

V-453

複合非線形フレーム解析による外ケーブルプレキャストセグメントPC梁の耐力解析

鹿島情報システム部 正会員 ○相沢 旬
 鹿島情報システム部 正会員 沖見 芳秀
 鹿島土木技術本部 正会員 小関 喜久夫
 鹿島技術研究所 正会員 徳山 清治

1. はじめに

外ケーブルプレキャストセグメントPC梁（以下、本形式PC梁）は、近年益々注目されているが、通常のPC梁と異なり断面内の平面保持が適用できないため、我が国では適切な断面耐力算定方法が確立していないのが現状である。そこで、本報では埼玉大学と共同で実施した本形式PC梁の耐荷性状確認実験に対して、著者らが開発した複合非線形（幾何学的非線形・材料非線形）フレーム解析システムを適用し、軟化及び拘束効果など、各検討ケースを適切にモデル化することにより比較的精度良く、かつ安定して解析できたので報告する。

2. 解析概要

本解析システム（SLAP）[1]は更新LAGRANGE法により幾何学的非線形性を、梁断面をセル状に分割するファイバーモデルにより材料非線形性を評価し、さらに座屈点近傍や軟化挙動などの強非線形挙動を示す場合においても自動荷重変位制御を用い安定して解析が行えるシステムである。本形式PC梁の耐力解析では、材料非線形性に加え、荷重増加に伴う外ケーブルの張力変化や位置変化による部材の幾何学的非線形性を評価する必要から本解析システムを適用した。

3. 実験による検証

3.1 実験概要

本報で検証した検討ケースを表-1に示す。実験の詳細は文献[2]に委ねるが、試体はスパン520cm、デビエータスパン300cm、モーメントスパン100cm、セグメント長30cm、高さ32.5cmのT型単純梁で、接合面にマルチタイプシェアキー、断面内にスターラップ（D6@100mm）を設置している。

3.2 解析モデル

図-1及び図-2に示すように、桁はセグメントを鉄筋コンクリート部分（RC部）と主筋の無い部分（無筋部）に要素分割したファイバーでモデル化し、外ケーブルは軸力のみ受け持つトラス要素とした。デビエータによる桁と外ケーブルの接合については、PC鋼線と接触するデビエータ部分にテフロンシートを設置することにより摩擦を低減させているため、摩擦を無視できるとして、デビエータを剛体要素とし外ケーブルの軸力がデビエータの左右で等しくなるような斜バネにより結合してモデル化した。また、応力歪み関

表-1 検討ケース

ケース	セグメント長 Ls(cm)	接合方法	配筋		ケーブル		比較項目
			上/下筋	拘束筋	仕様 (本数)	導入力 (tf/本)	
1	30	ドライ	4-D6/3-D10	×	SSWPR7A Φ 15.2 (2)	13.5	接合方法
2	30	スボキ	4-D6/3-D10	×	SWPR7A Φ 15.2 (2)	13.5	基本ケース
3	60	スボキ	4-D6/3-D10	×	SWPR7A Φ 15.2 (2)	13.5	セグメント長
4	30	スボキ	4-D10/3-D10	D10@50mm	SWPR7A Φ 15.2 (2)	13.5	拘束筋 による靱性
5	30	スボキ	4-D10/3-D10	D10@100mm	SWPR7A Φ 15.2 (2)	13.5	
6	30	スボキ	4-D6/3-D10	×	SWPR7A Φ 12.4 (外2内1)	9.0	ケーブル有無

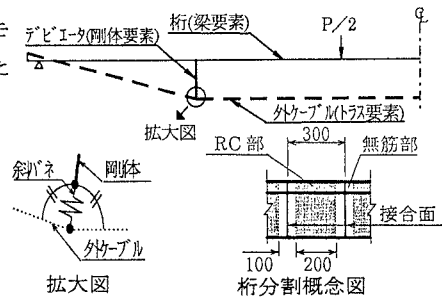


図-1 軸方向解析モデル

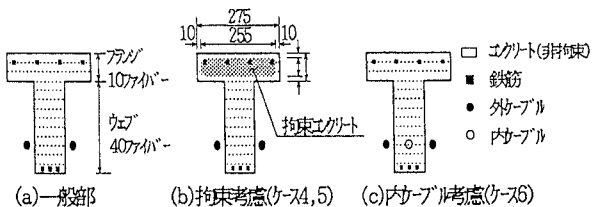


図-2 断面方向解析モデル

(単位: mm)

係については鉄筋及びP C鋼線は材料試験結果を基に、それぞれバイリニア、トリリニアでモデル化し、コンクリートは材料試験結果を踏まえ圧縮応力上昇域では、高強度コンクリートに対し適用できる野口ら[3]の提案式を、軟化域については非拘束、拘束ともに修正KENT&PARKの提案式を用いた。なお、コンクリート引張強度については、エポキシ樹脂の引張強度がコンクリートより大きいため、エポキシ接合ではR C部、無筋部ともに引張強度を考慮し、ドライ接合ではR C部のみ引張強度を考慮した。表-2に各材料特性を示す。

