

# 전단철근이 배치되지 않은 프리스트레스트된 콘크리트 보의 전단강도 평가

주현진<sup>1</sup>, 이득행<sup>2</sup>, 이창준<sup>3\*</sup>, 이준철<sup>4</sup>, 김강수<sup>5</sup>

## Shear Strength Evaluation of Prestressed Concrete Beams without Shear Reinforcement

Hyunjin Ju<sup>1</sup>, Deuckhang Lee<sup>2</sup>, Changjoon Lee<sup>3\*</sup>, Jun-Cheol Lee<sup>4</sup>, Kang Su Kim<sup>5</sup>

**Abstract:** The dual potential capacity model (DPCM) was extended to be suitable for evaluation of the shear strength of prestressed concrete (PSC) members in the previous study. This paper aims to simplify the DPCM for its better application in practice. To this end, a total of 172 shear test results of PSC members without shear reinforcement were collected from existing studies. The collected shear test results include PSC members with various section types and prestressing methods. It appeared that the simplified model could provide a good level of estimation accuracy of shear strength of PSC members, and it was comparable with that provided from the original DPCM.

**Keywords:** Database, Shear crack concentration, Simplified model, Prestressed concrete

### 1. 서론

저자들의 이전연구(Lee et al., 2016; 2017a; 2017b; 2018; 2020; 2021a; 2021b)에서 제안된 이중잠재강도모델(Dual potential capacity model, 이하 DPCM)에서는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 콘크리트 부재의 전단저항이 비손상 압축측 콘크리트와 균열된 인장측에서 골재맞물림에 의하여 주로 기여되는 것으로 가정한다. 기존의 연구들에서는 보통 서로 다른 전단저항 메커니즘들(예를 들어, 비손상 압축측 콘크리트, 골재 맞물림 및 철근의 장부작용 등)의 기여분을 단순히 누가하였지만, DPCM에서는 국부응력장과 평균응력장의 평형에 근거하여 압축측과 인장측의 요구전단력들을 각각 산정하고, 각각의 요구전단력(Shear demand) 곡선에 대응되는 잠재전단강도(Potential shear capacity) 곡선과 비교하여 한계상태(Limit state)에 먼저 도달하는 메커니즘이 부재의 전단과피모드(Shear failure mode)를 결정한다. 이 연구에서는 총 172 개의 프리스트레스트된 콘크리트(Prestressed concrete, 이하 PSC)

보 부재의 전단실험결과들을 수집하였으며, 이를 Fig. 2에 나타낸 DPCM에 의한 상세해석결과와 비교하여 검증하였다.

또한, 복잡한 DPCM의 계산과정을 단순화한 간략화 모델을 개발하고자 하였다. 기존에 복잡한 전단거동 메커니즘을 간략한 형태의 강도평가식으로 제시하고자 하는 노력이 있었으며, 상세해석모델에 의한 변수해석을 수행하여 간략한 수식을 도출하는 형태로 이루어졌다(Choi et al., 2007). 특히, CSA (2014) 및 EC2 (2004)의 전단설계기준으로 채택된 MCFE (1986)의 경우, 상세해석에 비해 정확도는 다소 감소하나, 다른 부재력을 고려하면서도 안전측의 전단강도를 제시할 수 있도록 간략화되었다. 이 연구에서도 복잡한 DPCM의 계산과정을 간략화한

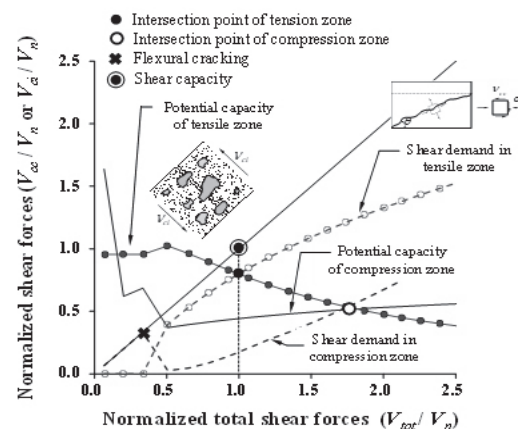


Fig. 1 Key concept of dual potential capacity model

<sup>1</sup>정희원, 한경대학교 디자인건축융합학부 조교수

<sup>2</sup>정희원, 충북대학교 건축공학과 부교수

<sup>3</sup>정희원, 충북대학교 건축공학과 부교수

<sup>4</sup>정희원, 서원대학교 건축학과 조교수

<sup>5</sup>정희원, 서울시립대학교 건축공학과 교수

\*Corresponding author: cjlee@chungbuk.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 28644, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2022년 5월 31일까지 학회로 보내주시면 2022년 6월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

