最大荷重を示している。ここでは、この荷重変位の傾きが変化する荷重を降伏荷重と呼び、ケースごとの降伏荷重および最大荷重の平均値を表-2 に示す。アンカー長が長いほど、円錐角が大きいくほど降伏荷重、最大荷重ともに大きくなる傾向がある。また、円錐角が大きくなるほど降伏荷重後の最大荷重値が大きくなる傾向が見て取れ、円錐の効果が最大荷重に対して大きく作用していることが分かる。

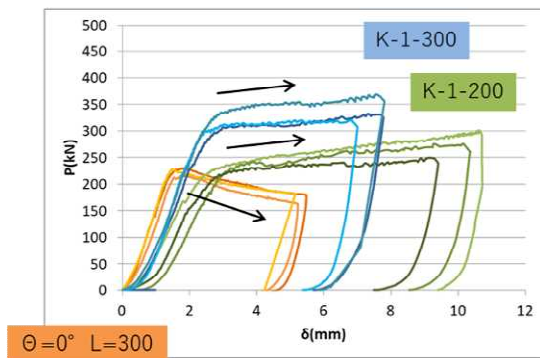


図-3 テーパー角 1° P-δ

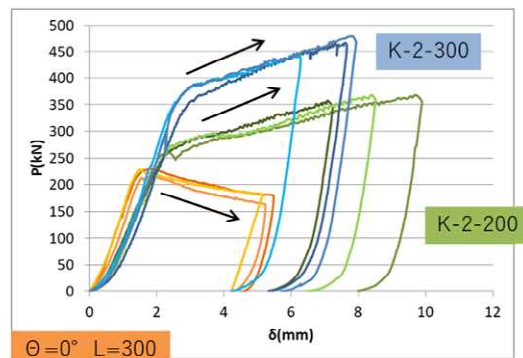


図-4 テーパー角 2° P-δ

ここで、テーパーの無い K-0-300 の降伏荷重値より、鋳物である本アンカー試験体とコンクリート供試体 ( $\sigma'_{ck}=60\text{N/mm}^2$ ) の見かけの付着強度は次のように算出できる。

$$\sigma_{bok} = P_y / (L \cdot \pi \cdot d) = 224,330 / (300 \times \pi \times 35) = 6.80 \text{ N/mm}^2$$

テーパーによる付着表面積の増分を考慮し、 $\sigma_{bok}=6.80\text{N/mm}^2$  とした場合の各ケースのコンクリートとの付着による荷重を算定し、テーパーの影響による荷重増分を算定した (表-3)。

表-2 アンカー引抜試験結果 (3 ケースの平均値)

	円錐角 $\theta$ (°)	アンカー長 L(mm)	アンカー径(mm)		降伏荷重 Py(kN)	最大荷重 Pm(kN)
			d1	d2		
K-0-300	0	300	35.00	35.00	224.33	224.33
K-1-200	1	200	35.00	41.98	221.67	275.50
K-1-300	1	300	35.00	45.47	314.00	340.40
K-2-200	2	200	35.00	48.97	265.67	364.35
K-2-300	2	300	35.00	55.95	374.00	463.09

表-3 付着による引張荷重とテーパーによる増分 (3 ケースの平均値)

	降伏荷重 Py(kN)	最大荷重 Pm(kN)	付着による荷重 (kN)	テーパーによる増分	
				Pyz(kN)	Pmz(kN)
K-0-300	224.33	224.33	224.33	0.00	0.00
K-1-200	221.67	275.50	164.45	57.22	111.05
K-1-300	314.00	340.40	257.86	56.14	82.54
K-2-200	265.67	364.35	179.38	86.28	184.96
K-2-300	374.00	463.09	291.44	82.56	171.65

これより、テーパーによる荷重増分は、降伏荷重時には長さに関わらず、テーパー角  $1^\circ$  で 55kN 程度、 $2^\circ$  で 80kN 程度の荷重増が期待できることがわかる。また、現行のアンカーは K-0-300 の 1.5 倍程度の長さであるから、 $224.33 \times 1.5 = 336.5$  kN よりこれを超える降伏荷重となったテーパー角  $2^\circ$ 、長さ 300 mm を改良アンカーの形状として採用した。

