

木更津工業高等専門学校

正員 黒川章二

正員 石垣慶次

正員 佐藤恒明

1. まえがき

プレストレストコンクリート (PC) の利用拡大に対して、コンクリートと付着させない緊張材 (アンボンド緊張材) を用いるアンボンド PC は、エクスターナルテンドン工法およびインターナルテンドン工法として注目されている。それは、設計、施工、機能、経済の諸面において優れた特徴がある。しかしプレストレス力と荷重による引張力を合せて定着端緊張材で受ける構造上、その部分の疲労強度に疑問が持たれて、消極的利用に留まっている。本研究は、アンボンド緊張材の定着部の応力解析を行ない、実用上起りうる危険性を指摘し、安全を保証できる治具を開発した。本文では、応力解析方法と結果、治具の構造、その治具を装備したアンボンド PC 桁の疲労試験結果について述べる。

2. 応力解析

図1は解析モデルである。図は、無付着性防錆材で被覆したアンボンド PC 鋼棒をコンクリートに埋設してアンカープレートをつけ、その外側にナットを取り付けた状態である。左側定着部は正しい状態にあり、緊張材がアンカープレートと直交しているものとする。右側定着部は、施工誤差などにより、不整角 θ が生じた状態を表わしている。その場合に緊張材定着端に曲げ応力が発生する。そこで、緊張材に引張力 P が作用するときに、 θ が定着部緊張材の応力におよぼす影響について検討する。

case 1

ナットが縁でアンカープレートに接している。 θ が小さく、 $\sin \theta \approx \theta$ 、 $\cos \theta \approx 1$ が成り立ち、点接触であることから、摩擦の影響がないと仮定する。

$$\sigma_c = P/A + P r/W \quad (1)$$

σ_c : ナット面位置緊張材の応力

W : 緊張材の断面係数

緊張材がたわんでアンカープレートに接する荷重 P_1

$$P_1 = (3/2)(EI \delta \theta^2)/(\theta \ell + r)^3 \quad (2)$$

EI : 緊張材の曲げ剛性

δ : アンカープレートの孔における緊張材との隙間

ℓ : 両アンカープレートの外側間の距離

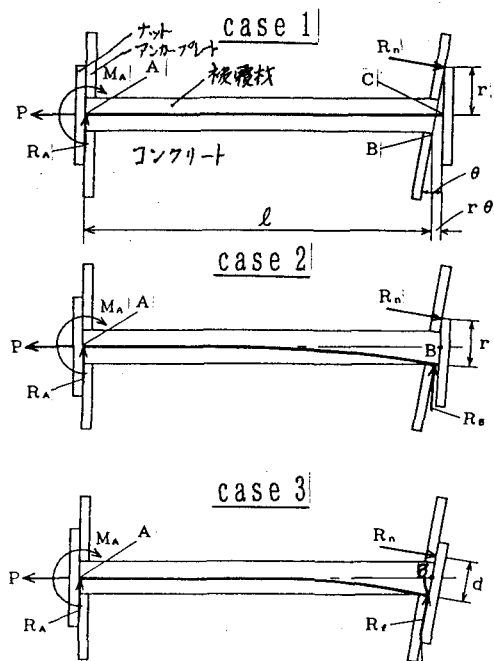


図1 解析モデル

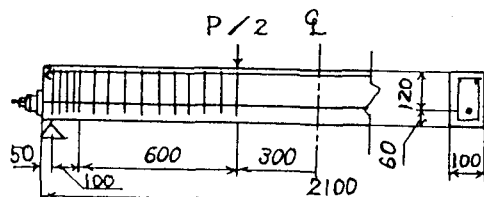


図2 供試体および載荷方法

表1 PC鋼棒の性質

規格	直径 mm	降伏強さ kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %	弾性係数 kgf/mm ²
SBPR95/110	14.9	125.5	134.2	12.0	21000