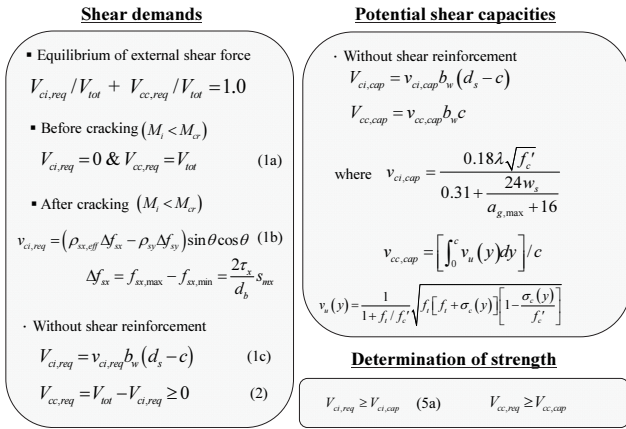


Fig. 2 Detailed analytical model

접근법을 제시하였으며, 해석결과의 정확도를 검토하였다.

## 2. 이중잠재강도모델

### 2.1 이론적 배경

Fig. 2는 DPCM의 상세한 계산과정을 요약하여 나타낸 것이다. 앞서 설명한 것과 같이, DPCM에서는 비손상 압축측 콘크리트와 균열된 인장영역에서 각각 요구전단력 곡선을 도출한다(Lee et al., 2016; 2017a; 2017b; 2018; 2020; 2021a; 2021b). 또한, 각 압축측과 인장측에서 요구되는 전단력에 대응되는 각각의 잠재강도곡선을 산정하면, 총 두 개의 성능점을 찾을 수 있으며, 이 두 개의 성능점 중에서 먼저 발생하는 (즉, 먼저 한계상태에 도달하는) 전단저항 메커니즘이 부재의 전단파괴모드(Shear failure mode)를 결정한다. 다시 말해, 두 개의 성능점 중에서 낮은 전단력을 부재의 전단강도로 취하는 것이다. 그러나 DPCM은 계산과정에서 복잡한 반복계산을 요구하므로 실용적으로 적용되기 어려운 측면이 있으며, 이 연구에서는 DPCM의 적용성을 높이기 위한 간략화된 모델을 제안하고자 한다.

### 2.2 간략화된 이중잠재강도모델

#### 2.2.1 인장측의 요구전단력 및 잠재전단강도

제안모델의 실용적인 적용을 위해서는 DPCM을 간략화시킬 필요가 있다. 앞서 Fig. 2에 나타난 상세해석모델은 반복계산이 필요하므로 이를 간략화하기 위하여 먼저 철근과 텐던이 함께 배치된 프리스트레스트 콘크리트 부재(partially prestressed concrete member)에서 유효깊이( $d$ )를 다음과 같이 정의하였다(Lee et al., 2016; 2017a; 2017b; 2018; 2020; 2021a; 2021b).

$$d = \frac{A_{ps} f_{py} d_p + A_s f_y d_s}{A_{ps} f_{py} + A_s f_y} \quad (1)$$