### 3. 実大継手引張試験

#### 3.1 実験概要

高強度 PRC 版を用いた舗装の特徴のひとつとして、コッター式継手は H 型金物の破壊を先行させ版本体は再利用できることがある。そこで、改良型アンカー継手と従来型アンカー継手との版本体への影響の差異を確認するため、コッター式継手を H 型金物で接続し組合せた実大の継手引張試験を実施した。

##### (1) 改良継手の構造

改良継手は、図-5 に示したような、コッター式継手の基本的なメカニズムである H 型金物のくさび機能によって継手面にプレストレスを与える機構については変更せず、アンカー部を円錐形状とする事で従来型に比べてアンカー効果を高めアンカー長さを短くしたものである。図-6 に従来型および改良型アンカーの継手を示す。

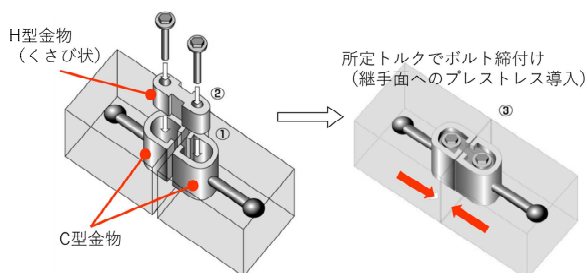


図-5 コッター式継手の基本メカニズム



図-6 改良型アンカー継手と従来型アンカー継手

##### (2) 使用材料および試験方法

試験体の形状寸法は図-7 に示す通り  $895 \times 1150 \times 240$  (mm) で、240 mm の側面中央に C 型金物を埋め込んだ。図は改良型アンカー継手のものである。また、試験体及び継手アンカーの使用材料の規格を表 4、表-5 に示す。試験は 2 体の供試体を組み立てて行い、図-8 に示す通り供試体側部に L 型鋼材により補強した切り欠き部を設け、油