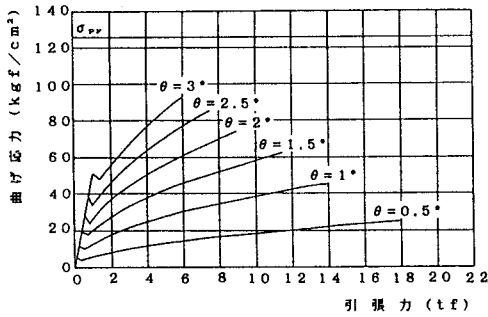


図3 定着端緊張材の曲げ応力と引張力との関係

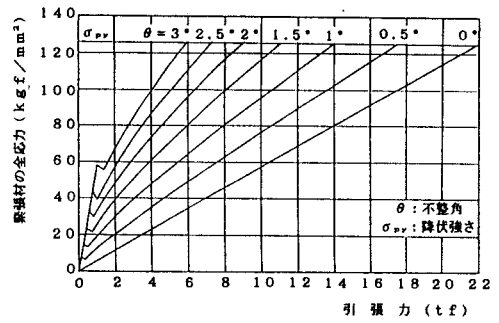


図4 定着端緊張材の全応力と引張力との関係

case 2

荷重 P_1 からナットがアンカープレートに全面接触する荷重 P_2 までの範囲である。Aからの距離を x 、その点のたわみを y として、つぎの式が成り立つ。

$$d^2y/dx^2 - \lambda^2 y = -(R_A/EI)x - (M_A/EI) \quad (3)$$

ここに、 $\lambda^2 = P/EI$

境界条件、つり合い条件、変位の適合条件により、 R_A 、 M_A 、 R_n 、 R_b が計算され、緊張材応力が計算できる。

case 3

ナットとアンカープレートが密着した状態である。

図1に示すように、ナットの接触面全体に分布反力が発生し、その合力が R_n である。また摩擦抵抗力 R_f が生じる。荷重 P の変化にともない、 R_n の作用点すなわち偏心距離 d が変動する。(3) 式と同様な方程式が立ち境界条件、つり合い条件、変位の適合条件により、 R_A 、 M_A 、 R_n 、 R_f 、 d を解くことができる。

計算例

図2に示すような疲労試験を実施したアンボンドPC桁について解析した。表1に示したPC鋼棒を用いた。アンカープレートの孔における緊張材との隙間は1mmとした。 θ が0～3度の範囲において計算した。

図3は定着端緊張材の曲げ応力と引張力との関係である。図4は定着端緊張材の全応力と引張力との関係である。図5は偏心距離と引張力との関係である。不整角により大きい曲げ応力が発生することが分かった。

3. 安全対策用治具と疲労試験結果

図6の自在座金は、上底と下底とが平行な円柱の中心を穿孔し、斜めに切断した2枚のくさび状円板により構成される。2枚の円板を回転させてどのような不整角をも調整できる。表2はそれを装備したPC桁の疲労試験結果であり、定着端破壊を防ぐことができた。

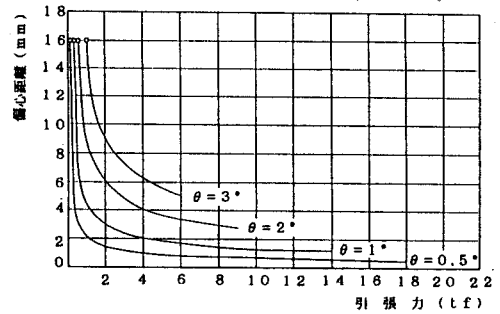


図5 ナット合反力の偏心距離と引張力との関係

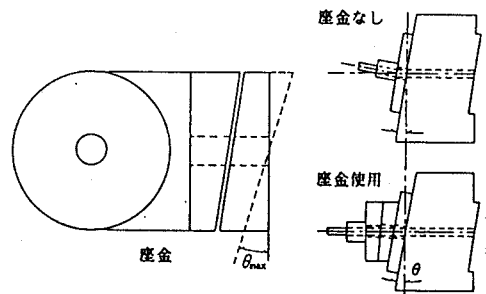


図6 自在座金

表2 安全対策用治具の相対型

注) CM: コンクリートの相対圧縮破壊 TT: 緊張材の引張破壊

供試桁の 種類および 記号		コンクリートの性質			有効プ レスト レス力 tf	試験 の種 別	静的荷重試験結果			疲労試験結果			破 壊 形 式
		圧縮 強さ	引張 強さ	弾性係 数			極限 荷重	下層 荷重	上層 荷重	上限荷 重比	疲労寿命		
												kgf/cm ²	
アンボンド	US1	540	37.6	332000	14.12	静的	3.60	5.21					CM
	UF1	●	●	●	14.03	疲労	3.60		1.04	4.30	0.825	927.71	CM
	UF2	●	●	●	13.97	●	3.60		1.04	4.43	0.850	7.91	CM
	UF3	●	●	●	13.85	●	3.60		1.04	4.56	0.875	0.32	CM
ボンド	US2	523	34.8	332000	13.97	静的	3.00	5.51					CM
	UF4	●	●	●	14.12	疲労	3.00		1.10	4.24	0.770	1000以上	CM
ド	UF5	●	●	●	14.28	●	3.30		1.10	4.57	0.830	59.76	CM
	UF6	●	●	●	14.39	●	3.30		1.10	4.63	0.840	45.92	CM
PC桁	US3	516	32.8	323000	13.79	静的	3.30	5.30					CM
	UF7	●	●	●	13.77	疲労	3.30		1.06	4.13	0.779	3962.98	TT
	UF8	●	●	●	13.87	●	3.30		1.06	4.40	0.830	2.43	CM
	UF9	●	●	●	13.75	●	3.30		1.06	4.26	0.804	18.68	CM