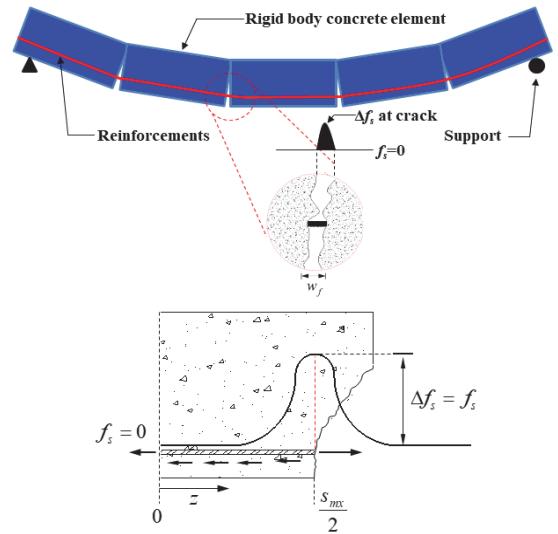


Fig. 3 Key concept of simplified model

여기서,  $A_{ps}$ 와  $A_s$ 는 각각 텐던과 철근의 단면적,  $d_p$ 와  $d_s$ 는 각각 압축측의 연단으로 부터 텐던과 철근의 도심까지 거리,  $f_{py}$ 와  $f_y$ 는 각각 텐던과 철근의 항복강도이다. 외력 휨모멘트( $M_u$ )가 작용할 때, Fig. 3에 나타난 것과 같이, 균열된 콘크리트 부재를 균열과 균열사이의 강체와 연속된 철근으로 가정하면, 모든 변형은 균열을 지나는 철근에 발생하므로 위험단면(Critical section)에서 길이방향 힘의 평형방정식은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$T_u \leq f_y A_s + f_{py} A_{ps} \quad (2)$$

$$T_u = \Delta f_s A_s + (f_{pe} + \Delta f_{ps}) A_{ps} \quad (3)$$

여기서,  $\Delta f_s$ 와  $\Delta f_{ps}$ 는 각각 균열면에서 철근과 텐던의 국부응력증가분,  $f_{pe}$ 는 유효프리스트레스이다.  $T_u$ 는  $M_u$ 에 의하여 보강재의 발생하는 인장력이고,  $M_u/jd$ 로 산정될 수 있다.  $jd$ 는 모멘트 팔거리로서 휨응력의 선형탄성분포를 가정하여  $d - c/3$ 로 산정하였으며,  $c$ 는 중립축깊이이다. 이 연구에서는 계산의 간략화를 위하여 중립축깊이( $c$ )를 장방형 단면의 경우 0.35 $d$ , 압축플렌지가 있는 경우에는 0.3 $d$ , 휨모멘트가 작은 단부영역에서는 0.5 $d$ 를 사용하였다(Muttoni and Fernandez, 2008). 식 (2.1)과 (2.2)에서 유효프리스트레스( $f_{pe}$ )를 포함하는 항을 우변으로 이항하여 정리하고, 철근과 긴장재의 국부응력들( $\Delta f_s$ 와  $\Delta f_{ps}$ )의 평균값( $\Delta f_{sx}$ )으로 간략화하여 나타내면

$$\Delta f_{sx} = \frac{T_u - f_{pe} A_{ps}}{A_s + A_{ps}} \leq \frac{f_y A_s + (f_{py} - \Delta f_{pe}) A_{ps}}{A_s + A_{ps}} \quad (4)$$

이 된다. 여기서,  $\Delta f_{sx}$ 는 긴장재와 철근의 평균국부응력이고,

이를 바탕으로 인장측에서의 요구전단응력( $v_{ci}$ )과 요구전단력( $V_{ci,req}$ ) (Lee et al., 2017b) 은 각각

$$v_{ci} = \Delta f_{sx} (\rho_s + \rho_p) \sin\theta \cos\theta \leq \Delta f_{sx} (\rho_s + \rho_p) / 2 \quad (5)$$

$$V_{ci,req} = v_{ci,req} b_w (d - c) \leq V \quad (6)$$

이 된다. 철근의 위치에서 휨균열폭( $w_f$ )은

$$w_f = \epsilon_{si} S_f \quad (7)$$

으로 산정할 수 있으며, 여기서,  $\epsilon_{si}$ 는  $\Delta f_{sx} / E_s$ 이고, 휨균열간격( $S_f$ )은 3C로 가정하였다. 또한, C는 유효피복두께로서  $h - d$ 로 산정하였으며,  $h$ 는 부재의 깊이이다. 인장측에서 잠재전단강도( $V_{ci,req}$ )는 최대골재크기( $a_g$ )를 19 mm로 가정하여

$$V_{ci,req} = \frac{0.18 \sqrt{f_{ck}}}{0.31 + 0.485 \eta w_f} b_w (d - c) \quad (8)$$