圧ジャッキにて両供試体を押し広げて継手に引張力を载荷した。载荷に先立ち継手のボルトに 240 (N・m) のトルクを導入した。

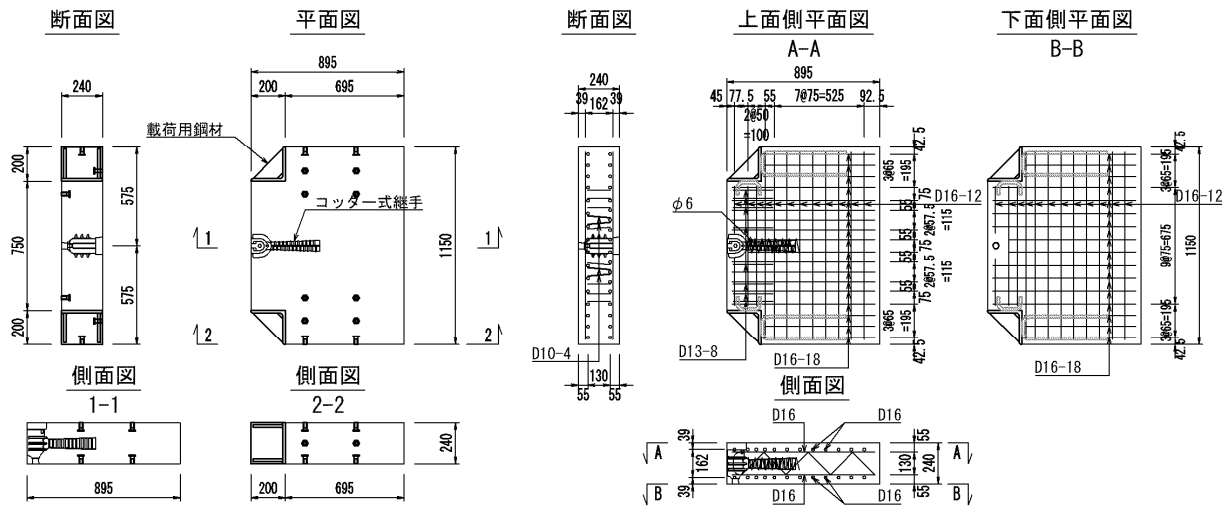


図-7 供試体構造図および配筋図

表-4 試験体の規格

設計基準強度	ヤング係数	備考
60N/mm <sup>2</sup>	35kN/mm <sup>2</sup>	—

表-5 鋼材規格

種類	材質	降伏点	引張強さ	伸び	備考
鉄筋	SD345	340~440N/mm <sup>2</sup>	490N/mm <sup>2</sup> 以上	18%以上	—
C型金物	FCD600	370N/mm <sup>2</sup>	600N/mm <sup>2</sup>	3%	
H型金物	FCD500	320N/mm <sup>2</sup>	500N/mm <sup>2</sup>	7%	

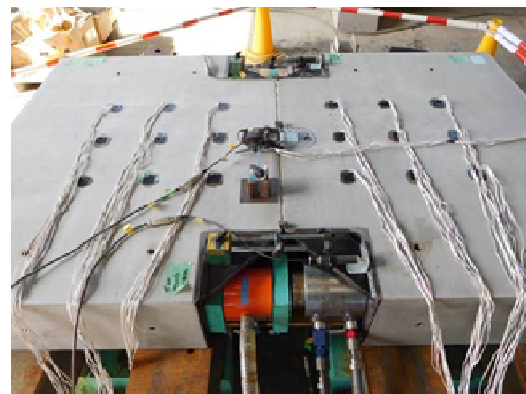
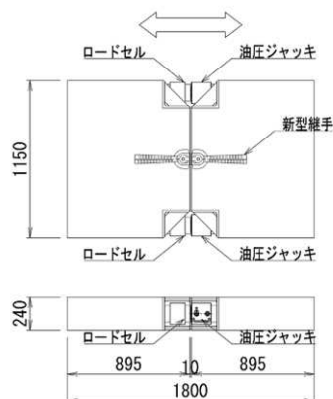