3.3 実験結果と解析結果との比較

表-3に各ケースの実験結果及び解析結果を示す。また、代表ケースとして、ケース2（セグメント長；30cm）及びケース3（セグメント長；60cm）の荷重-中央変位関係、荷重-張力関係をそれぞれ図-3、図-4に示す。表-3から、耐荷力については軟化及び拘束効果など、各実験を適切にモデル化することにより、実験結果とほぼ一致した結果が得られたが、最大変位については解析結果は実験結果の約6割と安全側の結果となっている。しかしながら、図-3、図-4に示すように、セグメント長の違いが変形能に与える影響は定性的にはシミュレートできている。この違いはモーメントスパンにおける接合面数の違い（ケース2；4面、ケース3；1面）から曲率集中の程度が異なるためと判断できるが、他の検討ケースに対しても各比較項目が変形能に及ぼす影響を定性的にはシミュレートできていることを確認している。

4. おわりに

拘束効果による変形能については、無筋部にもある程度の拘束効果が見込めると考えているが、無筋部の要素分割長も含め、変形能に対する定量的評価方法については現在検討中である。また、外ケーブルプレキャストセグメントP C連続梁の耐荷力解析に関しても適用研究中である。「謝辞」 実験に関しては工学部建設工学科の町田教授、陸好助教授及び院生の方々に多大な御協力を頂き、深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 沖見芳秀、右近八郎；“複合非線形フレーム解析システムの開発”，土木学会誌 技術最前線，Vol. 80，pp. 14-17，1995. 1
- [2] 山口統央、陸好宏史他；“プレキャストブロックと外ケーブルを用いたP C単純梁の曲げ性状”，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 17，1995. 6（投稿中）
- [3] 飯塚崇文、野口博；“普通強度から高強度コンクリートまでを対象とした圧縮特性の定式化”，構造工学論文集，Vol. 37B，pp. 329-338，1991. 3

表-2 材料特性

材料	ケース	圧縮強度		引張強度 ¹⁾		強度時歪		終局歪		拘束コンクリート部	
		f'_c (kgf/cm ²)	f_t (kgf/cm ²)	ϵ_{co} (%)	ϵ_{cu} (%)	f'_c (kgf/cm ²)	ϵ_{cu} (%)	f'_c (kgf/cm ²)	ϵ_{cu} (%)	f'_c (kgf/cm ²)	ϵ_{cu} (%)
コンクリート	1	356	25	0.2	0.72	—	—	—	—	—	—
	2	393	27	0.2	0.69	—	—	—	—	—	—
	3	385	25	0.2	0.70	—	—	—	—	—	—
	4	363	25	0.2	0.71	534	14.3	—	—	—	—
	5	329	24	0.2	0.74	378	5.32	—	—	—	—
	6	333	24	0.2	0.73	—	—	—	—	—	—
材料（仕様）	ケース	径	降伏点 (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ kgf/cm ²)						
鉄筋 (SD345)	1~6	D6	4607	6570	2.37						
(SD345)	1~6	D10	3462	5090	2.18						
PC鋼線 (SWPR7A)	1~5	$\phi 15.2$	—	19770	2.00						
	6	$\phi 12.4$	—	17550	2.00						

¹⁾ $f_t = 0.5 f'_c^{2/3}$

表-3 実験結果及び解析結果

ケース	破壊形式	耐荷力 (tf)		最大変位 (mm)	
		実験	解析	実験	解析 ¹⁾
1	圧壊 (接合面近傍)	6.46 (1)	6.30 (0.98)	54.9	33.7
2	圧壊 (接合面近傍)	6.66 (1)	6.39 (0.96)	57.8	35.9
3	圧壊 (接合面近傍)	6.36 (1)	6.16 (0.97)	37.5	22.9
4	コンクリート上縁剥落 (接合面近傍)	6.51 (1)	6.32 (0.97)	133.4	—
5	「破壊まで載荷不可」	6.48 (1)	6.27 (0.97)	110.1	—
6	内ケーブル降伏後、圧壊 (接合面近傍)	7.93 (1)	7.64 (0.96)	76.1	41.8

¹⁾ 解析では便宜的にコンクリート圧縮歪が0.35%を超過した時とした。

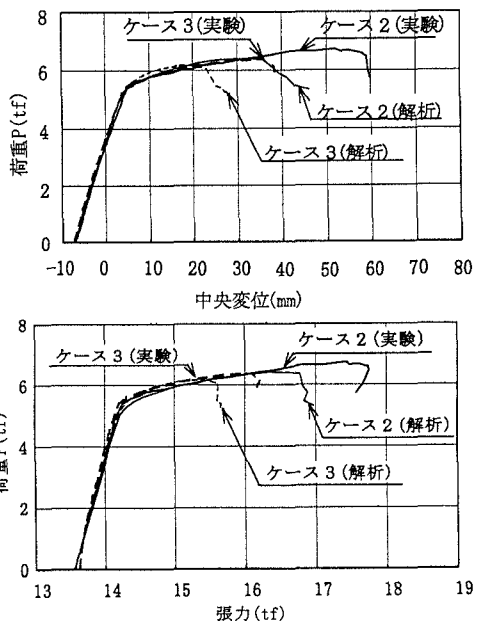


図-4 荷重-張力関係(ケース2, 3)