으로 산정할 수 있다. 여기서,  $\eta$ 는 균열집중계수이며, 전단균열간격( $S_s$ )을  $2d / \sin\theta$ 로 가정하여

$$\eta = \frac{2d}{3(h - d) \sin\theta} = \frac{0.47d}{(h - d)} \quad (9)$$

으로 간략화할 수 있다. 부착철근 없이 비부착긴장재만 사용된 경우에는 식 (3)에서 긴장재의 국부응력 증가분( $\Delta f_{ps}$ )은 0이 되고, 식 (5)에서  $\Delta f_{ps}$ 가 포함된 모든 항들은 무시될 수 있다 (즉, 0으로 취함).

## 2.2.2 압축측의 요구전단력 및 잠재전단강도

압축측에서 저항되어야 하는 요구전단력( $V_{cc,req}$ )은

$$V_{cc,req} = V \quad (10)$$

으로 산정될 수 있고, 여기서,  $V$ 은 위험단면에 작용하는 전단력이다. 압축측의 잠재전단강도( $V_{cc,req}$ )는 Fig. 4에 나타낸 것과 같이

$$V_{cc,req} = 0.47 \sqrt{f_{ck}} A_{cc} \quad (11)$$

으로 근사화하여 취할 수 있다. 여기서,  $A_{cc}$ 는 압축측의 면적이며, 장방형단면에서는  $b_w c$ 이다. T형 및 I형 단면에서는 중립축이 상부플랜지 두께( $h_f$ )보다 낮은 경우에는  $h_f$ , 깊은 경

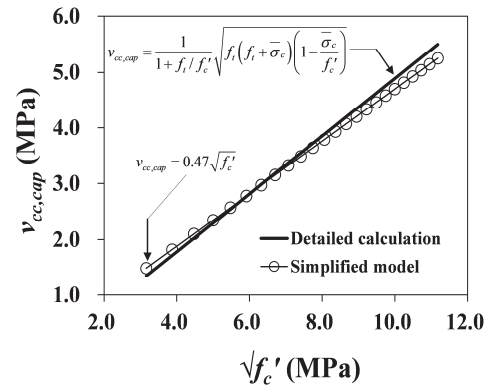


Fig. 4 Simplification of potential shear strength in compression zone

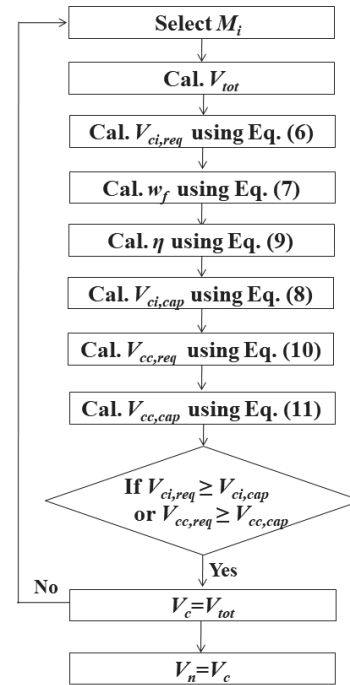


Fig. 5 Computational procedure

우에는  $b_w c + (b_f - b_w) h_f$ 로 산정할 수 있다. 식 (11)은 Rankine 항복장으로부터 얻어진 상해해석결과를 근사화한 것으로 자세한 사항은 저자들의 이전 연구(Lee et al., 2016; 2017a; 2017b; 2018; 2020; 2021a; 2021b)에 자세히 서술되어 있다.

Fig. 5은 이 연구에서 제안하는 간략화된 모델의 계산과정을 도식적으로 보여주고 있다. 위험단면에서 설계전단력(또는 휨모멘트)이 주어지면, 철근의 국부인장력을 산정하고, 이를 바탕으로 인장측과 압축측의 요구전단력을 산정한다. 다음으로 인장측과 압축측의 잠재전단강도를 계산하여 비교하면, 전단 파괴모드와 전단과외여부를 결정할 수 있다. 다만, 실험체의 전단강도평가를 위해서는 설계전단력( $V_u = V_{cc,req} + V_{ci,req}$ )

및 휨모멘트( $M_u$ )가 결정되어 있지 않으므로 간단한 반복계산이 필요하다.