図-8 試験方法模式図および供試体セット状況

### (3) 測定項目

図-8 に計測位置図を示す。左右の供試体の目開き変位およびコッター式継手のアンカー部およびH金物、コンクリート表面のひずみを測定した。

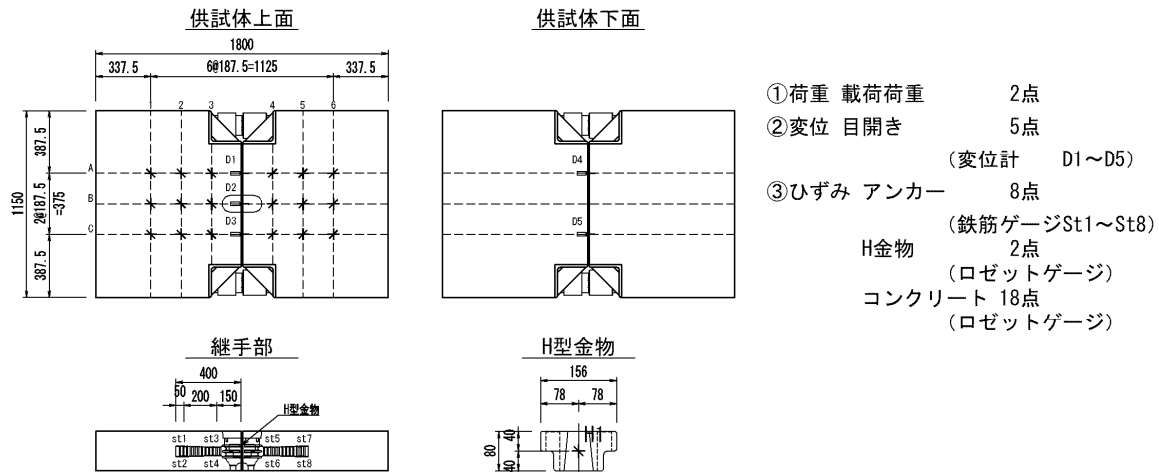


図-9 計測位置図

### 3.2 実験結果

図-10 に引張試験の終了状況を示す。両者とも H 金物の破断により終局を迎え、終局時の外観確認から、H 金物以外に損傷はみられなかった。

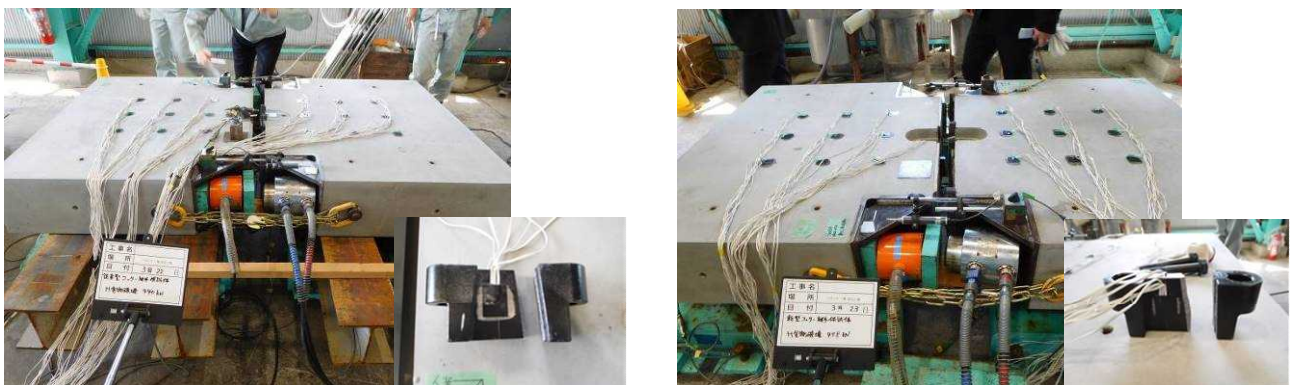


図-10 実験終了状況（左：従来型、右：改良型）

表-6 に最大荷重値を、図-11 に荷重-開口変位関係を示す。ここでの荷重は、H 金物中央に発生したひずみに H 金物の断面積を乗じて算定したものであり、開口変位は供試体の上面及び下面にセットした変位計の平均値を示す。従来型、改良型共に上面側に比べて下面側の開口が大きくなっており、供試体が回転変形をしたことが分かる。両供試体の数値を含めて傾向が似通っており、載荷ジャッキのセットについてもほぼ中央部にセットできていたことより、この回転変形はコッター継手の形状やくさびによる耐荷機構によるものであると推察できる。また、H 金物の中央部の最大荷重は、従来型継手で 519.9kN、改良型継手で 590.0kN と、両者とも降伏荷重を少し超過したところで破断を迎えている。ここで、表に示す許容荷重および降伏荷重は H 金物が許容応力度（トンネル標準示方書シールド編 2006 より、FCD500 の許容応力度 190 N/mm<sup>2</sup>）および降伏値 320N/mm<sup>2</sup>に達するときの荷重を、H 金物の断面積を乗じて算出した。