### 3. 제안모델의 검증

#### 3.1 검증을 위한 전단실험결과 수정

이 연구에서는 기존 문헌들(Sozen et al., 1959; MacGregor, 1960; Zwoyer, 1953; Cederwall et al., 1974; Evans and Schumacher, 1963; Mahgoub, 1975; Kar, 1969; Elzanty et al., 1986; Moayer and Regan, 1974; Durrani and Robertson, 1987; Walraven and Mercx, 1983)로부터 총 172개의 전단철근이 배치되지 않은 전단파괴된 PSC 보 부재의 전단실험결과를 수집하였다. 전체 실험체들 중에서 139개는 프리텐션된 콘크리트 (pretensioned concrete) 부재였고, 나머지 33개는 포스트텐션된 콘크리트(post-tensioned concrete) 부재였다. 비부착된 포스트텐션된(unbonded post-tensioned) 실험체를 수집하려 노력했으나 기존문헌에서 적절한 실험논문을 찾을 수 없었다. 모든 실험체들은 단순지지 조건이었다. 단면형상에 대해서 123개는 직사각형 단면이고, 10개는 T형 단면이었으며, 10개의 중공슬래브를 포함하였다. 나머지 47개는 bulb-T 또는 I형 단면이었다. 7개 실험체들은 등분포하중을 재하받는 실험체들이었고, 나머지 실험체들은 모두 1점 또는 2점 집중하중을 재하받는 실험체들였다. Table 1에 나타낸 것과 같이, 수집된 실험체들은 단면의 높이( $h$ )가 152 mm에서 508 mm, 전단경간비( $a/d$ )는 2.50에서 6.73, 콘크리트 압축강도( $f_{ck}$ )는 19.3

MPa에서 78.6 MPa, 주인장철근비( $\rho_s$ )는 0%에서 6.0%, 긴장재비( $\rho_p$ )는 0.1%에서 3.0%까지 분포하였다. 또한, 최대골재치수( $a_g$ )는 6.4 mm에서 38.1 mm, 웨브폭에 대한 T형보 플렌지폭의 비율( $b/b_w$ )은 1.0에서 4.96 까지 분포하였다. 수집된 실험체들 중에서 문헌으로부터 피복두께를 확인할 수 있는 경우에는 실제 피복두께를 해석에 사용하였으며, 피복두께를 정확히 확인하기 어려운 경우에는 단면높이( $h$ )에서 최외단철근의 유효깊이( $d_t$ )와 철근직경( $d_b$ )의 1/2을 공제하여 산정하였고, 최대골재사이즈( $a_g$ )에 대한 정보가 제공되지 않은 경우에는 19.0 mm를 기본값(default value)으로 사용하였다. 이 전연구(Kar, 1969)에서 언급한 것과 같이, 휨모멘트와 전단력이 큰 하중재하점에서 단면높이의 절반길이( $h/2$ )만큼 떨어진 단면과, 휨응력이 작고 전단력이 큰 단부지지점으로부터  $h/2$  만큼 떨어진 단면에서 각각 전단강도를 검토하였다. 프리텐션부재의 경우에는 단부지지점에서 유효프리스트레스( $f_{pe}$ )가 완전히 발휘되지 않으므로 텐던(tendon)의 전달길이 (transfer length)를  $50d_{tp}$ 로 가정하였고, 여기서,  $d_{tp}$ 는 긴장재의 직경이다. 균열각( $\theta$ )은 휨모멘트가 작고 전단력이 큰 단순보의 지점부근에서는  $35^\circ$ (MacGregor, 1960) 휨모멘트가 큰 단순보의 하중점부근과 연속보의 내부지점의 경우에는  $60^\circ$ 로 설정하였다(Sun et al., 2009; Reineck, 1991).