表-6 最大荷重と H 金物許容および降伏荷重

	最大荷重 (kN)	H金物許容 荷重(kN)	H金物降伏 荷重(kN)	備考
従来型	519.9	304.0	512.0	
改良型	590.0			

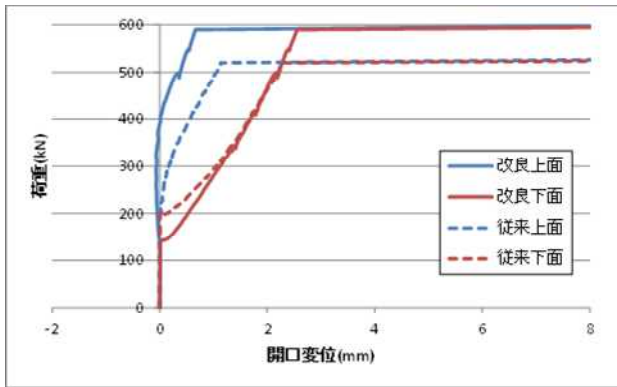


図-11 荷重-開口変位関係

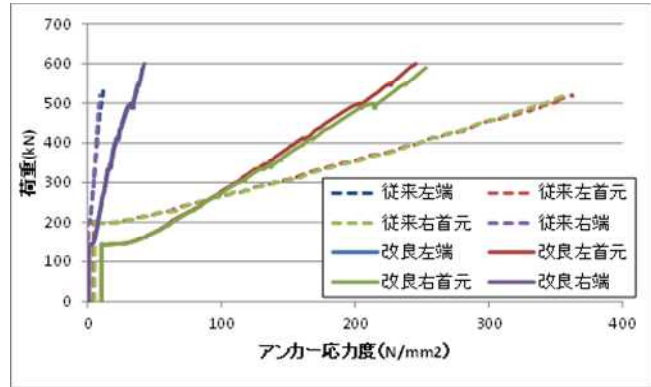


図-12 荷重-アンカー応力度関係

図-12 に荷重-アンカー応力度関係を示す。これより、従来型、改良型共に左右の継手のひずみ挙動はほぼ一致しており、左右継手が一体になり挙動していることがわかる。また、端部と首元との応力度の状態から、アンカー長さの短い改良型においても従来型同様に定着されている事が分かる。アンカーの材質は従来型が FCAD900 に対して改良型を C 型金物と同素材の FCD600 としたため、アンカー径を  $\phi 35$  mm から  $\phi 43$  mm と断面積で 1.5 倍としている。このため、応力度は改良型の方が断面積の差と同程度に低く抑えられた。

図-13 に表面ひずみの分布を示す。数値は許容荷重時における左右方向のひずみである。ひずみはアンカー直上の中央付近で大きな値を示したが、いずれも低い値で両継手に有意な差は認められなかった。

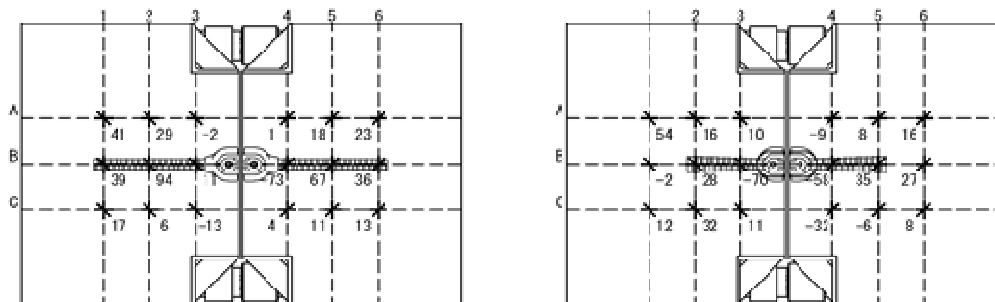


図-13 左右方向表面ひずみ分布 (左：従来型、右：改良型)

#### 4. まとめ

高強度 PRC 版のコッター式継手のアンカー部に着目した改良を行い、要素実験および実大実験を実施した結果、以下の内容が確認できた。

- ① 円錐アンカーの形状 (円錐角、長さ) による引張抵抗力の増加傾向は顕著に現れた。結果、従来型アンカーの引張抵抗力と同等以上の耐力が得られる円錐角 2 度および長さ 300mm とした。
- ② 実大実験の結果、改良型継手も従来型継手と同様の挙動を示し、目標とする H 型金物先行破壊となった。コンクリート表面の状況についても、H 金物が破断に至るまでほとんどひび割れは見られず、版本体への影響もないことが確認された。

#### <参考文献>

- 1) 八谷好高ほか：高強度 RC プレキャスト版舗装の空港への適用性，国土技術政策総合研究所資料，No. 133, 2003
- 2) 八谷好高ほか：RC プレキャスト版舗装による空港誘導路の急速施工，土木学会論文集 F，Vol. 62, 2006. 4