#### 3.2 간략화 모델의 검증

Table 1에 나타낸 실험체들의 전단강도와 상세해석모델 및 간략화된 DPCM에 의하여 산정된 전단강도 평가결과를 비교하여

**Table 1** Dimensions and material properties of collected test specimens without shear reinforcement

Ref.	No. of specimens	Section type* /PS method**	h (mm)	$f_{ck}$ (MPa)	$\rho_p$ (%)	$\rho_s$ (%)	a/d (-)
Sozen et al.	7	R/Pre	304.8	23.4~53.0	0.10~0.81	0	2.81~6.83
Sozen et al.	33	R/ Post	304.8	19.3~40.0	0.10~0.63	0	3.90~4.19
MacGregor	2	R/Pre	304.8	22.0	0.40	0	3.55
Zwoyer	31	R/Pre	304.8	19.9~43.2	0.26~0.81	0	2.81~6.73
Cederwall et al.	11	R/Pre	259.0~262.0	19.5~41.0	0.70~0.76	0.37~0.74	2.54~3.40
Evans and Schumacher	5	R/Pre	152.0~304.8	33.0~50.0	0.80~2.96	0	2.50~5.13
Mahgoub	1	R/Pre	300.0	40.0	0.37	0	3.00
Kar	17	R/Pre	203.0~254.0	28.0~36.0	0.32~1.17	0	3.5~5.0
Elzanty	9	I/Pre	457.0	41.0~79.0	2.13~3.01	0~5.99	2.9~5.0
Cederwall et al.	38	I/Pre	304.8	18.4~59.0	0.36~2.42	0	2.54~5.40
Moayer and Regan	7	T/Pre	320.0	40.0~44.0	0.35~0.74	0.50~1.94	3.61~5.57
Durrani and Robertson	3	T/Pre	508.0	42.0~44.0	0.96	0	3.52
Walraven and Mercx	10	HCS/Pre	255.0~300.0	64.0	0.71~1.45	0	3.50~6.67

\* R: Rectangular, I: I-shpaed, T: Tee-shaped, and HCS: Hollow-core section.

\*\* Pre: Pretensioned, and Post: Post-tensioned.



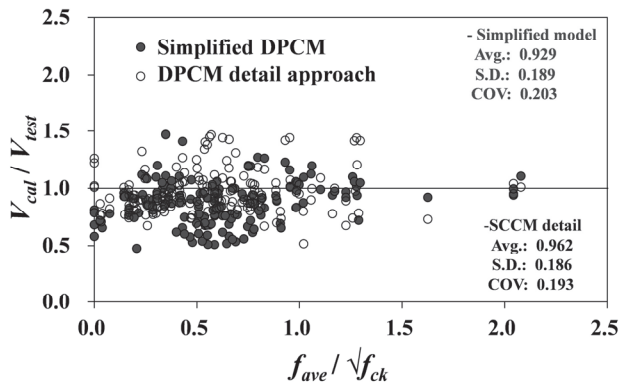


Fig. 6 Estimation of shear strength

Fig. 6에 나타내었다. 간략화된 DPCM은 상세해석결과에 비하여 정확도는 다소 감소하였지만, 더욱 안전측의 결과를 제공하였다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 압축축의 전단강도를 간략화하는 과정에서 콘크리트 압축강도가 증가할수록 전단강도를 다소 보수적으로 평가하는 경향을 나타내었기 때문에 간략화된 DPCM이 좀 더 안전측의 전단강도를 제시하는 것으로 판단된다. 간략화된 DPCM을 프리스트레스트 콘크리트 부재의 실무전단설계에 적용할 경우에는 식(4)에 설계 휨강도( $M_n$ )를 대입하여 국부응력증가분( $\Delta f_{sx}$ )을 결정하고, 인장축과 압축축의 요구전단력을 산정한 후에 전단강도를 평가하면 반복계산 없이도 간단하게 적용이 가능하다. 기본적으로 Fig. 5를 따라 주어진 휨모멘트에 해당하는 전단력을 고려하여 부재의 강도를 산정하여 주어진 단면상체가 해당 전단력에 충분히 저항할 수 있는지 판단하게 된다. RC에 대한 상세한 단면설계 예시가 Lee(2015)의 논문에서 수록되어 있으며, PSC의 경우도 동일한 절차를 따르게 된다.

#### 4. 결론

이 연구에서는 프리스트레스트 콘크리트 부재의 전단강도 평가를 위하여 개발된 DPCM의 간략화 모델을 도출하였으며, 총 172 개의 전단실험결과를 사용하여 검증하였다. 제안 모델은 프리스트레스트 콘크리트 부재의 전단강도에 영향을 미치는 주요변수들, 즉, 유효프리스트레스 크기, 프리스트레스 도입방법, 부재의 유효깊이, 전단경간비, 콘크리트 압축강도, 최대 굽은골재의 크기 및 인장철근비의 영향을 적절히 반영하는 것으로 나타났다. 간략화된 DPCM은 비교적 간단한 방법으로 프리스트레스트 콘크리트 부재의 전단강도를 상당히 정확하게 산정할 수 있는 것으로 나타났다. 다만, 간략화과정에서 부재의 전단강도를 다소 보수적으로 평가하는 경향을 나타내었으며, 이는 상세모델에 비해 안전측의 결과를 제공하였다. 각 변수에 따른 간략화 모델의 전단강도 평가 정확도를 추가적으로 고찰할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

이 논문은 충북대학교 국립대학육성사업(2021)지원을 받아 작성되었음 (과제제목: 기계학습모델을 활용한 콘크리트 구조물의 전단에 의한 붕괴메커니즘 규명).

#### References

- Choi, K. K., Taha, M. M. R., and Sherif, A. G. (2007), Simplified Punching Shear Design Method for Slab-Column Connections Using Fuzzy Learning, *ACI Structural Journal*, 104(4), 438-447.
- Comete European de Normalisation (2004), Eurocode 2: design of concrete structures. Part 1-general rules and rules for buildings, prEN 1992.1.
- CSA Committee A23.3-14. (2014), Design of Concrete Structures (CAN/CSA-A23.3.14). Canada: Canadian Standards Association.
- Lee, D. H. (2015), Unified Theory for Shear Capacity of Concrete Members: Dual Potential Capacity Model, PhD dissertation, Dept. of Architectural Engineering, University of Seoul.
- Lee, D. H., Han, S. J., and Kim, K. S. (2016), Dual Potential Capacity Model for Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear, *Structural Concrete*, 17(3), 443-456.
- Lee, D. H., Han, S. J., Hwang, J. H., Ju, H., and Kim, K. S. (2017a), Simplification and Verification of Dual Potential Capacity Model for Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear, *Structural Concrete*, 18(2), 259-277.
- Lee, D. H., Han, S. J., Kim, K. S., and LaFave, J. M. (2017b), Shear Strength of Reinforced Concrete Beams Strengthened in Shear Using Externally-Bonded FRP Composites, *Composite Structures*, 173(1), 177-187.
- Lee, D. H., Kim, K. S., Han, S. J., Zhang, D., and Kim, J. (2018), Dual Potential Capacity Model for Reinforced Concrete Short and Deep Beams Subjected to Shear, *Structural Concrete*, Special Issue on Shear, 19(1), 76-85.
- Lee, D. H., Han, S. J., Joo, H. E., Kim, K. S., Zhang, D., and Kim, J. (2020), Shear Crack Concentration in Reinforced Concrete Beam Subjected to Combined Shear and Flexure, *Advances in Structural Engineering*, 23(11), 2305-2317.
- Ju, H., Lee, D. H., Park, M. K., and Memon, S. A. (2021a), Punching Shear Strength Model for Reinforced Concrete Flat Slab-Column Connection without Shear Reinforcement, *Journal of Structural Engineering*, ASCE., 147(3), 1-14.
- Lee, D. H., Han, S. J., Ju, H., and Kim, K. S. (2021b), Shear Strength of Prestressed Concrete Beams Considering Bond Mechanism in Reinforcement, *ACI Structural Journal*, 118(3), 267-277.
- Muttoni, A. and Fernandez Ruiz, M. (2008), Shear Strength of Members without Transverse Reinforcement as a Function of the Critical Shear Crack Width, *ACI Structural Journal*, 105(2), 163-172.
- Sozen, M. A., Zwoyer, E. M., Siess, C. P. (1959), Investigation of Prestressed Concrete for Highway Bridge, Part I - Strength in Shear of Beams without Web Reinforcement, Engineering Experiment Station, Bulletin No. 452, University of Illinois at

- Urbana-Champaign.
14. MacGregor, J. G. (1960), Strength and Behavior of Prestressed Concrete Beams with Web Reinforcement, Doctorate Thesis, University of Illinois, 295 pp.
  15. Zwoyer, E. M., (1953), Shear Strength of Simply-Supported Prestressed Concrete Beams, *Structural Research Series* No. 53, University of Illinois.
  16. Cederwall, K., Hedman, O., and Loeberg, A. (1974), Shear Strength of Partially Prestressed Beams with Pretensioned Reinforcement of High Grade Deformed Bars, *ACI Special Publication* 42-9, 215-230.
  17. Evans, R. H. and Schumacher, E. G. (1963), Shear Strength of Prestressed Beams without Web Reinforcement, *ACI Journal*, Proceedings, 60(11), 1621-1642.
  18. Mahgoub, M. O. (1975), Shear Strength of Prestressed Concrete Beams without Web Reinforcement, *Magazine of Concrete Research*, 27(93), 219-228.
  19. Kar, J. N., (1969), Shear Strength of Prestressed Beams without Web Reinforcement, *Magazine of Concrete Research*, 21(68), 159-170.
  20. Elzanty, A. H., Nilson, A. H., and Slate, F. O. (1986), Shear Capacity of Prestressed Concrete Beams Using High-Strength Concrete, *ACI Journal*, Proceedings, 83(2), 290-296.
  21. Moayer, M., and Regan, P. E. (1974), Shear Strength of Prestressed and Reinforced Concrete T-Beams, *ACI SP* 42-8, Detroit, American Concrete Institute, 183-213.
  22. Durrani, A. J., and Robertson, I. N. (1987), Shear Strength of Prestressed Concrete T Beams with Welded Wire Fabric as Shear Reinforcement, *PCI Journal*, 32(2), 46-61.
  23. Walraven, J. C. and Mercx, W. P. M. (1983), The Bearing Capacity of Prestressed Hollow-Core Slabs, *Heron*, 28(3), 1-46.
  24. MacGregor, J. G. (1960), Strength and Behavior of Prestressed Concrete Beams with Web Reinforcement, Doctorate Thesis, University of Illinois, 295 pp.
  25. Sun, S., Kuchma, D. A., and Kim, K. S. (2009), Analysis of Photo-Graphically Measured Crack Development from Shear Test on Large Bridge Girder, *PCI Journal*, 39(3), 2-19.
  26. Reineck, K. H. (1991), Ultimate Shear Force of Structural Concrete Members without Transverse Reinforcement Derived from Mechanical Model, *ACI Structural Journal*, 88(5), 592-602.
  27. Vecchio FJ, Collins MP. The modified compression field theory for reinforced concrete elements subjected to shear. *J Am Concr Inst*. 1986;83(2):219.31.

Received : 01/05/2022

Revised : 03/11/2022

Accepted : 04/06/2022

---

**요 지 :** 이전 연구에서는 전단철근이 배치되지 프리스트레스트 콘크리트 (Prestressed Concrete, PSC) 부재의 전단강도를 평가하기 위하여 이중잠재강도모델 (Dual potential capacity model, DPCM)이 개발되었다. 그러나 기존의 DPCM은 PSC 부재의 전단강도를 산정하기 위하여 복잡한 반복계산이 요구되며, 이 같은 이유로 DPCM의 실무적용이 어려운 실정이다. 이 연구의 목표는 기존의 DPCM을 현행 건축구조설계 실무에서 적용할 수 있도록 단순화하는 것이다. 이를 위해 기존 연구로부터 총 172개의 PSC 부재의 전단실험 결과를 수집하였다. 수집된 전단실험 결과들은 다양한 단면형태와 프레스트레싱 특성을 갖는 PSC 부재들을 포함한다. 이 연구를 제시하는 단순화된 DPCM은 상당한 정확도로 PSC 부재들의 전단강도를 평가할 수 있는 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 데이터베이스, 전단균열집중, 간략화 모델, 프리스트레스트 콘크리트

---